



Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

Osmaniye Korkut Ata University Journal of The Institute of Science and Technology

Year (Yıl): 2023, Volume (Cilt):6, Number (Sayı): Ek Sayı (Special Issue)

Dergi Sahibi / Owner

Prof. Dr. Turgay UZUN
Rektör

Sorumlu Müdür / Director

Prof. Dr. Eyyüp TEL
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

Baş Editör / Editor in Chief

Doç. Dr. Tugay AYAŞAN

Yardımcı Editorler / Associate Editors

Prof. Dr. Coşkun ÖZALP
Doç. Dr. Özge SÜFER
Dr. Öğretim Üyesi Aybüke LEBA
Dr. Öğretim Üyesi Mustafa SÖYLER



Osmaniye Korkut Ata University Journal of The Institute of Science and Technology

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

Editorial Board

(Editör Kurulu)

Prof. Dr. Özgecan KORKMAZ AĞAOĞLU	Mehmet Akif Üniversitesi, BURDUR	ozgecanagaoglu@mehmetakif.edu.tr
Prof. Dr. Mehmet BİLGİLİ	Çukurova Üniversitesi, ADANA	mbilgili@cu.edu.tr
Prof. Dr. Alpaslan DAYANGAÇ	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	alpaslandayangac@osmaniye.edu.tr
Prof. Dr. Şeyma TÜLÜCÜ DEMİRAY	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	seymademiray@osmaniye.edu.tr
Prof. Dr. Güray ERENER	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, SAMSUN	gerener@omu.edu.tr
Prof. Dr. Hasan Basri İLA	Çukurova Üniversitesi, ADANA	ila@cu.edu.tr
Prof. Dr. Önder KAŞKA	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	onderkaska@osmaniye.edu.tr
Prof. Dr. Murat KÖKSAL	Cumhuriyet Üniversitesi, SİVAS	mkoksal@cumhuriyet.edu.tr
Prof. Dr. Mustafa ÖZCANLI	Çukurova Üniversitesi, ADANA	ozcanli@cu.edu.tr
Prof. Dr. Hüsniye Aka SAĞLIKER	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	hasaglikler@osmaniye.edu.tr
Prof. Dr. Ayşe Tülin ÖZ	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	aysetulinoz@osmaniye.edu.tr
Prof. Dr. Bahri Devrim ÖZCAN	Çukurova Üniversitesi, ADANA	dozcan@cu.edu.tr
Prof. Dr. Eyyüp TEL	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	eyuptel@osmaniye.edu.tr
Prof. Dr. Khalid JAVED	University of Veterinary and Animal Sciences, PAKİSTAN	javeddrkhalid@yahoo.com
Prof. Dr. Kyung-WOO LEE	Konkuk University, Seoul, SOUTH KOREA	kyungwoolee@hotmail.com
Doç. Dr. Çağdaş AKPINAR	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	cagdasakpinar@osmaniye.edu.tr
Doç. Dr. İsa COŞKUN	Kırşehir Ahievran Üniversitesi, KIRŞEHİR	isa.coskun@ahievran.edu.tr
Doç. Dr. Feridun DEMİR	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	feridundemir@osmaniye.edu.tr
Doç. Dr. Jülide ÖNER	Uşak Üniversitesi, UŞAK	julide.oner@usak.edu.tr

Doç. Dr. Behlül SEVİM	Aksaray Üniversitesi, AKSARAY	behlu68@gmail.com
Doç. Dr. Dilek TEKDAL	Mersin Üniversitesi, MERSİN	dilektekdal@mersin.edu.tr
Doç. Dr. Esra TELLİ	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	esratelli@osmaniye.edu.tr
Doç. Dr. Mustafa SEVİNDİK	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	mustafasevindik@osmaniye.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Hediye Kirli AKIN	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	hediyekalin@osmaniye.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Hayriye Serra ALTINOLUK	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, MUĞLA	serraltinoluk@mu.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Behçet DÜNDAR	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	behcetdundar@osmaniye.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Betül GIDİK	Bayburt Üniversitesi, BAYBURT	betulgidik@bayburt.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Esra GÜRSOY	Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, AĞRI	egursoy@agri.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Sevdâ İNAN	Namık Kemal Üniversitesi, TEKİRDAĞ	sevdainan@nku.edu.tr
Dr. Muhammad SAEED	Cholistan University, PAKİSTAN	muhammad.saeed@nwafu.edu.cn
Dr. Mihaela SARACILA	National Research-Development Institute for Animal Biology and Nutrition, ROMANIA	mihaela.saracila@yahoo.com
Dr. Elena SIZOVA	Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, RUSSIA	sizova.l78@yandex.ru

Yazım Editörleri /Spelling Editors

Dr. Öğretim Üyesi Nesrin ADIGÜZEL	Atatürk Üniversitesi, ERZURUM	nesrin.adiguzel@atauni.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Dilek ŞENTÜRK DEMİREL	Dicle Üniversitesi, DİYARBAKIR	senturk@dicle.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Oğuzhan DER	Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi, BANDIRMA	oder@bandirma.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Merve GÖRE	Ege Üniversitesi Ödemiş Meslek Yüksekokulu, İZMİR	merve.gore@ege.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Emre YILDIRIM	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	emreyildirim@osmaniye.edu.tr
Ar. Gör. Dr. Buse EMİRLER	Çukurova Üniversitesi, ADANA	bemirler@cu.edu.tr

Dil Editörleri /Language Editors

Doç. Dr. Deniz ŞAHİN	Gazi Üniversitesi, ANKARA	dennoka1k@hotmail.com
Dr. Öğretim Üyesi Fatih ÜNAL BOZDAĞ	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	fatihbozdog@osmaniye.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Tefide KIZILDENİZ	Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, NİĞDE	tkizildeniz@ohu.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Azime ÖZKAN KARABACAK	Bursa Uludağ Üniversitesi, BURSA	azimeozkan@uludag.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Ezgi Pelin YILDIZ	Kafkas Üniversitesi, KARS	yildizezqipelin@gmail.com

İstatistik Editörleri /Statistics Editors

Doç. Dr. Şenol ÇELİK	Bingöl Üniversitesi, BİNGÖL	senolcelik@bingol.edu.tr
Dr. Hatice HIZLI	Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, ADANA	haticehizli@gmail.com

Alan Editörleri/KonuEditörleri/Subject Editors

Prof. Dr. Mustafa BOĞA	Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi, NİĞDE	mboga@nigde.edu.tr
Prof. Dr. Ertaç HÜRDOĞAN	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	ehurdogan@osmaniye.edu.tr
Doç. Dr. Nermin MERVE ÇETİNKAYA	Çukurova Üniversitesi, ADANA	nbaykan@cu.edu.tr
Doç. Dr. Jülide ÖNER	Uşak Üniversitesi, UŞAK	julide.oner@usak.edu.tr
Doç. Dr. Özge ÖZTEKİN	Gaziantep Üniversitesi, GAZİANTEP	ozgedzozr@gmail.com
Doç. Dr. Şeyda ŞAHİN	Cumhuriyet Üniversitesi, SİVAS	seydashin@cumhuriyet.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Didem DEMİR KARAKUŞ	Tarsus Üniversitesi, TARSUS	didemdemr@gmail.com
Dr. Öğretim Üyesi Muhammed ORDU	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	muhammedordu@osmaniye.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Mansur Seymen SEĞMENOĞLU	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	mansurseymen@gmail.com

Mizanpaj Editörleri/Layout Editors

Prof. Dr. Özen ÖZER	Kırklareli Üniversitesi, KIRKLARELİ	ozenozer@klu.edu.tr
Doç. Dr. Nehir TOKGÖZ	Sakarya Üniversitesi, SAKARYA	nehirtokgoz@sakarya.edu.tr
Doç. Dr. Özlem KARADAĞOĞLU	Kafkas Üniversitesi, KARS	drozlemkaya@hotmail.com
Dr. Öğretim Üyesi Benian Pınar AKTEPE	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	benianaktepe@osmaniye.edu.tr
Dr. Öğretim Gör. Burcu Sünbül AYHAN	Türk-Alman Üniversitesi, İSTANBUL	burcu.ayhan@tau.edu.tr
Dr. Ar. Gör. Nuray İnan ÇANKIR	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	nurayinan@osmaniye.edu.tr
Dr. Ar. Gör. Hatice TÜRK TEN	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, SAMSUN	hatice.turkten@omu.edu.tr
Ar. Gör. Esra Zeynep ŞENSOY	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	ezeynepsensoy@osmaniye.edu.tr

*Mizanpaj editörleri, çıkan sayılara göre değişiklik gösterebilecektir.

Son Okuyucu Editörleri /Final Reader Editors

Doç. Dr. Ali BOLAT	Adıyaman Üniversitesi, ADIYAMAN	alibolat@adiyaman.edu.tr
Doç. Dr. Burcu TAYLAN	Ege Üniversitesi, İZMİR	burcu.taylan@ege.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Özlem VAROL AVCILAR	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	ovarolavcilar@osmaniye.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Orhan ERMETİN	Yozgat Bozok Üniversitesi, YOZGAT	orhan.ermetin@yobu.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Özlem ORHAN	Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi, BALIKESİR	oorhan@bandirma.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Cavidan GÜL VARIŞ	Adıyaman Üniversitesi, ADIYAMAN	cgul@adiyaman.edu.tr
Ar. Gör. Emriye ÇINAR RESULOĞULLARI	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	emriyecinar@osmaniye.edu.tr
Öğretim Gör. Tuba SAYGILI YILDIRIM	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	tubasaygiliyildirim@osmaniye.edu.tr

*Birden fazla rolü olan editörler, tek bir kısımda yazılmıştır



Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (OKÜ Fen Bil. Enst. Dergisi) hakemli bir dergidir.

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi yılda 3 kez yayınlanmaktadır (Mart, Temmuz ve Aralık).

Osmaniye Korkut Ata University Journal of The Institute of Science and Technology (OKU Journal of Institute of Sci and Tech) is a peer-reviewed journal.

Osmaniye Korkut Ata University Journal of The Institute of Science and Technology is published three times in a year (March, July and December).

Dergi İçin Yazışma Adresi / Correspondence Address

Assoc. Prof. Dr. Tugay AYASAN (Editor in Chief)

Osmaniye Korkut Ata University, Osmaniye-TURKEY

e-mail: tugayayasan@osmaniye.edu.tr

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



The referees list (Hakem listesi)

Year 2023, Volume 6, Issue **Special** list of referees is given below.
(2023 yılı, Cilt 6, Sayı **Ek Sayı**'deki hakemlerin listesi aşağıda verilmiştir).

(in Degree and Alphabetical order /Unvan ve Alfabetik sıralı)

Hakemler	Kurum
Prof. Dr. Hasan AKAN	Harran Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Botanik Anabilim Dalı, ŞANLIURFA
Prof. Dr. Adem AKSOY	Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, ERZURUM
Prof. Dr. Serap COŞANSU AKDEMİR	Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, SAKARYA
Prof. Dr. Rıza BİNZET	Mersin Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Botanik Anabilim Dalı, MERSİN
Prof. Dr. Ahmet BÜLBÜL	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Osmaniye Meslek Yüksekokulu Elektrik Ve Enerji Bölümü Elektrik Pr. OSMANIYE
Prof. Dr. Müge Kantar DAVRAN	Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü Tarım Politikası ve Yayım Anabilim Dalı, ADANA
Prof. Dr. Rağbet Ezgi DURAN	Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Genel Biyoloji Anabilim Dalı, ISPARTA
Prof. Dr. Güray ERENER	Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, SAMSUN
Prof. Dr. Yakut GEVREKÇİ	Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Biyometri Ve Genetik Anabilim Dalı, İZMİR
Prof. Dr. Fatma GÖDE	Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Katıhal Fiziği Anabilim Dalı, BURDUR
Prof. Dr. Serap GÖNCÜ	Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, ADANA
Prof. Dr. Hülya METİN GÜBÜR	Mersin Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü Katıhal Fiziği Anabilim Dalı, MERSİN
Prof. Dr. Tolga KARAKÖY	Sivas Bilim Ve Teknoloji Üniversitesi Tarım Bilimleri Ve Teknoloji Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Fitopatoloji Anabilim Dalı, SİVAS
Prof. Dr. Ali KAYGISIZ	Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, KAHRAMANMARAŞ
Prof. Dr. Bahri Devrim ÖZCAN	Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, ADANA
Prof. Dr. ÇİĞDEM ULUBAŞ SERÇE	Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi Bitkisel Üretim ve

	Teknolojileri Bitkisel Üretim, NİĞDE
Prof. Dr. Hüseyin SERENCAM	Trabzon Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu Gastronomi Ve Mutfak Sanatları Bölümü Gastronomi Ve Mutfak Sanatları Anabilim Dalı, TRABZON
Prof. Dr. Yadigar GÜLSEVEN SIDIR	Bitlis Eren Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Genel Fizik Anabilim Dalı, BİTLİS
Prof. Dr. Mehmet İhsan SOYSAL	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, TEKİRDAĞ
Prof. Dr. Çiğdem TAKMA	Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, İZMİR
Prof. Dr. Mehtap TEKŞEN	Aksaray Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Botanik Anabilim Dalı, AKSARAY
Prof. Dr. Faruk TOKLU	Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, ADANA
Prof. Dr. Ayla UYSAL	Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Ve Doğa Bilimleri Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, ISPARTA
Doç. Dr. Mevlüde Ebru ANGÜN	Galatasaray Üniversitesi Mühendislik Ve Teknoloji Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Yöneylem Araştırması Anabilim Dalı, İSTANBUL
Doç. Dr. Mehmet Akif BOZ	Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Hayvan Yetiştirme Ve Islahı Anabilim Dalı, YOZGAT
Doç. Dr. Hüseyin GÜNGÖR	Düzce Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, DÜZCE
Doç. Dr. Selin KALKAN	Giresun Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Gıda Bilimi Anabilim Dalı, GİRESUN
Doç. Dr. Levent MERCAN	Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Hayvansal Biyoteknoloji Anabilim Dalı, SAMSUN
Doç. Dr. Nihat MOROVA	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Ulaştırma Anabilim Dalı, ISPARTA
Doç. Dr. Jülide ÖNER	Uşak Üniversitesi Mühendislik Ve Doğa Bilimleri Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Ulaştırma Anabilim Dalı, UŞAK
Doç. Dr. Derya KAYA ÖZDEMİR	Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Ulaştırma Anabilim Dalı, İZMİR
Doç. Dr. Zehra KAMIŞLI ÖZTÜRK	Eskişehir Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Yöneylem Araştırması Anabilim Dalı, ESKİŞEHİR
Doç. Dr. Zeydin PALA	Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yazılım Mühendisliği Bölümü Yazılım Mühendisliği Anabilim Dalı, MUŞ
Doç. Dr. Özlem SARAL	Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme Ve Diyetetik Bölümü Beslenme Ve Diyetetik Anabilim Dalı, RİZE
Doç. Dr. İlhan SUBAŞI	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tohum Bilimi Ve Teknolojisi Bölümü Tohum Bilimi Ve Teknolojisi Anabilim Dalı, BOLU
Doç. Dr. Mustafa USTA	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Fitopatoloji Anabilim Dalı, VAN
Doç. Dr. Sadrettin YÜKSEL	Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, ERZURUM
Dr. Öğretim Üyesi Şeyma AYDEMİR	Hitit Üniversitesi Alaca Avni Çelik Meslek Yüksekokulu Veterinerlik Bölümü Laborant Ve Veteriner Sağlık Pr. ÇORUM
Dr. Öğretim Üyesi Süleyman GÖKOVA	Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Gölhisar Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu Tapu Kadastro Bölümü Tapu Kadastro Anabilim Dalı, BURDUR

Dr. Öğretim Üyesi Abdullah GÜLLER	Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Fitopatoloji Anabilim Dalı, BİNGÖL
Dr. Öğretim Üyesi Sinan İŞLER	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Matematik Ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı, VAN
Dr. Öğretim Üyesi Nursel Çöl KESKİN	Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Endüstri Bitkileri Anabilim Dalı, KONYA
Dr. Öğretim Üyesi Esin KIRAY	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Tıbbi Hizmetler Ve Teknikler Bölümü Tıbbi Laboratuvar Teknikleri Pr. KIRŞEHİR
Dr. Öğretim Üyesi Harun KUTAY	Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, ADANA
Dr. Öğretim Üyesi Fatma Tülin ÖZBAŞER	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Veteriner Fakültesi Zootečni Ve Hayvan Besleme Bölümü Veterinerlik Zootečni Anabilim Dalı, TEKİRDAĞ
Dr. Öğretim Üyesi Erdal ÖZBAY	Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Bilgisayar Yazılımı Anabilim Dalı, ELAZIĞ
Dr. Öğretim Üyesi Ezgi DEMİR ÖZER	Kapadokya Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu Gastronomi Ve Mutfak Sanatları Bölümü Gastronomi Ve Mutfak Sanatları Pr. NEVŞEHİR
Dr. Öğretim Üyesi Göktuğ ŞAHİN	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü İktisat Anabilim Dalı, ANKARA
Öğretim Görevlisi Aslı ALBAYRAK KARAOĞLU	Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Tarım, Hayvancılık Ve Gıda Araştırmaları Uygulama Ve Araştırma Merkezi, BURDUR



Osmaniye Korkut Ata University Journal of The Institute of Science and Technology

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

Year (Yıl): 2023, Volume (Cilt):6, Number (Sayı): Ek Sayı (SPECIAL Issue)

CONTENTS (İçindekiler)

RESEARCH ARTICLES (ARAŞTIRMA MAKALELERİ)	Sayfalar
<p>Yaşar DAŞDEMİR, Hafize ARDUÇ The Effect of Basic Fusion Techniques in Deep Ensemble Learning-Based Models For Covid-19 Diagnosis <i>COVID-19 Teşhisi İçin Derin Topluluk Öğrenmeye Dayalı Modellerde Temel Füzyon Tekniklerinin Etkisi</i></p>	1-17
<p>Mehmet Ali ŞEVİK Bazı Brassicaceae Türlerinin Karnabahar Mozayik Virüsü (CaMV)'ne Karşı Reaksiyonlarının Belirlenmesi <i>Reactions of Some Species in Brassicaceae Family to Cauliflower mosaic virus (CaMV)</i></p>	18-28
<p>Furkan GÖKTAŞ Ortogonal Olabilirlik Ortalama - Varyans Modeli <i>Orthogonal Possibilistic Mean - Variance Model</i></p>	29-41
<p>Yüksel AKIN, Mehmet Fatih ÇELEN, Alper KARAGÖZ, Nadir KOÇAK, Sibel ALAPALA DEMİRHAN İç Ege Bölgesinde Yetiştirilen Yerli Kaz Genotiplerinin Genetik Çeşitliliğinin PFGE Yöntemiyle Belirlenmesi <i>Determination of Genetic Diversity of Domestic Goose Genotypes Raised in the Inner Aegean Region by PFGE Method</i></p>	42-54
<p>Mehmet AYBEKE Kloralhidratın <i>Ophrys mammosa</i> Desf. ssp. <i>mammosa</i> (Orchidaceae) Ovülleri Üzerine Etkisi <i>Effect of Chloralhydrate on <i>Ophrys mammosa</i> Desf. ssp. <i>mammosa</i> (Orchidaceae) Ovules</i></p>	55-71
<p>Saniye TEKEREK, Ayça TANRIVERDİ, Esen ÇAKMAK Hidrotermal Yöntemle Üretilen Bor Takviyeli TiO₂'nin Antibakteriyel ve Fotokatalitik Aktivitesi <i>Antibacterial and Photocatalytic Activity of Boron-Reinforced TiO₂ Produced by Hydrothermal Method</i></p>	72-85
<p>Pınar CUBUKCU, Hatice HIZLI, Ahmet Korhan SAHAR, Celile Aylin OLUK, Abdurrahim Tanju GÖKSOY Investigation of Seed Yield and Quality Traits of Some Soybean Genotypes Using a Biplot Technique In Çukurova, Türkiye <i>Çukurova'da Bazı Soya Genotiplerinin Tohum Verimi Ve Kalite Özelliklerinin Biplot Tekniği Kullanılarak Araştırılması</i></p>	86-104

Sercan SERİN, Yakup ÖNAL, Cafer KAYADELEN, Muhammet Fatih MUTLU Forgiving Road Design and Improvement of Accident Black Spots: A Case Study for Düzce City <i>Affeden Yol Tasarımı ve Kaza Kara Noktalarının İyileştirilmesi; Düzce Örnek Durum İncelemesi</i>	105-118
Özlem VAROL AVCILAR Investigation of Some Chemical and Textural Properties of Chicken Breast Meats Sold by Different Companies <i>Farklı Firmalar Tarafından Satılan Tavuk Göğüs Etlerinin Bazı Kimyasal ve Tekstürel Özelliklerinin İncelenmesi</i>	119-127
Kübra YILMAZ, Duygu Durdu KOÇ, Arif ŞENER Mechanical Drive Random Short Pattern Machine Prototype <i>Mekanik Tahrikli Rastgele Kısa Desen Yapan Makine Prototipi</i>	128-137
Perihan AKBAŞ Assessment of Microbial Quality of Local and Packaged Ice Creams <i>Yerel ve Paketlenmiş Dondurmaların Mikrobiyal Kalitesinin Değerlendirilmesi</i>	138-151
Omer Fethi ASAN, Emre GULER, Muhammed Murat AKSOY, Engin PINAR, Tahir DURHASAN Numerical Investigation of Flow Structure around NACA 0018 with slot <i>Yarık Açılan NACA 0018 Etrafındaki Akış Yapısının Sayısal İncelenmesi</i>	152-167
Buse ÜN, Özge ALBOĞA, Ercan ERDİŞ İnşaat Sözleşmeleri Kaynaklı Uyuşmazlıkların Yargıtay Kararları Özelinde İncelenmesi <i>Examination of Disputes Arising from Construction Contracts Based on Supreme Court Decisions</i>	168-183
Metehan ARDAHANLI, Türkay KOTAN Hava Sürükleyici Katkısının Betonun Aşınma Direnci ve Mekanik Özelliklerine Etkisi <i>Effect of Air Entraining Admixture on Abrasion Resistance and Mechanical Properties of Concrete</i>	184-198
Shukurjan ALMAZOV, Pelin YILMAZ SANCAR, Murat KURSAT, Osman GEDİK, Semsettin CIVELEK Cytogenetic Investigation of Some <i>Ranunculus</i> L. Species Distributed in Bitlis and its Surroundings <i>Bitlis ve Çevresinde Yayılış Gösteren Bazı <i>Ranunculus</i> L. Türlerinin Sitogenetik Yönden İncelenmesi</i>	199-210
Mehmet EKİCİ, Merve ŞEN KURT Power Control System Design for Monitoring Active and Standby Power Consumptions of PC Labs <i>PC Laboratuvarların Aktif ve Bekleme Modunda Güç Tüketimlerinin İzlenmesi için Güç Kontrol Sistemi Tasarımı</i>	211-223
Yunus Emre AYTEKİN, Ömer KESKİN Türkiye'deki Gübre Tüketim Miktarının Bitkisel Üretim Miktarına Etkisi Üzerine Bir Araştırma: ARDL Sınır Testi <i>A Research on the Effect of Fertilizer Consumption on Plant Production in Turkey: Ardl Bounds Testing</i>	224-233
Şerife ERGÜL, Hatice HIZLI Osmaniye İlinde Halk Elinde Yetiştirilen Kıl Keçisi Oğlaklarının Yaşama Gücü ve Büyüme Performanslarının Araştırılması <i>Investigation of Survival Rate and Growth Performances of Hair Goat Kids Grown by Public in Osmaniye Province</i>	234-244
Erhan ÖZKAN Hidroksiapatit Biyoseramiklerin Elektrokimyasal Çöktürme Yöntemi ile Üretimi <i>Production of Hydroxyapatite Bioceramics by Using Electrochemical Deposition Technique</i>	245-262
Aslıhan İPEK TANYILDIZ, Dudu Duygu KILIÇ Investigation of chelate and microbial fertilizer assisted phytoremediation efficiency of onion (<i>Allium cepa</i> L.) in lead contaminated soils <i>Kurşunla kirlenmiş topraklarda soğanın (<i>Allium cepa</i> L.) şelat ve mikrobiyal gübre destekli fitoremediasyon etkinliğinin araştırılması</i>	263-277
Mevlüt Yunus KAYACAN, Arda Çağatay AKÇAY, Emre YILMAZ, Ahmet ÜZÜN Eriyik Yağma Modelleme ile Üretilen Kafes Yapılı Parçaların Bağlı Mukavemetinin	278-300

İncelenmesi <i>Investigations of The Relative Strength of Lattice Infilled Parts Manufactured by Fused Deposition Modelling</i>	
Seyit Ahmet GÖKMEN, Yusuf CUFADAR, Barışcan CURABAY Yumurta Tavuklarında Rasyona Fitobiyotik ve Probiyotik İlavesinin Performans ve Yumurta Kalite Özelliklerine Etkisi <i>The Effect of Addition of Phytobiotic and Probiotics to Laying Hens Diets on Performance and Egg Quality Parameters</i>	301-314
Uğur USTA, Betül KAFKASLIOĞLU YILDIZ Mechanical Properties of ZTA-Cr₂O₃ Ceramic Composites Prepared with Nano and Micron Sized of Cr₂O₃ Powder on Different Ratios <i>Farklı Oranlarda Nano ve Mikron Boyutlu Cr₂O₃ Tozu İle Hazırlanan ZTA-Cr₂O₃ Seramik Kompozitlerin Mekanik Özellikleri</i>	315-327
Mustafa DOĞAN, Salih ÖKTEN Titreşimli İnce Film Kaplama Sistemi Tasarımı ve Yüzey Kaplamasının Test Edilmesi <i>Design of Vibrating Thin Film Coating System and Testing of Coated Surface</i>	328-338
Süleyman YALÇINKAYA, Didem ÇAKMAK CuII-N,N'-bis(salisiliden)-2-aminobenzilaminin) kompleksinin Poli (pirol-ko-o-anisidin) kompozit filmlerinin yüzeyine immobilizasyonu ve hidrojen peroksit tayini <i>Immobilization of CuII-(N,N'-bis(salicylidene)-2-aminobenzylamine) complex on the surface of Poly (pyrrole-co-o-anisidine) composite films and hydrogen peroxide determination</i>	339-354
Dilek Şentürk DEMİREL, Ali Murat TATAR, Ramazan DEMİREL Üniversite Öğrencilerinin Hayvansal Protein Tüketim Eğilimlerinin Belirlenmesi <i>Determination of Animal Protein Consumption Tendencies of University Students</i>	355-371
Goncagül AKSARAY, İlyas DEHRİ Çinko Metalinin Korozyon Davranışına Klorodimetil Silan Etkisinin Araştırılması <i>Investigation of the Effect of Chlorodimethyl Silane on Corrosion Behavior of Zinc Metal</i>	372-383
Orhun SOYDAN Corine Modeli Kullanılarak Niğde Şehrinde Toprak Erozyon Riskinin Değerlendirmesi <i>Soil Erosion Risk Assessment in The Niğde Using Corine Model</i>	384-401
Fatih Çağatay BAZ, Kadir ULUDAĞ Awareness of IT Managers and Employees on Cyber Security <i>Siber Güvenlik Konusunda Bilgi İşlem Yönetici ve Çalışanlarının Farkındalıkları</i>	402-414
İdris ÇİFTÇİ Bazı Graf Sınıflarında 1-Düzenli ve 2-Düzenli Ayrıt Bağlantılılık <i>On 1-Regular and 2-Regular Edge Connectivity in Some Graph Classes</i>	415-425
Onur YEMENİCİ Halit KASAP Üçgen ve Yüzgeç Kanat Girdap Üreteçlere Sahip bir Binek Aracın Aerodinamik İncelenmesi <i>Investigation of Aerodynamic of a Passenger Car with Triangular and Fin Wing Vortex Generators</i>	426-437
İclal AVİNÇ AKPINAR Kimyasal Yüzey İşlemi ve Epoksi Kaplama Tekniğinin Yapıştırma Bağlantı Dayanımına Etkisi <i>The Effect of Chemical Surface Treatment and Epoxy Coating Technique on Bonding Strength</i>	438-453
Adelaide Nana POMAAH, Nasir ABDALLAH, Kadriye KURŞUN, Mikail BAYLAN Egg Production and Consumption: A Case Study in Teshie Municipality, Ghana <i>Yumurta Üretimi ve Tüketimi: Teshie Belediyesi (Gana) Anket Çalışması</i>	454-466
Oskay KAHRAMAN, Ersan TURUNC, Deniz AKTAS, Aylin DÖĞEN, Rıza BINZET Antimicrobial and Antioxidant Activities of Some Maquis Species from Mersin, Turkey <i>Mersin, Türkiye'den Bazı Maki Türlerinin Antimikrobiyal ve Antioksidan Aktiviteleri</i>	467-485
Evren TURHAN, Serin DEĞERLİ ŞİMŞEK Drenaj Alan-Oran Yönteminin Seyhan Havzası Akımlarına Uygulanması ve Sonuçların Kontur Grafikleri ile Değerlendirilmesi <i>Application of Drainage-Area Ratio Method to Seyhan Basin Flows and Evaluation the Obtained Results with Contour Graphs</i>	486-498

Hıdır GÖGÜLTER, Şule KAPKIN, Aziz SEZGİN Enerji Dağıtım Sistemlerinde Esnek İletken ile Solid İletkeni Birleştirme Tertibatı <i>Flexible Conductor to Solid Conductor Junction in Energy Distribution Systems</i>	499-510
Betül GIDİK, Fadul ÖNEMLİ Comparison of fatty acid compositions and oil content of some different species from the Brassicaceae <i>Brassicaceae familyasına ait farklı türlerin yağ asidi bileşimleri ve yağ oranları</i>	511-521
Sadrettin YÜKSEL Farklı Lokasyonlarda İki Farklı Yönteme Göre Yetiştirilen Doğu Anadolu Kırmızı Buzağularda Büyüme Özelliklerinin Fenotipik Değerlendirilmesi <i>Phenotypic Evaluation of Growth Traits in Eastern Anatolian Red Calves Reared in Two Process Different in Different Locations</i>	522-532
Abdullatif YILMAZ, Hasan AKAN Mardin'de Farklı Etnik Gruplarda Yabani Gıda Bitkilerinin Gastronomik Açından Araştırılması <i>Gastronomic Research of Wild Food Plants in Different Ethnic Groups in Mardin</i>	533-554
Ömer KENAN, Bülent YANIKTEPE, Muammer OZGOREN, Ertugrul SEKEROGLU, Ezgi AKBUDAK, Tahir DURHASAN, Alpaslan KILAVUZ, Besir SAHIN, Huseyin AKILLI, Levent Ali KAVURMACIOGLU Yarı Küresel Burunlu Torpido Benzeri Geometri etrafındaki Akışın POD Analizi <i>POD Analysis of Flow around Torpedo-Like Geometry with a Hemispherical Nose</i>	555-566
Kürşat HAZAR, Orhan GÖK, Muhammed Said YANAR Investigation of Body Compositions and Performance Values of Veterans and Young Long-Distance Runners <i>Veteran ve Genç Uzun Mesafe Koşucularının Vücut Kompozisyonları ve Performans Değerlerinin İncelenmesi</i>	567-577
REVIEWS (DERLEMELER)	
Esmâ KADAKAL, Emel ÜNAL TURHAN Probiyotik gıda tüketimi ve obezite ilişkisi <i>The relationship between probiotic food consumption and obesity</i>	578-587
Serap ALDEMİR Hücreli Bitkisel Gıdalarda Kütle Transferini Arttırmak İçin Vurgulu Elektrik Alan Teknolojisinin Kullanımı <i>Use of Pulsed Electric Field Technology to Enhance Mass Transfer in Cellular Plant Foods</i>	588-605
Ezgi ATLI, Nergis DİLSİZOĞLU, Ceyhun AKARSU, Tuğba ÖLMEZ HANCI, Şafak BAŞA Yeşil Mutabakat Çerçevesinde Sürdürülebilir Atıksu Yönetimi <i>Sustainable Wastewater Management within the Framework of Green Deal</i>	606-623
Okay GÖNÜLOL, Müjde ALTIN, Koray ÜLGEN Pasif Güneş Enerjili Havalandırma Yöntemi Olarak Güneş Bacasının Binalarda Kullanımının Örnekler Üzerinden İrdelenmesi <i>Examination of the Use of Solar Chimney as a Passive Solar Energy Ventilation Method in Buildings through Case Studies</i>	624-644



COVID-19 Teşhisi İçin Derin Topluluk Öğrenmeye Dayalı Modellerde Temel Füzyon Tekniklerinin Etkisi

Yaşar DAŞDEMİR^{1*}, Hafize ARDUÇ²

^{1,2}Erzurum Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Erzurum

¹<https://orcid.org/0000-0002-9141-0229>

²<https://orcid.org/0000-0002-2231-3580>

*Sorumlu yazar: yasar.dasdemir@erzurum.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 17.12.2022

Kabul tarihi: 16.04.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

COVID-19

Topluluk öğrenimi

Transfer öğrenimi

Füzyon

Maksimum oylama

ÖZ

Küresel salgın hastalık (pandemi) olarak deklare edilen koronavirüs hastalığı (COVID-19), yeni bir viral solunum yolu hastalığıdır. Hastalık insandan insana damlacık veya temas yoluyla bulaşmaktadır. Hastalığın yayılmasını önlemek için hızlı tanı oranları ile hastalığı erken tespit etmek çok önemlidir. Ancak uzun süren patolojik laboratuvar testleri ve test sonuçlarındaki düşük tanı oranı araştırmacıları farklı teknikleri uygulamaya yöneltmiştir. Radyolojik görüntüleme ile birlikte derin öğrenme tekniklerinin uygulanması bu hastalığın doğru tespitinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada, COVID-19 X-ray veri seti kullanılarak temel füzyon fonksiyonlarının topluluk öğrenme algoritmaları üzerindeki sınıflandırma performansına etkisi araştırılmıştır. Farklı derin öğrenme modellerini birleştirmek için iki farklı topluluk modeli oluşturuldu; Topluluk-1 (Ens-1) ve Topluluk-2 (Ens-2). Bu topluluk modellerinde Maksimum, Mod, Toplam, Ortalama ve Çarpım gibi temel füzyon fonksiyonları test edilmiştir. Elde edilen değerler incelendiğinde Maksimum ve Çarpım temel füzyon fonksiyonlarının sınıflandırma performansı üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Çoklu sınıflandırmada, hem Ens-1 hem de Ens-2 için Max işlevi sırasıyla %85 ve %86 doğruluk oranıyla öne çıkıyor. Product fonksiyonu, ikili sınıflandırmada %99 ile en yüksek performansı elde etmiştir. Sonuçlar, füzyon yöntemlerinin ikili sınıflandırmada daha iyi sınıflandırma performansı elde edebileceğini göstermektedir.

The Effect of Basic Fusion Techniques in Deep Ensemble Learning-Based Models For COVID-19 Diagnosis

Research Article

Article History:

Received: 17.12.2022

Accepted: 16.04.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

COVID-19

Ensemble learning

Transfer learning

Fusion

Max voting

ABSTRACT

The coronavirus (COVID-19), declared a global epidemic (pandemic), is a new viral respiratory disease. The disease is transmitted from person to person through droplets or contact. It is very important to detect the disease early with rapid diagnosis rates to prevent the spread of the disease. However, long-term pathological laboratory tests and low diagnosis rates in test results led researchers to apply techniques. Radiological imaging has begun to be used to monitor COVID-19 disease as well as being useful in detecting various lung diseases. The application of deep learning techniques together with radiological imaging has a very important place in the correct detection of this disease. This study investigated the effect of basic fusion functions on classification performance on ensemble learning algorithms using the COVID-19 X-ray

dataset. Two ensemble models were created to combine deep learning models; Ensemble-1 (Ens-1) ve Ensemble-2 (Ens-2). The basic fusion rules of Max, Mode, Sum, Average, and Product were tested in these ensemble models. When the obtained values are examined, it is seen that the Max and Product basic fusion functions have a positive effect on the classification performance. In multi-classification, the Max function for Ens-1 and Ens-2 becomes prominent with an accuracy rate of 85% and 86%, respectively. The Product function achieved the highest performance with 99% in binary classification. The results show that the fusion methods can achieve better classification performance in binary classification.

To Cite: Daşdemir Y., Arduç H. The Effect of Basic Fusion Techniques in Deep Ensemble Learning-Based Models For COVID-19 Diagnosis. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(Ek Sayı): 1-17.

1. Introduction

The World Health Organization (WHO) has named the deadly virus originating in China "COVID-19". The institution used the following abbreviations while giving this name; "co" means corona, "vi" means a virus, and "d" comes from the initials of the English word "disease". The number 19 in COVID-19 indicates December 31, the date the disease was first identified. In retrospect, coronaviruses have caused 3 epidemics in the last 20 years: MERS, SARS, and COVID-19 (Li et al., 2020).

The WHO used the term COVID-19 to describe the disease caused by the virus, making the virus the official name SARS-COV-2 (Severe Acute Respiratory Syndrome-Coronavirus-2). On January 31, 2020, COVID-19 was declared a global health emergency by the WHO. Due to the virus, a pandemic, that is, a global epidemic, was declared on March 11, 2020. Clinical symptoms of the disease include shortness of breath, cough, fatigue, fever, sore throat-head-muscle pain (Singhal, 2020).

The most common testing technique used for diagnosing COVID-19 is RT-PCR, a real-time reverse testing technique. However, RT-PCR infrastructure is insufficient in most regions with the COVID-19 outbreak. RT-PCR testing is considered time-consuming and tedious with a complex manual procedure. The standard screening tools for early detection and diagnosis of thoracic and lung diseases, including COVID-19, are radiological imaging techniques such as chest x-ray (CXR) and computed tomography (CT) (Ozturk et al., 2020). The advantages of radiology techniques are that they can be detected in the early stages of the disease even if the scan is negative in some cases, and the disadvantages are that X-ray analysis requires a radiologist and manual reading is time-consuming. Therefore, it is necessary to develop an automatic analysis system that will detect abnormalities in scans to save time for healthcare professionals (Ouchicha et al., 2020). Thus, on March 16, 2020, America's white house announced that it is encouraging experts and researchers to use artificial intelligence (AI) techniques to combat the new COVID-19 pandemic (Alimadadi et al., 2020).

Two important scientific communities have emerged to combat COVID-19. The first is a collection of Artificial Intelligence (AI) in the form of automatic COVID-19 detection from a dataset of computed

tomography (CT) scans and X-ray images. The second are mathematicians and epidemiologists who develop complex patterns of virus spread and transmission (Shuja et al., 2020).

This study uses commonly used deep learning approaches, fusion techniques, and X-Ray images to create an effective model. Among these pre-trained deep learning approaches, ResNet-50, ResNet-152, VGG-19, and DenseNet201 methods were selected (Narin et al., 2021). Three different scenarios were applied with these methods. First, patients with COVID-19 were classified among three different conditions (Normal, COVID-19, and Pneumonia). Secondly, cases with COVID-19 were classified among 2 different conditions (COVID-19, Normal). As the third, cases with COVID-19 were classified among 2 different conditions (COVID-19, Pneumonia). Two new models were created using these models. Our first model ENSEMBLE-1 consists of ResNet152, VGG-19, DenseNet201 models, and our second model ENSEMBLE-2 consists of ResNet50, VGG-19, DenseNet201 models. The results of these models are combined with the fusion methods at the decision level, and the effects of these methods on the classification performance are examined.

The remainder of this paper is organized as follows: Section 2 describes related work on COVID-19 and CNN models. Section 3 introduces the details of the methodology, and the results are discussed in Section 4. Finally, the paper ends with a general conclusion.

2. Related Work

When chest X-ray and CT studies in the literature are examined, it is seen that handmade and recently CNN-based methods have been used. Convolutional neural network (CNN) has shown promising results in the diagnosis and classification of various diseases. However, CNN needs a huge amount of labeled datasets for initial training. When it comes to medical images, it is difficult to obtain a large number of labeled images. In such cases, pre-trained CNNs can use large numbers of images (such as ImageNet). Pre-trained CNN has been successful in predicting COVID-19. Scientists were motivated by the need for rapid interpretation of X-ray images. Therefore, they proposed deep learning models (especially convolutional neural networks) to detect COVID-19-infected cases from chest X-ray imaging.

Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA), Nonlinear Autoregression Neural Network (NARNN), and Long Short-Term Memory (LSTM) approaches have been used to predict COVID-19 (Kirbas et al., 2020). Studies also present a new model called DarkCovidNet, which is based on the DarkNet model using X-Ray images (Ozturk et al., 2020). DarkCovidNet has been tested on binary classification (COVID-19andNormal) and multi-class classification (NormalandCOVID-19andPneumonia) for COVID-19 detection. DarkCovidNet achieved an accuracy of 98.08% for binary classes and 87.02% for multi-class situations. Abraham et al. proposed a method for high-speed recognition of COVID-19 from chest X-ray images, using features from multiple CNNs. The method used a feature selection approach based on correlation and the BayesNet classifier (Abraham and Nair, 2020). Ouchicha et al. used a neural network-focused model that uses local and global features

of chest X-ray images using two parallel layers with various kernel sizes. With this model, called CVDNet, they achieved an average accuracy of 97.20% (Ouchicha et al., 2020).

In addition, manual techniques were used together with CNN models. Detection and diagnosis were performed using MLP on fractal features and CNN on CXR. After the images were first converted to 1-dimensional vectors, the covariance matrix was calculated and fractal features were extracted with the help of eigenvalues and eigenvectors. The CNN architecture achieved a higher accuracy of 93.2% (Hassantabar et al., 2020). Studies have used pre-trained models ResNet-18, ResNet-50, ResNet-101, VGG-16, and VGG-19 for feature extraction from chest X-ray images. Using a Support Vector Machine (SVM) classifier implemented with different kernel parameters, they achieved 94.7% accuracy on ResNet and SVM with linear kernel (Ismael and Şengür, 2021).

It is challenging to find labeled images of new diseases such as COVID-19, as training CNN requires large amounts of data. Transfer learning methods were also used to solve this problem (Xu et al., 2020). Using X-Ray images, they compared the performance of GoogleNet, ResNet101, Xception, and MobileNetv2 with the transfer learning method to solve the medical image imbalance problem. Similarly, with X-Ray images, Şahinbaş and Çatak used VGG16, VGG19, ResNet, DenseNet, and InceptionV3 models to diagnose COVID-19 (Sahinbas and Catak, 2020).

Tuncer et al. tried a COVID-19 classification method using a residual sample local binary model called ResExLBP. However, a limited number of positive and negative labeled data were used in the study (Tuncer et al., 2020). Nilanjan et al. developed a new method to detect Pneumonia by calculating features from chest X-ray using a modified VGGNet19 (Visual Geometry Group Network) (Dey et al., 2021). This method achieved 97.94% classification accuracy. Ardakani et al. applied the deep learning technique to manage COVID-19 in routine clinical practice using CT images. They used 10-CNNs to distinguish COVID-19 disease from healthy individuals and presented the characteristics of these networks (Ardakani et al., 2020).

In the study where the performances of 5 different machine learning and deep learning algorithms were compared (Özbay and Altunbey Özbay, 2020), 98.1% accuracy was obtained with the Convolutional Neural Network algorithm. In another experimental study (Bozkurt, 2021), 98.17% success was achieved with the DenseNet121 model. In another study (Korkmaz and Atila B, 2018) that detects lung infection caused by Covid-19 using deep learning techniques, three different classes were used, and the classification success was found to be 97%.

The fusion method has been applied before and has been found to work well in many areas. The main contribution of this study is testing this method on current data such as Covid-19. The basic fusion functions have achieved superior classification performance, especially with the max and product functions.

3. Material and Method

3.1. X-ray Image DataSet

The data set was created by combining two data sets (Ozturk et al., 2020). The COVID-19 X-ray image database using images from various open-access sources was used in the study (Cohen et al., 2020). The authors compiled radiology images of COVID-19 cases from various sources (Radiology Society (RSNA), Radiopaedia, etc.) for research purposes, and most of the studies on COVID-19 use images from this source.

This dataset is constantly updated with data shared by researchers from different regions. In addition, the ChestX-ray8 dataset provided by (X. Wang et al., 2017) was used for images of Pneumonia and a normal chest. A total of 1125 pictures were collected from these two sources. The dataset comprises 500 normal, 500 pneumonia cases, and 125 COVID-19 cases. The summary of the dataset used in the study is given in Table 1.

Table 1. Dataset summary

	Disease	#No. of Images
1	Normal (Healthy)	500
2	Pneumonia	500
3	COVID-19	125
4	Total	1125

Some chest X-ray image samples from the prepared data set are given in Figure 1.

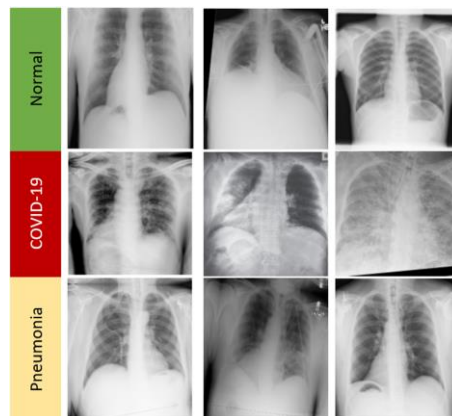


Figure 1. Chest X-ray images samples from the prepared dataset
(Top: Normal, Medium: COVID-19, Bottom: Pneumonia)

3.2. Deep Learning Methods

Deep learning, a sub-branch of Machine Learning, is a study area that covers artificial neural networks and similar machine learning algorithms that contain one or more hidden layers. Convolutional neural networks (CNN), on the other hand, are a sub-branch of deep learning. CNN is generally used to analyze visual information. A CNN has three basic types of layers: Convolutional Layer, Pooling Layer, and Fully-connected layer. Multiple convolution+pooling can be done in succession. Then there are several fully connected layers. Feature extraction occurs in both convolutional and pooling

layers. Deep learning techniques continue to perform impressively in medical image processing, as in many other fields. Deep learning algorithms are widely used in many areas, such as classification, segmentation, and lesion detection of medical data.

Transfer Learning is the storage of the information obtained while solving a problem and using that information when faced with another problem. Because Transfer Learning uses previous knowledge, it can achieve higher-performing and faster learning models with less training data. One of the biggest challenges researchers face in analyzing medical data is the limited number of data sets. Deep learning models often need many data. Labeling this data by experts is both time-consuming and costly. The Transfer Learning method enables data training with fewer data and requires less computational cost.

In this study, CNN-based ResNet-34, ResNet-50, ResNet-101, ResNet-152, VGG-19 and DenseNet201 models were created for COVID-19 classification. In addition, the transfer learning method using ImageNet data was applied to eliminate the problems of insufficient data and training time.

The Residual Neural Network (ResNet) is an artificial neural network (ANN) that uses residual neural networks. It is residual-based and uses shortcuts or jumpers to jump over some layers. It is called ResNet-50 because it has 50 layers. ResNet adds links between layers to solve a problem (Figure 2). In this way, it prevents the disruptions that occur in the deepening and complex network. In addition, training is tried to be done faster with bottleneck blocks. The general flow of parameters used for ResNet50 training is given in Table 2. In this study, Collaboratory (or Colab for short), a product of Google Research, was preferred as a training environment.

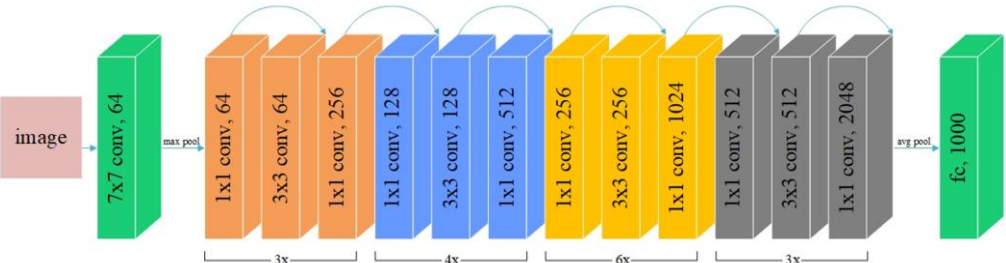


Figure 2. ResNet-50 block diagram

Deep convolutional networks use a deeper number of layers to improve classification and recognition accuracy, solving complex tasks for image classification. In neural networks, however, this causes the accuracy to saturate in the deep layers and then degrade. Residual training deals with this problem.

Table 2. ResNet50 training parameters flow

(Total params: 25,616,451; Total trainable params: 2,161,539; Total non-trainable params: 23,454,912)

Layer type	Output Shape	Param #
Conv2d/BatchNorm2d/ReLU	[64, 128, 128]	9408/128/0
MaxPool2/Conv2d/ BatchNorm2d/Conv2d/BatchNorm2d	[64, 64, 64]	4096/128/36864/128
Conv2d/BatchNorm2d/ReLU/Conv2d/BatchNorm2d	[256, 64, 64]	16384/512/0/16384/512
Conv2d/BatchNorm2d/Conv2d/BatchNorm2d	[64, 64, 64]	16384/128/36864/128
...
Conv2d/BatchNorm2d/ReLU/AdaptiveAvgPool2d /AdaptiveMaxPool2d	[2048, 8, 8]	1048576/4096/0/0
Flatten/BatchNorm1d/Dropout	[4096]	0/8192/0
Linear/ReLU/BatchNorm1d/Dropout	[512]	2097664/0/1024/0
Linear	[3]	1539

The architecture of the VGG (Visual Geometry Group) network (VGG19) includes 19 trainable weighted layers (Simonyan and Zisserman, 2014). The block structure of the VGG network consists of a combination of convolution and maximum pooling operations. VGG blocks start with two convolutional layers with 64 and 128 filters, respectively. Then, the third layer contains 256 filters (Figure 3-a). VGG19 has been initialized with ImageNet weights and is preferred as a transfer learning model.

Densely Connected Convolutional Networks (DenseNet) is a deep CNN proposed by Gao Huang et al (Huang et al., 2017). In DenseNet, each layer is fed-forward to all other layers, so DenseNet has $n(n+1)/2$ connections in total (Figure 3-b). The feature maps of the previous layers are used as input to the active layer, and the feature map of the active layer is used as the input to the next layer.

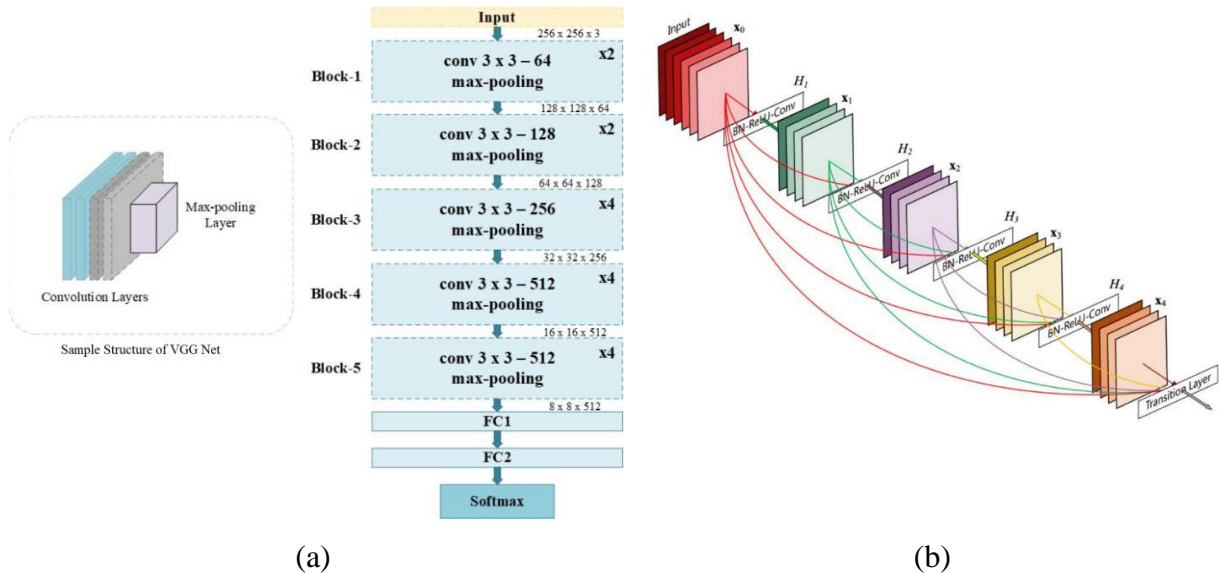


Figure 3. A visualization of the models (a) Fine-tuned architecture of VGG19 for COVID-19 classification (b) DenseNet 201 architecture (Huang et al., 2017).

3.3. Ensemble Learning and Fusion Rules

Ensemble Learning is a machine learning prototype created by weak learners coming together to solve a similar problem. This learning method enables to create a model with more than one learner instead of training the model with a single learner. The output of each individual or single learner is taken as 'votes'. The final output (decision) is based on the majority response (Figure 4). Ensemble methods attempt to generate a set of hypotheses and combine them for use. Ensemble-based classification systems require a scoring mechanism to combine the prediction results of the elements of the ensemble and produce the final output. For this purpose, different fusion approaches such as max, majority vote, sum, mean, and product are used.

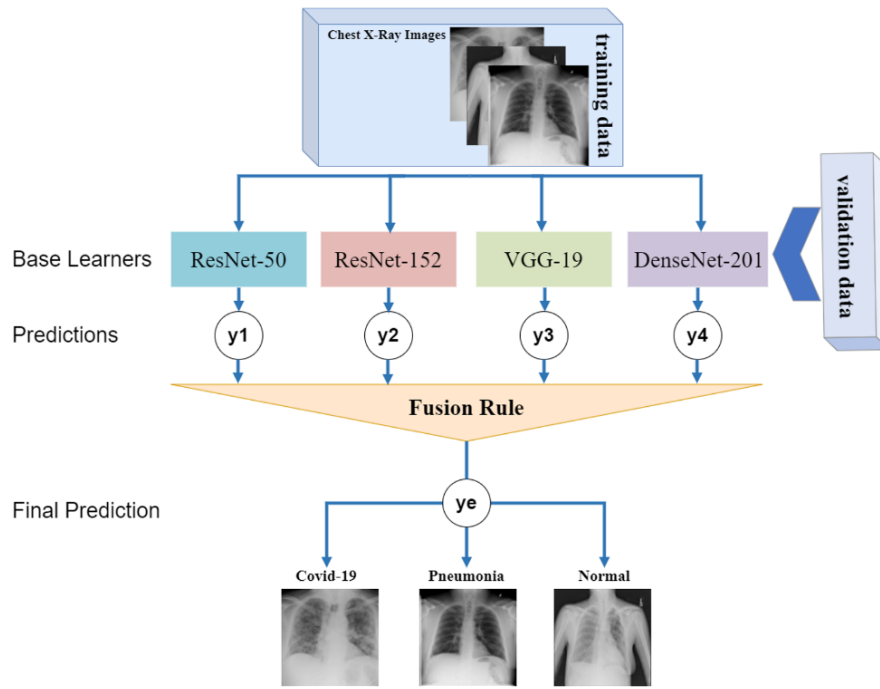


Figure 4. The flow diagram of the study.

The proposed framework is presented in Figure 4. Here, 4 CNN-based classifiers are seen. These classifiers are considered base learners. Each learner y_i will predict a result $y_{ensemble}$ from the class set $\{c_1:COVID-19, c_2:Pneumonia, c_3:Normal\}$. The ensemble strategy is formulated as follows.

$$y_{e(nsemble)} = C_{\arg \max_j \sum_{i=1}^T y_i^j} \quad (1)$$

wherein, multi-dimensional vector $(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iT})$ represents the predicted output of y_i on the training data sample and y_{ij} represents the output of y_i on class c_j . T is the number of learners with a value of 4. Given the input feature vector X, the i .output of the classifier is shown as Eq. 2 for the three classes.

$$y_i(X) = [y_{i,1}(X), y_{i,2}(X), y_{i,3}(X)]^T \quad (2)$$

The fused output of the four classifiers is constructed as in Eq. 3.

$$y(X) = \text{Fusion}(y_1(X), y_2(X), y_3(X), y_4(X)) \quad (3)$$

The output of all basic learners can be represented as a decision profile in the form of a 4x3 matrix (Eq.4).

$$DP(X) = \begin{bmatrix} y_{1,1}(X) & y_{1,2}(X) & c_{1,3}(X) \\ y_{2,1}(X) & y_{2,2}(X) & y_{2,3}(X) \\ y_{3,1}(X) & y_{3,2}(X) & c_{3,3}(X) \\ y_{4,1}(X) & y_{4,2}(X) & y_{4,3}(X) \end{bmatrix} \quad (4)$$

Additionally, the fusion result $y(X)$ is a 3-dimensional vector represented by the measure layer form (d represents the decision for each class) shown in Eq. 5.

$$y(X) = [d_1(X), d_2(X), d_3(X)]^T \quad (5)$$

The fusion rules given in Table 3 are applied to each column of DP (X) and give the fusion output as a result of the operation. The ensemble scoring by fusion rules is given by Eq.1.

Table 3. Fusion rules (i: classifier number, j: class label)

Fusion rules	Formula
Max	$d_j(X) = \max_{i=1}^l y_{i,j}(X), j = 1, 2, \dots, m$
Majority Vote	$d_j(X) = \underset{i=1}{l} \operatorname{argmax} y_{i,j}(X), j = 1, 2, \dots, m$
Sum	$d_j(X) = \sum_{i=1}^l y_{i,j}(X), j = 1, 2, \dots, m$
Mean	$d_j(X) = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l y_{i,j}(X), j = 1, 2, \dots, m$
Product	$d_j(X) = \prod_{i=1}^l y_{i,j}(X), j = 1, 2, \dots, m$

4. Results and Discussions

Using Machine Learning techniques to classify the COVID-19 disease has become quite common. Especially in binary classification, classification studies between healthy and COVID-19 are common. It is also very important to distinguish other types of lung disease from COVID-19 positive. Therefore, binary-classification (COVID-19 vs Normal, COVID-19 vs Pneumonia) and multi-classification (Normal, COVID-19, Pneumonia) were preferred in this study. An ensemble usually consists of basic learners. In our approach, these key learners were chosen as ResNet50, ResNet152, VGG-19, and DenseNet201.

In this study, a bagging approach is considered to combine different deep learning models with basic fusion methods to increase classification accuracy. Two ensemble models were created to combine different deep learning models; Ensemble-1 (ENS-1) ve Ensemble-2 (ENS-2). Ensemble-1 model consists of ResNet152, VGG-19, DenseNet201 models, and Ensemble-2 model consists of ResNet50, VGG-19, DenseNet201 models. Three different scenarios were applied to these models. First, the models were trained for three classes (COVID-19, Pneumonia, and Normal) to classify X-Ray images

into three categories, as seen in Table 4. Second, the models are trained to classify two classes (COVID-19 and Normal), as seen in Table 5. Third, the models are trained to classify two classes (COVID-19 and Pneumonia), as seen in Table 6. A dataset of 1125 images (125 COVID-19, 500 Pneumonia, and 500 Normal) was used to develop the model. The dataset was separated by 5-fold cross-validation with 80% training and 20% validation (Figure 5). Both the binary and multi-classification performance of the models were evaluated for each fold, and finally, the classification performances of the basic fusion methods were compared.

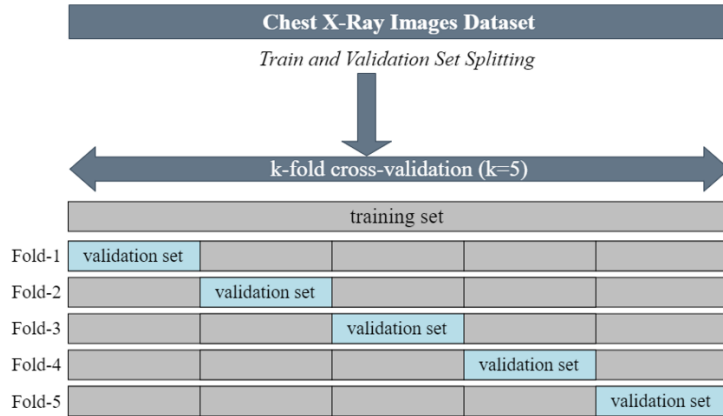


Figure 5. 5-fold cross-validation used to split the dataset into training and validation

The biggest strength of our ensemble deep learning system is that two selected models make their predictions according to fusion methods. Our model also reduces the misclassification error by predicting the new sample with multiple ensemble models.

Among the fusion methods, the Max function achieved the highest classification performance in three classification scenarios for both Ens-1 and Ens-2 (Table 4).

Table 4. Ensemble-1 and Ensemble-2 Models Accuracy for three classifications (COVID-19, Normal, Pneumonia)

	ENS-1					ENS-2				
	MAX	MODE	SUM	MEAN	PRODUCT	MAX	MODE	SUM	MEAN	PRODUCT
Fold-1	0,87	0,86	0,88	0,88	0,88	0,87	0,85	0,88	0,88	0,87
Fold-2	0,79	0,78	0,79	0,79	0,78	0,79	0,76	0,78	0,78	0,79
Fold-3	0,83	0,80	0,80	0,80	0,82	0,85	0,81	0,83	0,83	0,83
Fold-4	0,84	0,82	0,80	0,80	0,80	0,86	0,84	0,85	0,85	0,85
Fold-5	0,90	0,93	0,92	0,92	0,92	0,91	0,93	0,90	0,90	0,88
Average	0,85	0,84	0,84	0,84	0,84	0,86	0,84	0,85	0,85	0,84

Figure 6 shows the accuracy rates of the fusion functions for each fold for Ens-1 (left) and Ens-2 (right). While all fusion methods continued close to the same mean in Ens-1, the Max function showed the highest performance. Similarly, while the max function showed the highest performance in Ens-2, the lowest performance was obtained with Mode and Product.

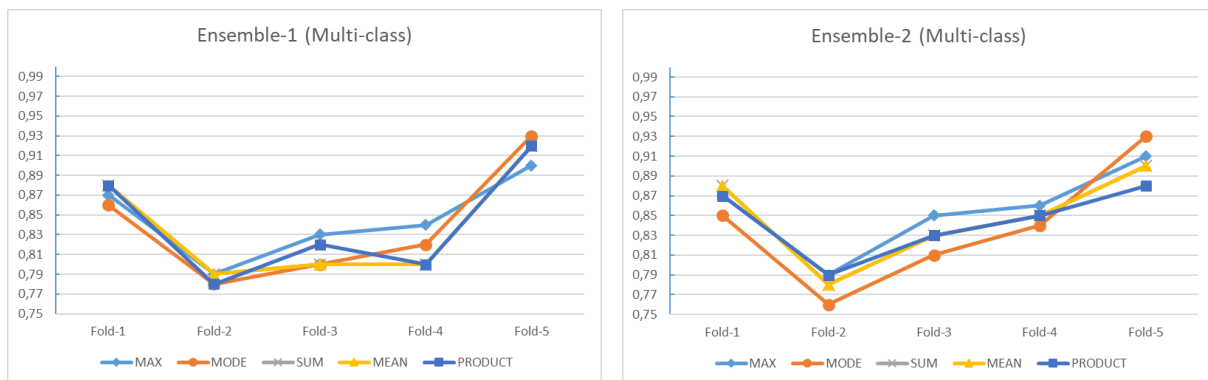


Figure 6. Multi-classification results of basic fusion functions

Binary classification performances are higher for each fusion function than for 3-classification (Table 5). The classification performance for COVID-19 vs Normal is 99% for Ens-1 and Ens-2. Among the fusion methods, the Sum function obtained the lowest value, while the other functions achieved the level of 99% (Table 5).

Table 5. ENSEMBLE-1 and ENSEMBLE-2 Models Accuracy for binary classification (COVID-19 vs Normal)

	ENS-1					ENS-2				
	MAX	MODE	SUM	MEAN	PRODUCT	MAX	MODE	SUM	MEAN	PRODUCT
Fold-1	1,00	0,99	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
Fold-2	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Fold-3	0,98	0,99	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00
Fold-4	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00
Fold-5	0,98	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Average	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99

The obvious difference in healthy and COVID-19 x-rays (Figure 1) is also reflected in binary classification performances. While the Sum function is at the lowest level for almost all folds in Ens-1, the other functions have exceeded 99% in both Ens-1 and Ens-2 (Figure 7).

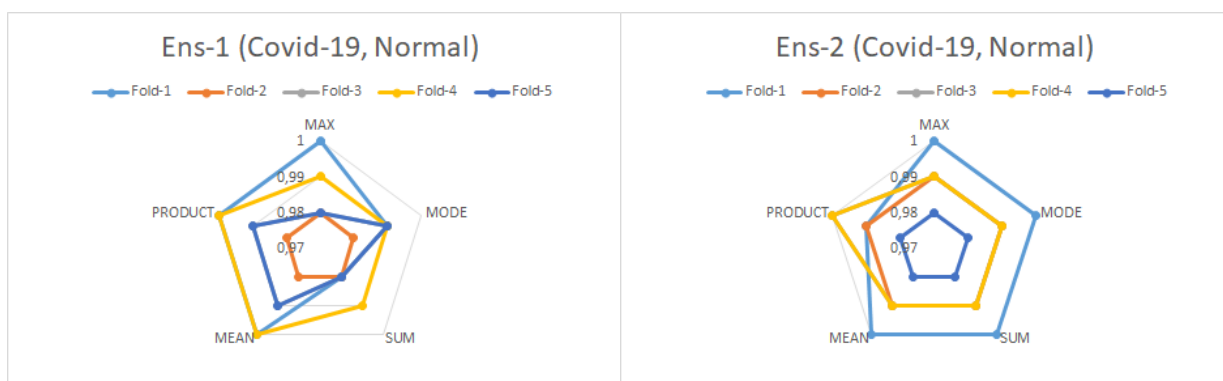


Figure 7. Binary classification (COVID-19 and Normal) results of basic fusion functions

Since COVID-19 and Pneumonia are two diseases with similar symptoms, the classification performance here is relatively lower than the COVID-19 and Normal classification. While all fusion methods showed the same performance for Ens-1, 98% success was achieved with the Product function for Ens-2 (Table 6).

Table 6. ENSEMBLE-1 and ENSEMBLE-2 Models Accuracy for binary classification (COVID-19 vs Pneumonia)

	ENS-1					ENS-2				
	MAX	MODE	SUM	MEAN	PRODUCT	MAX	MODE	SUM	MEAN	PRODUCT
Fold-1	0,97	0,97	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,96	0,96	0,97
Fold-2	0,93	0,94	0,92	0,93	0,93	0,94	0,95	0,95	0,95	0,95
Fold-3	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99
Fold-4	0,98	0,98	0,97	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,99
Fold-5	0,96	0,96	0,97	0,96	0,96	0,95	0,97	0,97	0,97	0,98
Average	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98

In the COVID-19 vs Pneumonia binary classification, the Product function for Ens-2 achieved the highest performance with 98%. In Ens-1, 92% and 93% values were obtained for Mean and Sum in only one-fold, respectively. The gap between performances in folds in Ens-1 is higher than in Ens-2 (Figure 8).

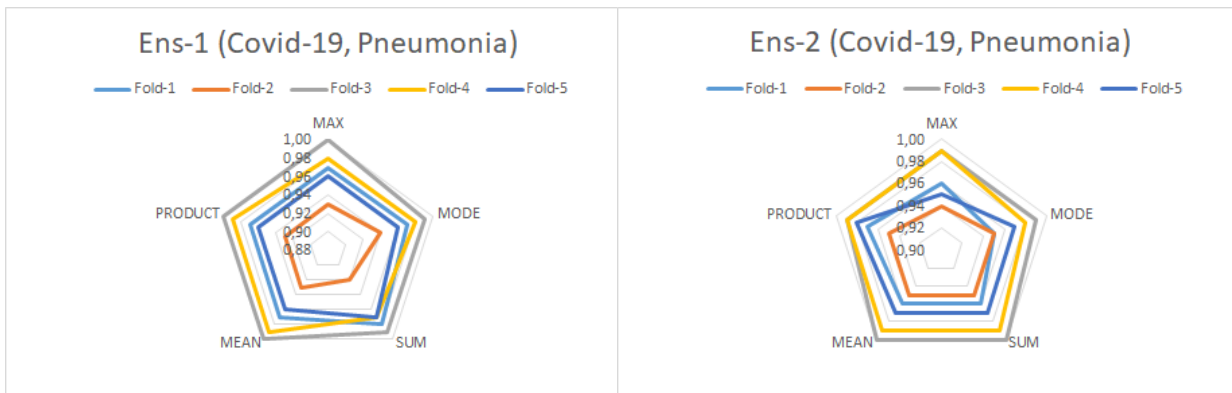


Figure 8. Binary classification (COVID-19 and Pneumonia) results of basic fusion functions

Due to the low rate of COVID-19 X-ray images in the dataset, it was evaluated according to precision, sensitivity, and F1 score as well as accuracy parameters (Table 7, Table 8, Table 9). The values in these tables were obtained according to the Max Voting function. When the values are examined, it is seen that many basic fusion functions have a positive effect on classification performance. For the three-classification, it is seen that the maximum 83% success rate in Table 7 reaches 85% for Max, and 84% for Mode, Sum, Mean, and Product with basic fusion functions. These values reached 86% with the Max function applied in Ens-2. As can be seen from Table 7, the model with the lowest 3-classification performance was DenseNet-201 with 82%.

Table 7. Precision, Recall, F1-Score, and Accuracy of 4 different models per fold for 3-classification (Normal, COVID-19, Pneumonia)

Models	Folds	Fold-1	Fold-2	Fold-3	Fold-4	Fold-5	Average
ResNet-50	Precision	1,00	0,94	1,00	1,00	1,00	0,99
	Recall	0,92	0,68	0,96	0,92	0,96	0,89
	F1-Score	0,96	0,79	0,98	0,96	0,98	0,93
	Accuracy	0,85	0,79	0,80	0,84	0,89	0,83
ResNet-152	Precision	1,00	0,94	1,00	0,96	1,00	0,98
	Recall	0,84	0,64	1,00	0,88	0,92	0,86
	F1-Score	0,91	0,76	1,00	0,92	0,96	0,91
	Accuracy	0,87	0,78	0,84	0,77	0,89	0,83
VGG-19	Precision	0,95	1,00	1,00	1,00	0,96	0,98
	Recall	0,76	0,64	0,96	0,84	0,88	0,82
	F1-Score	0,84	0,78	0,98	0,91	0,92	0,89
	Accuracy	0,83	0,80	0,76	0,77	0,86	0,80
DenseNet-201	Precision	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Recall	0,72	0,64	1,00	0,84	0,84	0,80
	F1-Score	0,84	0,78	1,00	0,91	0,91	0,89
	Accuracy	0,83	0,76	0,82	0,82	0,89	0,82

Table 8. Performance parameters of 4 different models on each fold for binary classification (COVID-19 vs Normal)

Models	Folds	Fold-1	Fold-2	Fold-3	Fold-4	Fold-5	Average
ResNet-50	Precision	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Recall	0,96	1,00	0,88	0,96	0,92	0,95
	F1-Score	0,98	1,00	0,94	0,98	0,96	0,97
	Accuracy	0,99	1,00	0,98	0,99	0,98	0,99
ResNet-152	Precision	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Recall	1,00	0,88	0,92	0,96	0,92	0,94
	F1-Score	1,00	0,94	0,96	0,98	0,96	0,97
	Accuracy	1,00	0,98	0,95	0,99	0,98	0,98
VGG-19	Precision	1,00	1,00	1,00	0,96	0,95	0,98
	Recall	0,96	0,92	1,00	1,00	0,88	0,95
	F1-Score	0,98	0,96	1,00	0,98	0,94	0,97
	Accuracy	0,99	0,98	1,00	0,99	0,98	0,99
DenseNet-201	Precision	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Recall	1,00	0,72	0,92	0,96	0,96	0,91
	F1-Score	1,00	0,84	0,96	0,98	0,98	0,95
	Accuracy	1,00	0,95	0,95	0,99	0,99	0,98

Binary classification performances of the models remained stable at 98% and 99% levels. The ResNet-152 and DenseNet-201 models showed the lowest performance in both cases (COVID-19 and Normal and COVID-19 and Pneumonia). ResNet-50 and VGG-19 showed the highest performance in both cases (Table 8, Table 9).

Table 9. All performance parameters of 4 different models on each fold for binary classification (COVID-19 vs Pneumonia)

Models	Folds	Fold-1	Fold-2	Fold-3	Fold-4	Fold-5	Average
ResNet-50	Precision	0,92	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00
	Recall	0,96	0,52	0,88	0,88	0,96	0,95
	F1-Score	0,94	0,68	0,86	0,94	0,98	0,97
	Accuracy	0,97	0,90	0,94	0,98	0,99	0,99
ResNet-152	Precision	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Recall	0,88	0,64	0,96	0,92	0,92	0,94
	F1-Score	0,92	0,78	0,98	0,96	0,96	0,97
	Accuracy	0,97	0,93	0,99	0,98	0,98	0,98
VGG-19	Precision	0,94	0,93	0,95	0,95	0,90	0,98
	Recall	0,68	0,52	0,84	0,84	0,76	0,95
	F1-Score	0,79	0,67	0,89	0,89	0,83	0,97
	Accuracy	0,93	0,90	0,96	0,96	0,94	0,99
DenseNet-201	Precision	1,00	0,74	1,00	1,00	1,00	1,00
	Recall	0,80	0,56	0,96	0,96	0,76	0,91
	F1-Score	0,89	0,64	0,98	0,98	0,86	0,95
	Accuracy	0,96	0,87	0,99	0,99	0,95	0,98

As can be seen in Table 10, it is seen that the best results are generally obtained in binary classification studies. Considering that we obtain the accuracy rates by combining only two models, it is seen that this proposed system will find a remarkable use in other big datasets, as well as the use of different fusion functions.

Table 10. Comparison of accuracy rates of COVID-19 classification methods using chest X-ray images

Previous study	Data type	Methods/classifier	# classes	Accuracy (%)
(S, Wang et al., 2020)	Chest CT	M-Inception	2	82,90
(Loey et al., 2020)	Chest CT	AlexNet, VGG16, VGG19, GoogleNet, and ResNet-50	2	82,91
(Sahinbas and Catak, 2020)	Chest X-ray	VGG16, VGG19, ResNet, DenseNet ve InceptionV3	2	80,00
(Xu et al., 2020)	Chest X-ray	ResNet+Location Attention	3	86,70
(Ouchicha et al., 2020)	Chest X-ray	CVDNet	3	97,20
(Ozturk et al., 2020)	Chest X-ray	DarkCovidNet	2	98,08
		ENS-1	3	87,02
		ENS-2	3	85,00
		ENS-1 (COVID-19andPneumonia)	2	86,00
This Study	Chest X-ray	ENS-2 (COVID-19andPneumonia)	2	97,00
		ENS-1 (COVID-19andNormal)	2	98,00
		ENS-1 (COVID-19andNormal)	2	99,00
		ENS-2 (COVID-19andNormal)	2	99,00

4. Conclusion

Early diagnosis is vital in preventing the transmission of disease to other people. This study proposes a transfer learning-based ensemble deep learning system to automatically detect and classify COVID-19 patients from 1125 X-ray images obtained from patients with COVID-19, Pneumonia, and Normal. Examining the effect of fusion functions on classification performance in these ensemble systems is important. Fusion functions have been studied before and have been shown to work well in many areas. Therefore, it is important to apply these functions to COVID-19 datasets. In this study, only five of the basic fusion functions were used. Our system used deep CNN-based ResNet-50, ResNet-152, VGG-19, and DenseNet201 models for multi and binary-class problems. In the COVID-19, Normal, and Pneumonia classification, the Ensemble-1 model achieved 85% performance with the Max function. The Ensemble-2 model, on the other hand, achieved 86% performance with the Max function. In binary classification, almost all functions showed a 99% performance. The general performance accuracy achieved by this system is 86% for the three classes and 99% for the binary class. This system can be used to detect COVID-19 disease without the need for radiologists. In addition, the proposed system can be used to classify other diseases related to the chest, such as Pneumonia. In future studies, methods such as Dempster-Shafer can be used instead of basic fusion functions.

Statement of Conflict of Interest

The authors declare that he has no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Author's Contributions

The contribution of the authors is equal.

References

- Abraham B., Nair MS. Computer-aided detection of COVID-19 from X-ray images using multi-CNN and Bayesnet classifier. *Biocybernetics and Biomedical Engineering* 2020; 40(6): 1436-1445.
- Alimadadi A., Aryal S., Manandhar I., Munroe PB., Joe B., Cheng X. Artificial intelligence and machine learning to fight COVID-19. *Physiol Genomics* 2020; 52(4): 200–202.
- Ardakani AA., Kanafi AR., Acharya UR., Khadem N., Mohammadi A. Application of deep learning technique to manage COVID-19 in routine clinical practice using CT images: Results of 10 convolutional neural networks. *Computers in Biology and Medicine* 2020; 121(103795): 1-12.
- Bozkurt F. Derin öğrenme tekniklerini kullanarak akciğer x-ray görüntülerinden COVID-19 tespiti. *European Journal of Science and Technology* 2021; 24: 149-156.
- Cohen JP., Morrison P., Dao L. COVID-19 image data collection. *Computers and Education* 2020; 164(11597): 1-11.

- Dey N., Zhang YD., Rajinikanth V., Pugalenthi R., Raja NSM. Customized VGG19 architecture for pneumonia detection in chest x-rays. *Pattern Recognition Letters* 2021; 143(1): 67–74.
- Hassantabar S., Ahmadi M., Sharif A. Diagnosis and detection of infected tissue of COVID-19 patients based on lung x-ray image using convolutional neural network approaches. *Chaos, Solitons and Fractals* 2020; 140(110170): 1-11.
- Huang G., Liu Z., van der Maaten L., Weinberger KQ. Densenet: densely connected convolutional networks. *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* 2017; 30(1): 82–84.
- Ismael AM., Şengür A. Deep learning approaches for COVID-19 detection based on chest X-ray images. *Expert Systems with Applications* 2021; 164(114054): 1-11.
- Kırbas I., Sözen A., Tuncer AD., Kazancıoğlu FS. Comparative analysis and forecasting of COVID-19 cases in various European countries with ARIMA, NARNN and LSTM approach. *American Physiological Society Bethesda* 2020; 138(110015): 1-11.
- Korkmaz A., Atila BÜ. Derin öğrenme teknikleriyle akciğer röntgeninden Covid-19 tespiti. *Artificial Intelligence Studies*, 2018; 1: 1–13.
- Li X., Geng M., Peng Y., Meng L., Lu S. Molecular immune pathogenesis and diagnosis of COVID-19. *Journal of Pharmaceutical Analysis* 2020; 10(1): 102-108.
- Loey M., Manogaran G., Khalifa NEM. A deep transfer learning model with classical data augmentation and CGAN to detect COVID-19 from chest CT radiography digital images. *Neural Computing and Applications* 2020; 1(26): 1-13.
- Narin A., Kaya C., Pamuk Z. Automatic detection of coronavirus disease (COVID-19) using X-ray images and deep convolutional neural networks. *Pattern Anal Applic* 2021; 24(1): 1207–1220.
- Ouchicha C., Ammor O., Meknassi M. CVDNet: A novel deep learning architecture for detection of coronavirus (Covid-19) from chest x-ray images. *Chaos, Solitons and Fractals* 2020; 140(110245): 1-11.
- 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. *Computers in Biology and Medicine* 2020; 121(103792): 1-11.
- Özbay E., Altunbey Özbay F. Derin öğrenme ve sınıflandırma yaklaşımları ile BT görüntülerinden Covid-19 tespiti. *DÜMF Mühendislik Dergisi* 2021; 12(2): 211-219.
- Sahinbas K., Catak FO. Transfer learning-based convolutional neural network for COVID-19 detection with X-ray images (pp 451-466). Academic Press; 2021.
- Shuja J., Alanazi E., Alasmay W., Alashaikh A. COVID-19 open source data sets: a comprehensive survey. *Appl Intell* 2021; 51: 1296-1325.
- Simonyan K., Zisserman A. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *American Physiological Society Bethesda* 2014; 1(6): 1-14.

- Singhal TA. Review of coronavirus disease-2019 (COVID-19). *The Indian Journal of Pediatrics* 2020; 87(1): 281–286.
- Tuncer T., Dogan S., Ozyurt F. An automated residual exemplar local binary pattern and iterative ReliefF based COVID-19 detection method using chest X-ray image. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 2020; 203(104054): 1-11.
- Wang S., Kang B., Ma J., Zeng X., Xiao M., Guo J., Cai M., Yang J., Li Y., Meng X., Xu Bo. A deep learning algorithm using CT images to screen for Coronavirus disease (COVID-19). *European Radiology* 2021; 31(8): 6096-6104.
- Wang X., Peng Y., Lu L., Lu Z., Bagheri M., Summers RM. ChestX-ray8: Hospital-scale Chest X-ray database and benchmarks on weakly-supervised classification and localization of common thorax diseases. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* 2017; 2097–2106.
- Xu X., Jiang X., Ma C., Du P., Li X., Lv S., Yu L., Ni Q., Chen Y., Su J., Lang G., Li Y., Zhao H., Liu J., Xu K., Ruan L., Sheng J., Qiu Y., Wu W., Li L. A Deep Learning system to screen novel coronavirus disease 2019. *Pneumonia. Engineering* 2020; 6(10): 1122–1129.
- Wang X., Peng Y., Lu L., Lu Z., Bagheri M., Summers RM. ChestX-ray8: Hospital-scale chest x-ray database and benchmarks on weakly-supervised classification and localization of common thorax diseases. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* 2017; 2097–2106.



Bazı *Brassicaceae* Türlerinin Karnabahar Mozayik Virüsü (CaMV)'ne Karşı Reaksiyonlarının Belirlenmesi

Mehmet Ali ŞEVİK^{1*}

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 55139 Atakum, Samsun

¹<https://orcid.org/0000-0002-8895-7944>

*Sorumlu yazar: malis@omu.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 23.11.2022

Kabul tarihi: 27.04.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Brassicaceae

CaMV

Reaksiyon

Virüs

ÖZ

Orta Karadeniz Bölgesi; ülkemizin beyaz ve kırmızı baş, yaprak lahanası, karnabahar, alabaş, turp gibi kışlık sebze türlerinin başlıca üretim alanlarından biridir. Karnabahar mozaik virüsü (CaMV), Dünya'da kışlık sebzelerde yaygın olarak görülen önemli bir viral etmendir ve *Brassicaceae* (turpgiller) familyasına ait bitkilerde önemli kayıplara neden olabilmektedir. Bu çalışma; 2022 yılında lahanagillerin yoğun olarak yetiştirildiği alanlarda yaygın olarak bulunan CaMV'ye karşı bazı lahanagil türlerinin reaksiyon düzeylerini belirlemek amacıyla Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde yürütülmüştür. CaMV ile enfekte yaprak örnekleri fosfat tamponunda ezilerek elde edilen öz sular, bitkilere mekanik olarak bulaştırılmıştır. On haftalık deneme süresince bitkilerde gözlemler yapılarak hastalık belirtileri 0-9 skalasına göre kaydedilmiştir. İnokulasyondan iki hafta sonra bitkilerde, sistemik belirtilerin (mozaik, benekli mozaik, lokal lezyonlar) ortaya çıktığı gözlenmiştir. Bitkilerde belirti skoru, inokulasyondan sonra 10 hafta boyunca artış göstermiştir. Ortalama hastalık belirti skala değeri sırasıyla; 7,6 (kırmızı turp), 6,2 (alabaş), 5,0 (beyaz baş lahanası), 5,0 (şalgam) ve 2,0 (yaprak lahanası) olarak belirlenmiştir. DAS-ELISA yöntemi kullanılarak bitkilerde CaMV enfeksiyonları teyit edilmiştir.

Reactions of Some Species in *Brassicaceae* Family to Cauliflower mosaic virus (CaMV)

Research Article

Article History:

Received: 23.11.2022

Accepted: 27.04.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Brassicaceae

CaMV

Reaction

Virus

ABSTRACT

Middle Black Sea Region of Turkey is one of the major planting area of winter vegetables, such as cauliflower, white cabbage, red cabbage, kale, kohlrabi, and radish. CaMV is a widespread virus on winter vegetables in the world and can cause significant loss in *Brassicaceae* crops. This study was conducted to determine reaction levels of some Brassica cultivars against CaMV, which are commonly found in Brassicas grown fields. The study carried out at Faculty of Agriculture, the University of Ondokuz Mayıs in 2022. The saps obtained by grinding CaMV-infected leaves in phosphate buffer were mechanically inoculated to plants. Observations were recorded according to the disease symptom scale (0-9) throughout 10 weeks of experiment. *Brassicaceae* plants showed systemic symptoms (mosaic, mottle, local lesions) developed at two weeks post inoculation. The symptom severity score for plants increased ten weeks after inoculation. The average scales were 7,6 (radish), 6,2 (kohlrabi), 5,0 (white head cabbage), 5,0 (turnip), and 2,0 (kale), respectively. The virus infections were confirmed in plants using DAS-ELISA method.

To Cite: Şevik MA. Bazı *Brassicaceae* Türlerinin Karnabahar Mozayik Virüsü (CaMV)'ne Karşı Reaksiyonlarının Belirlenmesi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 18-28.

Giriş

Türkiye; 31,8 milyon ton toplam sebze üretimi ile Dünya sebze üretimi içerisinde %2,76'lık bir paya sahiptir. Türkiye üretim yönünden; Çin, Hindistan ve ABD'den sonra dördüncü sırada yer almaktadır (FAO, 2021). Türkiye'de tarım işletmelerinin ise %32'si sebze üretmekte olup elde edilen toplam bitkisel üretim değerinin yaklaşık %25'ini sebzeler oluşturmaktadır (Küden ve Daşgan, 2021). Ülkemiz farklı ekolojik koşullara sahip olması nedeniyle kışlık sebze ve yazlık sebze üretimine uygundur. Son yıllarda fonksiyonel gıda değeri ve gıda kalitesi açısından tüketici taleplerinin artmasına bağlı olarak özellikle bazı kışlık sebze içerisinde *Brassicaceae* (turpgiller)'ye ait olan bitkilerin üretimi artış göstermektedir (Balkaya ve ark., 2018). Turpgiller familyasının dünya genelinde 338 cins ve 3710 türü bulunmaktadır (Al-Shehbaz ve ark., 2006). Dünyanın birçok yerinde bulunan turpgiller familyası bitkileri başlıca Kuzey yarımkürenin ılıman kuşağında dağılım göstermekle birlikte özellikle Akdeniz'in çevrelediği havzada, güney batı ve merkez Asya bölgelerinde yaygın bir şekilde bulunmaktadır. İçerdiği 98 cins, 605 tür ve toplamda 676 takson ile turpgiller familyası ülkemizde bulunan en geniş bitki familyalarından biridir (Güner ve ark., 2012).

Kışlık sebze türlerinin önemli bir kısmı turpgiller familyası içerisinde yer almaktadır. Önemli bazı türler arasında; beyaz baş lahana (*Brassica oleracea* var. *capitata* sub.var. *alba*), kırmızı baş lahana (*Brassica oleracea* var. *capitata* sub.var. *rubra*), yaprak lahana (*Brassicicea oleracea* var. *acephala*), turp (*Raphanus sativus*), şalgam (*Brassica rapa*), brokoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), alabaş (*Brassica oleracea* var. *gongylodes*) yer almaktadır (Balkaya ve ark., 2018).

Beyaz baş lahana tüm dünyada yaygın olarak yetiştirilen ve tüketilen önemli sebze türlerinden biridir (Singh ve ark., 2009). Bu grubun orijini Doğu Akdeniz ülkeleri ve Anadolu olarak kabul edilmektedir (Fang ve ark., 2005). Yaprak lahana; koyu yeşil, geniş ve kalınca kat kat yaprakları olan, kış sebzesi olarak yetiştirilen bir lahana çeşididir. Ülkemizde özellikle Karadeniz Bölgesi'nde bolca üretilip tüketilen bir sebze türüdür. Bölgede yer alan Samsun ili 17.252 ton ile yaprak lahana üretiminde ilk sırada yer almaktadır (TÜİK, 2020). Turp bitkisinin ana vatanı Orta Asya ve Doğu Asya'dır. Ülkemizde en yaygın turp yetiştiriciliği Samsun ve Osmaniye illerimizde yapılmakta olup toplam 218.816 ton olan turp üretimimizin yaklaşık %90'ını kırmızı (findık) turp geri kalanını ise diğer turplar oluşturmaktadır. Ülkemizde kırmızı turp yetiştiriciliğinde; Samsun 5.610 ton üretim ile Osmaniye'den (159.875 ton) sonra ikinci sırada gelmektedir (TÜİK, 2020). Turpgiller grubunda yer alan şalgam tek yıllık ve kışlık bir bitkidir (Geren ve ark., 2002). Dünyanın birçok yerinde yaygın olarak yetiştirilen şalgamının yaprakları, yumruları ve sapları hayvan beslemede kullanılmaktadır. Türkiye'de yem şalgamının ekim alanı 46.568 dekar ve üretim miktarı 237.491 tondur (TÜİK, 2020). Alabaş; lahana grubuna giren, gövde üzerinde oluşan yumrusu ve yaprakları kullanılan bit bitki türüdür. Alabaşın orijini tam bilinmemekle birlikte Kuzey Doğu, Kuzey Batı Avrupa olarak söylenilebilir. Ülkemizde pek tanınmayan alabaş, iki yıllık otsu bir bitkidir (Özbakır ve ark., 2012).

Turpgiller familyası bitkilerin üretiminde, kalite ve miktarı etkileyen birçok hastalık etmeni (fungus, bakteri, virüs vd.), zararlı ve yabancı ot bulunmaktadır. Bu bitki türlerinde birçok viral etmen enfeksiyon gerçekleştirebilmektedir. Cauliflower mosaic virus (CaMV), turnip mosaic virus (TuMV), turnip yellow mosaic virus (TYMV), beet western yellows virus (BWYV), cucumber mosaic virus (CMV), radish mosaic virus (RaMV) yaygın görülen virüsler arasındadır (Raybould ve ark., 1999; Moreno ve ark., 2004).

CaMV, turpgiller familyası içerisinde yer alan sebze türlerinde en önemli viral etmenlerin başında gelmektedir (Spence ve ark., 2007). Genom; 53 nm çapında izometrik şekilli, çift sarmallı dairesel bir DNA'dan oluşur (Haas ve ark., 2002). CaMV geniş bir konukçu yelpazesine sahiptir. Özellikle *Brassicaceae* familyasına ait kültür bitkileri ve yabancı formları başta olmak üzere, birçok kültür bitkisi ve yabancı ot virüsün konukçusudur. Virüs belirtileri konukçulara göre değişkenlik gösterebilmektedir. Enfekteli bitkilerde sıklıkla görülebilen belirtiler arasında yapraklarda lokal lezyonlar, mozaik, damar açılması ve damar bantlaşması, nekroz, deformasyon ve bitkide bodurluk, baş bağlayamama gibi belirtiler yer almaktadır. Doğada, CaMV yaprak bitleri tarafından non-persistent olarak taşınabilmektedir. Ayrıca CaMV'nin konukçu bitkilere mekanik olarak kolayca taşınabildiği bilinmektedir. Düşük yoğunlukta da olsa virüsün tohumla taşınabildiği bildirilmiştir (Blanc ve ark., 2001).

Virüslerin; bitkiden bitkiye mekanik yollarla kolaylıkla bulaşabilmesi, tohum ve vejetatif üretim materyalleri ile veya vektörler aracılığıyla çok daha geniş alanlara kısa sürede yayılması, kimyasal mücadelenin olmamasından dolayı büyük bir öneme sahiptir. Virüslerle mücadelenin en etkili yolu dayanıklı çeşit kullanmaktır (Şevik, 2015). Üretimde kullanılan tür ve çeşitlerin hastalık etmenlerine karşı hassasiyet durumlarının bilinmesi bu bakımdan büyük önem arz etmektedir. CaMV; Ülkemizin diğer bazı bölgelerinde ve Karadeniz Bölgesi'nde Samsun ilinde daha önce yapılan çalışmalar ile birçok *Brassicaceae* familyasına ait kültür bitkilerinde tespit edilmiştir (Akcura ve Sevik, 2016; Sevik, 2016).

Bu çalışmada Orta Karadeniz Bölgesi'nde sebze yetiştiriciliğinde yoğun olarak kullanılan bazı *Brassicaceae* sebze tür ve çeşitlerinin (beyaz baş lahana, yaprak lahana, turp, şalgam, alabaş) yine aynı bölgeden izole edilen CaMV ye karşı reaksiyon/hassasiyet düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kontrollü şartlar altında farklı sebze türlerinin virüse reaksiyonları biyolojik ve serolojik yöntemler kullanılarak incelenmiştir.

Materyal ve Metot

Araştırma materyali olarak beyaz baş lahana, yaprak lahana, şalgam, kırmızı turp, alabaş *Brassica oleracea* kullanılmış olup tohumları KTAE ve ticari tohum firmalarından temin edilmiştir. Bu çalışma; 2020-2021 yılları arasında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü'ne ait iklim odasında yürütülmüş çalışma kapsamında Samsun İli, Bafra ilçesi lahana üretim alanlarından elde edilen

CaMV-BA izolatu kullanılmıştır. Virüsün bitkilere inokulasyonunda, 0,01 M Potasyum Fosfat Tampon Çözeltisi (PBS) (pH 7,0) kullanılmıştır.

Araştırmada kullanılan CaMV antiserumu (Bioreba) yurt dışından temin edilmiştir. Bu çalışmada 96 çukurlu polistrene maddeden yapılmış olan ve düztabanlı mikropleytler (TPP) kullanılmıştır.

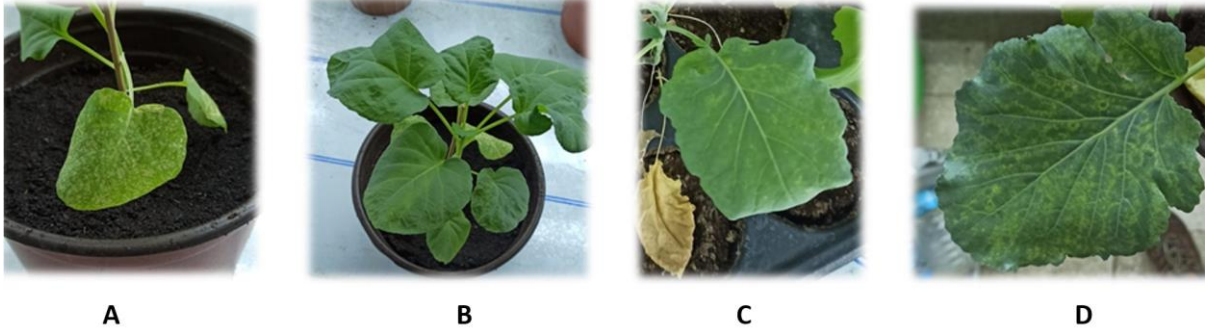
İnokulum kaynağını çoğaltmak amacıyla, CaMV-BA izolatu, şalgam, kırmızı turp, alabaş, beyaz baş lahana, yaprak lahana bitkilerine inokule edilmiştir. Bu amaçla, tohumlar, torfla doldurulmuş viyollere ekilerek, fideler dört gerçek yapraklı büyüklüğe ulaştığında, mekanik inokulasyon ile CaMV inokule edilmiştir. Yeterli inokulum kaynağı elde edilince deneme kurulmuştur.

şalgam, kırmızı turp, alabaş, beyaz baş lahana, yaprak lahana türlerine ait tohumlar steril torf içeren plastik viyollere 10 tekerrür olacak şekilde ekilerek, fideler 4 gerçek yapraklı döneme ulaştığında CaMV izolatları bitki yapraklarına mekanik inokulasyon yöntemi ile inokule edilmiştir. Mekanik inokulasyon yönteminden sonra 1 hafta bekletilen fideler steril torf içeren saksılara dikilerek şaşırtılmıştır. Fidelerin inokulasyonu sonrasında 10 hafta boyunca gözlemlenen simptomlar kayıt altına alınmıştır. Gözlemlenen belirtiler 0-9 skalasına göre (0: Simptom yok, 1: İnokule edilen yapraklarda lokal lezyonlar, 3: İnokule edilen yapraklarda lokal lezyonlar+yeni gelişen yapraklarda hafif mozayik, 5: İnokule edilen yapraklarda lokal lezyonlar+yeni gelişen yapraklarda hafif mozayik+gelişme geriliği, 7: İnokule edilen yapraklarda lokal lezyonlar+yaprakta mozayik ve deformasyon+gelişme geriliği, 9: İnokule edilen yapraklarda lokal lezyonlar+yaprakta şiddetli mozayik+ bitki ölümu) değerlendirilmişlerdir (Jiang ve Xinke, 1995; Fjellstrom ve Williams, 1997). CaMV ile inokulasyon yapılan bitkilerdeki virüs varlığı/yokluğu CaMV poliklonal antiserum kullanılarak, DAS-ELISA yöntemi ile test edilmiştir. Yöntem Clark ve Adams (1977)'a ve antiserumun temin edildiği firma (Bioreba) açıklamalarına uyularak, 2 tekerrür için her örnek çift çukurda olacak şekilde uygulanmıştır. İnokule edilen bitkilerin yaprakları ekstraksiyon tampon çözeltisinde (1/5 oranında) homojenize edilmiştir. Antiserum (1:1000) ile kaplanmış ELISA plakalarına (TPP), 100 ml olacak şekilde ekstraktlar ilave edilmiştir. Bir gece 4⁰C' de buzdolabında bekletilmiş olan plakalar, yıkama tampon çözeltisi ile 5 defa yıkanmıştır. Konjugat tampon çözeltisinde 1/1000 oranında sulandırılan alkalın fosfataz enzimi ile işaretli virüs-spesifik IgG (Konjugat)' den 100 ml, mikropleytin her bir çukuruna ilave edilmiştir. Konjugat inkubasyonu 30⁰C' de dört saat yapılmıştır. Plaka çukurları yıkandıktan sonra substrat olarak 1 mg/ml oranında p-nitrofenil fosfat (Sigma), ilave edilmiştir. Plakalar substrat inkubasyonu için oda sıcaklığında ve karanlıkta 1-2 saat inkubasyona bırakılmıştır. Sonuçlar, ELISA okuyucusunda 405 nm. dalga boyunda absorbans değerlerinin alınmasıyla elde edilmiştir. Negatif kontrollerin absorbans değerlerinden 3 katı ve daha fazla değer veren örnekler pozitif olarak kabul edilmiştir (Sevik, 2016).

Bulgular

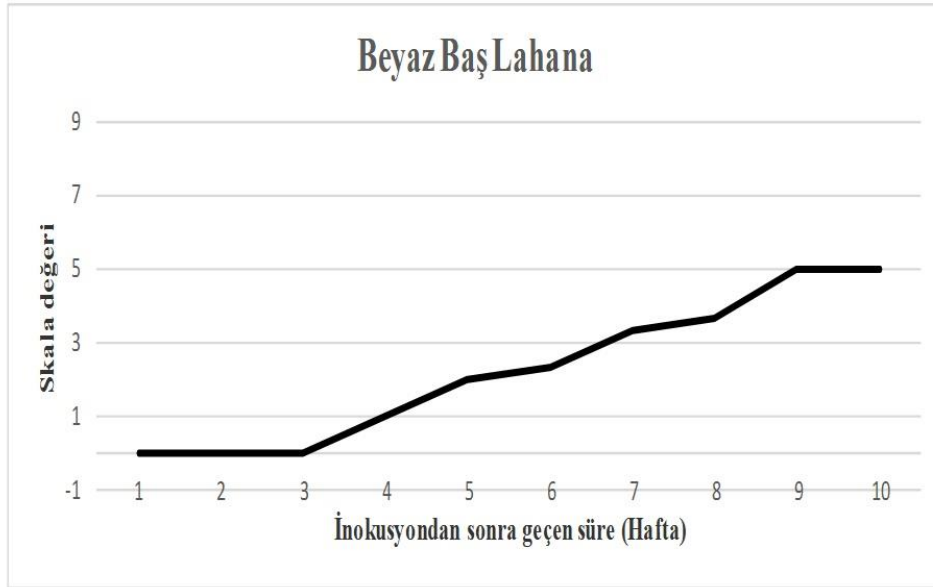
CaMV inokule edilen bitkilerde, inokulasyondan yaklaşık 15 gün sonra ilk virüs belirtileri gözlenmeye başlanmıştır. Negatif kontrol bitkilerde ise herhangi bir virüs simptomu gelişmemiştir.

Tür ve çeşide bağlı olarak bitkilerde yoğun olarak yapraklarda lokal lezyonlar, mozayik, kabarcıklı mozayik, şekil bozukluğu ve bitkide gelişme geriliği ve bitki ölümü belirtileri ortaya çıkmıştır (Şekil 1).



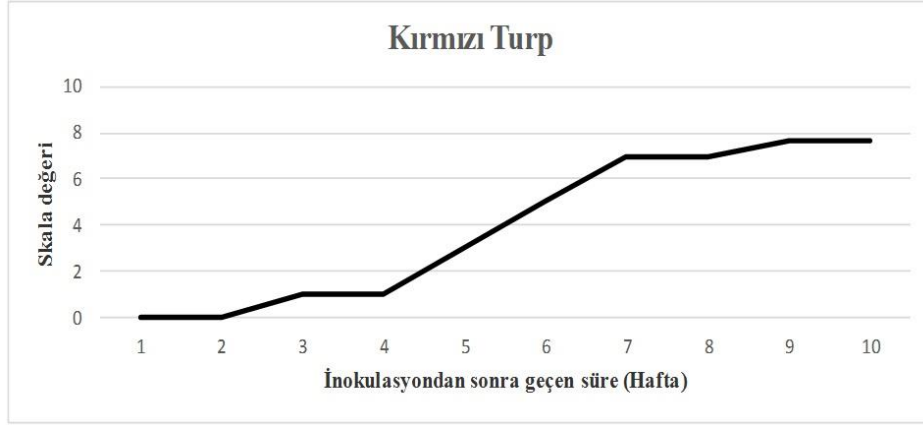
Şekil 1. CaMV inokule edilen bitkilerde gözlenen belirtiler A: Lokal lezyon, B: Kabarcıklı mozayik, C-D: Mozayik

CaMV inokule edilen beyaz baş lahana bitkilerinde, inokulasyondan sonra ilk üç hafta herhangi bir virüs belirtisi gözlenmez iken, dördüncü haftadan itibaren virüs belirtileri (mozayik, lokal lezyon, kabarcıklı mozayik) gözlenmeye başlanmıştır. Beyaz baş lahana bitkilerinde 5. haftada ortalama 2 olan skala değeri 10. hafta sonunda skala değeri ortalaması 5'e ulaşmıştır (Şekil 2).



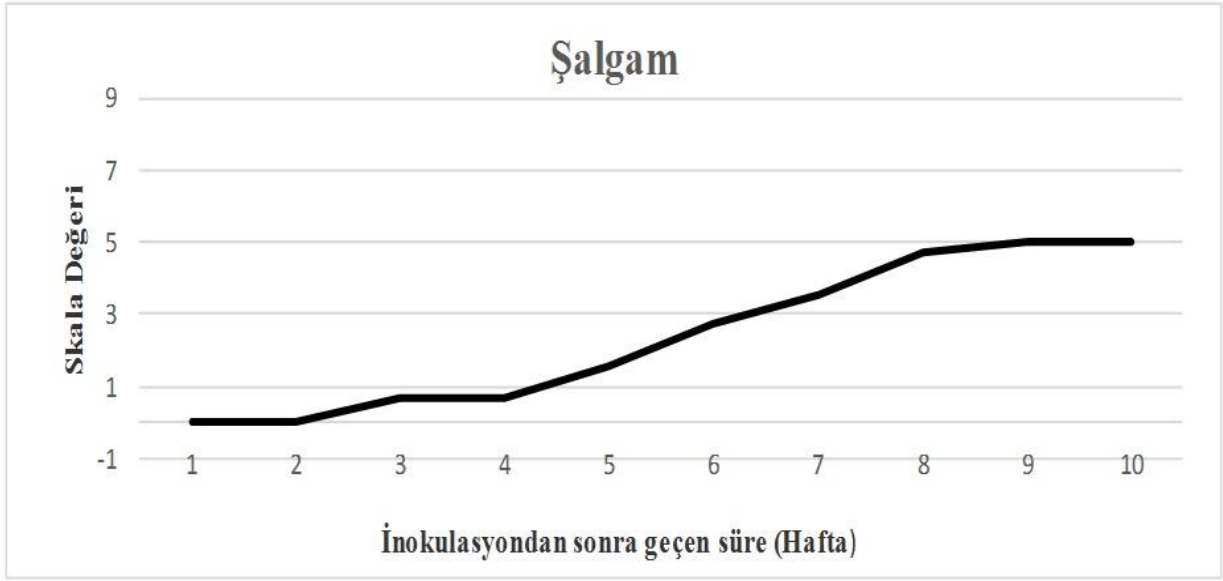
Şekil 2. CaMV inokule edilen beyaz baş lahana bitkilerinde elde edilen ortalama skala grafiği

Virüs inokule edilmiş kırmızı turp bitkilerinde mozayik şeklinde ilk belirtiler ikinci haftadan sonra ortaya çıkmaya başlamıştır. On haftalık deneme sonucunda elde edilen skala değeri ortalamaları kırmızı turp bitkilerinde 7,6 ile en yüksek oranda belirlenmiştir (Şekil 3).



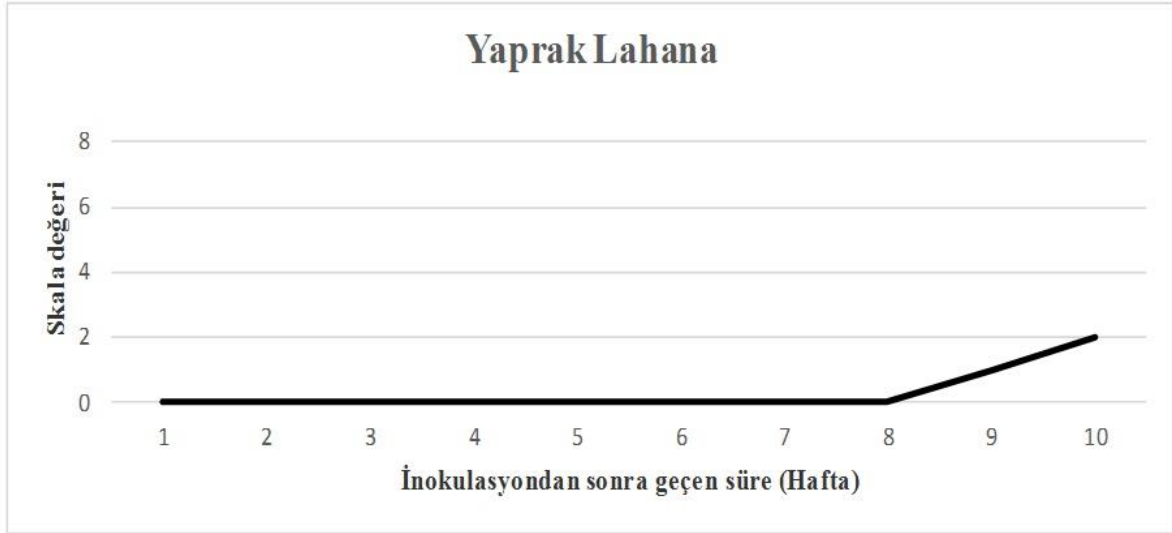
Şekil 3. CaMV inokule edilen kırmızı turp bitkilerinde elde edilen ortalama skala grafiği

Bu çalışma kapsamında CaMV inokule edilen şalgam bitkilerinde ilk belirtiler inokulasyondan 15 gün sonra ortaya çıkmaya başlamıştır. Altıncı hafta 3 olan ortalama skala değeri deneme sonunda 5 olarak belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. CaMV inokule edilen şalgam bitkilerinde elde edilen ortalama skala grafiği

Bu denemede yaprak lahanası bitkilerinde inokulasyondan sonra sekiz hafta belirtiler görülmemiştir. On haftalık gözlem sonucunda elde edilen skala ortalamaları en düşük değer 2 olarak belirlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. CaMV inokule edilen yaprak lahana bitkilerinde elde edilen ortalama skala grafiği

CaMV inokule edilen alabaş bitkilerinde yine ilk iki hafta virüs belirtisi gözlenmez iken, virüs belirtileri ve hastalık şiddeti haftalar geçtikçe artarak turp bitkilerinden sonra en yüksek skala değeri (6,2) ortalamalarına ulaşmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. CaMV inokule edilen alabaş bitkilerinde elde edilen ortalama skala grafiği

Skala değerlerine göre bitki çeşitlerinin CaMV'ye reaksiyonları karşılaştırılarak diğerlerine göre hassasiyetleri belirlenmiştir. On haftalık deneme sonucunda elde edilen skala değeri ortalamaları en yüksek kırmızı turp bitkilerinde 7,6 tespit edilirken bunu sırası ile alabaş (6,2), beyaz baş lahana (5,0), şalgam (5,0) izlemiştir. En düşük skala değeri ortalaması ise yaprak lahanalarda (2,0) saptanmıştır. Bu çalışma kapsamında test edilen *Brassicaceae* türlerinde (beyaz baş lahana, yaprak lahana, turp, şalgam, alabaş) virüsün (CaMV) varlığı DAS-ELISA yöntemiyle de tespit edilmiştir. Türlerine göre

değişmekle birlikte pozitif değerler 0,323-0,656 negatif değerler 0,116-0,118 arasında değişen ELISA absorbans değerleri elde edilmiştir.

Tartışma

Brassicaceae familyasında hastalık oluşturan en önemli viral etmenlerinden biri CaMV'dir. Caulimoviridae familyası içerisinde yer alan CaMV, çift sarmallı DNA yapısına sahiptir. Ağırlıklı olarak turp, şalgam, kanola, hardal, karnabahar, brokoli ve lahanalar olmak üzere *Brassicaceae* familyasına ait bitkileri enfekte edebilmektedir (Scholelz ve Shepherd, 1988).

Bu çalışmada, CaMV'ye karşı turp, şalgam, alabaş, beyaz baş lahana, yaprak lahana tür ve çeşitlerine ait bitkilerin göstermiş olduğu reaksiyonlar simptomatolojik ve serolojik olarak belirlenmiştir. Deneme sonucunda, test edilen tüm *Brassicaceae* bitkilerinde CaMV kolza izolatu enfeksiyon gerçekleştirmiştir. CaMV izolatının bitki türlerinde göstermiş olduğu belirtiler ve reaksiyon/hassasiyet seviyeleri değişkenlik göstermiştir. Virüslerin bitkilerde göstermiş olduğu belirtiler bitki tür ve çeşidine, lokasyona, iklim koşullarına ve daha birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Scholthof ve ark., 2011).

CaMV'nin farklı konukçularda mozayik, kloroz, damar açılması ve bodurluk benzeri sistemik enfeksiyonlara neden olduğu bildirilmiştir (Bak ve Emerson, 2020). Aynı şekilde bu çalışmada da CaMV'nin enfekteli bitkilerde benzer (mozayik, lokal lezyonlar, kloroz, bodurluk vb.) belirtiler gösterdiği tespit edilmiştir.

Daha önce yapılan çalışmalarda, CaMV varyantları, farklı simptomlar, virülans ve bulaşma oranları ile farklı konukçu bitki türlerinde tanımlanmıştır (Doumayrou ve ark., 2013; Yasaka ve ark., 2014). Son yıllarda yapılan çalışmalar ile CaMV genetik çeşitliliği birçok araştırmacı tarafından ortaya çıkarılmıştır (Farzadfar ve ark., 2014; Becker ve Ulrich, 2018; Sukal ve ark., 2018).

Deneme sonucunda elde edilen skala değeri ortalamaları en yüksek turp bitkilerinde 7,6 tespit edilirken bunu sırası ile alabaş (6,2), beyaz baş lahana (5,0), şalgam (5,0) ve yaprak lahanalarda (2,0) bitkileri izlemiştir. Bitkilerin CaMV ile enfekte olduğu gelişme dönemine bağlı olarak hastalık belirti ve şiddeti değişkenlik gösterebilmektedir (Anderson ve ark., 1991). Özellikle bitkilerin erken gelişme dönemlerinde virüs ile bulaşık hale gelmesi durumunda hastalık şiddeti daha da artmaktadır (Bosque-Perez ve ark., 1998). Bu çalışmada ortaya çıkan belirti şiddeti ortalamalarının 7,6 gibi yüksek seviyelere ulaşması, virüsün erken gelişme (fide) dönemlerinde bitkilere inokule edilmesinden kaynaklanmış olabileceği değerlendirilebilir.

Sonuç

Dayanıklı çeşit kullanımı günümüzde virüslerle en etkili mücadele yöntemi olarak kabul edilmektedir. *Brassicaceae* familyasında hastalık oluşturan en önemli viral etmenlerinden biri CaMV'dir. Bu çalışmada; CaMV'ye karşı kırmızı turp, şalgam, alabaş, beyaz baş lahana, yaprak lahana türlerine ait bitkilerin göstermiş olduğu reaksiyon/hassasiyet düzeyleri değişkenlik göstermiştir. Elde edilen

sonuçlara bakılarak, bu çalışmada kullanılan kırmızı turp ve alabaş türlerinin diğerlerine oranla CaMV izolatına karşı daha fazla hassasiyet gösterdiği değerlendirilmiştir. Ancak bu çalışma kontrollü şartlar altında yapıldığı için, daha sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için bu çeşitlerin virüse karşı reaksiyonlarının arazi koşullarında da incelenmesi gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmanın yürütülmesi sırasında yardımlarından dolayı Özkan G., Serdaroğlu A. teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazar, makaleye %100 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

Kaynakça

- Akcura C., Sevik, MA. Samsun ili yaprak lahanada üretim alanlarında görülen virüslerin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 2016; 26(2): 196-201.
- Al-Shehbaz IA., Beilstein MA., Kellogg EA. Systematics and phylogeny of the Brassicaceae (Cruciferae): an overview. *Plant Systematic and Evolution* 2006; 259(2): 89-120.
- Anderson EJ., Qiu SG., Schoelz JE. Genetic analysis of determinants of disease severity and virus concentration in cauliflower mosaic virus. *Virology* 1991; 181(2): 647-655.
- Bak A., Emerson JB. Cauliflower mosaic virus (CaMV) biology, management, and relevance to GM plant detection for sustainable organic agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 2020; 4: 21.
- Balkaya A., Sarıbaş HŞ., Özgen T. Türkiye’de kışlık sebze türlerinin tarımsal üretimdeki yeri ve önemi. *TÜRKTOB Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi* 2018; 6(20): 10-14.
- Becker R., Ulrich A. Improved detection and quantification of Cauliflower mosaic virus in food crops: assessing false positives in GMO screening based on the 35S promoter. *European Food Research and Technology* 2018; 244: 1861-1871.
- Blanc S., Hebrard E., Drucker M., Froissart R. Molecular basis of vector transmission Cauliflower mosaic virus cabb s strain and s delta II hybrid by two species of aphid *Myzus persicae* (Sulzer) and *Brevicoryne brassicae* (L.). *Research in Virology* 2001; 141: 677-683.
- Bosque-Perez N., Olojede S., Buddenhagen, I. Effect of Maize streak virus disease on the growth and yield of maize as influenced by varietal resistance levels and plant stage at time of challenge. *Euphytica* 1998; 101: 307-317.
- Clark MF., Adams AN. Characteristics of the microplate method of ELISA for the detection of plant viruses. *Journal of General Virology* 1977; 34: 475-483.

- Doumayrou J., Avellan A., Froissart R., Michalakakis Y. An experimental test of the transmission-virulence trade-off hypothesis in a plant virus. *Evolution* 2013; 67: 477-486.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Database Statistics. Erişim adresi <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (2020).
- Fang Z., Liu Y., Lou P., Liu G. Current trends in cabbage breeding. *Journal of New Seeds* 2005; 6: 75-107.
- Farzadfar S., Pourrahim R., Ebrahimi HA. Phylogeographical study of the Cauliflower mosaic virus population in mid-Eurasia Iran using complete genome analysis. *Archives of Virology* 2014; 159: 1329-1340.
- Fjellstrom RG., Williams PH. Fusarium yellows and Turnip mosaic virus resistance in *Brassica rapa* and *B. juncea*. *Hort Science* 1997; 32: 927-930.
- Geren H., Demirođlu G., Avcıoğlu R. Bazı yem şalgamı (*Brassica rapa* L.) şeşitlerinin verim özellikleri üzerinde araştırmalar. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakóltesi Dergisi* 2002; 39(1): 47-53.
- Güner A., Aslan S., Ekim T., Vural M., Babaç MT. Türkiye bitkileri listesi: Damarlı bitkiler. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmalı Derneği Yayını, Flora Dizisi 1, İstanbul; 2012.
- Haas M., Bureau M., Geldreich A., Yot P., Keller M. Cauliflower mosaic virus: still in the news. *Molecular Plant Pathology* 2002; 3(6): 419-429.
- Jiagan S., Xinke N. Genetics of the resistance to TuMV in Chinese cabbage. *Acta Horticulturae* 1995; 402: 243-248.
- Küden AB., Daşgan HY. 2021 Türkiye’de meyve ve sebze yetiştiriciliği. 3. Uluslararası Tarım ve Gıda Etiği Kongresi, 5-6 Kasım 2021, 104-110.
- Moreno A., De Blas C., Biurrún R., Nebreda M., Palacios I., Duque M., Fereres A. The incidence and distribution of viruses infecting lettuce cultivated Brassica and associated natural vegetation in Spain. *Annals of Applied Biology* 2004; 144: 339-346.
- Özbakır M., Balkaya A., Uzun S. Samsun ekolojik koşullarında sonbahar dönemi alabaş (*Brassica oleracea* var. *gongylodes* L.) yetiştiriciliğinde değişik tohum ekim zamanlarının büyüme üzerine kantitatif etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 2012; 27(2): 55-63.
- Raybould AF., Maskell LC., Edwards ML., Cooper JL., Gray AJ. The prevalence and spatial distribution of viruses in natural populations of *Brassica oleracea*. *New Phytologist* 1999; 141: 265-275.
- Scholelz JE., Shepherd RJ. Host range control of Cauliflower mosaic virus. *Virology* 1988; 162: 30-37.
- Scholthof KBG., Adkins S., Czosnek H., Palukaitis P., Jacquot E., Hohn T., Hemenway C. Top 10 plant viruses in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology* 2011; 12(9): 938-954.
- Singh BK., Sharma SR., Singh B. Heterosis for mineral elements in single cross-hybrids of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). *Scientia Horticulturae* 2009; 122(1): 32-36.

- Spence NJ., Phiri NA., Hughes SL., Mwaniki A., Simons S., Oduor G., Chacha D., Kuria A., Ndirangu S., Kibata GN., Marris GC. Economic impact of Turnip mosaic virus, Cauliflower mosaic virus and Beet mosaic virus in three Kenyan vegetables. *Plant Pathology* 2007; 56: 317-323.
- Sukal AC., Kidanemariam DB., Dale JL., Harding RM., James AP. Characterization of a novel member of the family Caulimoviridae infecting *Dioscorea nummularia* in the Pacific, which may represent a new genus of dsDNA plant viruses. *PLoS One* 2018; 13: e0203038.
- Şevik MA. Sebze üretimini tehdit eden viral hastalık etmeni: Domates lekeli solgunluk virüsü (Tomato spotted wilt virüs-TSWV). *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 2015; 5(2): 17-23.
- Sevik MA. Viruses infecting Brassica crops in the Black Sea Region of Turkey. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil & Plant Science* 2016; 66(7): 553-557.
- TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel üretim istatistikleri, (Web sayfası: www.tuik.gov.tr) (Erişim tarihi: Ekim 2020). 2020.
- Yasaka R., Nguyen HD., Ho SY., Duchêne S., Korkmaz S., Katis N., Takahashi H., Gibbs AJ., Ohshima K. The temporal evolution and global spread of Cauliflower mosaic virus, a plant pararetrovirus. *PLoS One* 2014; 9(1): e85641.

Ortogonal Olabilirlik Ortalama - Varyans Modeli

Furkan GÖKTAŞ^{1*}

¹Karabük Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, 78050, Karabük

¹<https://orcid.org/0000-0001-9291-3912>

*Sorumlu yazar: furkangoktas@karabuk.edu.tr

Araştırma Makalesi

ÖZ

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 14.12.2022

Kabul tarihi: 28.04.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Portföy seçimi

Olabilirlik teorisi

Üçgensel bulanık sayılar

Konveks kuadratik minimizasyon

Uzman bilgisi

Olabilirlik çarpıklığı

Olabilirlik teorisi, portföy seçimi probleminde en çok kullanılan araçlardan biridir. Çünkü kesin olmayan olasılığın modellenmesine ve uzman bilgisinin portföy seçimi problemine entegre edilmesine imkan verir. Ama olabilirlik ortalama - varyans (OV) modelinin ve bunun uzantılarının bazı sorunları vardır. Bu nedenle bu çalışmada kesin konveks kuadratik minimizasyona dayanan ortogonal olabilirlik OV modeli önerilmiştir. Ayrıca olabilirlik dağılımları üçgensel bulanık sayılar ile verildiğinde olabilirlik çarpıklığı tanımlanmıştır. Olabilirlik çarpıklığı önerilen modele kısıt olarak eklenebilir. Bu modelin analitik çözümü belirli şartlar altında elde edilmiştir. Ayrıca bu model açıklayıcı bir örnek ile tanıtılmıştır ve bu modelin sonuçları olabilirlik OV modelinin sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Orthogonal Possibilistic Mean - Variance Model

Research Article

ABSTRACT

Article History:

Received: 14.12.2022

Accepted: 28.04.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Portfolio selection

Possibility theory

Triangular fuzzy numbers

Convex quadratic minimization

Expert knowledge

Possibilistic skewness

The possibility theory is one of the most used tools in portfolio selection problem. Because, it enables to model imprecise probability and integrate expert knowledge into portfolio selection problem. However, there are some problems of the possibilistic mean - variance (MV) model and its extensions. Therefore, in this study, we propose an orthogonal possibilistic MV model based on strictly convex quadratic minimization. We also define possibilistic skewness when possibility distributions are given with triangular fuzzy numbers. The possibilistic skewness can be added to the proposed model as a constraint. We derive its analytical solution under certain conditions. We also illustrate it with an explanatory example and compare its results with the results of the possibilistic MV model.

To Cite: Göktaş F. Ortogonal Olabilirlik Ortalama-Varyans Modeli. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 29-41.

Giriş

Olabilirlik teorisinin portföy seçiminde ilk defa kullanıldığı çalışmalarda, varlık getirileri için eksponansiyel olabilirlik dağılımları kullanılmıştır ve temel bileşenler analizinden yararlanılmıştır (Tanaka ve Guo, 1999; Tanaka ve ark., 2000). Literatürdeki ilk olabilirlik OV modelinde, olabilirlik dağılımları yamuk bulanık sayılarla verilmiştir (Carlsson ve ark., 2002). Bu model portföyde kısa pozisyon bulundurmama kısıdı varken sıralı minimal en iyileme (SMO) algoritmasıyla çözülebilir (Zhang ve ark., 2009). Ayrıca olabilirlik dağılımları yamuk bulanık sayılar yerine üçgensel bulanık sayılar ile verildiğinde herhangi iki varlık arasındaki olabilirlik korelasyonu 1 olarak bulunur (Corazzo

ve Nardelli, 2019). Bu nedenle bu model bu kısıt altında doğrusal en iyileme problemine indirgenir (Taş ve ark., 2016; Göktaş ve Duran, 2020). Bu modelin iyimser ve kötümser yatırımcılar için varyantları önerilmiştir. Bu varyantlar sırasıyla üst ve alt olabilirlik OV modeli olarak adlandırılır (Zhang ve ark. 2007). Olabilirlik dağılımları yamuk bulanık sayılarla verildiğinde bu varyantlar da bu kısıt altında doğrusal en iyileme problemlerine indirgenir (Zhang, 2007). Olabilirlik dağılımlarındaki çarpıklığı doğrudan dikkate almak portföy seçimi probleminin çözümünde daha iyi sonuçlar alınmasını sağlayabilir. Bu nedenle olabilirlik çarpıklığı tanımlanarak yine bu kısıt altında olabilirlik ortalama - varyans - çarpıklık modeli önerilmiştir. Bu modeldeki olabilirlik ortalaması ve varyansı tanımları ise geçmişteki tanımlarla ilişkilidir (Li ve ark. 2015). Son dönemdeki çalışmalarda genellikle olabilirlik OV modelinin çok periyotlu varyantları önerilmiştir. Bu çalışmalara Yang ve ark. (2022), Gong ve ark. (2022) ve Gupta ve ark. (2020) örnek olarak verilebilir.

Olabilirlik OV modeli ve bunun uzantıları portföyde kısa pozisyon bulundurmama kısıdı yokken işlevsiz kalmaktadır. Bu sorunu çözmek için temel bileşenler analizine dayanan yeni bir olabilirlik OV modeli önerilmiştir (Göktaş ve Duran, 2019). Bu model tüm yönleriyle Markovitz (1952)'de verilen OV modelinin, olabilirlik teorisindeki karşılığıdır. Buna karşın olabilirlik dağılımları varlık getirileri yerine temel bileşenler için verildiğinden, bu model ile uzman bilgisinin kullanılması kolay değildir. Halbuki olabilirlik teorisinin, portföy seçimi probleminde yaygın olarak kullanılmasının nedenlerinden biri uzman bilgisinin portföy seçimi probleminde entegre edilmesine imkan vermesidir.

Literatürdeki yukarıda bahsedilen boşlukları doldurmak için bu çalışmada ortogonal olabilirlik OV modeli önerilmiştir. Bu modelde varlık getirilerinin olabilirlik dağılımları üçgensel bulanık sayılar ile verilmiştir. Ayrıca üçgensel bulanık sayılar için olabilirlik çarpıklığı tanımlanarak bu modele kısıt olarak eklenmiştir. Bununla birlikte bu modelin analitik çözümü belirli şartlar altında elde edilmiştir. Bu modelde, varlık getirileri arasındaki olabilirlik korelasyonu her zaman için 0 olarak bulunur. Bu nedenle bu model kısa pozisyon bulundurmama kısıdı yokken de verimli bir şekilde kullanılabilir. Bu çalışmanın kalanı şu şekilde organize edilmiştir. Bölüm 2'de ortogonal olabilirlik OV modeli tanımlanmıştır ve bu modelin matematiksel analizi yapılmıştır. Bölüm 3'te açıklayıcı bir örnekle bu model tanıtılmış ve bu modelin sonuçları Carlsson ve ark. (2002)'de verilen olabilirlik OV modelinin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bölüm 4 ile çalışma sonuçlandırılmıştır.

Materyal ve Metot

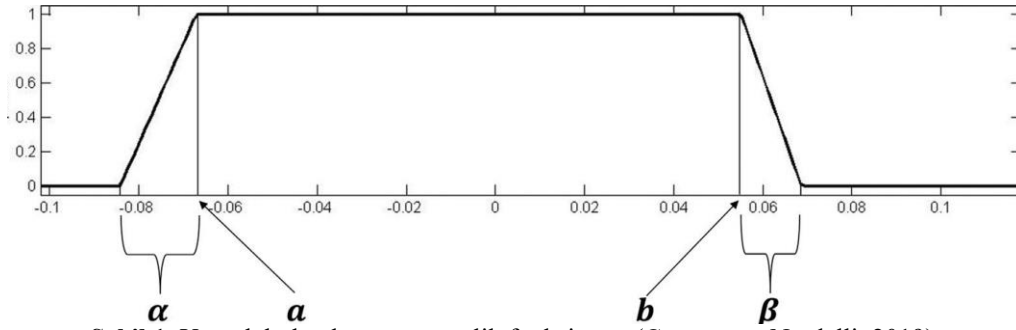
Bu çalışmada portföyde kısa pozisyon bulundurulabildiği ama risksiz varlık bulundurulmadığı varsayılmıştır. Buna göre portföy seçimi problemi için uygun çözüm kümesi (1)'deki gibidir. Burada portföydeki varlıkların ağırlık vektörü w ile, i . varlığın ağırlığı w_i ile, varlık sayısı n ile gösterilmiştir.

$$S = \left\{ w : \sum_{i=1}^n w_i = 1 \right\} \quad (1)$$

Yamuk bulanık sayı (a,b,α,β) için üyelik fonksiyonu (2)'deki gibidir. Bu çalışmada olduğu gibi $a=b$ olduğunda ise özel olarak üçgensel bulanık sayı olarak adlandırılır ve (a,α,β) ile gösterilir.

$$A(t) = \begin{cases} 1 - \frac{a-t}{\alpha}, & a-\alpha \leq t \leq a \\ 1, & a \leq t \leq b \\ 1 - \frac{t-b}{\beta}, & b \leq t \leq b+\beta \\ 0, & \text{değilse} \end{cases} \quad (2)$$

Şekil 1'de bu yamuk bulanık sayının üyelik fonksiyonunun grafiği gösterilmiştir.



Şekil 1. Yamuk bulanık sayının üyelik fonksiyonu (Corazzo ve Nardelli, 2019).

Fuller ve ark. (2011)'de verilen olabilirlik ortalaması ve varyansının tanımlarında ağırlık fonksiyonu 1 olarak alınsın. Buna göre (a,α,β) için olabilirlik ortalaması ve varyansı sırasıyla (3)'teki gibi bulunur (Göktaş ve Duran, 2019). Burada a , $a-\alpha$ ve $a+\beta$ sırasıyla getiri için temel durum, en kötü durum ve en iyi durum öngörüleridir.

$$E_p((a,\alpha,\beta)) = a + \frac{\beta - \alpha}{4} \quad (3)$$

$$Var_p((a,\alpha,\beta)) = \left(\frac{\beta + \alpha}{6}\right)^2$$

i . varlığın getirisinin olabilirlik dağılımı (a_i,α_i,β_i) olsun. Portföy getirisinin olabilirlik ortalaması ve varyansı (4)'teki gibi bulunur (Göktaş ve Duran, 2019). (4)'ün ikinci eşitliği, herhangi iki varlık arasındaki olabilirlik korelasyonunun 0 olduğu varsayımı ile uyumludur.

$$E_p\left(\sum_{i=1}^n w_i(a_i,\alpha_i,\beta_i)\right) = \sum_{i=1}^n w_i \mu_i = \sum_{i=1}^n w_i \left(a_i + \frac{\beta_i - \alpha_i}{4}\right) \quad (4)$$

$$Var_p\left(\sum_{i=1}^n w_i(a_i,\alpha_i,\beta_i)\right) = \sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2 = \sum_{i=1}^n w_i^2 \left(\frac{\beta_i + \alpha_i}{6}\right)^2$$

Portföy getirisinin olabilirlik dağılımı ise bulanık aritmetik kullanılarak (5)'teki üçgensel bulanık sayı olarak bulunur (Ali ve ark., 2016).

$$\sum_{i=1}^n w_i (a_i, \alpha_i, \beta_i) = \left(\sum_{i=1}^n w_i a_i, \sum_{w_i \geq 0} w_i \alpha_i + \sum_{w_i < 0} |w_i| \beta_i, \sum_{w_i \geq 0} w_i \beta_i + \sum_{w_i < 0} |w_i| \alpha_i \right) \quad (5)$$

Pasha ve ark. (2009)'un Tanım 7.1'ine benzer olarak bu çalışmada (a, α, β) için olabilirlik çarpıklığı (6)'daki gibi tanımlanmıştır. Tanımı gereği, olabilirlik çarpıklığı $(-1, 1)$ arasında değer alır. Olabilirlik çarpıklığı pozitifse (negatifse) olabilirlik dağılımı sağa (sola) çarpıktır. Olabilirlik çarpıklığı 0 ise olabilirlik dağılımı simetriktir.

$$S_p((a, \alpha, \beta)) = \frac{\beta - \alpha}{\beta + \alpha} \quad (6)$$

(5) ve (6)'daki bilgiler doğrultusunda portföy getirisinin olabilirlik dağılımının olabilirlik çarpıklığı (7)'deki gibi bulunur.

$$S_p \left(\sum_{i=1}^n w_i (a_i, \alpha_i, \beta_i) \right) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i (\beta_i - \alpha_i)}{\sum_{i=1}^n |w_i| (\alpha_i + \beta_i)} \quad (7)$$

Portföy getirisinin olabilirlik dağılımının sola çarpık olmama kısıdı ise (8)'deki gibi ifade edilir. Bu çalışmada önerilen ortogonal OV modelinin tanımı, (8)'deki kısıdın modele eklenip eklenmemesine bağlı olarak farklılık göstermektedir.

$$\sum_{i=1}^n w_i (\alpha_i - \beta_i) \leq 0 \quad (8)$$

Negatif olmayan riskten kaçınma katsayısı π olsun. (8)'deki kısıt modele eklenmediğinde ortogonal olabilirlik OV modeli (9)'daki kesin konveks kuadratik minimizasyon problemi ile tanımlanır. Burada $\pi=2$ iken ortogonal olabilirlik OV modelindeki iki amacın (olabilirlik ortalamasını maksimize etmenin ve olabilirlik varyansını minimize etmenin) ağırlıkları eşittir.

$$\min \frac{\pi}{2} \sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2 - \sum_{i=1}^n w_i \mu_i \quad (9)$$

öyle ki $\sum_{i=1}^n w_i = 1$

(9) için Lagrange fonksiyonu (10)'daki gibidir. Burada λ , Lagrange çarpanı olarak adlandırılır.

$$L(w, \lambda) = \frac{\pi}{2} \sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2 - \sum_{i=1}^n w_i \mu_i + \lambda \left(\sum_{i=1}^n w_i - 1 \right) \quad (10)$$

Lagrange fonksiyonu ve en iyi çözüm için (11)'deki bilgiler geçerlidir.

$$\begin{aligned} \frac{\partial L(w, \lambda)}{\partial w_i} &= \pi w_i \sigma_i^2 - \mu_i + \lambda = 0, \forall i \\ w_i^* &= \frac{\mu_i - \lambda^*}{\pi \sigma_i^2}, \forall i \end{aligned} \quad (11)$$

(9) kesin konveks minimizasyon problemi olduğundan bu problemin en iyi çözümü tektir. Bu çözüm, (11)'deki ifade (9)'daki kısıtta yerine konulduğunda (12)'deki gibi bulunur.

$$w_i^* = \frac{\mu_i - \left(\frac{-1 + \sum_{i=1}^n \frac{\mu_i}{\pi \sigma_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\pi \sigma_i^2}} \right)}{\pi \sigma_i^2}, \forall i \quad (12)$$

(8)'deki kısıt modele eklenmediğinde olabirlik varyansını minimum yapan portföy (13)'teki kesin konveks kuadratik minimizasyon probleminin en iyi çözümü olarak tanımlanır. (9)'da $\pi \rightarrow \infty$ iken (13) elde edilir. Başka bir deyişle (13), (9)'un bir özel çözümünü verir.

$$\begin{aligned} \min \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} w_i^2 \sigma_i^2 \\ \text{öyle ki } \sum_{i=1}^n w_i = 1 \end{aligned} \quad (13)$$

(13)'ün en iyi çözümü tektir ve Lagrange çarpanları yöntemiyle (14)'teki gibi bulunur. (12)'de $\pi=1$ ve her i için $\mu_i=0$ iken (14) elde edilir.

$$w_i^* = \frac{1}{\sigma_i^2 \sum_{i=1}^n \frac{1}{\sigma_i^2}}, \forall i \quad (14)$$

Performans $P(w)$ fonksiyonuyla tanımlansın. (8)'deki kısıt modele eklenmediğinde performansı maksimum yapan portföy, (15)'teki en iyileme probleminin en iyi çözümü olarak tanımlanır. Belirli bir π değeri için (9) ile (15) özdeştir. Başka bir deyişle (15), (9)'un bir özel çözümünü verir.

$$\text{maks } P(w) := \frac{\sum_{i=1}^n w_i \mu_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2}} \quad (15)$$

$$\text{öyle ki } \sum_{i=1}^n w_i = 1$$

(16)'daki kesin konveks kuadratik minimizasyon probleminin tek en iyi çözümü standardize edildiğinde yani elemanları toplamına bölüldüğünde (15)'in tek en iyi çözümü bulunur (Goldfarb ve Iyengar, 2003; Tütüncü ve Koenig, 2004).

$$\min \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} w_i^2 \sigma_i^2 \quad (16)$$

$$\text{öyle ki } \sum_{i=1}^n w_i \mu_i = 1$$

(15)'in en iyi çözümü tektir ve (16) için Lagrange çarpanları yöntemi kullanıldığında (17)'deki gibi bulunur. Belirtilen şart sağlanmazsa (15) sınırlı değildir. (17)'de her i için $\mu_i = 1$ iken (14) elde edilir.

$$\sum_{i=1}^n \frac{\mu_i}{\sigma_i^2} > 0 \Rightarrow w_i^* = \frac{\mu_i}{\sigma_i^2 \sum_{i=1}^n \frac{\mu_i}{\sigma_i^2}}, \forall i \quad (17)$$

(9)'daki en iyileme problemine (8)'deki kısıt eklensin. Buna göre ortogonal OV modeli (18)'deki gibi tanımlanır. Bu çalışmada ortogonal OV modelinin (18)'de verilen tanımı kullanılmıştır ve (18)'in verilen π için en iyi çözümü etkin portföy (EP) olarak adlandırılmıştır.

$$\min \frac{\pi}{2} \sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2 - \sum_{i=1}^n w_i \mu_i$$

$$\text{öyle ki } \sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i (\alpha_i - \beta_i) \leq 0$$

(18) için Lagrange fonksiyonu (19)'daki gibidir. Burada ζ negatif değildir ve λ her değeri alabilir.

$$L(w, \lambda, \omega) = \frac{\pi}{2} \sum_{i=1}^n w_i^2 \sigma_i^2 - \sum_{i=1}^n w_i \mu_i + \lambda \left(\sum_{i=1}^n w_i - 1 \right) + \zeta \left(\sum_{i=1}^n w_i (\alpha_i - \beta_i) \right) \quad (19)$$

Karush – Kuhn - Tucker (KKT) koşullarından bilindiği üzere eğer (18)'deki ikinci kısıt aktif kısıt değilse $\zeta^* = 0$ olarak bulunur ve tek en iyi çözüm (12)'deki gibidir. (18)'deki ikinci kısıt aktif olsun. Buna göre Lagrange fonksiyonu ve en iyi çözüm için (20)'deki bilgiler geçerlidir.

$$\begin{aligned} \frac{\partial L(w, \lambda)}{\partial w_i} &= w_i \pi \sigma_i^2 - \mu_i + \lambda + \zeta (\alpha_i - \beta_i) = 0, \forall i \\ w_i^* &= \frac{\mu_i - \lambda^* - \zeta^* (\alpha_i - \beta_i)}{\pi \sigma_i^2}, \forall i \end{aligned} \quad (20)$$

(20)'deki ifade (18)'deki iki aktif kısıtta yerine koyulsun. Buna göre λ^* ve ζ^* (21)'deki iki bilinmeyenli iki denklem çözülerek bulunur.

$$\begin{aligned} \lambda^* \sum_{i=1}^n \frac{1}{\pi \sigma_i^2} + \zeta^* \sum_{i=1}^n \frac{(\alpha_i - \beta_i)}{\pi \sigma_i^2} &= -1 + \sum_{i=1}^n \frac{\mu_i}{\pi \sigma_i^2} \\ \lambda^* \sum_{i=1}^n \frac{(\alpha_i - \beta_i)}{\pi \sigma_i^2} + \zeta^* \sum_{i=1}^n \frac{(\alpha_i - \beta_i)^2}{\pi \sigma_i^2} &= \sum_{i=1}^n \frac{\mu_i (\alpha_i - \beta_i)}{\pi \sigma_i^2} \end{aligned} \quad (21)$$

Bu çalışmada (8)'deki kısıt modele eklenmiş ve olabirlik varyansını minimum yapan portföy (VP) (22)'deki kesin konveks kuadratik minimizasyon probleminin tek en iyi çözümü olarak tanımlanmıştır. (18)'de $\pi \rightarrow \infty$ iken (22) elde edilir. Buna göre VP, etkin portföydür.

$$\begin{aligned} \min \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} w_i^2 \sigma_i^2 \\ \text{öyle ki } \sum_{i=1}^n w_i &= 1 \\ \sum_{i=1}^n w_i (\alpha_i - \beta_i) &\leq 0 \end{aligned} \quad (22)$$

(22)'deki ikinci kısıt aktif değilse tek en iyi çözüm (14)'teki gibidir. (22)'deki ikinci kısıt aktif olsun. KKT'nin durağanlık koşuluna göre (22)'nin tek en iyi çözümü (23)'teki gibidir.

$$w_i^* = -\frac{\lambda^* + \zeta^* (\alpha_i - \beta_i)}{\sigma_i^2}, \forall i \quad (23)$$

(23) ifadesi (22)'deki iki aktif kısıtta yerine koyulsun. Buna göre λ^* ve ζ^* (24)'teki iki bilinmeyenli iki denklem çözülerek bulunur. (21)'de $\pi=1$ ve her i için $\mu_i=0$ iken (24) elde edilir.

$$\begin{aligned}\lambda^* \sum_{i=1}^n \frac{1}{\sigma_i^2} + \zeta^* \sum_{i=1}^n \frac{(\alpha_i - \beta_i)}{\sigma_i^2} &= -1 \\ \lambda^* \sum_{i=1}^n \frac{(\alpha_i - \beta_i)}{\sigma_i^2} + \zeta^* \sum_{i=1}^n \frac{(\alpha_i - \beta_i)^2}{\sigma_i^2} &= 0\end{aligned}\tag{24}$$

Bu çalışmada (8)'deki kısıt modele eklenmiş ve performansı maksimum yapan portföy (PP) (25)'teki kesin konveks kuadratik minimizasyon probleminin tek en iyi çözümünün standardize edilmiş hali olarak tanımlanmıştır. Tanımı gereği PP, belirli bir π değeri için (18)'in çözümüdür. Başka bir deyişle PP, etkin portföydür.

$$\begin{aligned}\min \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} w_i^2 \sigma_i^2 \\ \text{öyle ki } \sum_{i=1}^n w_i \mu_i &= 1 \\ \sum_{i=1}^n w_i (\alpha_i - \beta_i) &\leq 0\end{aligned}\tag{25}$$

(25)'teki ikinci kısıt aktif değilse PP (17)'deki gibidir. (25)'teki ikinci kısıt aktif olsun. KKT'nin durağanlık koşuluna göre (25)'in tek en iyi çözümü (26)'daki gibidir.

$$w_i^* = -\frac{\lambda^* \mu_i + \zeta^* (\alpha_i - \beta_i)}{\sigma_i^2}, \forall i\tag{26}$$

(26) ifadesi (25)'teki iki aktif kısıtta yerine koyulsun. Buna göre λ^* ve ζ^* (27)'deki iki bilinmeyenli iki denklem çözülerek bulunur. (27)'de her i için $\mu_i=1$ iken (24) elde edilir.

$$\begin{aligned}\lambda^* \sum_{i=1}^n \frac{\mu_i^2}{\sigma_i^2} + \zeta^* \sum_{i=1}^n \frac{(\alpha_i - \beta_i) \mu_i}{\sigma_i^2} &= -1 \\ \lambda^* \sum_{i=1}^n \frac{(\alpha_i - \beta_i) \mu_i}{\sigma_i^2} + \zeta^* \sum_{i=1}^n \frac{(\alpha_i - \beta_i)^2}{\sigma_i^2} &= 0\end{aligned}\tag{27}$$

Uyarı: Portföyde risk varlık bulunabiliyor ise PP ile ilişkili analitik çözüm elde edilir. Portföyde kısa pozisyon bulundurmama kısıdı olduğunda yani varlıkların ağırlıkları negatif olamadığında ise konveks kuadratik minimizasyon algoritmalarıyla bu bölümde işlenen problemlerin tek çözümleri bulunabilir. Bu algoritmalar ile ilgili detaylı bilgi için Gill ve Wong (2015)'e bakınız.

Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde Zhang (2007)'de verilen örnek üzerinden ortogonal olabilirlik OV modeli tanıtılmıştır. Ayrıca kıyaslama yapabilme amacıyla Carlson ve ark. (2022)'de verilen olabilirlik OV modelinin sonuçları da verilmiştir. Bu modelin uygulanmasıyla ilgili detaylı bilgi için Göktaş ve Duran (2020)'ye bakınız. Beş riskli varlığın (S1, S2, S3, S4 ve S5) getirileri (r_1, r_2, r_3, r_4, r_5) için olabilirlik dağılımları (28)'deki üçgensel bulanık sayılar olsun.

$$\begin{aligned}r_1 &= (0,073;0,054;0,087) \\r_2 &= (0,105;0,075;0,102) \\r_3 &= (0,138;0,096;0,123) \\r_4 &= (0,168;0,126;0,162) \\r_5 &= (0,208;0,168;0,213)\end{aligned}\tag{28}$$

(28)'deki bilgiler doğrultusunda, olabilirlik ortalamasının ve standart sapmasının Carlson ve ark. (2022)'de verilen tanımlarına göre aşağıdaki bilgiler verilebilir. Performans, olabilirlik ortalaması bölü olabilirlik standart sapmasıdır ve en iyi değerler koyu olarak gösterilmiştir.

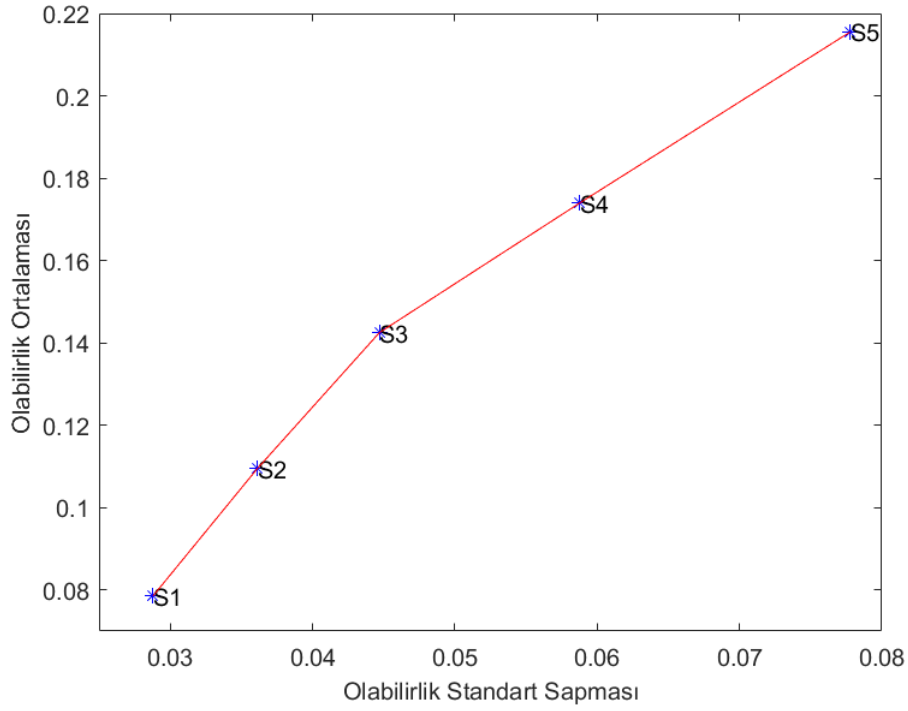
Tablo 1. Olabilirlik OV modeli için metrikler.

Varlıklar	Ol. Ort.	Ol. Std. S.	Performans
S1	0,0785	0,0288	2,2274
S2	0,1095	0,0361	3,0307
S3	0,1425	0,0447	3,1877
S4	0,174	0,0588	2,9598
S5	0,2155	0,0778	2,7709

Kısa pozisyon bulundurmama kısıdı varken aşağıdaki bilgiler verilebilir. Aksi halde tüm durumlarda en iyi çözüm sınırsızdır.

- i. Olabilirlik ortalamasını maksimum yapan portföyde sadece S5 bulunur.
- ii. Olabilirlik standart sapmasını minimum yapan portföyde sadece S1 bulunur.
- iii. Performansı maksimum yapan portföyde sadece S3 bulunur.

Şekil 2'de olabilirlik OV modelinin etkin sınırı verilmiştir. Görüldüğü üzere bu örnekte bu model için tüm varlıklar etkin sınırın üzerindedir yani etkin portföydür.



Şekil 2. Olabilirlik OV modelinin etkin sınırı.

Ortogonal olabilirlik OV modelinde olabilirlik ortalaması, olabilirlik standart sapması, performans ve olabilirlik çarpıklığı Tablo 2’deki gibi bulunmuştur. Burada en iyi değerler koyu olarak gösterilmiştir. Görüldüğü üzere tüm varlıklar için olabilirlik dağılımları sağa çarpıktır. Ayrıca riskli varlıkların ilk üç metrik için sıralaması Tablo 1’deki ile hemen hemen aynıdır.

Tablo 2. Ortogonal olabilirlik OV modeli için metrikler.

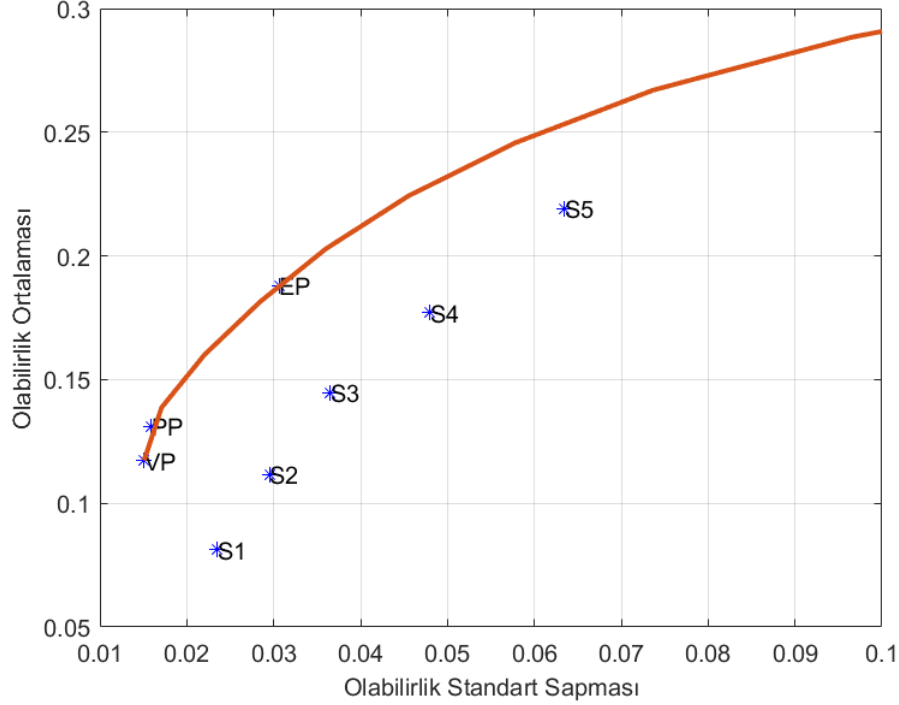
Varlıklar	Ol. Ort.	Ol. Std. S.	Performans	Ol. Çarpıklığı
S1	0,0813	0,0235	3,4574	0,2340
S2	0,1118	0,0295	3,7881	0,1525
S3	0,1448	0,0365	3,9658	0,1233
S4	0,1770	0,048	3,6875	0,1250
S5	0,2193	0,0635	3,4528	0,1181

Ortogonal olabilirlik OV modelinde; VP, PP ve $\pi=100$ iken EP Tablo 3’teki gibi bulunmuştur. Görüldüğü üzere sadece EP’de bir varlığın (S1) kısa pozisyonu vardır ve olabilirlik OV modelindeki durumun aksine etkin portföyler iyi çeşitlendirilmiştir.

Tablo 3. Ortogonal olabilirlik OV modelinde bazı özel etkin portföyler.

Varlıklar	VP	PP	EP
S1	0,4122	0,2855	-0,2411
S2	0,2616	0,2492	0,1975
S3	0,1709	0,2108	0,3767
S4	0,0988	0,1491	0,3578
S5	0,0565	0,1055	0,3092

Ortogonal olabilirlik OV modelinin, yaklaşık etkin sınırının bir parçası Şekil 3'te gösterilmiştir. Kısa pozisyon bulundurmama kısıdı olmadığından bu eğri sınırsızdır.



Şekil 3. Ortogonal olabilirlik OV modelinin etkin sınırı.

Görüldüğü üzere olabilirlik OV modelinde etkin portföy olan S1, S2, S3, S4 ve S5; bu modelde etkin portföy değildir. Başka bir deyişle rasyonel bir yatırımcı bu modeli kullandığında Tablo 3'teki gibi çeşitlendirilmiş etkin portföy oluşturmalıdır.

Ortogonal OV modelindeki bazı özel etkin portföylerin metrikleri Tablo 4'te verilmiştir. Burada en iyi değerler yine koyu olarak gösterilmiştir.

Tablo 4. Ortogonal olabilirlik OV modelinde bazı özel etkin portföylerin metrikleri.

Portföy	Ol. Ort.	Ol. Std. S.	Performans	Ol. Çarpıklığı
VP	0,1173	0,0151	7,7763	0,1636
PP	0,1311	0,0159	8,2189	0,1496
EP	0,1881	0,0306	6,1504	0,0922

Tablo 4'te görüldüğü üzere ilgili üç etkin portföyün getirilerinin olabilirlik dağılımları sağa çarpıktır. Ayrıca Tablo 4'teki performans değerleri ile Tablo 2'deki performans değerleri arasında büyük farklar vardır. Başka bir deyişle olabilirlik OV etkin portföy olan S1, S2, S3, S4 ve S5'in performansları, yetersiz çeşitlendirme nedeniyle ortogonal olabilirlik OV modelinde oldukça düşüktür.

Sonuçlar

Bu çalışmada portföy teorisinin temellerinden olan çeşitlendirme ilkesini dikkate alan bir ortogonal olabilirlik OV modeli önerilmiştir. Bu modelde varlık getirilerinin olabilirlik dağılımlarının üçgensel bulanık sayılarla verildiği varsayılmıştır. Ayrıca üçgensel bulanık sayılar için olabilirlik çarpıklığı tanımlanarak bu model ile elde edilen etkin portföylerin olabilirlik dağılımlarının simetrik veya sağa çarpık olması sağlanmıştır. Bu modelin analitik çözümü, portföyde kısa pozisyon bulundurmama kısıdı ve risksiz varlık yokken elde edilmiştir. Ayrıca bu model kesin konveks kuadratik minimizasyon problemi ile verildiğinden, tüm durumlarda literatürdeki bilinen algoritmalarla çözülebilir. Dolayısıyla olabilirlik OV modeli gibi önerilen modelin kullanım kolaylığı vardır. İlerideki çalışmalarda, önerilen modele senaryo analizinin entegre edilmesi planlanmaktadır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazar makaleye %100 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

Kaynakça

- Ali MY., Sultana A., Khan AFMK. Comparison of fuzzy multiplication operation on triangular fuzzy number. *IOSR Journal of Mathematics* 2016; 12(4-I): 35-41.
- Carlsson C., Fullér R., Majlender P. A possibilistic approach to selecting portfolios with highest utility score. *Fuzzy Sets and Systems* 2002; 131(1): 13-21.
- Corazza M., Nardelli C. Possibilistic mean–variance portfolios versus probabilistic ones: the winner is. *Decisions in Economics and Finance* 2019; 42(1): 51-75.
- Fullér R., Mezei J., Várlaki P. An improved index of interactivity for fuzzy numbers. *Fuzzy Sets and Systems* 2011; 165(1), 50-60.
- Gill PE., Wong E. Methods for convex and general quadratic programming. *Mathematical Programming Computation* 2015; 7(1): 71-112.
- Goldfarb D., Iyengar G. Robust portfolio selection problems. *Mathematics of Operations Research* 2003; 28(1): 1-38.
- Gong X., Min L., Yu C.. Multi-period portfolio selection under the coherent fuzzy environment with dynamic risk-tolerance and expected-return levels. *Applied Soft Computing* 2022; 114: 108104.
- Göktaş F., Duran A. A new possibilistic mean-variance model based on the principal components analysis: an application on the Turkish Holding Stocks. *Journal of Multiple-Valued Logic & Soft Computing* 2019; 32(5-6): 455-476.
- Göktaş F., Duran A. Olabilirlik ortalama–varyans modelinin matematiksel analizi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2020; 22(1): 80-91.

- Gupta P., Mehlawat MK., Yadav S., Kumar A. Intuitionistic fuzzy optimistic and pessimistic multi-period portfolio optimization models. *Soft Computing* 2020; 24(16): 11931-11956.
- Li X., Guo S., Yu L. Skewness of fuzzy numbers and its applications in portfolio selection. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems* 2015; 23(6): 2135-2143.
- Markowitz H. Portfolio selection. *The Journal of Finance* 1952; 7(1): 77-91.
- Pasha E., Saeidifar A., Asady B. The percentiles of fuzzy numbers and their applications. *Iranian Journal of Fuzzy Systems* 2009; 6(1): 27-44.
- Tanaka H., Guo P. Portfolio selection based on upper and lower exponential possibility distributions. *European Journal of Operational Research* 1999; 114(1): 115-126.
- Tanaka H., Guo P., Türksen IB. Portfolio selection based on fuzzy probabilities and possibility distributions. *Fuzzy Sets and Systems* 2000; 111(3): 387-397.
- Taş O., Kahraman C., Güran CB. A scenario based linear fuzzy approach in portfolio selection problem: application in the Istanbul Stock Exchange. *Journal of Multiple-Valued Logic & Soft Computing* 2016; 26(3-5): 269-294.
- Tütüncü RH., Koenig M. Robust asset allocation. *Annals of Operations Research* 2004; 132(1): 157-187.
- Yang XY., Chen SD., Liu WL., Zhang, Y. A multi-period fuzzy portfolio optimization model with short selling constraints. *International Journal of Fuzzy Systems* 2022; 24(6): 2798–2812.
- Zhang WG. Possibilistic mean–standard deviation models to portfolio selection for bounded assets. *Applied Mathematics and Computation* 2007; 189(2): 1614-1623.
- Zhang WG., Wang YL., Chen ZP., Nie ZK. Possibilistic mean-variance models and efficient frontiers for portfolio selection problem. *Information Sciences* 2007; 177(13): 2787–2801.
- Zhang WG., Zhang XL., Xiao WL. Portfolio selection under possibilistic mean–variance utility and a SMO algorithm. *European Journal of Operational Research* 2009; 197(2): 693-700.

İç Ege Bölgesinde Yetiştirilen Yerli Kaz Genotiplerinin Genetik Çeşitliliğinin PFGE Yöntemiyle Belirlenmesi

Yüksel AKIN^{1*}, Mehmet Fatih ÇELEN², Alper KARAGÖZ³, Nadir KOÇAK⁴, Sibel ALAPALA DEMİRHAN⁵

¹Uşak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı, Uşak

^{2,5} Uşak Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Hayvan Yetiştirme Anabilim Dalı, Uşak

³ Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Tıp Fakültesi Temel Tıp Bilimleri Bölümü, Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Bilecik

⁴ Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Dâhili Tıp Bilimleri Bölümü, Tıbbi Genetik Anabilim Dalı, Konya

¹<https://orcid.org/0000-0001-7240-2031>

²<https://orcid.org/0000-0002-2513-3980>

³<https://orcid.org/0000-0002-8178-223X>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-1104-1292>

⁵<https://orcid.org/0000-0001-7677-5919>

* Sorumlu yazar: yuksel.akin@usak.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 10.11.2022

Kabul tarihi: 30.04.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

İç Ege Bölgesi

Kaz

PFGE

Genetik çeşitlilik

ÖZ

Bu araştırma, İç Ege Bölgesinde yetiştirilen yerli kaz genotiplerinin genetik çeşitliliğinin PFGE yöntemiyle belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışmanın kan örnekleri, Kütahya, Afyonkarahisar ve Uşak İllerinde tespit edilen 4 farklı noktadan erkek-dişi (karışık) olmak üzere her köyden 10 adet, toplamda 40 adet kazdan alınmıştır. Araştırma sonunda, tüm örnekler birbirleri ile PFGE profili olarak %85 ilişkili bulunmuştur. Suşların, 1 major PFGE pulstotip'i bulunmuş ve bu ana profil ise 3 alt kümeye ayrılmıştır. Uşak I. küme, Afyonkarahisar II. küme ve Kütahya ili ise III. küme grubunu oluşturmuştur. Sürekli benzer noktalardan elde edilen damızlıklar genetik açılmaya sebebiyet verdiğinden dörlülük ve kuluçka randımanını olumsuz etkilemekte ve kuluçkadan çıkan civciv sayısının düşük olmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla dörlülüğü, kuluçkadan çıkan civciv sayısını artırabilmek ve başarılı bir kaz yetiştiriciliği için, mevcut damızlıkların birkaç yılda bir değiştirilmesi faydalı olabilir.

Determination of Genetic Diversity of Domestic Goose Genotypes Raised in the Inner Aegean Region by PFGE Method

Research Article

Article History:

Received: 10.11.2022

Accepted: 30.04.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Inner Aegean Region

Goose

PFGE

Genetic diversity

ABSTRACT

This research was carried out to determine the genetic diversity of domestic goose genotypes grown in the Inner Aegean Region by the PFGE method. The blood samples of the study were taken from 40 geese in total, 10 from each village as male-female (mixed) from 4 different points identified in the provinces of Kütahya, Afyonkarahisar, and Uşak. At the end of the research, all samples were 85% correlated with each other as PFGE profile. Of the strains, 1 major PFGE pulstotype was found and this main profile was divided into 3 subsets. Uşak I. cluster, Afyonkarahisar II. cluster and the province of Kütahya III. cluster group. Breeders obtained from constantly similar points cause genetic dehiscence, negatively affect fertility and hatchability, and cause a low number of hatched chicks. Therefore, it may be beneficial to replace existing breedings every few years to increase fertility, the number of hatched chicks and for successful

To Cite: Akın Y., Çelen MF., Karagöz A., Koçak N., Alapala S., Demirhan SA. İç Ege Bölgesinde Yetiştirilen Yerli Kaz Genotiplerinin Genetik Çeşitliliğinin PFGE Yöntemiyle Belirlenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(Ek Sayı): 42-54.

Giriş

Türkiye’de kaz yetiştiriciliği hemen hemen tüm bölgelerimizde yapılmakla beraber, soğuk iklim şartlarının hâkim olduğu Kuzey Doğu Anadolu Bölgesinde; Kars, Ardahan, Erzurum, Ağrı ve Muş dolaylarında yoğunlaşmıştır. Bununla birlikte Orta Karadeniz’de Samsun, Çorum, Orta Anadolu’da Yozgat, Kırşehir, Akdeniz’de Isparta ve İç Ege’de ise Kütahya, Afyonkarahisar ve Uşak’ta kaz yetiştiriciliği yaygındır (İşgüzar ve Pingel, 2003; Saatçi, 2008; Çelik ve Bozkurt, 2009; Tilki ve ark., 2011; Yakan ve ark., 2012, Boz, 2015; Akın ve Çelen 2020). Belirtilen bölgelerde kaz yetiştiriciliğinin yaygın olması kazların otlama becerilerinin diğer kanatlı hayvan türlerine göre yüksek oluşu, yabancı otları tüketebilmeleri ve zor çevresel şartlara daha dirençli olmalarıyla açıklanabilir (Labatut, 2002). Dünya nüfusunda sürekli artış yaşanması hayvansal proteinlere olan talebi artırmakta ve hayvansal proteinlere erişim giderek zorlaşmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelmek için; düşük maliyetli, insan sağlığına zararsız ve yüksek verimli genotipler geliştirilmelidir (Akın, 2022). Hayvancılıkta mevcut ırkların ıslah edilerek verimlerinin artırılmasına yönelik çalışmalar giderek yaygınlaşmaktadır. Bu amaçla yerli gen kaynaklarının genetik çeşitliliğinin saptanması ve korunması gerekmektedir. Mercan (2010) yerli genetik kaynakları, herhangi bir organizmanın yaşadığı ortamın olumlu ve olumsuz etkilerine optimum seviyede adapte olanların oluşturduğu özgün genetik zenginlikler olarak tanımlamaktadır (Mercan, 2010).

Genetik çeşitlilik, belirli bir coğrafik bölgeye uyum sağlamış herhangi bir türün ve bu türlere ait ırkların gen havuzundaki genetik özelliklerinin toplam sayısını ifade eden bir kavramdır. Ayrıca, o türe ait popülasyonların değişen çevre koşullarına uyum sağlayabilme yeteneğini de içermektedir. Çevresel koşullar ve diğer şartlar altında ortaya çıkan genetik çeşitlilik ve varyasyon, popülasyondaki bazı bireylerin çevre şartlarına uygun allel varyasyonlara sahip olmasını sağlamaktadır. Böylece, seleksiyon işlemleriyle istenilen özelliklere sahip döller elde edilerek, hali hazırdaki popülasyonun o çevre şartları altında varlığını sürdürmesi sağlanır (Mercan, 2010). Genetik çeşitliliğin saptanması sadece yerli ırkların korunmasına katkıda bulunmaz, ayrıca ıslah çalışmalarının geliştirilmesine de fırsat tanımaktadır. Çiftlik hayvanlarının genetik çeşitliliğinin saptanmasında DNA polimorfizm analizlerinden yararlanılmaktadır (Baumung ve ark., 2004). Bu bağlamda DNA markörleri, filogenetik analizler ve faydalı genlerin araştırılması gibi temel araştırmalarda tercih edilmektedir. Ayrıca markörlerden yararlanarak ebeveyn testlerinde, popülasyonlar içerisinde homozigotluğun belirlenmesinde ve seleksiyon işlemleri gibi uygulamaya yönelik çalışmalarda da DNA markörlerinden yararlanılmaktadır.

Kırıkçı (2017), ırk içerisindeki ve ırklar arasındaki genetik çeşitliliğin saptanmasında, ırkların tanımlanarak popülasyonlar arasındaki akrabalık ilişkilerinin belirlenmesinde mikrosatellit markörlerin tercih edildiğini belirtmiştir. Günümüzde genel olarak kazların genetik çeşitliliğinin ortaya konulmasında; Greylag kazı (*Anser anser*), Kanada kazı (*Branta canadensis L.*), Swan kazı (*Anser cygnoides L.*), White-fronted goose (*Anser albifrons*) gibi kazların yabancı formlarından mikrosatellit markörler izole edilmektedir. Bu markörlerin ayrıca Çin, Macar, Embden ve Zatorska, Slovak vb. kaz ırklarının genetik çeşitliliğinin saptanmasında kullanıldığı belirtilmiştir (Cathey ve ark., 1998; Tu ve ark., 2006; Li ve ark., 2007; Weiß ve ark., 2008; Mindek ve ark., 2014a). Moleküler markörler, başta tavuklar olmak üzere, bıldırcın, ördek, kaz vb. birçok farklı kümes hayvanlarının genetik özelliklerinin saptanması amacıyla kullanılmaktadır. Tercih edilen yöntem üzerinde çalışılan hayvanının özelliğine ve yapılan çalışmanın amacına göre farklılık göstermektedir. Taihu kazlarının popülasyon ve yapısının genetik çeşitliliğinin araştırıldığı bir çalışmada, 26 mikrosatellit markör kullanılmış, toplam 83 allel saptanmıştır. Çalışma sonunda, Taihu kazlarının yetiştirme alanlarında kayıp yaşanmasına rağmen, genetik çeşitliliğin önemli derecede olduğu ve akrabalık düzeyinin ise düşük seviyelerde kaldığı belirtilmiştir (Qing-Ping ve ark., 2009). Mindek ve ark., (2014a) Slovakya’da nesli tükenme tehlikesi altında olan Suchovska ve Slovak kaz ırklarının heterozigotluk değerlerini ve genetik çeşitliliklerinin düşük olduğunu saptamışlardır. Düşük popülasyon büyüklüğünün ve heterozigotluğun etkisiyle genetik çeşitliliğin düştüğünü, bu durumun da iki ırkın neslinin tehlike altına girmesine sebep olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar farklı bir çalışmada ise Tesedik kazının genetik çeşitliliği ve genetik karakterizasyonunu yapmış ve 28 farklı allelin tespit edildiğini bildirmişlerdir (Mindek ve ark., 2014b). Beş adet yerli ve bir adet yabancı menşeli Çin kazı ırkları arasındaki evrimsel ilişkinin saptanması amacıyla yürütülen bir çalışmada, 29 adet mikrosatellit markörü kullanılmıştır. Araştırma sonunda, altı ırk içerisinde 334 allel tespit edildiği ve bu allellerden %13,5’inin (45 adeti) sadece bir ırka ait olduğu ortaya konulmuştur (Li ve ark., 2012).

Andres ve Kapkowska (2011), kazların dünyada görülen çok sayıda yerli ve ticari ırkı var olmasına karşın moleküler düzeyde genetik çeşitliliğinin yeterince tespit edilemediğini ileri sürmüştür. Bu amaçla, genetik çeşitliliğinin saptanabilmesinde kullanılmak üzere moleküler markör geliştirmek için yapmış oldukları bir çalışmada, hâlihazırda birçok kanatlılarda tercih edilen 24 adet mikrosatellit markörünün kazlara dair yapılması planlanan popülasyon genetiği ve genetik çeşitliliğinin saptanmasına yönelik çalışmalarda tercih edilebileceğini belirtmişlerdir. Pellegrino ve ark., (2015) mtDNA (mitokondriyal DNA) ve mikrosatellitler kullanarak Avrupa Atlantik kıyı şeridindeki Greylag kaz popülasyonlarının genetik çeşitliliğini saptamak amacıyla yürüttükleri bir çalışmada, Hollanda, Norveç ve Kuzey Fransa’da düşük genetik çeşitliliği olduğunu tespit etmiş, Fransa’nın güney bölgelerindeki popülasyonunun diğer 3 popülasyondan kısmen farklı bir genetik değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir.

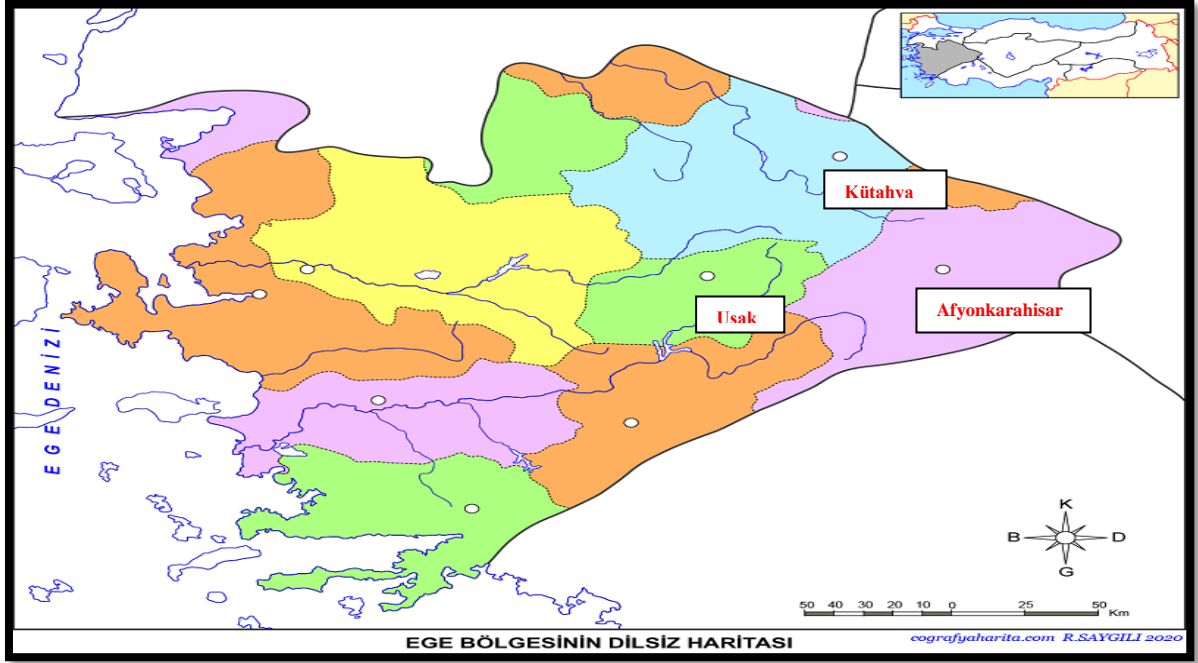
Tu ve ark., (2006), Çin Halk Cumhuriyeti'nde 14 yerli Gri Kaz ırklarına ait genetik çeşitliliğinin belirlenmesi amacıyla mikrosatellit markörler kullanılarak yürüttükleri bir çalışmada, toplam 31 mikrosatellitten 25 tanesinin orta düzeye sahip polimorfizm özelliği gösterdiğini, ortalama heterozigotluğun 0,4985 ile 0,6916 arasında gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Araştırma sonunda, Doğu Çin Bölgesine ait yerli ırkların özelliklerinin araştırılarak, bu ırkların koruma altına alınması gerektiğini açıklamışlardır. Poyarkov ve ark., (2010), Rusya'da Kuğu kazlarına ait genetik çeşitliliğini mtDNA yöntemi ile incelemiş, toplam 11 haplotip tanımlamışlardır. Kuğu Kazlarının genetik çeşitliliğinin, nesli tükenme tehlikesi altında olan diğer bazı kazların genetik çeşitliliğine nazaran daha düşük olduğunu açıklamışlardır. Sun ve ark., (2014) 245 yerli kazın mtDNA kontrol bölgelerini incelemiş, Çin'deki yerel kaz ırkının Swan kazından (*Anser cygnoides*) köken aldığını, Avrupa Kıtasındaki kazların ise Greylag kazından (*Anser anser*) türediğini, belirtmiştir. Weiß ve ark., (2008) tarafından, Greylag kazlarından 10 polimorfik mikrosatellit lokusu izole edilmiş, yakın genetik ilişkisi bulunanlardan daha önceki mikrosatellit lokuslarından yararlanarak 5 yeni primer çifti tasarlanmıştır. Bu markörler sayesinde Greylag kaz popülasyonlarına ait yeni bireylerin orjinlerinin ve oranlarının saptanmasında daha etkin olabileceğini ifade etmişlerdir.

Dünya'da kazların genetik çeşitliliğinin saptanmasına dair birçok çalışma bulunurken, Türkiye'de yürütülen çalışmalar arzu edilen seviyelerde değildir. Nitekim Türkiye'de kazların genetik çeşitliliğinin saptanmasına dair ilk araştırmanın Devrim ve ark., tarafından 2007 yılında yapıldığı görülmektedir. Devrim ve ark., (2007) Kafkas Dağları ile Anadolu arasındaki geçiş bölgesinde beyaz, siyah, alaca ve sarı olmak üzere dört tüy rengiyle tanımlanan yerel kazların genetik yapısını, evrimsel ilişkilerini ve genetik çeşitliliğini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu amaçla 100 hayvandan DNA örnekleri alarak, rastgele 50 primer ile taramışlardır. Genetik ilişkilerin tüm popülasyonlar arasında 40 polimorfik bant (%83,33) gösterdiğini ve toplam 48 lokustan elde edilen rastgele amplifiye polimorfik DNA polimorfizmlerini ortaya koymuşlardır. Bu çalışma sonunda oluşturdukları bir dendrogramla, beyaz ve siyah tüylü kazlar arasında yakın bir ilişki olduğunu saptamışlardır. (Devrim ve ark., 2007). Türkiye'de yapılan diğer bir çalışmada ise Demirtaş (2018), Alaca, Beyaz, saf yerli kaz genotipleri ile ÇinxEmden melezi kazların genetik çeşitliliğini saptamıştır. Alaca, Beyaz, saf yerli ve ÇinxEmden melezi popülasyonlarının allel sayılarının 37,0, 40,3, 41,8 ve 38,5 olduğunu, popülasyonların zengin bir allelik çeşitliliğe sahip olduğunu ifade etmiştir (Demirtaş, 2018).

Kanatlı hayvan sektöründe önemli yeri olan kazların yerli genetik varlığının tespit edilmesi, hayvan varlığımızın korunarak sürekliliğinin sağlanmasına katkıda bulunacaktır. Bu çalışmayla, İç Ege Bölgesi'nde yetiştirilen yerli kazların genetik çeşitliliği PFGE yöntemiyle analiz edilmiş ve çalışma sahasını oluşturan Afyonkarahisar, Kütahya ve Uşak illerindeki kazlar arasındaki akrabalık ilişkileri tespit edilmeye çalışılmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışma sahası, TÜİK 2017 yılına ait verilerden yararlanarak bölgede en fazla kaz yetiştiriciliği yapılan Kütahya, Afyonkarahisar ve Uşak illerinden oluşturulmuştur (TÜİK, 2018). Köy bazında TÜİK verileri bulunmadığından bu ilçelere bağlı köylerin muhtarlarıyla iletişime geçilerek kaz yetiştiriciliği faaliyetleri hakkında bilgi alınmıştır. İlgili köylerin muhtarları ve üreticileri ile sözlü mülakat yapılmış ve çalışma hakkında bilgi verilerek destek mektupları toplanmıştır. Çalışma sahasına ait İç Ege Bölümü Haritası Şekil 1’ de gösterilmiştir.



Şekil 1: İç Ege Bölümü Haritası-Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak (HGM, 2022; Akın, 2022)

Bu çalışma, Uşak Üniversitesi Rektörlüğü Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'nun (UÜHADYEK) 21.12.2018 tarih ve 2018/02 sayılı toplantısında alınan 2018/02-01 nolu kararı kapsamında gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın kan örnekleri, genetik analiz işlemleri yapılana kadar coğrafi koordinatları $38^{\circ}00'-40''-05.7'''-N$, $29^{\circ}00'-19''-40.0'''-E$ olan Uşak Üniversitesi Ziraat Fakültesi öğrenci laboratuvarlarında $-18^{\circ}C$ 'de muhafaza edilmiştir. Örneklem modeli oluşturulurken Mercan, (2010) tarafından oluşturulan örneklem modelinden yararlanılmıştır. Araştırmada kan örneklerinin alındığı il, ilçe, köy ile örnek kodu ve alınan örnek sayısı Tablo 1’de gösterilmiştir. Tablo 1’de belirtilen 12 farklı coğrafik noktanın örnek kodunda; örneğin alındığı ili ilk iki harf (Kütahya: **KU**; Afyonkarahisar: **AF** ve Uşak: **US**) belirtirken, sonrakiler ise; ilçe, köy, sıra numarasını oluşturmaktadır (**Örnek**: Uşak ili, Merkez ilçesi, Bozkuş Köyü, 1 nolu kaz için; Örnek Kodu: **USMEB-01**).

Tablo 1: Kan örneklerine ait örneklem modeli (Akın, 2022)

Çalışma Sahası Kodu	Örneğin Alındığı İl	Örneğin Alındığı İlçe	Örneğin Alındığı Köy	Örnek Kodu
02 NOLU ÇALIŞMA SAHASI-KÜTAHYA İLİ				
01	KÜTAHYA	DUMLUPINAR	Küçükashanlar	KUDUK-01
01	KÜTAHYA	DUMLUPINAR	Küçükashanlar	KUDUK-02
01	KÜTAHYA	DUMLUPINAR	Küçükashanlar	KUDUK-03
01	KÜTAHYA	DUMLUPINAR	Küçükashanlar	KUDUK-04
01	KÜTAHYA	DUMLUPINAR	Küçükashanlar	KUDUK-05
01	KÜTAHYA	DUMLUPINAR	Küçükashanlar	KUDUK-06
01	KÜTAHYA	DUMLUPINAR	Küçükashanlar	KUDUK-07
01	KÜTAHYA	DUMLUPINAR	Küçükashanlar	KUDUK-08
01	KÜTAHYA	DUMLUPINAR	Küçükashanlar	KUDUK-09
01	KÜTAHYA	DUMLUPINAR	Küçükashanlar	KUDUK-10
07 NOLU ÇALIŞMA SAHASI-AFYONKARAHİSAR İLİ				
02	AFYONKARAHİSAR	SİNANPAŞA	Balmahmut	AFSIB-01
02	AFYONKARAHİSAR	SİNANPAŞA	Balmahmut	AFSIB-02
02	AFYONKARAHİSAR	SİNANPAŞA	Balmahmut	AFSIB-03
02	AFYONKARAHİSAR	SİNANPAŞA	Balmahmut	AFSIB-04
02	AFYONKARAHİSAR	SİNANPAŞA	Balmahmut	AFSIB-05
02	AFYONKARAHİSAR	SİNANPAŞA	Balmahmut	AFSIB-06
02	AFYONKARAHİSAR	SİNANPAŞA	Balmahmut	AFSIB-07
02	AFYONKARAHİSAR	SİNANPAŞA	Balmahmut	AFSIB-08
02	AFYONKARAHİSAR	SİNANPAŞA	Balmahmut	AFSIB-09
02	AFYONKARAHİSAR	SİNANPAŞA	Balmahmut	AFSIB-10
09 NOLU ÇALIŞMA SAHASI-UŞAK (I) İLİ				
03	UŞAK	MERKEZ	Bozkuş	USMEB-01
03	UŞAK	MERKEZ	Bozkuş	USMEB-02
03	UŞAK	MERKEZ	Bozkuş	USMEB-03
03	UŞAK	MERKEZ	Bozkuş	USMEB-04
03	UŞAK	MERKEZ	Bozkuş	USMEB-05
03	UŞAK	MERKEZ	Bozkuş	USMEB-06
03	UŞAK	MERKEZ	Bozkuş	USMEB-07
03	UŞAK	MERKEZ	Bozkuş	USMEB-08
03	UŞAK	MERKEZ	Bozkuş	USMEB-09
03	UŞAK	MERKEZ	Bozkuş	USMEB-10
10 NOLU ÇALIŞMA SAHASI-UŞAK (II) İLİ				
04	UŞAK	MERKEZ	İkisaray	USMEI-01
04	UŞAK	MERKEZ	İkisaray	USMEI-02
04	UŞAK	MERKEZ	İkisaray	USMEI-03
04	UŞAK	MERKEZ	İkisaray	USMEI-04
04	UŞAK	MERKEZ	İkisaray	USMEI-05
04	UŞAK	MERKEZ	İkisaray	USMEI-06
04	UŞAK	MERKEZ	İkisaray	USMEI-07
04	UŞAK	MERKEZ	İkisaray	USMEI-08
04	UŞAK	MERKEZ	İkisaray	USMEI-09
04	UŞAK	MERKEZ	İkisaray	USMEI-10
Çalışmada kullanılan toplam örnek sayısı				40 adet

Kan Alım İşlemleri

Çalışmanın hayvan materyalini İç Ege Bölgesi illeri; Kütahya, Afyonkarahisar ve Uşak İllerinde tespit edilen 4 farklı noktadan erkek-dişi (karişik) olmak üzere her köyden, 10 adet, toplamda 40 adet kaz oluşturmaktadır. Çalışma sahasını oluşturan illerde yerli kazlar; beyaz, alaca, gri renk varyetelerini içeren karişik sürülerden oluşmaktadır. Kan örnekleri bu sürülerden rastgele seçilerek alınmıştır. Araştırmada yerli kaz genotiplerinin çeşitliğinin belirlenmesi prosedürleri uygulanırken daha önce yapılan çalışmalardan yararlanılmıştır (Fields ve Scribner, 1997; Weiß ve ark., 2008; Mercan, 2010; Li

ve ark., 2013; Özdemir ve ark., 2018). Kan örneği, kanın alınacağı yerde her bir kazın kanat altı toplar damarlarından alınarak, antikoagulant özelliğe sahip Etilendiamintetraasetikasit (EDTA) veya Lityum-Heparin madde içeren 3 ml kapasiteli steril tüplerle soğuk zincir bozulmadan ve herhangi bir işleme tabi tutulmadan Uşak Üniversitesi Ziraat Fakültesi laboratuvarına ulaştırılmıştır. Kan alım işlemi Şekil 2’de gösterilmiştir.

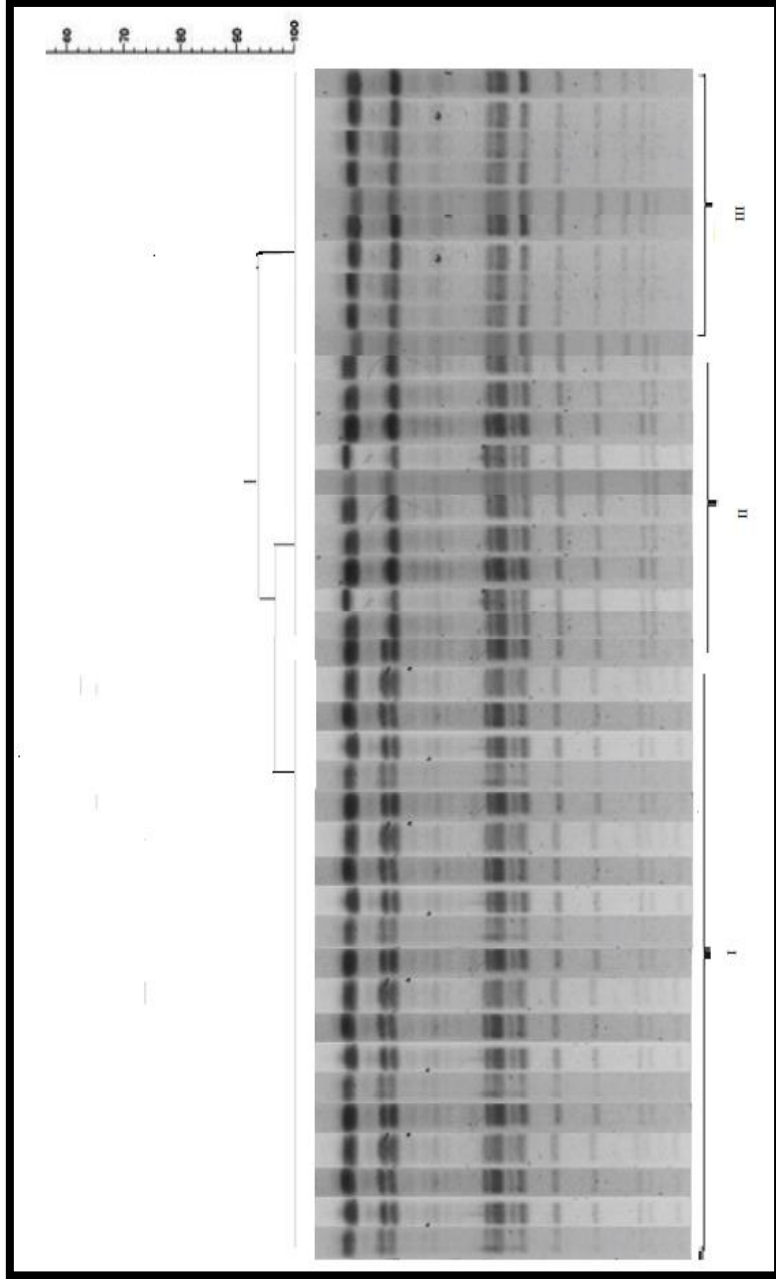


Şekil 2. Kan alım işlemleri (Akın, 2022)

PFGE (Pulsed Field Gel Electrophoresis) Yöntemi

PFGE yöntemi ilk olarak, Schwartz ve ark., (1982) tarafından büyük DNA’ların saflaştırılması, paketlenmesi ve özelliklerinin belirlenmesinde yeni teknikler adlı çalışmalarında öne sürülmüştür. PFGE yöntemi moleküler biyolojide daha önceleri zor ve uzun süreç gerektiren prosedürleri basitleştirmiş ve günümüzde bakteri, virüslerden memelilere kadar birçok alanda yürütülen biyoteknolojik araştırmalarda tercih edilmektedir. Geleneksel jel elektroforez yöntemlerinde DNA fragmentlerinin 50 kilobaza (kb) kadar ayrıştırılabildiği bildirilirken, bu yöntem DNA’ların birkaç kb’dan, 10 megabaza (Mb) kadar parçalara ayrılabilmesine olanak sağlar (Levene ve ark., 1992; Kaufmann, 1998). PFGE sistemi genel olarak; sıcaklık kontrol araçları, jel kutusu, anahtarlama birimi (elektrik alanlarını kontrolü), soğutucu ve güç kaynağından müteşekkildir (Lai ve ark., 1989). Yöntem, düşük erime ısıya sahip agaroz içine gömülü haldeki üzerinde çalışılan organizmadan izole edilen genomik DNA’nın uygun restriksiyon endonükleaz enzimi (RE) ile kesilerek, ortaya çıkan bant profillerin tespit edilmesi ve yorumlanması aşamalarından ibarettir (Türe ve Altınok, 2013). Uşak, Afyonkarahisar ve Kütahya illerinden temin edilen kan örneklerinden elde edilen genomik DNA’lar arasındaki klonal ilişkinin saptanması amacıyla, RE aktiviteli *XbaI* enzimi kullanılmıştır. DNA paternleri; PFGE cihazında %1,2’lik agaroz jel, 6V/cm akım, 14°C ısı ve 0.5x TBE içerisinde başlangıç 2,1 sn ve bitiş vuruş zamanları 64 sn olacak şekilde 19 saat yürütülmüştür. PFGE prosedürünün ardından ortaya çıkan DNA paternleri BioNumerics software (version 6.01; Applied

Maths, Belçika) programı ile değerlendirilmiştir. Benzerlik indeksinin saptanmasında “Dice” katsayısı kullanılmış ve %1 tolerans değeri baz alınmıştır. Genomik DNA’lar arası kümelenme ilişkisinin saptanmasında ise UPGMA (Unweighted Pair Group Method of Arithmetic Averages) yönteminden yararlanılmıştır. Tenover ve ark., (1995) tarafından belirlenen ilkelere göre genomik DNA’lar arası genotipik ilişki tespit edilmiştir. İlk olarak kazlara ait DNA’ların RE aktiviteli *Xba*I enzimiyle kesildikten sonra, çeşitli bant paternlerinin tespit edildiği PFGE jel görüntüleri saptanmış ve sonraki aşamada dendogram analizi yapılmıştır. Daha sonra PFGE profil dendogramları oluşturularak kazlar arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Şekil 3’de dendogram görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3. Yerli kazların PFGE profilleri dendogram görüntüsü* (Akın, 2022)

* I. Küme (Uşak İli-20 Örnek), II. Küme (Afyonkarahisar İli-10 Örnek), III. Küme (Kütahya İli-10 Örnek)

Bulgular ve Tartışma

Kazlara ait 40 adet kan örneklerinin dendogramı, Tenover ve ark. (1995)'nin belirlediği yönteme göre değerlendirilmiştir. Tenover ark., (1995) genetik yakınlık kriterinde %85 ve üzerinin dikkate alınması gerektiğini belirtmiştir. Bu bağlamda tüm örnekler birbirleri ile PFGE profili olarak %85 ilişkili bulunmuştur. Eğer suşları sınıflandıracak olursak 1 major PFGE pulsotip'i bulunmaktadır. Bu ana profil ise 3 alt kümeye ayrılmıştır. Uşak ili örnekleri (20 örnek), I. küme; Afyonkarahisar ili örnekleri (10 örnek), II. küme ve Kütahya ili örnekleri (10 örnek) ise III. küme grubunu oluşturmaktadır. Sonuç olarak çalışılan örnekler moleküler tiplendirme yöntemlerinden çok sık kullanılan PFGE tekniğine göre değerlendirildiğinde bütün örnekler genetik olarak ilişkili bulunmuştur. Uşak, Afyonkarahisar ve Kütahya illerinde yetiştirilen yerli kazların genetik olarak birbirleriyle ilişkili olması, üç il içinde kaz sirkülasyonu olduğunu akla getirmektedir.

Türkiye'de kazların genetik çeşitliliğinin saptanmasına dair ilk çalışma Devrim ve ark., (2007) tarafından Kafkas Dağları ile Anadolu arasındaki geçiş bölgesinde beyaz, siyah, alaca ve sarı olmak üzere dört tüy rengiyle tanımlanan yerel kazların genetik yapısını, evrimsel ilişkilerini ve genetik çeşitliliğini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla 100 hayvandan DNA örnekleri alınarak rastgele 50 primer ile taranmıştır. Araştırmacılar, genetik ilişkilerin tüm popülasyonlar arasında 40 polimorfik bant (%83.33) gösterdiğini ve toplam 48 lokustan elde edilen rastgele amplifiye polimorfik DNA polimorfizmlerinin tespit edildiğini belirtmişlerdir. Bu çalışma için oluşturdukları bir dendrogramla, beyaz ve siyah tüylü kazlar arasında yakın bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca alaca kazların beyaz ve siyah kazlara çok benzediğini ve sarı renkli kazların diğer üç popülasyondan önemli ölçüde farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir.

Demirtaş (2018), Alaca, Beyaz, saf yerli kaz genotipleri ile ÇinxEmden melezine ait kazların genetik çeşitliliğini saptamak amacıyla, Türkiye'de Yozgat ilinden 110 kazdan kan örnekleri edinmiş, popülasyonlara ait genetik çeşitliliği; Ans17, Ans02, Ans25, Aalμ1b, Aph19b ve TTUCG5 mikrosatellit lokuslar kullanarak incelemiştir. Bu lokuslara ait polimorfizm bilgi içeriği (PIC) değerlerinin; 0,919, 0,925, 0,917, 0,907, 0,879 ve 0,904 olduğunu, en çok allel Ans25 (28), en az allel ise Aph19b (14) mikrosatellit lokusunda tespit edildiğini açıklamıştır. Alaca, Beyaz, saf yerli ve ÇinxEmden melez popülasyonlarının ortalama allel sayılarının sırasıyla 37,0, 40,3, 41,8 ve 38,5 olduğunu, popülasyonların zengin bir allelik çeşitliliğe sahip olduğunu ifade etmiştir. Taihu kazlarının ırk içi genetik çeşitlilik ve popülasyon yapısının araştırıldığı bir çalışmada, Taihu kazlarının yetiştirme alanlarının azalmasına karşın, genetik çeşitliliğinin önemli derecede olduğu, akrabalık derecesinin düşük seviyede oldukları saptanmıştır (Qing-Ping ve ark., 2009). Farklı bir çalışmada, 5 adet yerli ve 1 adet yabancı menşeli Çin kaz ırklarının evrimsel ilişkisinin belirlenmesi amacıyla 29 adet mikrosatellit markörü kullanılmış, altı ırk arasında 334 allel gözlemlendiği ve bu allellerin % 13,5'inin sadece tek bir ırka ait olduğu, yabancı menşeli ırkın popülasyon içi genetik çeşitliliğinin yerliye nazaran daha fazla olduğu belirtilmiştir (Li ve ark., 2012). Araştırmacılar ayrıca, Çin'deki bazı yerli

ırkların birbirleri arasında çok fazla melezlenmesi nedeniyle aralarındaki genetik çeşitlilikte azalma meydana geldiğini açıklamışlardır. Pellegrino ve ark., (2015), mtDNA ve mikrosatellitler kullanarak Avrupa Atlantik kıyı şeridindeki Greylag kaz popülasyonlarının genetik çeşitliliğini saptamak amacıyla Hollanda ve Norveç'teki çiftleşme alanları ile Fransa'nın Kuzey ve Güney Bölgelerindeki kışlama alanlarından örnekler edinmişlerdir. Mitokondriyal DNA analizleri sonunda Norveç, Fransa'nın Kuzeyinden ve Hollanda'dan alınan örnekler arasında genetik çeşitliliğin düşük olduğu, Fransa'nın güneyindeki popülasyonunun geriye kalan 3 popülasyondan kısmen farklı bir genetik değişiklik arz ettiğini bildirmişlerdir. Mikrosatellit analizleri neticesinde gruplandırmanın coğrafi olarak mümkün olmadığını, Norveç'te, birbirlerine çok benzeyen popülasyonlar dışında kalan tüm popülasyonlar içerisinde yüksek oranda genetik karışımın olduğunu belirtmişlerdir.

Sonuç

Bu çalışmada, PFGE yöntemi ile kazlara ait 40 adet kan örneklerinin dendogramı oluşturulmuş ve Tenover ve ark. (1995)'nin belirlediği yöntemle göre genetik ilişki saptanmaya çalışılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen tüm örneklerin genetik PFGE profili olarak %85 ilişkili olduğu saptanmıştır. Uşak, Afyonkarahisar ve Kütahya illerinde yetiştirilen yerli kazların genetik olarak birbirleriyle ilişkili olması, üç il içinde yetiştiricilerin kaz değişimi yaptığını akla getirmektedir. Üç ilde tespit edilen genetik ilişki çalışma sahasında akrabalık ilişkisinin de yüksek olabileceğini düşündürmektedir. Sürekli benzer noktalardan elde edilen damızlıklar genetik açılmaya sebebiyet verdiği için döllülük ve kuluçka randımanını olumsuz etkilemekte ve kuluçkadan çıkan civciv sayısının düşük olmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla döllülüğü, kuluçkadan çıkan civciv sayısını artırabilmek ve başarılı bir kaz yetiştiriciliği için, mevcut damızlıkların birkaç yılda bir değiştirilmesi faydalı olabilir.

Teşekkür

Bu çalışma Uşak Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından (UBAP) 2021/TP-001 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Bu araştırma, "İç Ege Bölgesinde Üretilen Yerli Kaz Genotiplerinin Genetik Çeşitliliğinin PFGE Yöntemiyle analizi ve Yetiştirici Koşullarındaki Kazların (*Anser anser*) Yumurta, Kesim ve Karkas Özelliklerinin Belirlenmesi" adlı Doktora Tezi'nden üretilmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye benzer oranda katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

Kaynakça

- Andres K., Kapkowska E. Applicability of anamid and galliform microsattellite markers to the genetic diversity studies of domestic geese (*Anser anser domesticus*) through the genotyping of the endangered Zatorska breed. BMC Research Notes 2011; 4(65): 1-10.
- Akın Y., Çelen MF. Ege Bölgesinde kaz yetiştiriciliği ve bölge mutfak kültüründe kazların önemi. Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi 2020; 4(1): 28-39.
- Akın Y. İç Ege Bölgesinde üretilen yerli kaz genotiplerinin genetik çeşitliliğinin PFGE yöntemiyle analizi ve yetiştirici koşullarındaki kazların (*Anser anser*) yumurta, kesim ve karkas kalite özelliklerinin belirlenmesi. Uşak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doktora Tezi 2022; 105s, Uşak.
- Baumung R., Simianer H., Hoffmann I. Genetic diversity studies in farm animals—a survey. Journal of Animal Breeding and Genetics 2004; 121(6): 361-373.
- Boz MA. Doğal ve yapay kuluçka ile elde edilen kazların entansif koşullarda büyüme, kesim ve karkas özelliklerinin belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi,2015; 168s, Samsun.
- Cathey J., DeWoody J., Smith L. Brief communication. Microsattellite markers in Canada geese (*Branta canadensis*). Journal of Heredity 1998; 89(2): 173-175.
- Çelik B., Bozkurt Z. Muş yöresi yerli kazlarında kesim ve karkas özellikleri. Lalahan Hayvan Araştırma Enstitüsü Dergisi 2009; 49(1): 37-46.
- Demirtaş Z. Bazı yerli ve melez evcil kaz populasyonlarında genetik çeşitliliğin mikrosattelit markörler yardımıyla belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2018; 95s, Samsun.
- Devrim AK., Kaya N., Güven A., Koçer B. Genetic diversity of local geese of varying productivity and feather color in Kars. Biochem. Genet. 2007; 45: 515-522.
- Fields RL., Scribner T. Isolation and characterization of novel waterfowl microsattellite loci: Cross-species comparisons and research applications. Molecular Ecology 1997; 6: 199-202.
- HGM, Harita Genel Müdürlüğü. İl ve ilçe yüzölçümleri 2018; Erişim tarihi: 27.11. 2018. https://www.harita.gov.tr/images/urun/il_ilce_alanlari.pdf.
- İşgüzar E., Pingel H. Growth, carcass composition and content of meat of different local geese in Isparta region of Turkey. Arch Tierz Dummerstorf 2003; 46(1): 71-76.
- Kaufmann M. Molecular bacteriology protocol and clinical applications. Woodford N., and Johnson A. Humana press Inc., Totowa, N. J. Methods in Molecular Medicine 1998; 88-91.
- Kırıkçı K. Karayaka koyun ırkının genetik karakterizasyonu. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi 2017; 126s, Samsun.
- Labatut MC. Goose production in Chieland, South America. Goose Production, FAO Animal Production and Healty 2002.

- Lai E., Birren BW., Clark SM., Simon MI., Hood L. Pulsed-field gel electrophoresis. *Biotechniques* 1989; 7: 34-42.
- Levene SD. *Methods in molecular biology. Pulsed-Field Gel Electrophoresis*, Eds. M. Burmeister and L. Ulanovsky, Totowa, NJ, The Humana Press 1992; 345-365.
- Li HF., Chen KW., Yang N., Song, WT., Tang QP. Evaluation of genetic diversity of Chinese native geese revealed by microsatellite markers. *World's Poultry Science Journal* 2007; 63(3): 381-390.
- Li J., Yuan Q., Shen J., Tao Z., Li G., Tian Y., Lu L. Evaluation of the genetic diversity and population structure of five indigenous and one introduced Chinese goose breeds using microsatellite markers. *Canadian Journal of Animal Science* 2012; 92(4): 417-423.
- Li JJ., Li GQ., Shen JD., Tao ZR., Wang DQ., Tian Y., Chen L., Yuan QY., Shen JL., Lu LZ. Characterisation of 57 novel microsatellite markers from the goose (*Anser cygnoides*) genome. *Journal of Applied Animal Research* 2013; 41(1): 111-116.
- Mercan L. Yerli tavuk genotiplerinin ticari genotipler ile olan genetik farklılığının SSR (Simple sequence repeats-basit dizi tekrarları) yöntemi ile analizi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi 2010; 159s, Samsun.
- Mindek S., Mindeková S., Hrnčár C., Weis J., Gašparík J. Genetic diversity and structure of Slovak domestic goose breeds. *Veterinaria ir Zootechnika* 2014a; 67(89): 81-87.
- Mindek S., Trakovická A., Hrnčár C., Weis J. Genetic diversity of Tesedik goose. *Acta Fytotechnica et Zootechnica* 2014b; 17(4): 127-129.
- Qing-Ping T., Shuang-Jie Z., Jun G., Kuan-Wei C., Huo-Lin L., Jian-Dong S. Microsatellite DNA typing for assessment of genetic variability in Taihu goose: A major breed of China. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 2009; 8(11): 2153-2157.
- Pellegrino I., Cucco M., Follestad A., Boos M. Lack of genetic structure in greylag goose (*Anser anser*) populations along the European Atlantic flyway. *Peer J.* 2015; 3(e116): 3-22.
- Poyarkov N., Klenova A., Kholodova M. Genetic diversity of swan goose (*Anser cygnoides L.*) in Russia: Analysis of the mitochondrial DNA control region polymorphism. *Russian Journal of Genetics* 2010; 46(4): 493-496.
- Özdemir S., Arslan H., Özentürk U., Yıldırım F., Yıldız A. Atak-S ve Isa brown tavukları arasındaki genetik çeşitliliğin SSR belirteçleri ile tahmini. *Kocatepe Veterinary Journal* 2018; 11(1): 53-62.
- Saatçi M. Effect of age, sex, feather colour, body measurements, and body weight on down and feather yield in native Turkish geese. *Turkish Journal Veterinary Animal Science* 2008; 32(4): 293-297.
- Schwartz DC., Saffran W., Welsh J., Haas R., Goldenberg M., Cantor CR. New techniques for purifying large DNAs and studying their priorities and packaging. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 1982; XLVII: 189-195.
- Sun J., Zhang S., He DQ., Chen SY., Duan ZY., Yao YG., Liu YP. Matrilinial genetic structure of domestic geese. *The Journal of Poultry Science* 2014; 51(2): 130-137.

- Tenover FC., Arbeit RD., Goering RV. Interpreting chromosomal DNA restriction patterns produced by pulsed-field gel electrophoresis: criteria for bacterial strain typing. *Journal Clin Microbiol.* 1995; 33(9): 2233-2239.
- Tilki M., Yazıcı K., Sarı M., Işık S., Saatçi M. Yerli Türk kazlarında çıkım ayı ve cinsiyetin kesim ve karkas özelliklerine etkisi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 2011; 17(5): 831-835.
- Tu Y., Chen K., Zhang S., Tang Q., Gao Y., Yang N. Genetic diversity of 14 indigenous Grey Goose breeds in China based on microsatellite markers. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences* 2006; 19(1): 1-6.
- TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu. Ege Bölgesi illerimizin 2017 yılına ait kaz üretim miktarları. 2018; Erişim tarihi: 15.08.2018. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/>
- Türe M., Altınok İ. Pulsed-Field jel elektroforez (PFGE) metodu ve akuatik organizmalarda kullanımı. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi* 2013; 9(1): 44-54.
- Weiß BM., Poggemann K., Foersters K., Hirchenhauser K. Isolation and characterization of microsatellite marker loci in the Greylag goose (*Anser anser*). *Molecular Ecology Resources*, 2008; 8: 1411-1413.
- Yakan A., Aksu Elmalı D., Elmalı M., Şahin T., Motor S., Can Y. Halk elinde yetiştirilen beyaz ve alaca kazlarda karkas ve et kalitesi özellikleri. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 2012; 18(4): 663-670.

Kloralhidratın *Ophrys mammosa* Desf. ssp. *mammosa* (Orchidaceae) Ovülleri Üzerine Etkisi

Mehmet AYBEKE^{1*}

¹Trakya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Balkan Yerleşkesi, 22100, Merkez, Edirne

¹orcid.org/0000-0001-9512-5313

*Sorumlu yazar: mehmetaybeke@trakya.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 06.01.2023

Kabul tarihi: 07.05.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Orkide
Ophrys
Ovul
Tohum
Kloralhidrat

ÖZ

Orkide tohumları şeffaftır ve embriyoları rahatlıkla görünmektedir. Daha evvelki çalışmamızda farklı enzimlerle maserasyon tekniği kullanılarak embriyoların, şeffaf tohumlardan izolasyonu yapılmıştı. Bu çalışmada ise daha basit bir yöntemle kloralhidrat ve buna benzer farklı şeffaflaştırıcı ve doku geliştirici kimyasallar kullanarak basit embriyo izolasyonu yönteminin oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışmada 2 farklı yöntem kullanılmıştır. Birinci yöntemde farklı oranlarda laktik asit, kloralhidrat, fenol, karanfil yağı ve ksilol karışımında disekte edilmiş orkide ovülleri, farklı sürelerde (24 saat, 48 saat ve 72 saat) bekletilmiştir. Diğer yöntemde ise sadece kloralhidrat eriğinde ovüller 24 saat, 48 saat ve 72 saat olmak üzere 3 farklı sürelerde bekletilmiştir. Her iki yöntemde de ovüllerden embriyoların hafif bir bastırma ile kolayca çıkıp çıkamadığı test edilmiş ve ayrıca ovüllerden baskı ile çıkan embriyoların bütünlüğü ya da parçalı olma durumuna göre yöntemlerin verimliliği birbiri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak; sadece kloralhidrat içinde 72 saat bekletilen ovüllerden embriyoların rahat izolasyonu ve embriyoların bütünlüğü ve sağlamlığı açısından bu yöntemin daha verimli olduğu tespit edilmiştir. İlâveten bu yöntem ile embriyoların ve süspansör yapılarının çok kolay ve pratik bir şekilde ovüllerden çıkışı gözlenmiştir. Ayrıca yöntemin funikulus, plasenta, karpel, megasporosist-arkeosporal hücre ve ovul gelişimi çalışmalarına hız kazandıracakları anlaşılmıştır. Böylece uzun süreli gömme ve mikrotomda histolojik kesitlere gerek kalmaksızın bazı önemli embriyonal ve süspansör yapılarının pratik ve hızlı bir şekilde incelenebilmesi mümkün olmuştur. Yöntemin faydaları ve yetersiz olduğu noktalar değişik güncel makaleler eşliğinde tartışılmıştır.

Effect of Chloralhydrate on *Ophrys mammosa* Desf. ssp. *mammosa* (Orchidaceae) Ovules

Research Article

Article History:

Received: 06.01.2023

Accepted: 07.05.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Orchid
Ophrys
Ovule
Seed
Chloralhydrate

ABSTRACT

Orchid seeds are transparent and embryos can be seen easily. In our previous study, embryos were isolated from transparent seeds using the maceration technique with different enzymes. In this study, it was aimed to create a simple embryo isolation method by using chloral hydrate and similar different clearing and tissue expanding chemicals with a simpler method. Two different methods were used in the study. In the first method, dissected orchid ovules were kept for different times in a mixture of lactic acid, chloral hydrate, phenol, clove oil and xylol at different rates. In the other method, ovules were kept in chloralhydrate solution for 3 different times: 24 hours, 48 hours and 72 hours. In both methods, it was tested whether the embryos could easily come out of the ovules with a slight pressure, and also the fertility of the methods was compared with each other according to the integrity or fragmentation of the embryos that came out of the ovules with pressure. As a result; it has been determined that this method is more efficient in terms of comfortable isolation

of embryos from ovules kept in chloral hydrate for 72 hours and in terms of integrity and robustness of embryos. In addition, with the efficiency of this method, it has been observed that the embryos and suspensor structures exit the ovules in a very easy and practical way. In addition, it has been understood that the method will accelerate the studies of funiculus, placenta, carpel, megasporist-archaeosporal cell and ovule development. Thus, it has been possible to examine some important embryonal and suspensory structures practically and quickly without the need for long-term embedding and histological sections in the microtome. The benefits of the method and its inadequacies, albeit partially, were discussed in the presence of various current articles.

To cite: Aybeke M. Kloralhidratın *Ophrys mammosa* Desf. ssp. *mammosa* (Orchidaceae) Ovülleri Üzerine Etkisi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 55-71.

Giriş

Orchidaceae familyası, karasal veya ağaçlar üzerinde epifitler olmak üzere ototrof, saprofitik veya parazitik çok değişik yelpazede bitki formlarını içermektedir (Leake, 2005). Bitkilerin en büyük ailesi olarak kabul edilen Orchidaceae, 25.000–35.000 türden oluşmaktadır (Attri ve ark., 2020). Türkiye’deki orkidelerin büyük bir bölümü Orchidoideae subfamilyası Orchideae tribusuna ait karasal orkidelerdir. Türkiye’de Orchidaceae familyası 24 cins ve toplamda 229 taksonla temsil edilmektedir (Güler ve Deniz 2012), ve bu sayı her geçen gün yeni orkidelerin keşfi ile gittikçe artmaktadır. Bu dikkate değer güzellikte bitkiler, çiçek varyasyonları ve değişik tozlaşma yöntemleri ile birçok araştırmacının ilgi odağı olmuştur (Cozzolino ve Widmer 2005).

Ophrys mammosa subsp. *mammosa*’nın genel özellikleri şöyledir: Bitkiler 20-50 cm, 3-6 (-9) adet oblong-ovat veya lanseolat yapraklı, Spika 2-10 çiçekli, çiçekler büyük, çanak yapraklar yeşil, 14 mm’ye kadar uzunlukta, dorsal dik, oblong, bazen geriye doğru kıvrılmış, lateral olanlar yayık, alt yarısı bazen kırmızımsı- veya morumsu-kahverengi tonlu, petal ovat-lanseolat, labellum yuvarlak veya ovat, genellikle ± düz veya hafif kıvrık, 16 x 16 mm’ye kadar boyutlarında, tam veya nadiren küçük yan girintili, , apekte çok az mukronat, tabana yakın iki yuvarlak meme benzeri çıkıntılı, çıkıntılarının dış tarafı genellikle villoz, koyu kestane rengi ile siyahımsı -kahverengi kadifemsi renkli, spekulum ± H şeklinde, soluk mavimsi, tüysüz, çiçeklenme: 3-5 aylar arası (Güler ve Deniz, 2012)

Tohumlarla ilgili olarak ekseriyetle sistematik morfolojik çalışmalar yapılmıştır. Testa retikülasyonları, antiklinal ve periklinal çeper özellikleri, retikülasyonların antiklinal çepere olan açıları, retikülasyonların çatallanma durumu vb. gibi değişik morfolojik kriterler deskriptif ve diagnostik karakter olarak tür ayırımında kullanılmaktadır (Clifford ve Smith, 1969; Barthlott, 1976; Arditti ve ark., 1979; 1980; Chase ve Pippen, 1988; Aybeke, 2007). İlâveten nesli tehlike altında olan orkideler üzerinde ex situ koruma, mikorizal ilişkiler, tohum çimlenmesi, orkide tohumlarının uzun süre canlılıklarının yitirmeden korunması gibi değişik tohum eksenli çalışmalar yapılmıştır (Kauth ve ark., 2008; Hongxia ve ark., 2010; Kendon ve ark., 2017; Yeung, 2017).

Toz şeklindeki orkide tohumlarının sayısal ve fiziksel özellikleri, Arditti ve Ghani (2000) tarafından yapılan kapsamlı bir incelemede detaylandırılmıştır. Buna göre; bir embriyo, görünür bir kotiledonu olmayıp, testa içinde küresel-oval bir şekildedir. Kök ve sürgün apikal meristemleri gibi farklı

dokulara belirgin yapısal farklılaşma ve birincil meristemleri yoktur. Bir başka belirgin özellik; orkide tohumlarının içinde bir endosperm olmamasıdır.

Tohumun çimlenme sonrası gelişim anatomisi çalışmaları da dikkat çekicidir. Örneğin; tohum çimlenmesi bir protokorm oluşumu ile sonuçlanır. Doğada, bir protokormun başarılı bir şekilde büyümesi, bir mikorizal mantar ile simbiyotik birlikteliği gerektirir (Rasmussen, 1995; Peterson ve ark., 1998; Yeung, 2017). Apikal meristemler aktivitesiyle protokormdan sonunda fide oluşumu gerçekleşir (Vinogradova ve Andronova, 2002; Yeung, 2022).

Orchidaceae familyasında birçok farklı embriyolojik gelişimin varlığından dolayı embriyoloji çalışmalarının taksonomik önemi vurgulanmıştır (Sharma ve Vij, 1987; Sood ve Sham, 1987; Yung-I ve ark., 2006, 2008). Zira bu öneme atfen Aybeke (2012), *Ophrys mammosa*'nın anter çepi ve polen gelişimini tüm embriyolojik safhaları ile ayrıntılı olarak tespit etmiştir. Ayrıca orkide embriyolarında süspansörün yapısı ve işlevi, embriyonun gelişmesi sırasında oldukça önemlidir. Ayrıca ovul gelişimi sürecinde iç integumentin varlığı, zigot ve proembriyo gelişimini etkilemektedir (Lumaga ve ark., 2020; Yuan-Yuan ve ark., 2016)

Türkiye'de de değişik orkide tohum çalışmaları yapılmıştır: Akçın ve ark. (2009), Türkiye'de bulunan 19 değişik orkide üzerinde morfolojik ve morfometrik çalışmalar yapmıştır. Orkide tohumlarının morfometrik analizi, testa ve embriyo boyutlarının ve morfolojisinin yanı sıra tohum kabuğu duvarlarında retikülasyonun varlığı / yokluğu veya retikülasyonun taksona özgü farklılıkları dikkate alınmıştır. Dolayısıyla dış morfolojik karakterler ve buna ilaveten tohum içi hava boşluk oranları orkide taksonisinde önemli olduğu anlaşılmıştır.

Bektaş ve ark. (2013), tohumdan invitro çimlendirme deneyleri ile *Orchis coriophora*'da protokorm oluşumu ve fide gelişimi çalışmaları yapmışlardır. Benzeri bir çalışma, *Anacamptis*, *Dactylorhiza*, *Orchis* ve *Ophrys* taksonlarında farklı bir araştırmacı grubu tarafından yapılmıştır (Çığ ve ark., 2018).

Süngü-Şeker ve ark. (2021), Türkiye'de de bulunan 12 farklı orkidede tohum morfolojik ve morfometrik çalışmalar yapmışlardır. Çalışmada sonuç olarak, tohumun kalazal veya medial bölgedeki hücre şekli farklılıkları, tohum boyutları, boyuna eksenindeki hücre sayıları, periklinal duvar süslemesi gibi tohum karakterleri, taksonomik olarak stabil karakterler olduğu, buna karşın tohum şekli, periklinal duvar süslemesi eksikliği ve daha büyük embriyo boyutlarının ise ekolojik adaptasyon veya gelişim ile alakalı olduğu belirtilmiştir. Benzer bir çalışmada Aybeke (2007), farklı *Ophrys* taksonları ve özellikle yakın taksonlar arasında polen ve tohum morfolojik özelliklerini incelemiştir.

Aybeke (2014) kendi çalışmasında *Himantoglossum robertianum*'da tohum morfoloji ve histokimyasına yönelik denemeler yapmıştır. Buna göre testa hücrelerinin ölü olduğu, histokimyasal testlere göre olgun embriyoların küresel şekilli olduğu ve özellikle tohumun embriyo kısımlarında kütiküler bir kılıfın varlığı, olgun embriyolarda ise yüksek miktarda çözünür karbonhidrat, lipid ve protein cisimleri ve çok az nişasta bulunduğu belirtilmiştir.

Orkide tohumlarında değişik maserasyon ve embriyo izolasyonu çalışmaları da yapılmıştır. Çünkü embriyolar ve tohumlar üzerinde araştırmalar çok zordur. Orkide tohumları çok küçük, tozlu ve

şeffaftır, bu nedenle, çalışmada orkide tohumları için izolasyon tekniğinin nasıl hazırlanacağı ve orkide embriyolarının tohumlardan nasıl izole edileceği incelenmiştir (Aybeke 2013a). Aybeke (2013b), bir çalışmada *Barlia robertiana*'da enzimatik maserasyon ve embriyo izolasyonu üzerinde denemeler yapmıştır.

Sonuç olarak; yukarıda ayrıntılı olarak belirtildiği gibi orkide tohumlarında ekseriyetle taksonomik-morfolojik ve invitro çimlendirme, mikorizal ilişkilerin aydınlatılması, simbiyotik ve asimbiyotik tohum çimlenmesi çalışmaları yapılmış ve kısmen de embriyolojik çalışmalara değinilmiştir. Bazı çalışmalarda ise embriyo izolasyonu ve tohum maserasyonuna dair değişik pratik metotlar geliştirilmiştir (Aybeke 2013a-b). Kısacası embriyolojik çalışmaların ve nesli tehlike altında olan orkide gruplarının ex situ korunma ve üretilmesi için embriyo oldukça önem arz etmektedir. Embriyo izolasyonu oldukça zordur. Tohumun şeffaflığı, tohum içinde bir hava boşluğunun varlığı bir avantaj sağlasa da embriyonun ve tohumun mikronlar düzeyinde küçüklüğü çalışmaları oldukça zorlamaktadır. Bu nedenle alternatif, pratik ve hızlı yöntemlerin tespiti, bu tarz çalışmalara kolaylık sağlayacaktır. Dolayısıyla bu çalışmanın amacı, yeni, pratik, hızlı bir maserasyon ve embriyo izolasyonu yönteminin keşfidir.

Materyal ve Metot

Çalışmada *Ophrys mammosa* Desf. subsp *mammosa* (Orchidaceae)'nin Edirne ilinde yapılan arazi çalışmalarında toplanan gimnostemiyumları ve gelişmiş örneklerin tohumları kullanılmıştır. Toplanan örneklerin bir kısmı, EDTU 8206 numara ile herbaryuma (Trakya Üniversitesi Herbaryumu) dâhil edilmiştir. Dolayısıyla çalışmada tozlaşmamış bitkilerin gimnostemiyumları ve tozlaşmış olgun meyvalardan alınan tohumlar kullanılmıştır.

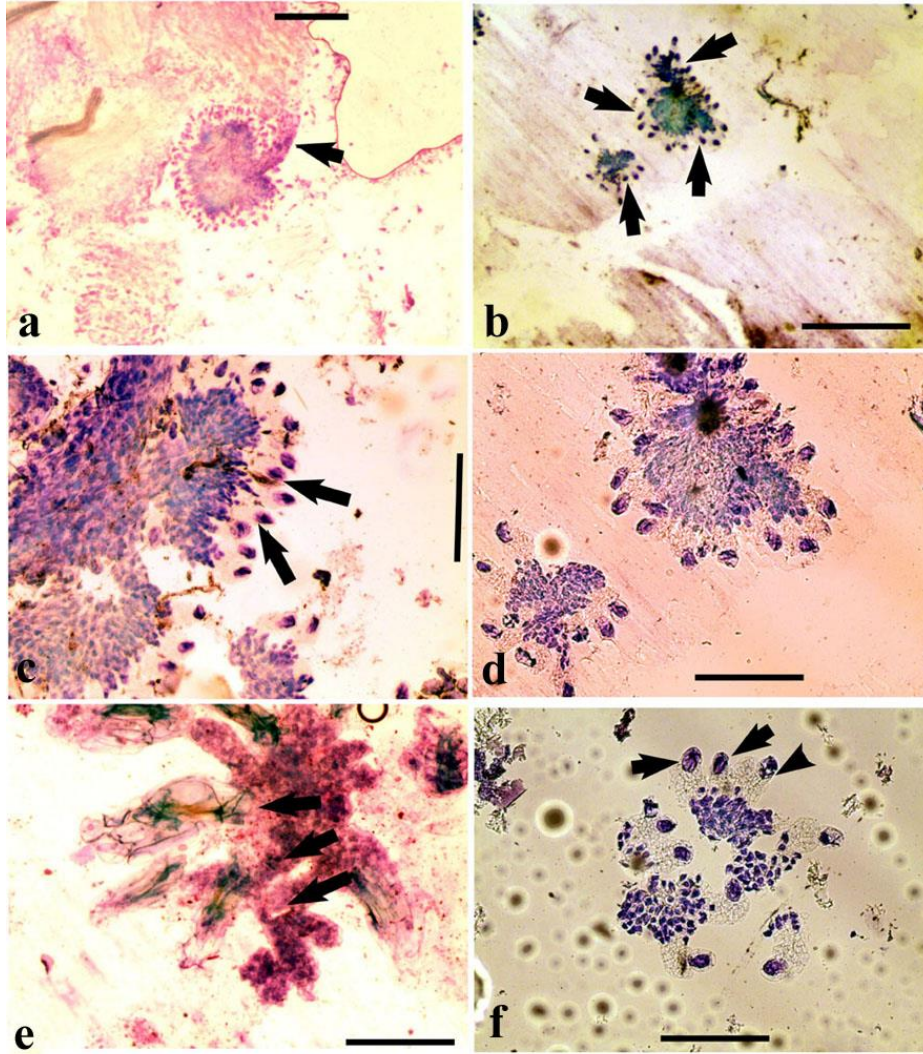
Gimnostemium, Carnoy fiksatifinde (3: % 96 alkol, 1: % 45 asetik asit) bir gece buzdolabında fikse edilmiştir. Sonrasında % 96 alkol ile yıkanan örnekler, % 70 alkol içinde denemelere kadar muhafaza edilmiştir. Tohumlar ise fikse olmadan doğrudan kuru şişeler içinde muhafaza edilmiştir.

Çalışmada iki farklı yöntem kullanılmıştır. İlk yöntem, Bolleddu ve ark. (2022) çalışmasından modifiye edilerek tatbik edilmiştir. Buna göre karışım; 2: % 85 laktik asit, 2: kloralhidrat, 2: fenol, 2: karanfil yağı, 1: ksilol şeklindedir. İkinci yöntemde ise doğrudan kloralhidrat eriyiği hazırlanıp kullanılmıştır. Belirtilen bu yöntemlerde örnekler (gimnostemiyum / tohum) 24 saat, 48 saat, 72 saat gibi 3 farklı zaman diliminde oda koşullarında bekletilmiştir. Süre sonunda çözeltiden çıkarılan örneklerden gimnostemiyumlar, aynı sıvıda lam üzerine alınıp, Olympus BH-2 stereo mikroskop altında hafifçe dissekte edilip ve lamel ile çok hafifçe bastırılarak preparatı yapılmıştır. Tohumlar ise çözelti sonrasında herhangi bir disseksiyona tabii tutulmadan aynı sıvı içinde ve lam lamel arasına alınarak preparasyonu yapılmıştır. Bu işlem sırasında tohumlara lamel üzerinden hafifçe bastırılmıştır. Lamelle kapatılmadan evvel 1 damla Toluidin Blue O boyası (O'Brien ve ark., 1964) ile preparat muamele edilmiş ve sonrasında lamel ile kapatılmıştır. Preparatların incelenmesi ve fotoğrafların çekimi, Olympus CX-21 bilgisayar uyumlu Fotomikroskop ile gerçekleştirilmiştir.

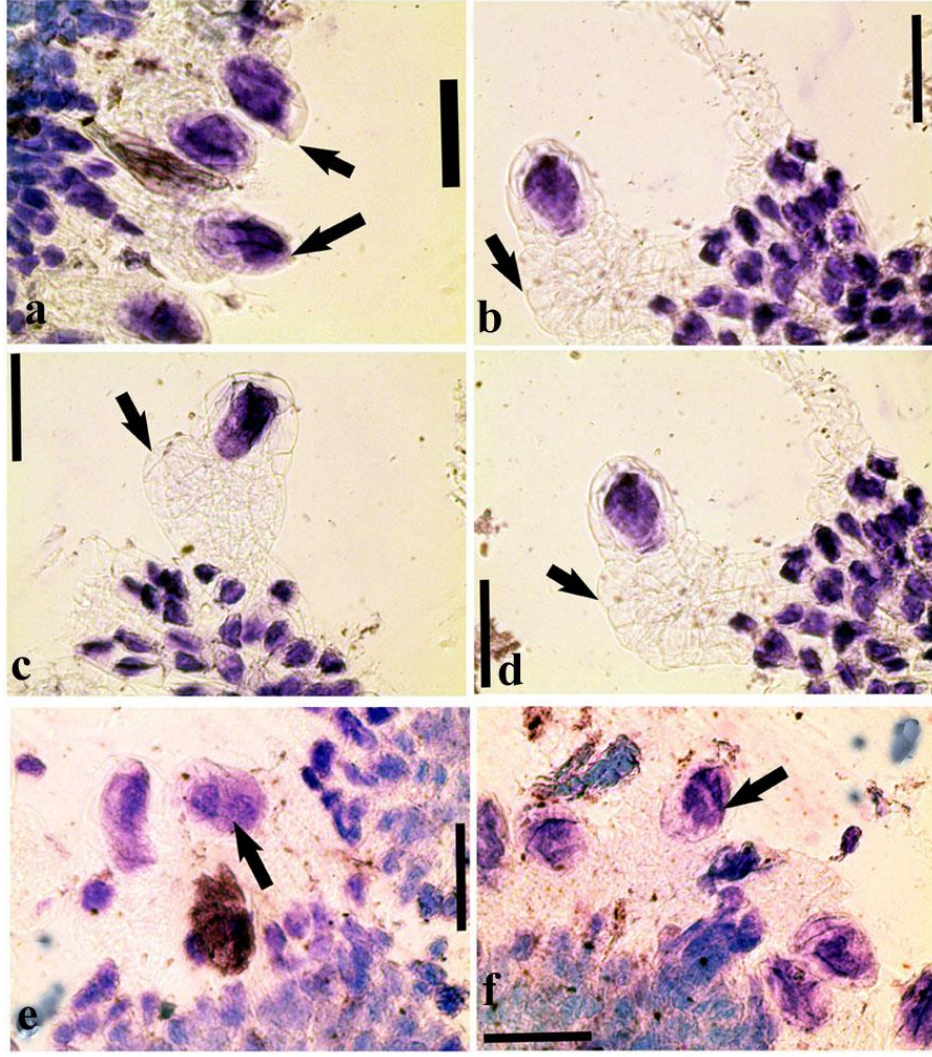
Bulgular ve Tartışma

Çalışmada her iki yöntemde farklı sürelerde (24, 48, 72 saat) denenmesine rağmen en iyi sonuçların kloralhidratta 72 saate alındığı tespit edilmiştir. Bu yöntemle ilgili bulgular, aşağıda sunulmaktadır:

Gimnostemiyumlardan yapılan preparatlarda karpeller ile plasenta arasında ve plasentadan funikuluslar ile ovullere olan bağlantılar dikkat çekmektedir (Şekil 1a-d). Yeni gelişen bu ovullerde funikulus hücrelerinin şeffaf olduğu görülmektedir (Şekil 1d). Olgun tohumlardaki funikuluslarda hücrelerin daha yoğun ve koyu boyalı olduğu görünmektedir (Şekil 1e). Yeni gelişen ovullerin uç kısımlarında arkeosporal hücreler veya mayozla girecek olan megasporosistler yoğun sitoplazmalı olarak dikkat çekmektedir (Şekil 1f).

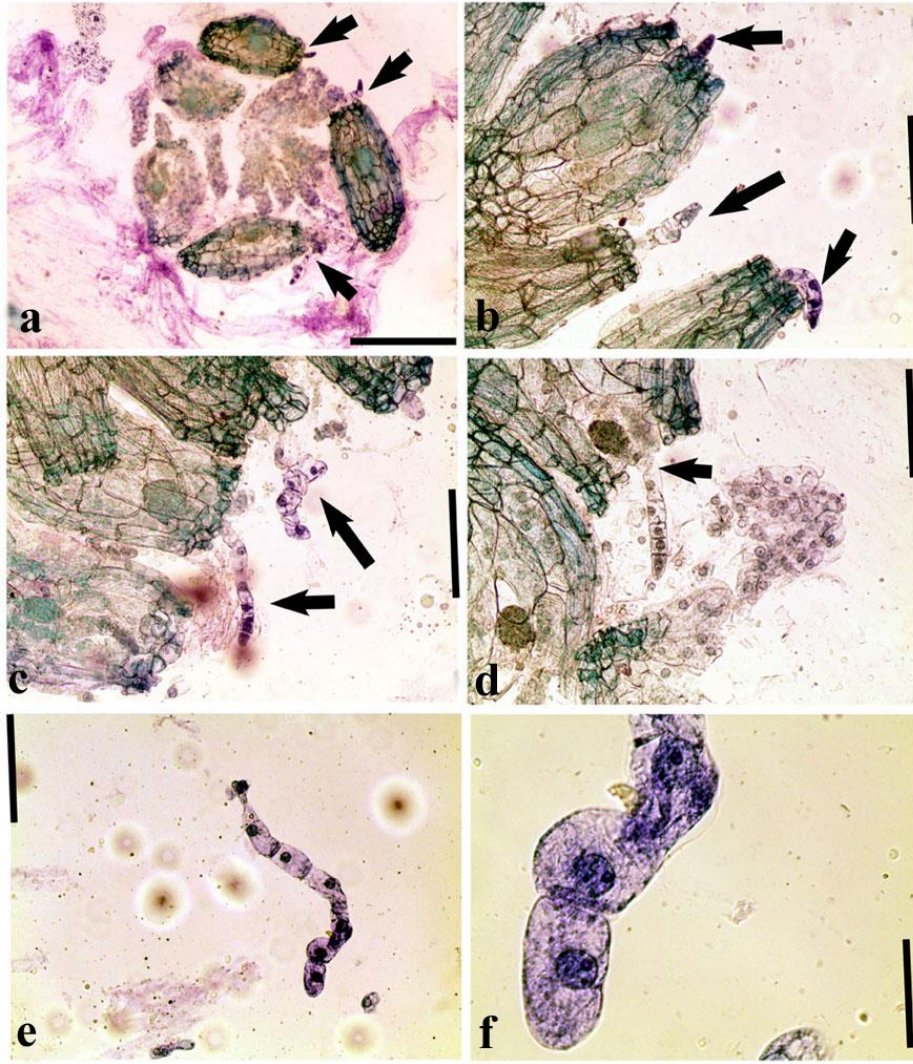


Şekil 1a. karpelden plasenta bağlantısı (ok) ve plasenta üzerinde ovuller, **b:** plasentadan ovullere bağlantılar (ok). **c:** ovuller (ok), **d:** (Şekil c büyütülmüşü) ovuller, funikulus bağlantıları şeffalaşmış, **e:** funikulusların ve tohumlara bağlantısı (ok), **f:** ovuller ve megasporosistler / arkeosporal hücreler koyu renkli halde (ok). **Ölçek:** a-c: 160µ, d-f: 100µ



Şekil 2a. Arkeosporal hücre veya mayoz sürecindeki megasporosist (ok), **b-d:** integument (antetik ovul) gelişimi için dikkate değer ovul yapısı (ok.) (c-d şekilleri farklı odaklı çekimlerdir), **e:** 2 adet ovulde birinde profaz II (ok), **f:** kısmen tetrada dönüşen ovul (tetrad ve etrafında şeffaf kallos çeper var, ok).
Ölçek: a-f: 50µ.

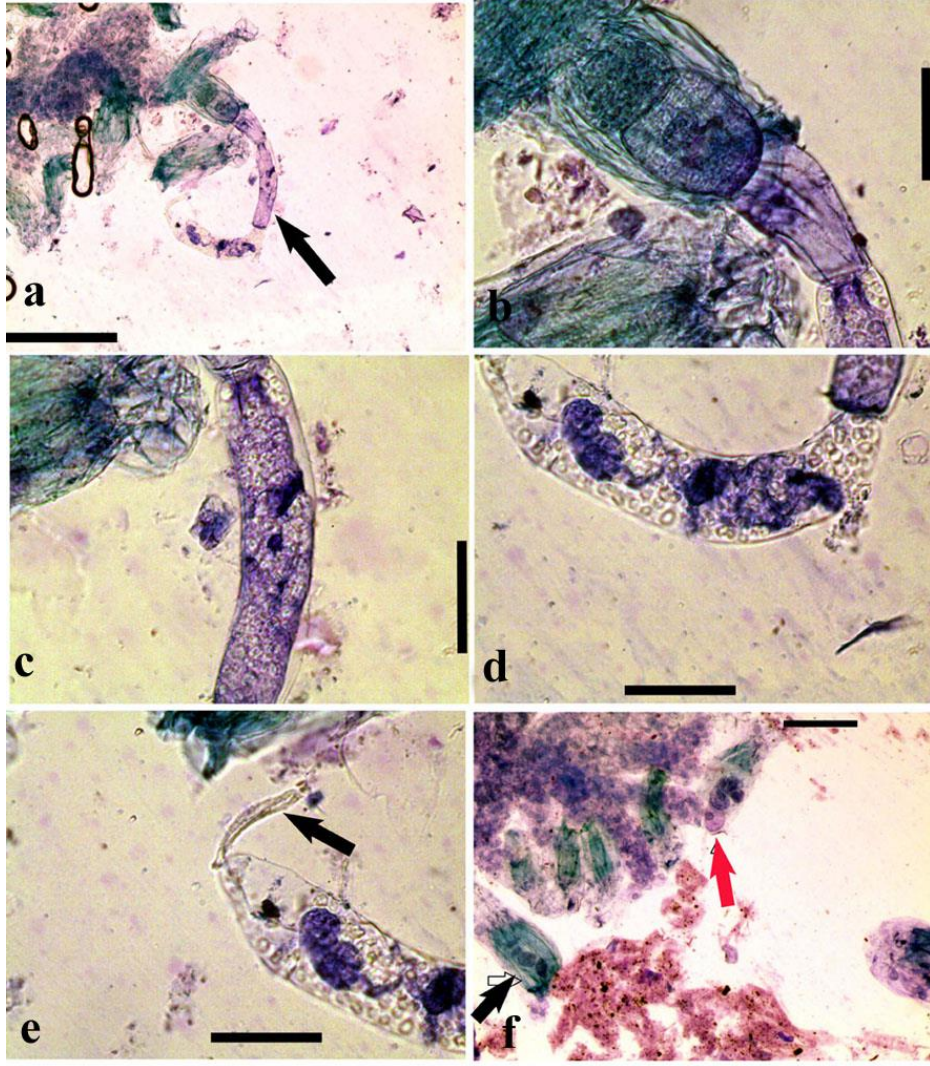
Kloralhidrat yöntemi uygulanan ovullerde megasporosist veya arkeosporal hücreler de görünmektedir (Şekil 2a). Ayrıca ovullerde integument varlığına ve gelişme düzenine göre Atekmik olup olmadığı da bu yöntemle kolayca anlaşılabilir (Şekil 2b-d). Ovul uçlarında mayoz geçiren megasporosist veya mitoz geçiren arkeosporal hücreleri de kısmen de olsa görmek mümkün olmaktadır (Şekil 2e,f). Tohumlardan süspansör veya embriyosu ile birlikte süspansörün çıkışı mikropilar kısımdaki boşluktan olmaktadır. Böylece embriyo ve süspansör fazla hasar görmeden hafifçe bastırma ile şişen ve şeffaflaşan tohumdan çıkmaktadır (Şekil 3a-e). Hatta süspansör uç hücresi, nukleusu ile birlikte gayet iyi incelenebilmektedir (Şekil 3f). Uzun bir süspansörün tohumdan çıkışı ile tüm baştan sona hücrelerini görmek kloralhidratlı ezme yönteminde mümkündür.



Şekil 3a. Tohumlardan süspansör çıkışı (3 tohumdan, ok), **b:** 3 tohum mikropil açıklığından süspansör çıkışı (ok), **c:** süspansör kısımları (ok), **d:** embriyo ve süspansör (ok), **e:** süspansör, **f:** şekil e'deki süspansörün uç kısmı, **Ölçek:** a: 160µ, b-e: 100µ, f: 50µ

Süspansörün baş ve en son uç hücrelerinde nispeten daha küçük ve yoğun sitoplazmalı hücreler varken orta kısmındaki hücreler ise daha büyük ve vakuollüdür (Şekil 4a,f). Kısmen tohum içinde kalan süspansör ve embriyoları da incelemek mümkündür. Örneğin Şekil 4f ve Şekil 5a-d'de böyle bir durum vardır. Çünkü orkide tohumları şeffaftır ve kloralhidratta maserasyonu içerdeki dokuların /hücrelerin görünebilirliğini artırmaktadır.

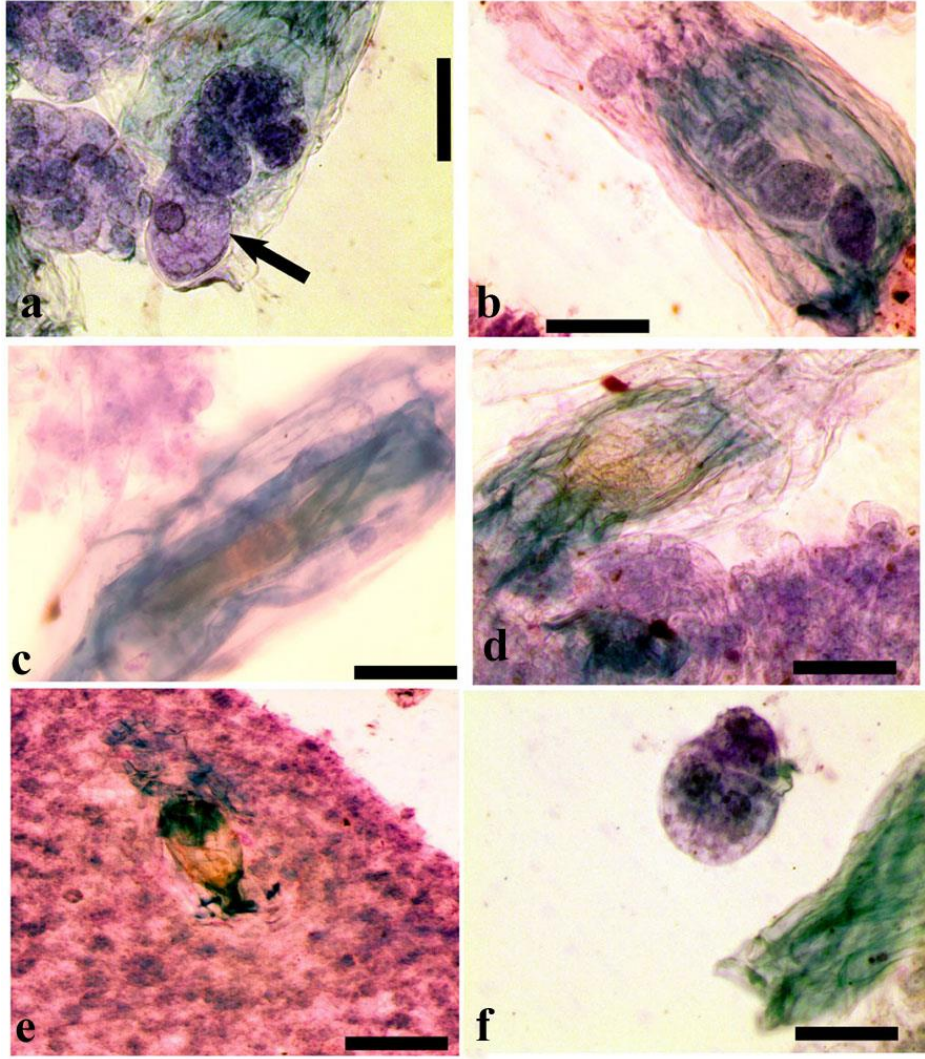
Süspansörün orta bölgesi daha sarımsı, baş ve son kısımları daha koyu renkli bir kılıf ile çevrilidir. Çünkü kütikül, süspansörün sarımsı görünen orta bölgesinde bulunmamaktadır (Şekil 5a-e). Ayrıca farklı süspansör yapılarını da bu yöntemle görmek mümkündür. Örneğin; Şekil 5d-e'de torpido şeklinde süspansör görülmektedir. Şekil 5f'de proembriyo görülmektedir. Kısacası tüm embriyonal gelişim safhaları tespit edilebilmektedir. Torpido benzeri süspansörlerin birkaç örneği Şekil 6a-d'de verilmektedir.



Şekil 4a. süspansör oldukça uzamış ve dışarıya doğru kıvrılmış (ok), **b:** şekil a'da süspansör baş kısmı, **c:** şekil a'daki süspansörün orta kısmı, **d:** şekil a'daki süspansörün uca doğru büyük ve taneli çok nukleuslu bir hücresi, **e:** şekil a'daki süspansör uç kısmı ve funikulus ile olan bağlantısı (ok), **f:** süspansör hücreleri (siyah ok; kırmızı ok embriyo hücrelerini gösterir). **Ölçek:** a: 100 μ , b-e: 50 μ , f: 160 μ

Embriyonun kaç hücreli olduğunun anlaşılması için araştırmacının mikroskop mikrovidası ile farklı noktalara odaklanarak hücre sayımı yapabilmesi kısmen mümkündür (Şekil 7a-f).

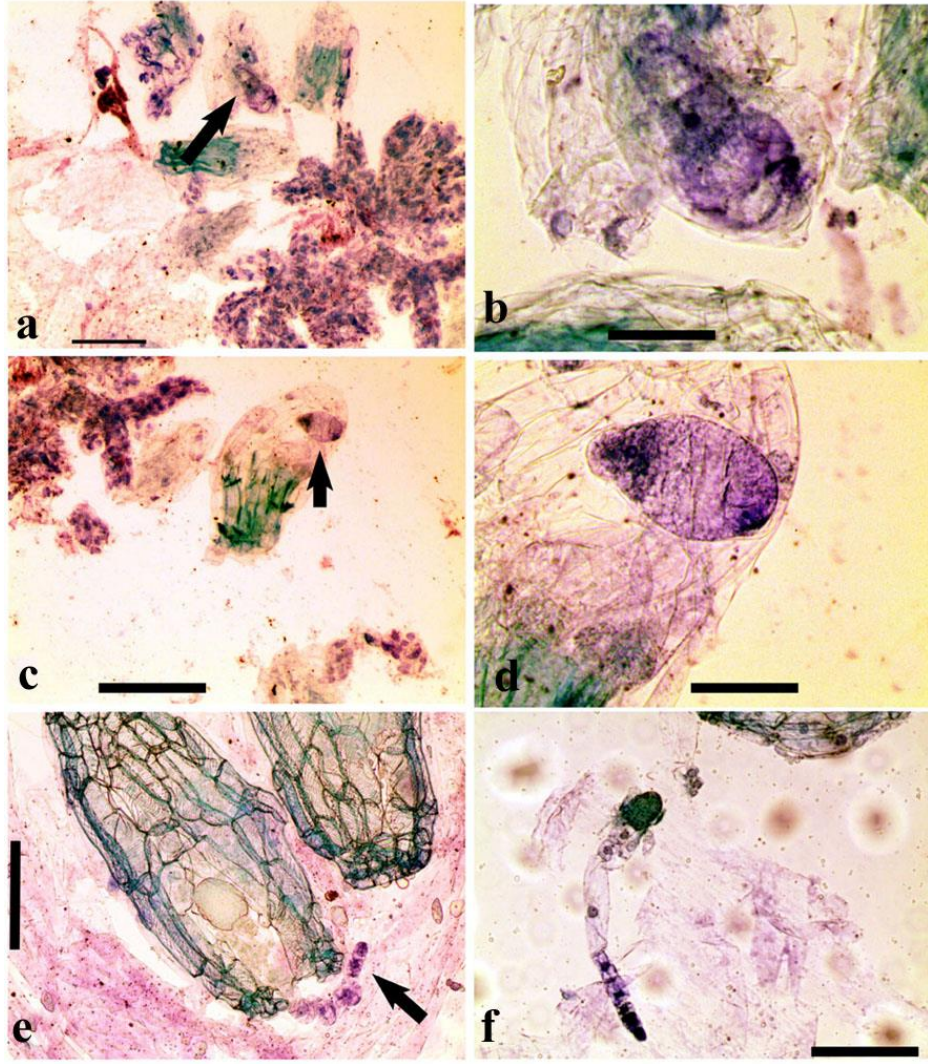
Normal süspansör yapısı Şekil 6e-f'dedir. Buradan incelenen taksonda süspansör değişik yapılarını ortaya çıkarmanın mümkün olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 5a. şekil 4f’de kırmızı oklu embriyo hücreleri büyütülmüş halde ve altında vakuollü süspansör oluşturacak olan büyük 2 hücre (ok), **b:** süspansör hücreleri mikropile doğru küçülmekte, **c:** süspansör hücresi (sarı renkli kısımda kutikular kalınlaşma yoktur), **d:** farklı şekilde (torpido benzeri) bir süspansör (sarı orta kısmında kutikular kalınlaşma yoktur), **e:** torpido benzeri süspansör yapısı (süspansör baş ve son kısmı kutikular kalınlaşmalı ama orta şişkin sarı kısımda kalınlaşma yok), **f:** proembriyo (süspansörü eksik), **Ölçek: a-d,f:** 50µ, **e:** 100µ.

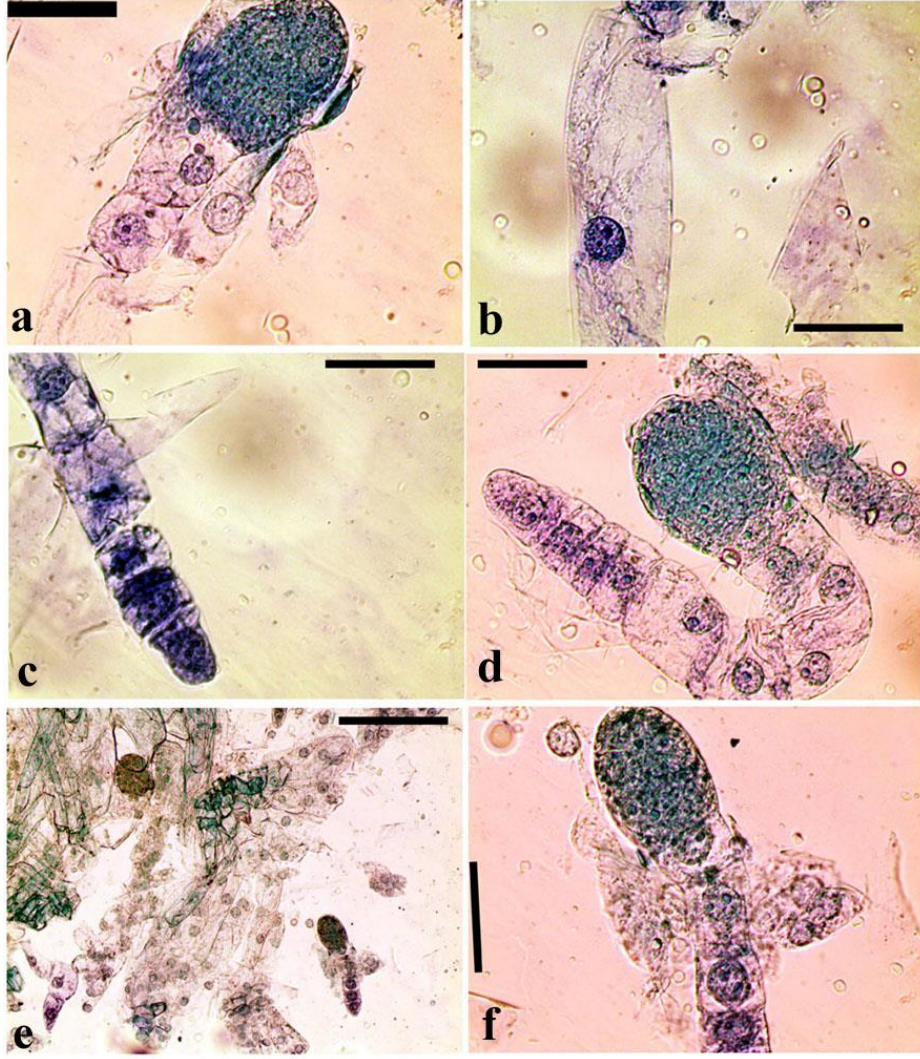
Tohum yumuşak ve şişkin olduğu için embriyo tam çıkmasa bile görülmesi mümkün olmaktadır. Örneğin; Şekil 6e’de tohum içinden kısmen çıkmış süspansör ve tam globüler embriyo yapısı gayet rahatça görülebilmektedir. Tohumdan tamamen çıkmış embriyo ve süspansörler Şekil 7a-f’de verilmektedir.

Süspansör nükleusları hasarsızdır. Süspansör orta hücreleri büyük vakuollüdür. Farklı büyüklükte gelişme gösteren süspansörler embriyoları ile birlikte Şekil 8a-f’de verilmektedir. Süspansörün farklı büyüklükte olmasına ilaveten embriyoların farklı büyüklükte oldukları dikkat çekmektedir (Şekil 8a-f). Farklı büyüklükte embriyo ve süspansörler, hasarsız bir şekilde görünmektedir. Hatta ikiz embriyolu ve süspansörlü tohumlar da bu yöntemle rahatça tespit edilebilmektedir (Şekil 9a-f).



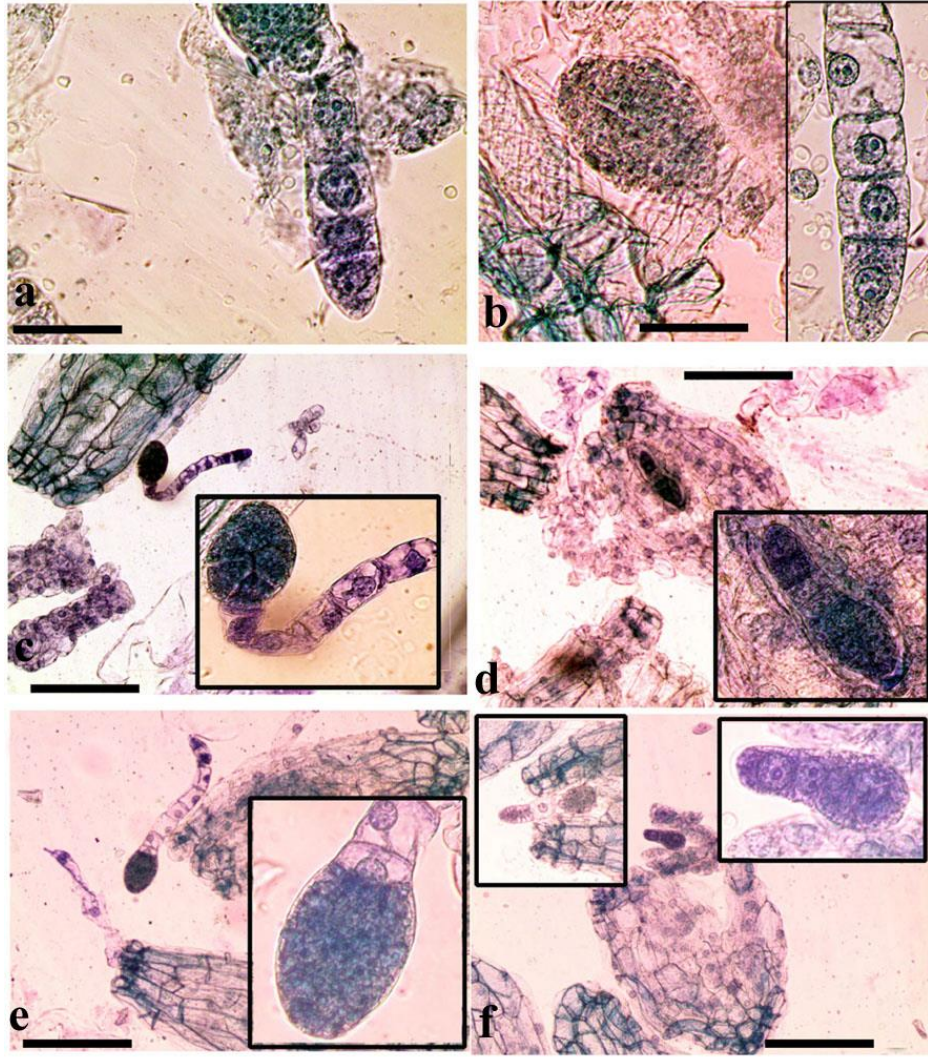
Şekil 6a. torpedo benzeri embriyo (ok), **b:** şekil a büyütülmüşü, **c:** embriyo ve süspansörü (torpido benzeri), **d:** “şekil c” büyütülmüşü, **e:** tohum içinden kısmen çıkmış bir embriyo (ok), **f:** embriyo ve tam süspansörü ile birlikte (süspansör uca doğru hücre boyutları ve yoğunlukları dikkat çekmektedir). **Ölçek:** **a:** 160 μ , **b,d-f:** 50 μ , **c:** 100 μ .

Burada verilen birçok örnekler ışığında kloralhidratlı 72 saatlik maserasyon süresinin orkide ovullerinde en iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Diğer yöntemde ise karışım halinde laktik asit, kloralhidrat, fenol, karanfil yağı ve ksilol kullanılmasına rağmen ve o denemede de 24-48-72 saatlik maserasyon testlerine rağmen en iyi sonuç, sadece kloralhidratlı denemede alınmıştır. Yapılan literatür taramalarında laktik asitin, fenolün, karanfil yağının ve ksilolün değişik bitkisel ve hayvansal maserasyon denemelerinde şeffaflaştırıcı etkilerinin olduğu tespit edilmiştir (Bybd ve ark., 1983; Blahnik ve ark., 2007; Khandelwal, 2008; Sawad ve Udah, 2012).



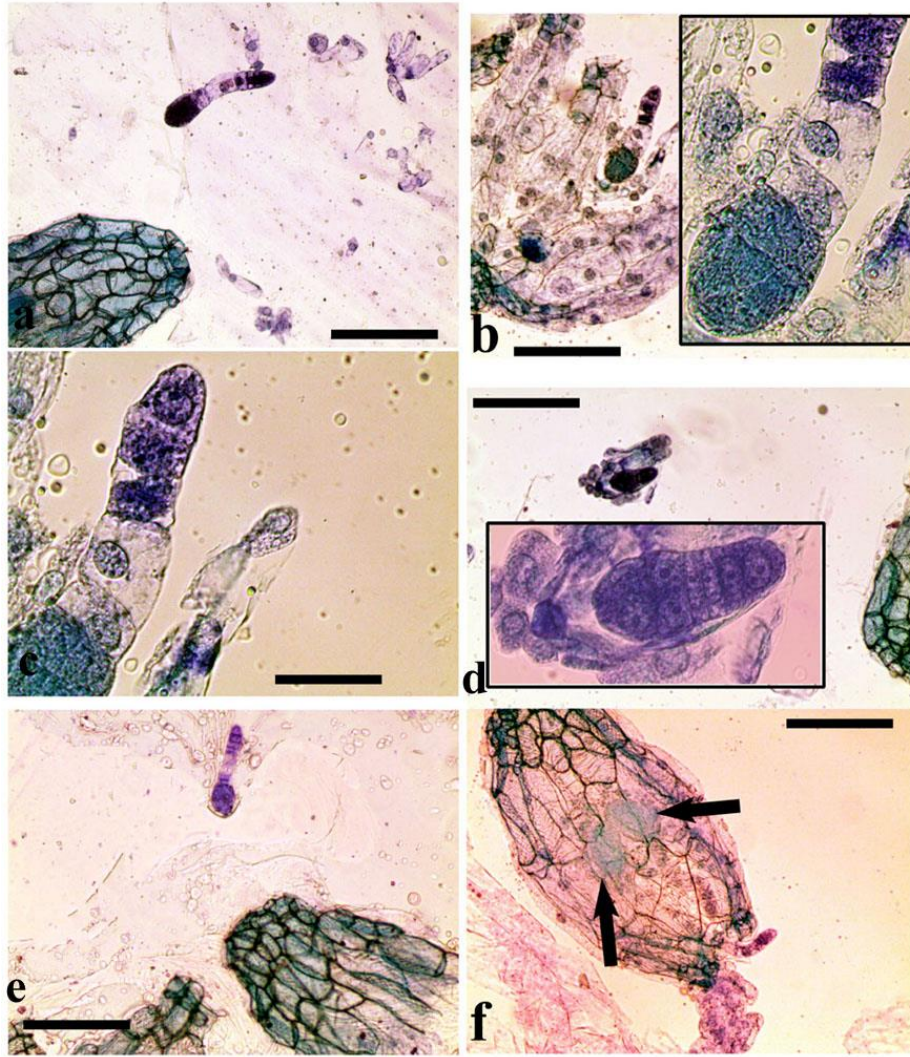
Şekil 7a. embriyo ve kısmi süspansörü ile birlikte, **b:** süspansörün orta kısmındaki iri ve vakuollü büyük hücresi, **c:** şekil b'nin devamında süspansör uç kısım hücreleri (daha sıkı dizilişli, yoğun sitoplazmalı ve küçük hücreler), **d:** 8 hücreli embriyo ve tam süspansörü ile birlikte, **e:** embriyo ve süspansörü (küçük büyütmede), **f:** şekil e'nin büyütülmüş halinde embriyo kısmı ve kısmen süspansörün baş kısımları görülmektedir. **Ölçek:** a-d,f: 50µ, e: 100µ.

Ayrıca her iki yöntem arasında geçişli denemeler de yapılmıştır. Örneğin; materyal toplandıktan sonra 24 saat %85 laktik asitte bekletme sonrası karışım sıvısına alınmış; fakat bu denemede verimli sonuç alınamamıştır. Yine kloralhidratta 48 saat bekletilen örnekler, sonrasında karışım sıvısına konulmuş; fakat olumlu sonuç alınamamıştır. Bir başka denemede karışım sıvısında 24 saat bekletme sonucunda bütün örneklerin dağıldığı ve hiçbir organın sağlam kalmadığı anlaşılmıştır. Kloralhidratta 24 saat bekletme sonucunda ve preperasyonda hafif bir ezme sonucunda hiçbir faydalı sonucun alınmadığı anlaşılmıştır. Bunun üzerine 48 saatlik kloralhidrat maserasyon testlerinde bastırma ile embriyo ve süspansörün çıktığı anlaşılmıştır.



Şekil 8a. şekil 7f'nin devamı, süspansörün uç kısmında yoğun sitoplazmalı küçük hücreler, **b:** embriyo ve süspansörünün uç kısmı, **c:** embriyo ve süspansörü (küçük resimde kısmen büyütülmüşü), **d:** embriyo ve süspansörü (küçük resimde büyütülmüş halde), **e:** embriyo ve süspansörü (küçük resimde embriyo kısmı büyütülmüş halde), **f:** embriyo ve süspansörü ile tam halde (diğer 2 küçük resimde büyütülmüş halde). **Ölçek: a-d:** 50µ, **e-f:** 100µ.

En iyi verimin ise kloralhidratta 72 saat bekletilen deneylerden elde edilmiştir. Bu denemelerde tohumların oldukça şeffaf olduğu ve hafif bir baskı ile embriyonun ve süspansörün sağlıklı bir şekilde mikropilar açıklıktan dışarı çıktığı gözlenmiştir. Böylece embriyo ve süspansör rahat bir şekilde incelenebilmektedir. Embriyonun proembriyo ve embriyo fazında kaç hücreli olduğu anlamak için mikrovida ile farklı odaklarda netleştirmek gerekmektedir. Ayrıca embriyonal gelişme çalışmaları yapılacaksa bir kereye mahsus histolojik gömme tekniğinin uygulanması gerekmektedir. Buradan embriyo boyutları, şekilleri ve hücre sayıları not edilerek bir skala oluşturulmalı ve maserasyondan sonra embriyo incelemeleri, bu skala ile karşılaştırılarak yapılması daha doğru olduğu düşünülmektedir.



Şekil 9a. embriyo süspansörü ile birlikte tam, **b:** ezilmiş tohum içinde embriyo ve süspansörü (embriyo ve kısmen süspansörün baş kısımları görülmekte), **c:** şekil b'deki süspansörün uç kısmında küçük ve yoğun hücreler, **d:** tohum içinde ezilmiş halde embriyo ve süspansörü (küçük resimde büyütülmüş), **e:** süspansörleri ile tam bir embriyo, **f:** tohum içinde ikiz embriyolar (oklu) ve süspansörleri (birinin süspansörü kısmen mikropilden dışarı çıkmış halde). **Ölçek: a-b,d-e:** 100 μ , **c,f:** 50 μ .

Yöntemin birçok yanal faydası da bulunmaktadır: Örneğin; karpel-plasenta bağlantıları, plasenta-ovul bağlantıları, funikulus ve ovul bağlantıları Şekil 1'de gösterilmiştir. Süspansör ve funikulus bağlantıları Şekil 3'de gösterilmiştir. Megasporosist veya Arkeospopal hücrenin gelişim evreleri Şekil 1 ve 2'de gösterilmiştir. Bu noktada emin olmak için histolojik gömme teknikleri kullanımının oldukça faydası olacağı düşünülmektedir. Zira maserasyon yönteminde nükleus ve sitoplazma içeriği kısmen bulanık görünmektedir. Birkaç preperasyondan sonra araştırmacının uzmanlığı daha da gelişeceğinden sonraki çalışmalarda histolojiye girmeden doğrudan maserasyonla embriyonal gelişim tespit edilebilecektir. Ayrıca yöntemin ovul gelişiminde de faydası bulunmaktadır. Zira Lumaga ve ark. (2020) orkidelerde antetik ovul gelişimini ve integument yapılarının önemini vurgulamışlardır. Dolayısıyla Şekil 2b-d'de gösterildiği gibi ovul yapısı ve integument gelişim aşamaları bu maserasyon yöntemi ile hiç gömme tekniğine gerek kalmadan pratik bir şekilde tespit edilebilecektir. İlaveten

süspansör ve embriyo yapıları (tek veya ikiz embriyolu tohumlarda) ayrıntılı olarak Şekil 3-9'da bol fotoğraflı örneklerle gösterilmiştir.

Bu yöntemle ayrıca embriyonun süspansörü ile birlikte total şekil olarak izlenmesi de mümkündür. Çünkü Şekil 5 ve 6'da süspansörün torpido benzeri bir yapıda olduğu görülmüştür. İlaveten embriyonun etrafındaki kılıfın kutikular olup olmaması (histokimyasal incelemeler açısından) önemlidir. Kısmen histokimyasal sonuçlar bu yöntemle de elde edilmektedir.

Sonuç olarak; detaylı ve birçok fotoğraflı örneklerin yukarıda gösterilmesi (Şekil 1-9) ile bu basit maserasyon yönteminin 1) funikulus-plasenta-karpel bağlantıları, 2) megasporosist / arkeosporal hücre, 3) süspansör ve 4) embriyo incelemelerinde gayet iyi sonuçlar verdiği anlaşılmıştır. Elbette eksik yönleri vardır; bunun için bu yöntemin başlangıç aşamasında histolojik gömme teknikleri ile birlikte yürütülmesi çok daha verimli sonuçların alınmasını sağlayacaktır. Sonrasında araştırmacı zamanla tecrübe kazanacak ve yukarıda belirtildiği gibi 4 farklı alanda sadece bu yöntemle hızlıca birçok taksona bağlı örnekleri tarama yapması mümkün olacaktır. Dolayısıyla yöntemin orkide embriyolojisi, anatomisi ve histolojisine katkıda bulunacağına inanılmaktadır.

Sonuçlar

Çalışmada *Ophrys mammosa* Desf. subsp *mammosa* pistil ve tohumlarında 2 farklı maserasyon yöntemi uygulanmış ve buna göre sadece kloralhidratlı 72 saat inkubasyon süresinin en verimli sonuçları verdiği anlaşılmıştır. Süre sonunda yapılan preparatlardan embriyo ve süspansör yapıları net bir şekilde ayırt edilmiş ayrıca funikulus yapıları, ovul gelişim şekli de tespit edilmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarın kendi araştırması olup, herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarın kendi tek başına çalışmasıdır.

Kaynaklar

Akçin TA., Özdener Y., Akçin A. Taxonomic value of seed characters in Orchids from Turkey. Belgian Journal of Botany 2009; 142(2): 124-139.

Arditti J., Michaud JD., Healey PL. Morphometry of orchid seeds: I. *Paphiopedilum* and native California and related species of *Cypripedium*. American Journal of Botany 1979; 66: 1128-1137.

Arditti J., Michaud JD., Healey PL. Morphometry of orchid seeds: II. Native California and related species of *Calypso*, *Cephalanthera*, *Corallorhiza* and *Epipactis*. American Journal of Botany 1980; 67: 347-360.

- Arditti J., Ghani AKA. Numerical and physical properties of orchid seeds and their biological implications. Tansley Review No. 110. The New Phytologist 2000; 145(3): 367 – 421.
- Attri LK., Bhanwra RK., Nayyar H. Pollination induced embryology studies in *Aerides multiflora* (ROXB.). International Journal of Botanical Studies 2020; 5(4): 211–215.
- Aybeke M. The pollen and seed morphology of some *Ophrys* L. (Orchidaceae) Taxa. Journal of Plant Biology 2007; 50(4): 387-395.
- Aybeke M. Anther wall and pollen development in *Ophrys mammosa* L (Orchidaceae). Plant Systematic and Evolution 2012; 298(6): 1015-1023.
- Aybeke M. Simple embryo isolation techniques from *Ophrys* (Orchidaceae) seeds. Greener Journal of Agricultural Sciences 2013a; 3(6): 448-450.
- Aybeke M. Embryo and protoplast isolation from *Barlia robertiana* seeds (Orchidaceae). American Journal of Plant Sciences 2013b; 4: 1-8.
- Aybeke M. Morphological and histochemical investigations on *Himantoglossum robertianum* (Loisel.) P. Delforge (Orchidaceae) seeds. Plant Systematic and Evolution 2014; 300: 91–97.
- Barthlott W. Morphologie der samen von orchideen in hinblick auf taxonomische und funktionelle aspekte. In: Senghas K. (ed). Proceedings of the 8th world orchid conference. Frankfurt, Hamburg: Parey; 1976; 444-445.
- Bektaş E., Cüce M., Sökmen A. In vitro germination, protocorm formation, and plantlet development of *Orchis coriophora* (Orchidaceae), a naturally growing orchid species in Turkey. Turkish Journal of Botany 2013; 32(2): Article: 10.
- Blahnik RJ., Holzenthal RW., Prather A. The lactic acid method for clearing *Trichoptera genitalia*. In: Bueno-Soria J., Barba-Álvarez R. ve Armitage B. (eds.) Proceedings of the XIIth International symposium on Trichoptera, June 18-22. NY: The Caddis Press, 2006; 9-14.
- Bolleddu R., Narasimhaji CV., Venkatesh S. et al. Establishment of quality parameters for fruits of *Crotalaria pallida* Aiton. through microscopy and phytochemical studies. Vegetos 2022; 35: 622–632.
- Bybd DW., Kirkpatrick JR., Barker KR. An improved technique for clearing and staining plant tissues for detection of nematodes. Journal of Nematology 1983; 15(1): 142-143.
- Chase MW., Phippen JS. Seed morphology in the Oncidiinae and related Subtribes (Orchidaceae). Systematic Botany 1988; 13: 313-323.
- Clifford HT., Smith WK. Seed morphology and classification in the Orchidaceae. Phytomorphology 1969; 19: 133-139.
- Cozzolino S., Widmer A. Orchid diversity: an evolutionary consequence of deception? Trends in Ecology ve Evolution 2005; 20: 487-494.
- Çığ A., Demirer Durak E., İşler, S. In vitro symbiotic germination potentials of some *Anacamptis*, *Dactylorhiza*, *Orchis* and *Ophrys* terrestrial orchid species. Applied Ecology and Environmental Research 2018; 16(4): 5141-5155.

- Güler N., Deniz İG. Orchidaceae. Türkiye bitkileri listesi (Damarlı Bitkiler). 1.baskı. İstanbul: Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Basımı; 2012.
- Hongxia L., Yibo L., Hong L. Studies of mycorrhizal fungi of chinese orchids and their role in orchid conservation in China-A review. *Botanical Review* 2010; 76: 241–262.
- Kauth PJ., Dutra D., Johnson TR., Stewart SL., Kane ME., Vendrame W. Techniques and applications of in vitro orchid seed germination. *Floriculture, Ornamental and Plant Biotechnology. Volume V. USA: Global Science Books; 2008.*
- Kendon JP., Rajaovelona L., Sandford H., Fang R., Jake B., Viswambharan S. Collecting near mature and immature orchid seeds for ex situ conservation: ‘in vitro collecting’ as a case study. *Botanical Studies* 2017; 58: 34.
- Khandelwal KR. Practical pharmacognosy, techniques and experiments. India: Nirali Prakashan publisher; 2008.
- Leake JR. Plants parasitic on fungi: unearthing the fungi in myco-heterotrophs and debunking the ‘saprophytic’ plant myth. *Mycologist* 2005; 19: 113-122.
- Lumaga MRB., Giovanni S., Cozzolino S. The effect of seasonality on developmental stages of anthetic ovule integuments in Mediterranean orchids. *Protoplasma*, 2020; 257: 613–618.
- O'Brien TP., Feder N., McCully ME. Polychromatic staining of plant cell walls by Toluidine Blue O. *Protoplasma* 1964; 59: 368–373.
- Peterson R., Larry YU., Zelmer C. Fungal symbioses with orchid protocorms. *Symbiosis* 1998; 25: 29-55.
- Rasmussen HN. Terrestrial orchids, from seed to mycotrophic plant. New York: Cambridge Univ. Press; 1995.
- Sawad AA., Udah AD. Morphological and histopathological study of air sacs (Sacci pneumatic) in japanese quail (*Coturnix japonica*). *Mirror of Research in Veterinary Sciences and Animals* 2012; 1(1): 50-56.
- Sharma M., Vij SP. Embryological studies in Orchidaceae IV: *Habenaria* Willd. *Phytomorphology* 1987; 37(4): 327–335.
- Sood SK., Sham N. Gametophytes, embryogeny and pericarp of *Rhynchosstylis retusa* Blume (Epidendreae, Orchidaceae). *Phytomorphology* 1987; 37(4): 307–316.
- Süngü-Şeker Ş., Akbulut MK., Şenel G. Seed morphometry and ultrastructure studies on some Turkish orchids (Orchidaceae). *Microscopy Research Technique* 2021; 84: 2409–2420.
- Vinogradova TN., Andronova EV. Development. In: Kull T., Arditti J. (Eds) *Orchid Biology: Reviews and Perspectives, VIII*. Dordrecht: Springer 2002.
- Yeung EC. A perspective on orchid seed and protocorm development. *Botanical Studies* 2017; 58, Article number: 33.
- Yeung EC. The orchid embryo “an embryonic protocorm”. *Botany* 2022; 100: 691–706.

- Yuan-Yuan L., Xiao-Mei C., Shun-Xing G., Yung IL. Embryology of two mycoheterotrophic orchid species, *Gastrodia elata* and *Gastrodia nantoensis*: ovule and embryo development. *Botanical Studies* 2016; 57: 18.
- Yung IL., Yeung EC., Lee N., Chung MC. Embryo development in the Lady's Slipper Orchid, *Paphiopedilum delenatii*, with emphasis on the ultrastructure of the suspensor. *Annals of Botany* 2006; 98: 1311–1319.
- Yung IL., Yeung EC., Lee N., Chung MC. Embryology of *Phalaenopsis amabilis* var. *formosa*: embryo development. *Botanical Studies* 2008; 49: 139-146.

Hidrotermal Yöntemle Üretilen Bor Takviyeli TiO₂'nin Antibakteriyel ve Fotokatalitik Aktivitesi

Saniye TEKEREK^{1*}, Ayça TANRIVERDİ², Esen ÇAKMAK³

^{1,2} Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Mühendisliği Anabilimdalı, 46080, Kahramanmaraş

³ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomühendislik Anabilimdalı, 46080, Kahramanmaraş

¹ <https://orcid.org/0000-0003-3326-358X>

² <https://orcid.org/0000-0002-0658-8576>

³ <https://orcid.org/0000-0001-8805-3315>

*Sorumlu yazar: saniye1580@gmail.com

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 18.01.2023

Kabul tarihi: 14.05.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Titanyum dioksit

BorBor

Nanoçubuk

Fotokatalitik aktivite

Antibakteriyel aktivite

ÖZ

Bu çalışmada, borbor takviye miktarlarının titanyum dioksit (TiO₂)TiO₂ yapı üzerindeki etkileri araştırılarak fotokatalitik ve antibakteriyel özellikleri incelenmiştir. BorBor takviyeli TiO₂ nanopartikülleri hidrotermal yöntem kullanılarak üretilmiştir. Yapısal karakterizasyonu, X-ışını kırınım spektroskopisi ile yapılmıştır. Taramalı elektron mikroskopu kullanılarak morfolojik karakterizasyonu elde edilmiştir. Bununla birlikte, mevcut çalışmada sentezlenen TiO₂'in antibakteriyel ve fotokatalitik aktiviteleri incelenmiştir. Antimikrobiyal uygulamada, TiO₂ nanopartiküllerinin *Escherichia coli* O157:H7 ATCC 35130, *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Salmonella enterica* NCTC 13 gibi çeşitli referans patojen mikroorganizmalara suşlara karşı antibakteriyel aktivite gösterdiği tespit edilmiştir. En fazla inhibitör etki ise önemli bir gıda patojeni olan *E. coli* O157:H7 bakterisinde görülmüştür. Takviyesiz ve borbor takviyeli TiO₂ nanopartiküllerinin fotokatalitik incelemeleri UV-C ışınma altında kristal viyole (CV) katyonik boyası kullanılarak yapılmıştır. Kristal viyole boyasının TiO₂ tarafından bozunma oranı %54,43 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar umut verici olup takviyesiz ve borbor takviyeli TiO₂ nanopartiküllerinin fotobozunma aktivitesinin yanı sıra biyolojik uygulamalardaki mekanizmalarını tam olarak karakterize edebilmek ve potansiyellerini daha iyi anlamak adına daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

Antibacterial and Photocatalytic Activity of Boron-Reinforced TiO₂ Produced by Hydrothermal Method

Research Article

Article History:

Received: 18.01.2023

Accepted: 14.05.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Titanium dioxide

BorBoron

Nanorod

Photocatalytic activity

Antibacterial activity

ABSTRACT

In this study, the effects of borboron supplementation on titanium dioxide (TiO₂) structure were investigated and its photocatalytic and antibacterial properties were investigated. BorBoron-reinforced TiO₂ nanoparticles were produced using the hydrothermal method. Structural characterization was done by X-ray diffraction spectroscopy. Morphological characterization was obtained using scanning electron microscopy. However, the antibacterial and photocatalytic activities of the synthesized TiO₂ were investigated in the current study. In antimicrobial application, it has been determined that TiO₂ nanoparticles show antibacterial activity against various reference pathogenic microorganisms strains such as *Escherichia coli* O157:H7 ATCC 35130, *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Salmonella enterica*

NCTC 13Escherichia coli O157:H7, Staphylococcus aureus, Salmonella enterica. The most inhibitory effects were found in the bacteria *E.coli O157:H7*, an important food pathogen. Photocatalytic investigations of the obtained non-reinforced and borboron-doped TiO₂ nanoparticles were carried out using crystal violet cationic dye under UV-C irradiation. The degradation rate of the crystal violet dye by TiO₂ was calculated as 54.43%. The obtained results are promising, and further studies are needed to fully characterize the mechanisms of undoped and borboron-doped TiO₂ nanoparticles in biological applications and to better understand their potential as well as photodegradation activity.

To cite: Tekerek S., Tanrıverdi A., Çakmak E. Hidrotermal Yöntemle Üretilen Bor Takviyeli TiO₂'nin Antibakteriyel ve Fotokatalitik Aktivitesi.. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(Ek Sayı): 72-85.

Giriş

Metal oksit yarı iletkenler arasında titanyum dioksit (TiO₂), hem asidik hem de bazik koşullar altında sulu çözeltilerde kolayca sentezlenebilen, geri dönüştürülebilir ve kararlı bir yapıya sahip olmasından dolayı çok ilgi gören bir malzemedir (Chowdhury ve ark., 2012). TiO₂ nanoyapıları, özellikle nanoçubuklar, nanoçiçekler ve nanoteller gibi tek boyutlu yapılar, iyi tanımlanmış kristal yapıları ve benzersiz optik özellikleri nedeniyle mükemmel elektron taşıma özellikleri sergiledikleri için çeşitli alanlarda yaygın bir şekilde tercih edilirler. Günümüzde titanyum dioksit (TiO₂), olağanüstü kararlılığı, fiziksel ve kimyasal özellikleri, kolay erişilebilirliği ve düşük maliyeti nedeniyle geniş bir uygulama yelpazesinde (örneğin; pigmentler, kaplama, güneş kremi ve boya) kullanılmaktadır (Haider ve ark., 2017; Popov ve ark., 2005; van Driel ve ark., 2016). TiO₂ tabanlı cihazların performansı genellikle TiO₂ boyutlarına bağlıdır. TiO₂ içeren malzemeler ayrıca yüksek bir yüzey alanına sahiptir, bu nedenle cihazlar ve etkileşimli ortamlar arasındaki yüzey reaksiyon hızlarını artırma yeteneğine sahip olduğu vurgulanmıştır (Valden ve ark., 1998).

Son zamanlarda metal oksit nanomalzemeleri biyomedikal uygulamalarda da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Ilyas ve ark., 2021). Nanomalzemelerin Bbirçok patojen mikroorganizma üzerinde antimikrobiyal özellik sergilemesi ve biyoyoumluluk gibi avantajları bu malzemeleri cazip hale getirmiştir. Nanopartiküllerin hücre ile teması sonucu oluşan elektrostatik etkileşim mikroorganizmaların hücre zarında bulunan lipid tabakayı parçalamakta ve hücre ölümüne neden olmaktadır. Bu mikrobisid etki nanopartiküllerin bir antimikrobiyal ajan olarak kullanımına olanak sağlamaktadır (Anbumani ve ark., 2022). Özellikle günümüzde aşırı antibiyotik kullanımına bağlı olarak mikroorganizmalar çoklu direnç sergilemektedir. Nanomalzemelerin bu mikrobisid etkisi düşünüldüğünde biyomedikal alanlarda antibiyotiklere uygun bir alternatif olarak kullanılabilme potansiyeli ortaya çıkmıştır. Mevcut çalışmalar incelendiğinde, TiO₂ nanomalzemelerin antimikrobiyal, antibakteriyel, antikanser ve antioksidan gibi birçok biyolojik uygulamada etkili bir madde olduğu belirtilmiştir (Aravind ve ark., 2023; Ali ve ark., 2022; Elmehbad ve ark., 2022; Rajeswari ve ark., 2021). Ancak borbor takviyeli sentezlenen TiO₂ nanopartikülü ile ilgili biyolojik bir uygulamaya rastlanmamıştır.

Çevresel sorunlara neden olan ana problemlerden biri tekstil, boya, mürekkep, plastik, ilaç ve kozmetik sektörlerinde kullanılan boyar maddelerdir (Tanaka ve ark., 2000). Dünya’da üretilen boyaların yaklaşık %1-20 arası boyama işlemleri sırasında işlenememekte ve çevreye tekstil atık suyu olarak verilmektedir (Houas ve ark., 2001). Geleneksel yöntemler toksik kimyasallar içerdiğinden, çevreye zararlı toksik ara ürünler üretmektedir. Bu ara ürünlerin toksik olmayan bileşiklere dönüştürülmesi karmaşık ve zor olduğundan, farklı yöntemlerin araştırılması gerekmektedir. Son yıllarda metal oksit nanomalzemeler fotokatalitik uygulamalarda da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Giang ve ark., 2023). Vaidehi ve arkadaşları, *Solanum lycopersicum* yapraklarından elde edilen özütle CuO nanopartikülleri sentezlemişler ve fotokatalitik aktivitesini, görünür ışık altında kristal viyole (CV) boyası için incelemişlerdir. Sentezlenen nano parçacıklar zamana bağlı olarak, kristal viyole boyasına karşı yaklaşık olarak %97 oranında boyanın degradasyonunu sağladığını kaydetmişlerdir (Vaidehi ve ark., 2018). Fotokatalitik, ışık absorbe ederek yarı iletken nano parçacıklar ile gerçekleşen reaksiyonlar sayesinde organik kirleticileri uzaklaştırmak amacıyla kullanılması ilkesine dayandığı için sudaki ve havadaki organik kirlilikleri temizleyebileceği düşünülmektedir.

Bu çalışma hidrotermal yöntem kullanılarak borbor takviyeli sentezlenen TiO_2 ’in fotokatalitik ve antibakteriyel etkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Mevcut araştırmalar incelendiğinde borbor takviyeli TiO_2 ile ilgili kısıtlı çalışmalar yer almaktadır. Literatürde genellikle katkılı TiO_2 ile ilgili çalışmalar mevcutken borbor takviyeli fotokatalitik ve/veya antibakteriyel aktivitesi üzerine bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada borbor yüksek oranlarda TiO_2 ’e takviye yapılarak fotokatalitik ve antibakteriyel aktiviteleri incelenmiştir.

Materyal ve Metot

Materyal

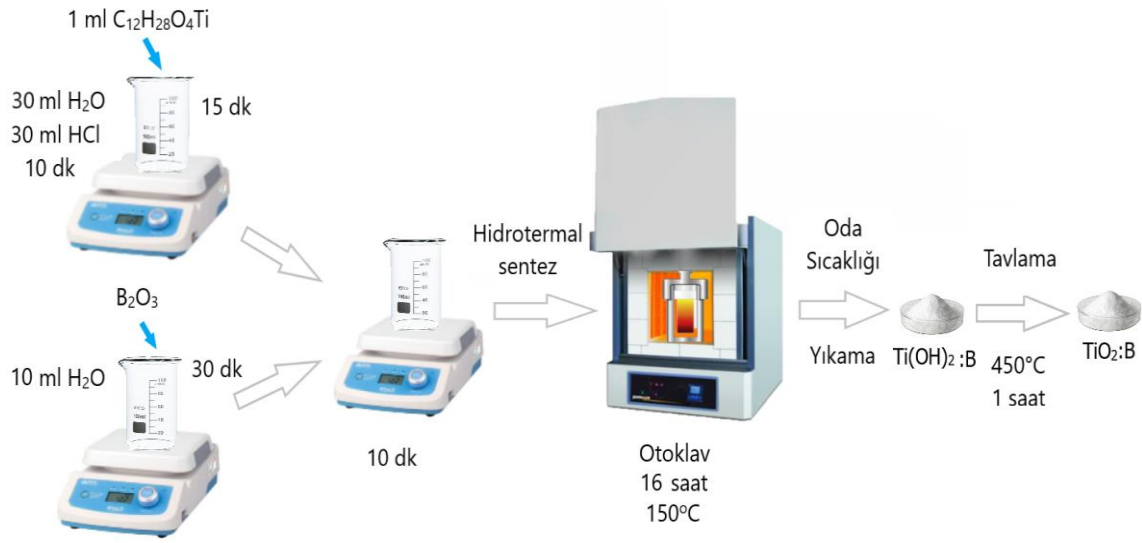
Çalışmada hidroklorik asit (HCl, %37, Sigma-Aldrich), borborik asit (H_3BO_3 , for analysis, Merck), Titanyum (IV) izopropoksit ($C_{12}H_{28}O_4Ti$, sentez için, Sigma-Aldrich), kristal viyole ($C_{25}H_{30}ClN_3$) kimyasalları kullanılmıştır. Antibakteriyel test için ise *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048, *Enterococcus durans*, *Salmonella infantis*, *Escherichia coli* O157:H7 ATCC 35130, *Salmonella enterica* subsp. *enterica* NCTC 13 ve *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 mikroorganizmaları kullanılmıştır. Test mikroorganizmaları Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Tıbbi Laboratuvar Teknikleri Programı Laboratuvarının kültür koleksiyonundan temin edilmiştir.

Metot

Takviyesiz ve B bor takviyeli TiO_2 nanoçubukların sentezi

TiO_2 nanopartikül sentezleme yöntemleri arasında, hidrotermal yöntem, düşük sıcaklıkta, farklı parçacık boyutları ve morfolojileri elde etme esnekliği sunduğu için tercih edilen bir yöntemdir. Bu

nedenle borbor takviyeli TiO_2 nanopartiküller, hidrotermal yöntem kullanılarak üretilmiştir. Tüm kimyasallar ticari olarak satın alınmış ve kullanılmıştır. İlk aşama da takviyesiz TiO_2 elde etmek için; 30 ml deiyonize (DI) su, 30 ml hidroklorik asit (HCl) ile 10 dk süreyle karıştırılmıştır. Daha sonra 1 ml titanyum (IV) izopropoksit ($C_{12}H_{28}O_4Ti$) solüsyona damla damla ilave edilmiş ve 15 dk daha karıştırılmıştır. Ardından çözelti, bir teflon malzeme içerisine konularak otoklav içine yerleştirilmiştir. Hidrotermal reaksiyon, $150^{\circ}C$ ' de 16 saat boyunca ayarlanabilen elektrikli kül fırında yapılmıştır. Çelikten yapılmış otoklav reaksiyon bittikten sonra oda sıcaklığına soğutulmuştur. Oluşan tozlar birkaç kez saf su ile durulanmış ve oda sıcaklığında kurutulmaya bırakılmıştır. Takviyesiz TiO_2 ve ağırlıkça %5, %15, %25 ve %35 borbor takviyeli TiO_2 aynı prosedür kullanılarak üretilmiştir. İkinci aşamada 10 ml H_2O içerisinde ağırlıkça %5, %15, %25 ve %35 oranlarında H_3BO_3 (borborik asit) 30 dk boyunca manyetik karıştırıcıda homojen bir çözelti elde edilene kadar karıştırılmıştır. İlk aşamada elde edilen çözelti ile ikinci aşamada elde edilen iki çözelti oda sıcaklığında 10 dk boyunca karıştırılarak $TiO_2:B$ B takviyeli çözelti elde edilmiştir. $TiO_2:B$ B nanopartikül malzeme sentez aşamaları ve deney düzeneğinin şeması verilmiştir (Şekil 1). Üretilen takviyesiz ve bor takviyeli TiO_2 nanopartiküllerin karakterizasyonu, X-ışını kırınım spektroskopisi (XRD) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. $TiO_2:B$ B nanopartikül malzeme sentez aşamaları

Antibakteriyel aktivite tayini

Çalışmada hazırlanan nanopartiküllerin test mikroorganizmaları üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla Disk difüzyon yöntemi kullanılmıştır (Boyle ve ark., 1973). Mikroorganizmalar Muller Hinton Broth (MHB) besiyerinde $37^{\circ}C$ 24 saat inkübe edilerek aktifleştirilmiştir. Kültürlerin mikroorganizma yoğunluğu 0,5 McFarland bulanıklığına göre ayarlanmıştır. Antibakteriyel aktivite ölçümünde Muller Hinton Agar (MHA) besiyeri kullanılmıştır. Her bir kültürlerden 100 μL alınarak MHA besiyerlerine ekimleri yapılmıştır. Ardından 6 mm çapındaki steril diskler (Bioanalyse) besiyerine belirli aralıklarla yerleştirilmiş ve hazırlanan nanopartiküllerin (TiO_2 , $TiO_2:5B$, $TiO_2:15B$, $TiO_2:35B$) konsantrasyonları (10 mg/mL) ayarlanarak 20 μL olarak disklere emdirilmiştir. Negatif

kontrol olarak MHB, pozitif kontrol olarak ise gentamisin (Bioanalyse, 30 mcg) kullanılmıştır. Ardından petri ler 37°C’de 18-24 saat inkübasyona bırakılmış ve süre sonunda oluşan inhibisyon zonları ölçülmüştür. Deneyler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Fotokatalitik aktivite

Farklı numunelerin (TiO₂, TiO₂:5B, TiO₂:15B, TiO₂:35B) fotokatalitik aktivitesi, UV-C (ultra viole) ışınması altında CV çözeltilisinin bozunmasıyla belirlenmiştir. Fotokatalitik bozunma deneyi için 200 ppm derişimli CV katyonik boyar çözeltisi hazırlanmıştır. Elde edilen solüsyona 0,05 g TiO₂ numunesi eklenerek nanopartikül katkısı gerçekleştirilmiştir. Süspansiyon, aydınlatmadan önce kirletici maddelerin adsorpsiyon dengesini elde etmek için karanlıkta 1 saat steril kabinde karıştırılmıştır. 15’er dakika zaman aralığında 2,5 mL süspansiyon pipet yardımıyla alınarak, UV-vis spektrofotometre kullanılarak analiz edilmiştir.

Hız sabiti, adsorpsiyon periyodundan ve çözeltide kalan CV konsantrasyonundan bağımsız olarak bir fotokatalitik aktivitenin belirlenmesini sağladığından Denklem 1 kullanılmıştır.

$$\ln \left(\frac{C_t}{C_0} \right) = -k \cdot t \quad (1)$$

$$\text{Bozunma Verimi (\%)} = \left(\frac{C_0 - C_t}{C_0} \right) \times 100 \quad (2)$$

Denklemlerdeki; C₀ ışınlamadan hemen önceki ilk konsantrasyonu, C_t, ilgili ışınlama zamanındaki konsantrasyonunu, k kinetik hız sabiti ve t ışınlama süresini ifade etmektedir.

TiO₂ fotokatalitik aktivitesi, organik kirlilik olarak kristal viyole (CV) boyasının UV-C ışık altında 15 dk arayla 135 dk sonunda bozunması incelenerek saptanmıştır. Kristal viyole çözeltilisinin fotokatalitik aktivite sonucu bozunması kinetik olarak incelenip, fotokatalitik aktivite oranları hesaplanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

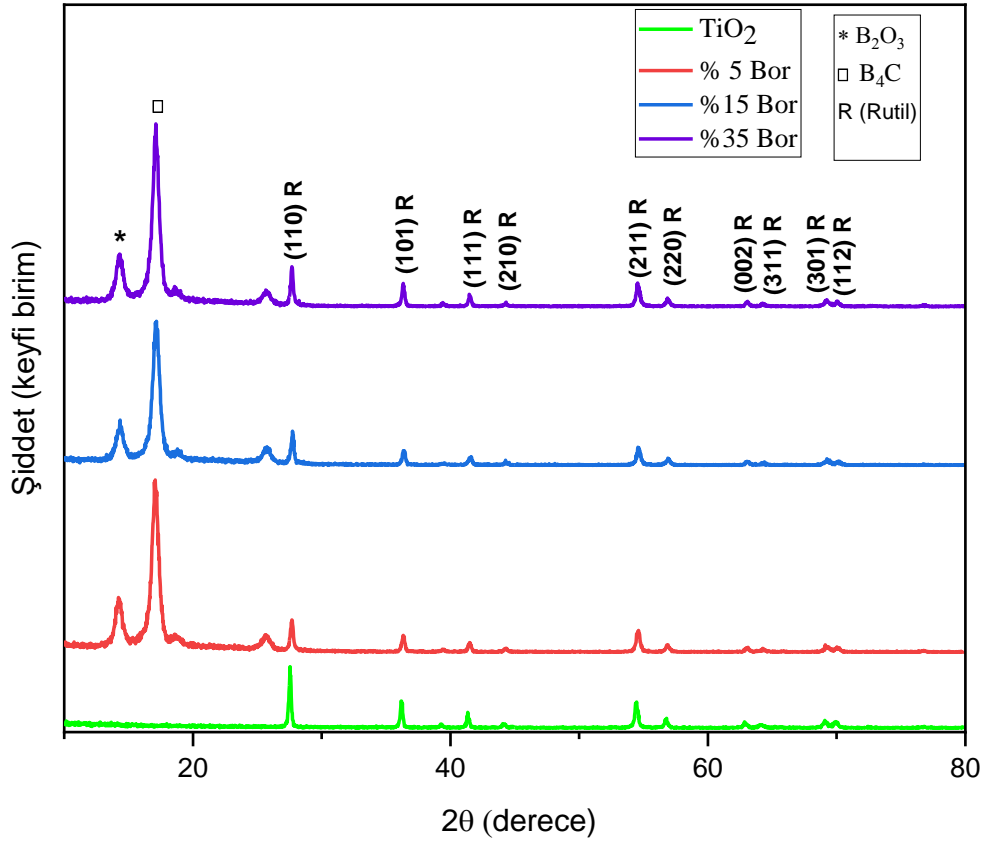
Üretilen malzemelerin yapısal karakterizasyonu, (Philips X’Pert PRO, Cu K α radyasyonu, dalga boyu 1.54Å, 2 θ , 20° ile 80°) ile X-ışını kırınım spektroskopisi (XRD) kullanılarak belirlenmiştir. Takviyesiz ve bor takviyeli TiO₂ nano parçacıkların yüzeysel özellikleri. Morfolojik karakterizasyon, alan emisyonlu taramalı elektron mikroskobu (SEM) (Zeiss EVO 10LS) kullanılarak elde edilmiştir.

Takviyesiz ve B bor takviyeli TiO₂ nanopartiküllerin X-ışını kırınım desenlerinden yararlanarak kristal yapıları incelenmiştir. B Bor takviyeli TiO₂ nanoçubukların kristalografik yapıları, XRD ile analiz edilmiştir (Şekil 2). Tüm kırınım çizgileri, numuneler için yüksek bir kristallik gösterir. Ayrıca, kırınım çizgilerinin tepe konumları ve pik yoğunlukları, rutil TiO₂ fazı için standart kırınım verileriyle uyum sağlar. Şekil 1’deki üst kırınım modeli için 2 θ ’nın 27,68°; 36,33°; 41,46°; 44,33°; 54,53°;

56,86°; 63,08°; 64,41°; 69,26° ve 70,11° değerlerinde gözlemlenen tepe noktaları XRD modelleri, tetragonal fazlı rutil TiO₂ (JCPDS, no. 21-1276) için standart XRD verileriyle tutarlı ve literatür ile uyum içerisindedir (Wang ve ark., 2015; Xu ve ark., 2009). TiO₂ nanoçubuklarının (110) kristal oryantasyonuna karşılık gelen pik yüksek kristallliği gösterir. B Bor takviye maddesinin kafes içine yerleştirilmesi, takviyeleme işleminden önce ve sonra aynı kaldığı için kristal oryantasyonun da bir değişime sebep olmadığı görülmektedir. Kırınım piklerinde tüm tepe noktalarının yoğunluklarında herhangi bir değişiklik gözlenmezken takviye ile yarı pik genişliklerinde bir değişimin söz konusu olduğu görülmüştür. Takviyeli nanopartiküller de genişleyen tepe noktaları gösterirken, rutil TiO₂ tozlar daha keskin pikler vermiştir. Takviyesiz TiO₂ ile %5 B bor takviyeli nanopartiküllerin, X-ışını kırınım spektrumları incelendiğinde (101) ve (211) yönelimlerinde TiO₂ nanoçubukların polikristal yapıda oluştuğu görülmüştür. Takviyesiz TiO₂ ile B bor takviyeli nanoçubuklar da rutil faza ait karakteristik pikler aynen bulunmaktadır. Bu çalışmada, takviye yüzdesi arttıkça kristal boyutunun artması nedeniyle B bor atomunun O atomuyla yer değiştirdiği sonucuna varılabilir. B Bor takviyeli TiO₂ rutil faz zirvelerinin keskinliği, atomların yeniden düzenlenmesinden ve oksijen alanının borbor tarafından işgal edilmesinden kaynaklandığı düşünülebilir (Tu ve ark., 2012; Zheng ve ark., 2011). Aslında borbor atomları TiO₂ kafesindeki oksijen atomlarının yerini alabilir ve B'nin p orbitali O 2p orbitalleri ile karışır, bu da bant aralığının daralmasına neden olur ve sonuç olarak optik tepkiyi görünür aralığa kaydırır (Zhao ve ark., 2004). Bu durumda, kristal yapı değişmemekle birlikte %5 B bor takviyeli TiO₂ örneklerine ait piklerin yapısı TiO₂'lere kıyasla değiştiği görülmektedir. Bunun nedeni, anyonların kristal bünyesine girmelerinin yapıda düzensizlik meydana getirmesi, kusurlu bölgelerin ve boşlukların oluşmasıdır. Diğer bir neden de B bor takviyeli TiO₂'lerde kristallerin küçülmüş olmasıdır.

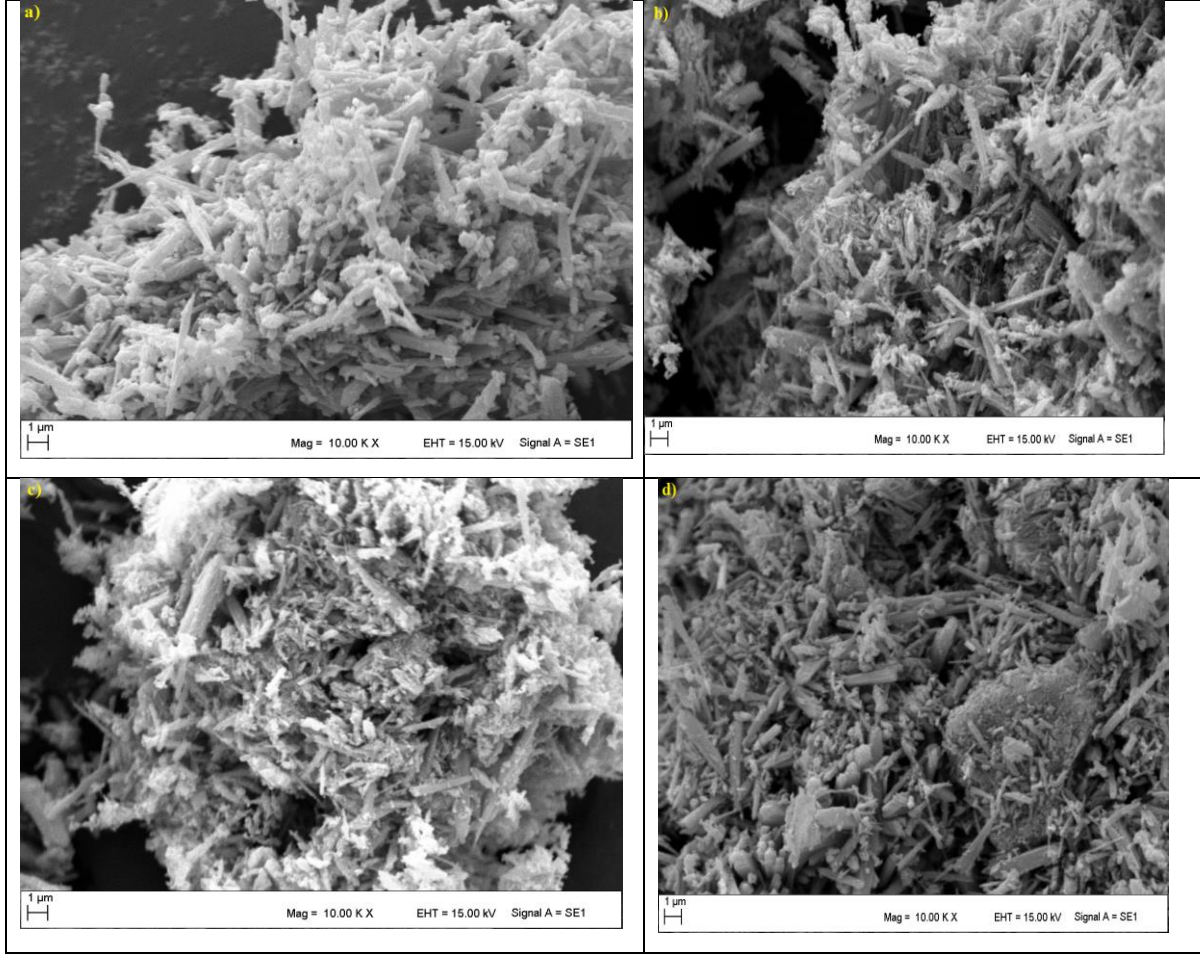
BorBor takviyeli numunelere ait çizilen XRD grafiğine ait piklerin kristal dizilimleri analiz edildiğinde, borborik asidin (B(OH)₃) kristal oluşumu gözlenir (Şekil 2). B(OH)₃'ün oluşumu aslında numune içerisinde hidratlı B₂O₃'ün varlığını temsil eder. Bunun nedeni, B₂O₃'ün su buharı ile reaksiyona girerek numunede B(OH)₃ oluşturmasıdır (Hashim ve ark., 2019; Liu ve ark., 2015). SEM görüntüleri ve XRD pik analizlerinden borbor takviyeli TiO₂ malzemeler de iki farklı borbor yapısına rastlanmıştır. Bunlardan birisi B₂O₃ diğeri ise B₄C yapısıdır. BorBorik asit yüksek sıcaklığın etkisiyle borborik asidin dehidrasyonu ile kristal hegzagonal borbor oksit yapıya dönüş yapmış, titanyum (IV) izopropoksit (C₁₂H₂₈O₄Ti) yapısındaki karbon (C) ile borborik asit içerisindeki borbor atomu ile etkileşime girmesi sonucu da borbor karbür (B₄C) yapısı meydana gelmiştir. B(OH)₃ açılırları ile ICDD tarafından oluşturulan JCPDS standartlarına göre (21-1272 JCPDS) uyumluluk göstermektedir. Şekil 2' de verilen XRD piklerinde borbora ait B(OH)₃ ve B₄C'ye karşılık gelen başlıca iki ana tepe noktası tanımlanmıştır. Bu pikler (ICDD kart no:00-030-0620) literatür ile uyumludur (Elbeyli, 2015; Hashim ve ark., 2021). Yaklaşık 2θ=17,13°'ye denk gelen en yüksek şiddete sahip piklerde B₄C oluşumu gözlenirken, 2θ=14,28°'ye denk gelen diğer ikinci pik de ise B₂O₃ varlığı kendini göstermiştir. %15 ve %35 B bor takviyeli TiO₂ nano parçacıklar üzerinde (101) yöneliminde rutil fazda tetragonal ve (111)

yöneliminde ise kararsız TiO_2 hegzagonal kristal yapıları oluşmaktadır. B Bor takviyeli nanoçubukların da (310) yönelimine sahip B_2O_3 kübik bir yapı daha oluşmuştur. Ayrıca, %35 B bor takviyeli TiO_2 nano parçacıkların (310) yönelimine sahip B_2O_3 kübik ve (110) yönelimine sahip rutil fazda tetragonal kristal yapıları da oluşmuştur. Gözlemlenen borbor'a ait olan tepe noktaları standart XRD verileriyle tutarlı ve literatür ile uyum içerisindedir (Grant, 2007; Hashim ve ark., 2021; Hashimve ark., 2019a; Hashim, ve ark., 2019b; C. B. Wang ve ark., 2009). BorBor (20 Å), Titanyumdan (60,5 Å) daha küçük iyon yarıçapına sahip olması nedeniyle, yüksek kristalliğe sahip B bor takviyeli TiO_2 iyi bir kristal büyümesi sağlar (Tu ve ark., 2012).



Şekil 2. Takviyesiz ve (ağırlıkça % 5, 15, 35) B bor takviyeli TiO_2 nanopartiküllerin X-ışını kırınım grafiği

Takviyesiz ve B bor takviyeli TiO_2 nanoçubuk dizisinin morfolojik görüntüleri sırasıyla Şekil 3, a, b, c ve d'de gösterilmektedir. Nanopartiküllara ait verilen SEM görüntüleri incelendiğinde tanelerin homojen olarak dağıldığı görülmüştür. BorBor takviyesinin artışıyla homojen dağılımın daha da arttığı, tanecik boyutlarının küçüldüğü görülmüştür (Şekil 3). Takviyesiz ve %5, %15 B bor takviyeli TiO_2 nanoçubukların boyutları yaklaşık 300 nm iken, %35 B bor takviyesinden sonra yaklaşık 200 nm civarında olduğu gözlenmiştir. Benzer şekilde, nanoçubukların kalınlığının da neredeyse 0,5 μm civarında olduğu gözlenmiştir (Hoşgün ve Aydın, 2019; Yuan Wang ve ark., 2019).



Şekil 3. a) Takviyesiz TiO_2 , farklı miktarlarda b) %5 Borbor takviyeli TiO_2 , c) %15 Borbor takviyeli TiO_2 ve d) %35Bor takviyeli borbor takviyeli TiO_2 nanoçubukların SEM görüntüleri.

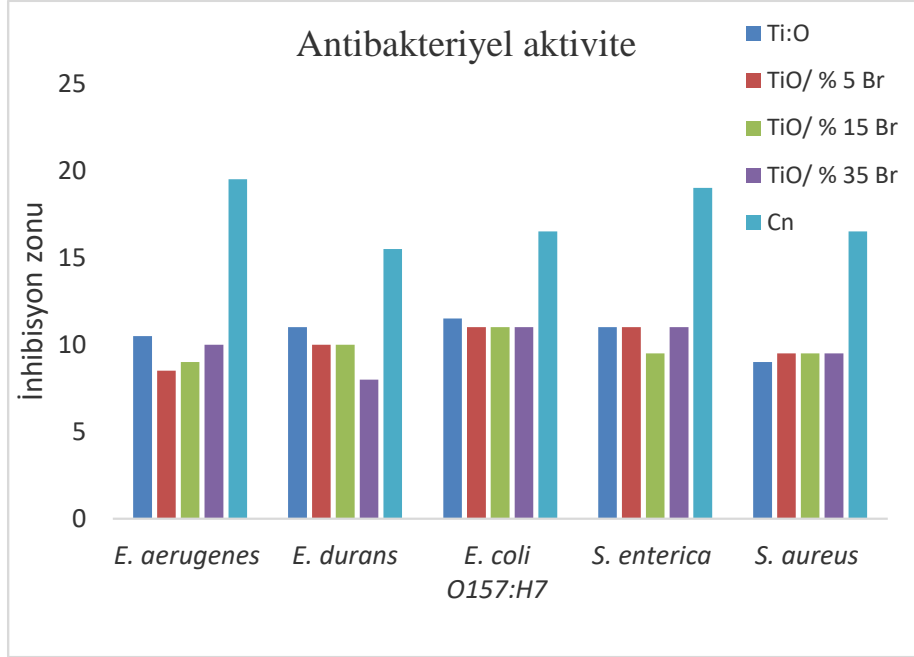
Mevcut çalışma ileriki çalışmalarda araştırmacılara referans olarak kullanılabilmesi amacıyla en çok kullanılan oksit tabanlı yarı iletken olan TiO_2 'nin Borbor takviyesiyle morfolojik özelliklerinin nasıl değiştiğini araştırmanın yanı sıra fotokatalitik ve antimikrobiyal ortamlarda kullanılırken verdiği tepkileri anlamak adına da büyük avantaj sağlayacaktır.

Tablo 1. Nanopartiküllerin antibakteriyel aktivite sonuçları

Test mikroorganizmaları	İnhibisyon zonları (mm)				
	TiO_2	$TiO:5B$	$TiO:15B$	$TiO:35B$	Cn
<i>E. aerugenens</i> ATCC 13048	10,5±0,5	8,5±0,5	9±0,3	10±1	19,5±0,5
<i>E. durans</i>	11±1	10±0,3	10±1	8±0,3	15,5±0,1
<i>E. coli</i> O157:H7 ATCC 35130	11,5±0,5	11±0,3	11±1	11±1,3	16,5±0,5
<i>S. enterica</i> NCTC 13	11±0,3	11±0,5	9,5±0,5	11±0,3	19±0,5
<i>S. aureus</i> ATCC 29213	9±0,3	9,5±0,5	9,5±1	9,5±0,5	16,5±1

Takviyesiz ve B bor takviyeli TiO_2 nanopartiküllerinin inhibitör etkisini belirleyebilmek için antibakteriyel aktivite testi yapılmıştır. Disk difüzyon yöntemine göre hazırlanan TiO_2 ve B bor takviyeli TiO_2 nanopartiküllerinin test mikroorganizmalarına karşı antibakteriyel etkisi Tablo 1'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre nanopartiküllerin bakterilere karşı bir mikrobisid etkisi olduğu

gözlenmiştir. Bakteriler arasında en yüksek inhibisyon zonu *E. coli* O157:H7’de ölçülmüştür. En az inhibitör etki ise *S. aureus* bakterisinde belirlenmiştir. Titanyum dioksit ve farklı oranlarda B bor takviyeli TiO₂ arasında ise TiO₂’in daha etkili bir inhibitör olduğu görülmektedir.



Şekil 4. Takviyesiz ve B bor takviyeli TiO₂ nanoparçacıklarının farklı oranlarda bazı bakterilere karşı antibakteriyel aktivitesi.

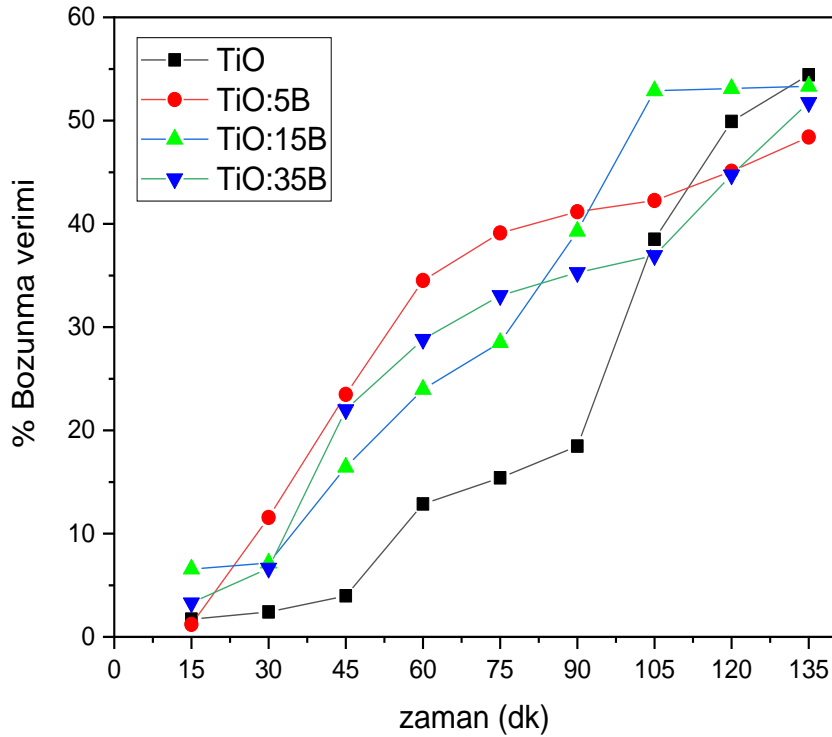
Nanopartiküller ve iyonlarının serbest radikaller üretmesi indüklenmiş oksidatif stresin oluşumuna ve dolayısıyla reaktif oksijen türlerinin açığa çıkmasına yol açmaktadır. Oluşan reaktif oksijen türleri ise hücre duvarının yapısını bozmaktadır (Rajeswari ve ark., 2021). Metal nanopartiküllerin mikroorganizmanın hücre duvarı ile kalıcı bir elektrostatik etkileşime girmesi ve bunun sonucu olarak hücre ölümü metal nanopartiküllerin mikrobisid etkisini göstermektedir (Anbumani ve ark., 2022). TiO₂ nanopartiküllerinin antibakteriyel etkisi birçok çalışmada bildirilmiş ve güçlü bir inhibitör ajan olarak önerilmiştir (Ahmad ve ark., 2020; Rajeswari ve ark., 2021; Subhapiya ve Gomathipriya, 2018). Mevcut çalışmada ise literatüre kıyasla daha az bir antimikrobiyel aktivite söz konusudur. Bununla birlikte B bor takviyesinin aktiviteye belirgin bir farklılık katmadığı gözlenmiştir. Literatürle oluşan bu farklılığın nanaopartikül sentez yönteminden ileri geldiği düşünülmektedir. Çalışmamızda nanopartiküller hidrotermal yöntemle sentezlenmiş, yapıya daha da sağlamlık katmak amacıyla tavlama işlemi de uygulanmıştır. Bu işlemin uygulanması nanopartiküllerin yapısındaki OH grubunun ayrılmasına neden olmaktadır. Özellikle yeşil sentez yolu ile üretilen nanopartiküllerde OH grubunun varlığı nedeniyle bakterilerin hücre duvarının etkili bir şekilde parçalandığı ve dolayısıyla güçlü bir mikrobisid etki gösterdiği belirtilmektedir (Ahmad ve ark., 2020).

Test mikroorganizmaları arasında *E. coli* O157:H7, *S. enterica* ve *S. aureus* insan sağlığını tehdit eden önemli gıda kaynaklı patojenler arasında yer almaktadır (Qu ve ark., 2020). Özellikle bu patojen bakteriler üzerinde TiO₂ nanopartiküllerinin inhibitör etkisi umut vericidir. Gram negatif ve gram pozitif bakteriler farklı hücre duvarı yapısına sahiptir. Gram pozitif bakterilerde hücre duvarı yapısı

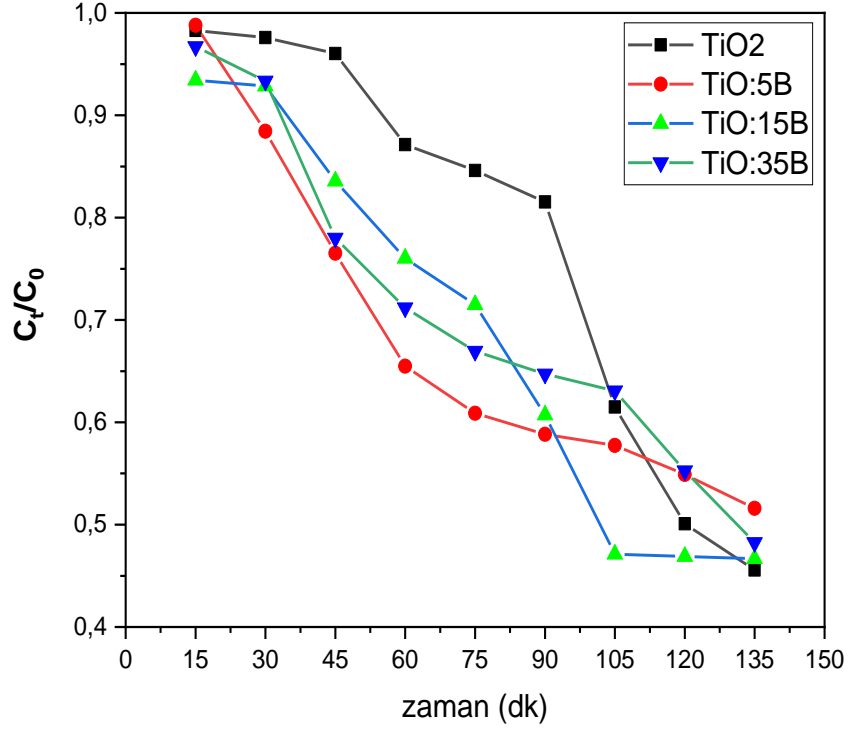
daha kalın bir peptidoglikan tabaka içermektedir. Bu nedenle gram negatif bakterilerde antimikrobiyal ajanların daha etkili olduğu bilinmektedir (El-Batal ve ark., 2019).

Şekil 4’te takviyesiz ve bor takviyeli TiO₂ nanoparçacıklarının farklı oranlarda bazı bakterilere karşı antibakteriyel aktivitesi gösterilmiştir. Mevcut çalışmada da literatürle uyumlu olarak B bor takviyeli ve takviyesiz TiO₂ nanopartiküller gram pozitif bakterilerde (*E. durans* ve *S. aureus*) daha az aktivite gösterdiği gözlenmiştir. Bununla birlikte, bu çalışmada farklı oranlarda B bor takviyeli nanopartiküllerin de antibakteriyel etkisi araştırılmış ve inhibitör etkisi belirlenmiştir. Güncel çalışmalara bakıldığında B bor takviyeli TiO₂ nanopartikülün antibakteriyel etkisi ile ilgili bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma bu anlamda öncü bir çalışma niteliği taşımaktadır.

Mevcut çalışmada başlangıç boya konsantrasyonu (C₀) adsorpsiyon dengesi tamamlandıktan sonra çözeltiden belirli miktarlarda alınıp maksimum dalga boyundaki (589nm) absorbansı ölçülerek belirlendi. Kristal Viyole' in fotobozunmasını incelemek için belirlenen zaman aralıklarında çözeltiden 2,5 mL'lik kısımlar alınarak UV-Vis spektrofotometresinde maksimum dalga boyunda (589nm) absorbansları ölçüldü ve Denklem 2 eşitliğiyle konsantrasyonları belirlendi (C_t). Kristal Viyole' in fotobozunması, C₀ ise başlangıç konsantrasyonudur. Fotobozunma çalışmaları aynı koşullar altında gerçekleştirilmiş olup elde edilen sonuçlar grafikte verilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. TiO, TiO:5B, TiO:15B, TiO:35B B için kristal viyole fotobozunma verimi



Şekil 6. TiO, TiO:5B, TiO:15B, TiO:35B B için kristal viyole boyasının fotobozunması

Aynı koşullar altında 90 dakikalık ışınlanmadan sonra borbor takviyesiz TiO₂'ler katkılı TiO₂'ye göre çok daha yüksek aktivite sergilediği Şekil 5'teki grafikten gözlenmektedir. Literatürdeki farklı boyalarla borbor katkısının TiO₂ üzerindeki bozunma süreci incelenmiştir (Xu ve ark., 2009). Takviyesiz TiO₂ ile bozunma sürecinde, CV boyasının %54,4'ü 135 dakikalık ışınlamadan sonra ayrıştığı gözlemlenmiştir. Kristal viyole boyası TiO, TiO:5B, TiO:15B B ve TiO:35B B tarafından bozunma oranı sırasıyla %54,43; %43,39; %53,32 ve % 51,75 olarak hesaplanmıştır.

Sonuç

BorBor takviyeli rutil TiO₂ nanopartiküllerinin morfolojik karakterizasyonunun yanı sıra fotokatalitik ve antibakteriyel özellikleri de incelenmiştir. Mevcut çalışmada, hidrotermal sentez ile takviyesiz ve borbor takviyeli (ağırlıkça %5-35) TiO₂ üretilmiştir. Numunelerin yapısal analizi, üretilen tozların nano çubuk yapıda olduğunu ortaya çıkarmıştır. Oluşan yapılarda borbor takviye işleminden sonra çubuk yapılarını koruduğunu gösterir. BorBor takviyeli nanoçubuklar, takviyeli olmayanlara göre daha düzgün ve kompakttır. BorBor takviyeli TiO₂, takviyesiz TiO₂ nanopartiküllere göre daha iyi kristalleşme göstermiştir. BorBor takviyesinin antibakteriyel ve fotokatalitik performansını azalttığı tespit edilmiş ve takviyesiz TiO₂'nin daha iyi özellik gösterdiği tespit edilmiştir. Takviyeli ve takviyesiz TiO₂ antibakteriyel etkileri incelendiğinde TiO₂ nanopartiküllerin iyi bir bakterisid ajan olabileceği belirlenmiştir. Günümüzde artan antibiyotik kullanımı ve bakterilerin bu antibiyotiklere karşı gitgide daha dirençli hale gelmesi önemli bir problem oluşturmaktadır. Bu anlamda TiO₂ nanoparçacıkları tıbbi ve farmasötik uygulamalar için bir alternatif olma potansiyeli taşımaktadır. Aynı zamanda, mevcut çalışmada elde edilen fotokatalitik çalışma verileri ışığında tanecik boyutu

küçüldükçe nanoparçacığın aktif yüzey alanının artışı ile parçalanma kapasitesinin azaldığı düşünülmektedir. Bu çalışma TiO₂ nanoparçacıklarının borbor takviyesinin sonuçları azda olsa etkilediği görülmüştür. Borbor takviyeli TiO₂ içeren malzemelerin çeşitli boya renklerinin fotobozunmasında katalizör olarak kullanılabilmesini ortaya koymuştur. Ayrıca, bu çalışmanın farklı fotokatalizörlerin üretimine fotokatalitik reaksiyonlarda katalizör olarak kullanılmasına, borbor takviyeli ve takviyesiz TiO₂ için farklı boya renklerinin fotobozunma çalışmalarına ışık tutacağı öngörülmektedir. Bu çalışmadan yola çıkarak elde edilen TiO₂'nin fotokatalitik ve antibakteriyel aktiviteye borbor takviyesinin etkisinin araştırılması sağlık, tıp, endüstri, malzeme bilimi alanlarında ışık tutacağı düşünülmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Saniye TEKEREK: Deney, metot oluşturma, araştırma, analiz, grafik çizimi, yazma

Ayça TANRIVERDİ: Deney yapımı, araştırma, analiz, grafik çizimi, yorum, yazma

Esen ÇAKMAK: Deney yapımı, Metot oluşturma, yorum, yazma.

Kaynakça

- Ahmad W., Krishna KJ., Shivani S. Green synthesis of titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles by using mentha arvensis leaves extract and its antimicrobial properties. *Inorganic and Nano-Metal Chemistry* 2020; 50(10): 1032–1038.
- Ali OM., Mohamed SH., Waleed BS., Eman El HHH., Amr HH. Green biosynthesis of titanium dioxide quantum dots using watermelon peel waste: antimicrobial, antioxidant, and anticancer activities. *Biomass Conversion and Biorefinery Springer Berlin Heidelberg* 2022; 1-13.
- Anbumani D., Kayal VD., Janani M., Ranganathan B., Bashir AKH., Karnan M., Ahmed A., Kanimozhi K. Green synthesis and antimicrobial efficacy of titanium dioxide nanoparticles using luffa acutangula leaf extract. *Journal of King Saud University-Science* 2022; 34(3): 101896.
- Aravind M., Amalanathan M., Sadia A., Arsh EN., Jini D., Saadat M., Velusamy P., Asma AA., Razan AA., Mohammed SSM., Mika S. Hydrothermally synthesized Ag-TiO₂ nanofibers (NFs) for photocatalytic dye degradation and antibacterial activity. *Chemosphere* 2023; 321: 138077.
- Boyle VJ., Fancher ME., Ross RWR. Modified kirby-bauer susceptibility test with single, high-concentration antimicrobial disks. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 1973; 3(3): 418–424.
- Chowdhury P., Jesus M., Hassan G., Ajay KR. Visible-solar-light-driven photocatalytic degradation of phenol with dye-sensitized TiO₂: parametric and kinetic study. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 2012; 51(12): 4523–4532.
- Vaidehi D., Bhuvaneshwari V., Devaraj B., Pavithra BS. Antibacterial and photocatalytic activity of copper oxide nanoparticles synthesized using solanum lycopersicum leaf extract. *Materials*

- Today: Proceedings 2018; 0–27.
- Driel BAV., Kooyman PJ., Van den BKJ., Schmidt-Ott A., Dik J. A quick assessment of the photocatalytic activity of TiO₂ pigments-from lab to conservation studio. *Microchemical Journal* 2016; 126: 162–171.
- El-Batal AI., Gharieb SS., Nawal EH., Mohamed G. Antibiofilm and antimicrobial activities of silver boron nanoparticles synthesized by PVP polymer and gamma rays against urinary tract pathogens. *Journal of Cluster Science* 2019; 30(4): 947–964.
- Elbeyli IY. Production of crystalline boric acid and sodium citrate from borax decahydrate. *hydrometallurgy* 2015; 158: 19–26.
- Elmehtab NY., Nadia AM., Nahed AAG. Evaluation of the antimicrobial and anti-biofilm activity of novel salicylhydrazido chitosan derivatives impregnated with titanium dioxide nanoparticles. *International Journal of Biological Macromolecules* 2022; 205: 719–730.
- Giang NTH., Nguyen NT., Le MH., Nguyen DH., Nguyen TT., Nguyen TP., Nguyen MD., Mai TP., Nguyen HH. Photocatalytic degradation of crystal violet on titanium dioxide/graphene aerogel doped sulfur. *Journal of Molecular Structure* 2023; 1271: 134031.
- Grant CB., Norton M. *Ceramic materials. Science and Engineering* Springer 2007; 766.
- Haider AJ., Riyad HA., Ghadah RK., Chafic TS. Exploring potential environmental applications of TiO₂ nanoparticles. *Energy Procedia* 2017; 119: 332–45.
- Hashim SA., Minhazul I., Sanket MK., Srinibas K., Arnab R. Performance evaluation of boron/hydroxyl-terminated polybutadiene-based solid fuels containing activated charcoal. *Journal of Spacecraft and Rockets* 2021; 58(2): 363–374.
- Hashim SA., Srinibas K., Arnab R. Effects of Ti and Mg particles on combustion characteristics of boron-HTPB-based solid fuels for hybrid gas generator in ducted rocket applications. *Acta Astronautica* 2019; 160: 125–137.
- Hashim SA., Pawan KO., Srinibas K., Arnab R., Debasis C. Experimental observation and characterization of B-HTPB-based solid fuel with addition of iron particles for hybrid gas generator in ducted rocket applications. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics* 2019; 44(7): 896–907.
- Hoşgün HL., Türkay MAA. Synthesis, characterization and photocatalytic activity of boron-doped titanium dioxide nanotubes. *Journal of Molecular Structure* 2019; 1180: 676–682.
- Houas A., Hinda L., Mohamed K., Elimame E., Chantal G., Jean MH. Photocatalytic degradation pathway of methylene blue in water. *Applied Catalysis B: Environmental* 2001; 31(2): 145–157.
- Ilyas M., Abdul W., Atta UK., Doaa Z., Lubna Y., Abdul B., Abdul M., Sulaiman K., Asmat A., Abbas A. Biological synthesis of titanium dioxide nanoparticles from plants and microorganisms and their potential biomedical applications. *Inorganic Chemistry Communications* 2021; 133: 108968.
- Liu D., Zhixun X., Liya H., Jianxin H. Boron particle combustion in solid rocket ramjets. *Journal of*

- Aerospace Engineering 2015; 28(4): 1–8.
- Popov AP., Priezzhev AV., Lademann J., Myllylä R. TiO₂ nanoparticles as an effective UV-B radiation skin-protective compound in sunscreens. *Journal of Physics D: Applied Physics* 2005; 38(15): 2564–2570.
- Qu Y., Yalong B., Yanhong L., Changyan Z., Xiujuan Z., Donglai Z., Chunlei S., Yujuan S. SSEL, a selective enrichment broth for simultaneous growth of salmonella enterica, staphylococcus aureus, escherichia coli O157: H7, and listeria monocytogenes. *Journal of Food Safety* 2020; 40(5): 1–13.
- Rajeswari VD., Emad ME., Ashraf E., Irfan AB., Sarfaraz K., Kathirvel B. Green synthesis of titanium dioxide nanoparticles using laurus nobilis (bay leaf): antioxidant and antimicrobial activities. *Applied Nanoscience (Switzerland)* 2021.
- Subhapiya S., Gomathipriya P. Green synthesis of titanium dioxide (TiO₂) nanoparticles by trigonella foenum-graecum extract and its antimicrobial properties. *Microbial Pathogenesis* 2018; 116: 215–220.
- Tanaka K., Kanjana P., Teruaki H. Photocatalytic degradation of commercial azo dyes. *Water Research* 2000; 34(1): 327–333.
- Tu YC., Jhin FL., Wei CL., Chi PL., Jing JS., Wei FS. Improving the electron mobility of TiO₂ nanorods for enhanced efficiency of a polymer-nanoparticle solar cell. *Cryst.Eng.Comm.* 2012; 14(14): 4772–4776.
- Wang CB., Zhang S., Shen Q., Zhang LM. Investigation on reactive sintering process of boron carbide ceramics by XRD. *Materials Science and Technology* 2009; 25(6): 809–812.
- Wang Y., Liping L., Xinsong H., Qi L., Guangshe L. New insights into fluorinated TiO₂ (brookite, anatase and rutile) nanoparticles as efficient photocatalytic redox catalysts. *RSC Advances* 2015; 5(43): 34302–34313.
- Wang Y., Kun J., Qi P., Yadi X., Qian L., Guanwei C., Xiaodong G., Xuping S. Boron-doped TiO₂ for efficient electrocatalytic N₂ fixation to NH₃ at ambient conditions. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering* 2019; 7(1): 117–122.
- Xu J., Yanhui A., Mindong C., Degang F. Low-temperature preparation of boron-doped titania by hydrothermal method and its photocatalytic activity. *Journal of Alloys and Compounds* 2009; 484(1–2): 73–79.



Investigation of Seed Yield and Quality Traits of Some Soybean Genotypes Using a Biplot Technique in Çukurova, Türkiye

Pınar CUBUKCU¹, Hatice HIZLI^{2*}, Ahmet Korhan SAHAR³, Celile Aylin OLUK⁴, Abdurrahim Tanju GÖKSOY⁵

¹⁻⁴ Eastern Mediterranean Agricultural Research Institute, Adana, Türkiye

⁵ Uludag University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Bursa, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0001-8949-0832>

²<https://orcid.org/0000-0002-5451-1397>

³<https://orcid.org/0000-0003-2690-9821>

⁴<https://orcid.org/0000-0001-8939-3610>

⁵<https://orcid.org/0000-0002-0012-4412>

*Corresponding author: haticehizli@gmail.com

Research Article

ABSTRACT

Article History:

Received: 20.01.2023

Accepted: 14.05.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

GEI,

Multi-trait GGE

Biplot

Seed compositions

Seed yield

Soybean

This research was carried out in Çukurova/ Türkiye conditions in the 2018 and 2019 main crop growing seasons. Years have been considered as the environment. The research was carried out to investigate seed yield and quality characteristics, genotype, genotype × environment interactions (GGE), and the relationships between the characteristics and environment examined by multi-trait GGE Biplot analysis in 11 soybean genotypes. According to the results of the combined analysis of variance, the interaction of environment, genotype and environment × genotype was significant ($p < 0.05$) in all examined traits. According to the average results of both environments, the seed yield of the different genotypes varied between 4111 and 5536 kg/ha, and the oil, protein, palmitic acid, oleic acid, linoleic acid, and saturated fatty acid contents were 22.49-24.17%, 31.22-37.6%, 10.55-11.68%, 21.43-28.31%, 46.68-53.83%, and 14.45-16.44%, respectively. Genotype explained 86.60% of the total variation of the experiment in the multi-trait biplot. In terms of seed yield, the 'Atakisi' variety was the highest, followed by the 'KA-08-03-1' line. The 'KA-08-03-1' line had the highest protein and linoleic acid contents, whereas the 'Cinsoy' variety had the highest palmitic acid and saturated fatty acid contents. In conclusion, the interaction of genotype and the multi-trait biplot analysis method may be sufficient to evaluate cultivar candidates for selection.

Çukurova'da Bazı Soya Genotiplerinin Tohum Verimi ve Kalite Özelliklerinin Biplot Tekniği Kullanılarak Araştırılması

Araştırma Makalesi

ÖZ

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 20.01.2023

Kabul tarihi: 14.05.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

(Gen x Çev) int.

Çok-özellikli GGE

Biplot

Tohum kompozisyonu

Tohum verimi

Soya

Bu araştırma, 2018 ve 2019 ana ürün yetiştirme sezonlarında Çukurova/Türkiye koşullarında yürütülmüştür. Yıllar çevre olarak kabul edilmiştir. Araştırma 11 soya fasulyesi genotipinde tohum verim ve kalite özellikleri, genotip, genotip × çevre etkileşimleri (GGE) ve özellikler ile çevre arasındaki ilişkilerin multi-trait GGE Biplot analizi ile incelenmesi amacıyla yapılmıştır. Birleştirilmiş varyans analizi sonuçlarına göre, incelenen tüm özelliklerde çevre, genotip ve çevre × genotip etkileşimi önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Her iki çevrenin ortalama sonuçlarına göre, farklı genotiplerin tane verimleri 4111 ile 5536 kg/ha arasında değişirken, yağ, protein, palmitik asit, oleik asit, linoleik asit ve doymuş yağ asidi içerikleri ise sırasıyla %22,49- 24,17, %31,22-37,6, %10,55-

11,68, %21,43-28,31, %46,68-53,83 ve %14,45-16,44 olarak tespit edilmiştir. Genotip, çoklu özellik biplotunda toplam varyasyonun %86,60'ını açıklamıştır. Tohum verimi açısından en yüksek 'Atakisi' çeşidi bulunmuş ve daha sonra 'KA-08-03-1' hattı takip etmiştir. 'KA-08-03-1' hattı en yüksek protein ve linoleik asit içeriğine, 'Cinsoy' çeşidi en yüksek palmitik asit ve doymuş yağ asidi içeriğine sahip bulunmuştur. Sonuç olarak, genotip ve çok özellikli biplot analiz yönteminin etkileşimi, seleksiyon için çeşit adaylarını değerlendirmek için yeterli olabileceği gösterilmiştir.

To Cite: Cubukcu P., Hızlı H., Şahar AK., Oluk CA., Göksoy AT. Investigation of Seed Yield and Quality Traits of Some Soybean Genotypes Using a Biplot Technique in Çukurova, Türkiye. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(Ek Sayı): 86-104.

Introduction

Soybean (*Glycine max (L.) Merr.*) is one of the most important protein and oil crops, as well as one of the world's most important field crops in terms of growing area and productivity. The FAOSTAT record shows that between 1994 and 2019, the soybean harvest area expanded by 92%, while production increased by 145% (FAOSTAT, 2018). Because legumes have oilseed nutraceutical benefits, soybean continues to gain popularity as a food for human nutrition, as well as for use as animal feed. Soybean breeders' main objective is to increase soybean yield (Assefa et al., 2018; Wang et al., 2020).

The effect of genotype and environment interactions (GEIs) can be described by the stability of the studied trait. Regardless of whether the trait studied is seed yield or quality traits, the phenotypic stability of the trait is the ability of a genotype to perform consistently in a variety of environments. For this reason it is important to select high-performance and highly stable genotypes in breeding programmes and to provide plant breeders with superior and competitive varieties under different conditions (Ahmed et al., 2020; Angelini et al., 2022; Goksoy et al., 2019; Kocaturk et al., 2019; Mulugeta et al., 2022). Plant breeders aim to select varieties that perform well in different environments. However, the accurate selection of highly stable varieties can be difficult when a plant breeder has to consider the GEI of multiple traits in multiple environments. In the selection process, statistical modelling should be performed to predict and evaluate the genetic values of multiple traits (Gauch et al., 2008; Omrani et al., 2022; Yan, 2011).

Various statistical methodologies exist for the analysis of GEI interactions, from univariate statistics to multivariate methods (Crossa and Cornelius, 1997). One of the most widely used multivariate methods is the additive principal effects and multiplicative interaction (AMMI) model, which allows us to predict the stability of varieties and classify environments (Gauch, 1992; Gauch et al., 2008; Enyew et al., 2021; Erdemci, 2018). The model combines analysis of variance as an additive model with principal components (PC) as a multiplicative model that allows analysis of interactions.

In many plant breeding programmes, GEI has been conducted for a single trait (Pour-Aboughadareh et al., 2022; Sharma et al., 2022). However, when more than one feature is considered, selecting high-performance and stable cultivars becomes difficult, while the degree of accuracy in cultivar selection increases. In soybean breeding, only high-yielding varieties can be developed, but the evaluation of oil

yield, protein content, and some quality criteria of soybean, which is an oil plant, will enable the development of yielding and high-quality soybean varieties. Yan (2001) developed the GGE biplot methodology as a tool that perfectly interprets GEI with graphics in multi-environmental experiments. This method has been used in many studies, and its advantages compared to other numerical methods have been reported. The GGE biplot is an interpretation model that visually answers important questions about genotype and environmental assessment (Yan and Tinker, 2006). Thus, multi-environment experiments with multiple features have been increasingly used in recent years (Abdelghany et al., 2021; Huanuqueño et al., 2022; Nardino et al., 2022; Zuffo et al., 2020). The aim of this study was to visually evaluate the seed yield and some quality characteristics of some soybean varieties and advanced lines in Cukurova, Türkiye, during two seasons, with the multi-trait GGE biplot method and to determine which genotypes show high performance.

Materials and Methods

Materials

This research was carried out in the experimental area of the Eastern Mediterranean Agricultural Research Institute located at Adana in the 2018-2019 main crop-growing season. In this research, a total of 11 soybean genotypes, 6 pure soybean lines ('S02-14-11,' 'KA-08-09-1,' 'KA-08-03-1,' 'KA-07-06-04,' 'S03-03-03-7,' 'CU04-01') and 5 standard soybean varieties ('ATAEM-7,' 'Cinsoy,' 'Blaze,' 'Atakisi,' 'SA 88'), were used as research materials. Table 1 presents the monthly average temperature, minimum and maximum temperatures, and precipitation amounts for the 2018 and 2019 seasons and long term data of the experiment area.

Table 1. Climatic data of 2018 and 2019 and long term data.

	Measurement Period	April	May	June	July	August	September	October
Mean Temp.	2018	18.69	23.23	25.29	27.41	27.66	26.06	21.08
	2019	16	22.77	26	27.24	28.15	25.63	22.34
	Long term (1929-2020)	17.5	21.8	25.6	28.2	28.7	26.1	21.7
Mean Max. Temp. (°C)	2018	27.62	31.04	31.74	32.44	33.32	33.71	29.51
	2019	22.84	30.8	32.59	33.19	34.65	33.52	30.47
	Long term (1929-2020)	23.7	28.3	31.7	33.9	34.7	33.1	29.1
Mean Min. Temp. (°C)	2018	10.99	16.44	19.38	22.35	22.67	19.93	14.71
	2019	10.06	15.15	20	21.51	22.56	19.25	16.19
	Long term (1929-2020)	11.9	15.8	19.8	23	23.3	20.1	15.7
Mean Monthly Total Rainfall (mm)	2018	40.4	76.3	14	2.3	0.3	17	44.5
	2019	102.2	6.9	17.5	3.6	3.9	1	46
	Long term (1929-2020)	51.1	48.7	22.2	10.2	9.6	19.6	43.6

Methods

This research was carried out in a randomised complete block experimental design with four replications, with a total of 11 genotypes in both environments (years). In the experiment, each plot had a total cultivation area of $2.8 \times 5 = 14 \text{ m}^2$. The seeds were inoculated with *Rhizobium bredy japonicum* before sowing. Trial sowing was carried out at the end of April in both years with a sowing machine. Pure 6 kg/da nitrogen (N) fertiliser was applied per decare as the base fertiliser. According to the needs of the plant, irrigation was applied 4 times in the furrow. For the edge effect, 0.5 m was taken from the front and back of each plot, and the harvest was made with Hege over 5.6 m^2 .

The seed yield, oil and protein ratio, palmitic acid, oleic acid, linoleic acid, and saturated fatty acid quality characteristics of the genotypes were investigated.

Oil and Protein Analyses

The crude protein content (calculated as $N \times 5.83$) was determined on soybean samples by the standard Kjeldahl procedure and crude oil was extracted from aliquots with petroleum ether using a Soxhlet apparatus for 4 h (AOAC, 2005).

Fatty Acid Analysis

Fatty acid methylesters obtained by methylation of total lipids were analysed by the American Oil Chemists' Society according to the method described in the analysis methods of Ce1-62 (AOCS 2005).

Statistical Analyses

Analysis of variance (ANOVA) was performed separately for each environment, followed by a combined analysis of variance according to the statistical model described in Equation (1):

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + E_j + GE_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

where Y_{ijk} represents the i th genotype in the j th environment and the k th block; μ is the overall mean; G_i is the effect of the i th genotype; E_j is the effect of the j th environment; GE_{ij} is the effect of the interaction of the i th genotype with the j th environment; and ε_{ijk} is the effect of experimental error.

Analysis of variance and the comparison of the averages of the traits were conducted with the Duncan comparison test in IBM SPSS Statistics Version 25 (IBM, 2020).

This study researched genotype-environment (year)-trait 3-way data to be used from all possible perspectives (Yan and Kang, 2003). First, to examine the relationships among traits in all environments, trait associations were made using a trait association by environment biplot. Then, the relationships among the traits and the trait profiles of the genotypes were evaluated (Yan, 2011). Genotype \times environment and trait data were analysed using GGE biplot Pattern Explorer software (GGE-biplot, 2009), and the results were presented visually.

Results and Discussion

Table 1 shows the average precipitation amount and minimum and maximum temperatures in the 2018 and 2019 growing seasons. The temperatures were higher than the average of the long term data, but the amount of precipitation decreased. These changes, which can be measured in climate data, were evaluated as environmental factors causing variations in yield and quality characteristics of soybean genotypes between years. In this study, soybean seed yield, oil and protein ratio, palmitic acid, oleic acid, linoleic acid and saturated fatty acid properties were investigated. The variance analyses of the data obtained from the research are shown in Table 2. Differences between genotypes were significant ($p < 0.05$) in the ANOVA performed in separate years for soybean seed yield, oil and protein ratio, palmitic acid, oleic acid, linoleic acid and saturated fatty acid characteristics (Table 2). In the combined analysis of variance, the environment was important in terms of grain yield and quality characteristics, except for palmitic acid ($p < 0.05$). In the combined analysis of variance, genotype and genotype \times environment interactions were significant for all seed yield and quality characteristics ($p < 0.05$). The examined variables were grouped with the DUNCAN's multiple range mean comparison test, and the results are shown in Table 3.

Seed yield (5391 kg/ha), palmitic acid (11.26%) and linoleic acid (51.06%) had a higher average in Env_1. The oil ratio (23.74%), protein ratio (37.86%), oleic acid (25.60%), and saturated fatty acid (15.50%) had a higher average in Env_2 (Table 3). Seed yield averages of genotypes for Env_1 showed that KA-08-09-01 (6358 kg/ha) and KA-08-03-01 (6013 kg/ha) had the highest performance, while Cinsoy (4454 kg/ha) had the lowest. For Env_2, KA-08-03-01 (5060 kg/ha), SA88 (4834 kg/ha) and Atakisi (4715 kg/ha) had the highest seed yield, while SO2-14-11 (3281 kg/ha) had the lowest.

Table 2. Combined analyses of variance table for yield and quality traits in Env_1 and Env_2.

Source	DF	DF(Com.)	Seed Yield			Oil (%)			Protein (%)			Palmitic acid (%)		
			Env_1	Env_2	Com.	Env_1	Env_2	Com.	Env_1	Env_2	Com.	Env_1	Env_2	Com.
Environment	-	1	-	-	31881920 .73***	-	-	31.63* *	-	-	1113.64 **	-	-	0.08N S
Environment x Genotype	-	10	-	-	1392426. 93***	-	-	1.93**	-	-	19.32**	-	-	0.16*
Genotype	10	10	1204485. 37**	1488266. 11**	1300324. 55***	3.56*	0.83**	2.46**	4.56*	41.57* *	26.80**	0.53**	0.69**	1.05**
Replicate	3	-	9996.20N S	238819.9 ONS	-	2.27NS	0.31NS	-	1.46NS	5.47**	-	0.06N S	0.01N S	-
Error	30	66	116890.6 7	50581.53	294024.4 6	1.417	0.119	0.816	2.134	0.593	1.554	0.093	0.071	0.078
Source	DF	DF(Com.)	Oleic acid (%)			Linoleic acid (%)			Saturated fatty acid (%)					
			Env_1	Env_2	Com.	Env_1	Env_2	Com.	Env_1	Env_2	Com.	Env_1	Env_2	Com.
Environment	-	1	-	-	47.53**	-	-	31.94* *	-	-	1.51**	-	-	-
Environment x Genotype	-	10	-	-	7.13**	-	-	7.97**	-	-	0.6**	-	-	-

Genotype											
Genotype	10	10	17.11**	31.68**	41.66**	16.02*	32.07*	40.11*	1.37**	1.81**	2.55**
						*	*	*			
Replicate	3	-	0.30NS	2.26NS	-	0.67NS	2.69NS	-	0.12N	0.09NS	-
									S		
Error	30	66	2.148	1.232	1.653	1.73	1.705	1.714	0.148	0.224	0.178

Env_1: 2018; Env_2:2019; Com.: Combined;*, ** significant at $p < 0.05$ and $p < 0.01$ level of probability, respectively; NS: not significant

Table 3. Mean values of the genotypes and varieties and Duncan grouping.

Genotype	Seed Yield (kg/ha)			Oil (%)			Protein (%)			Palmitic acid (%)		
	Env_1	Env_2	Combined	Env_1	Env_2	Combined	Env_1	Env_2	Combined	Env_1	Env_2	Combined
S02-14-11	5314c-e	3281d	4298cd	24.46a	23.88b-d	24.17a	30.03ab	38.48d	34.25de	11.30a-c	11.13bc	11.21b-d
KA-08-09-1	6358a	3507b-d	4932b	21.66bc	23.84b-d	22.75c	31.50ab	37.34e	34.42cd	11.72a	11.64a	11.68a
KA-08-03-1	6013ab	5060a	5536a	21.16c	23.83b-d	22.49c	32.52a	42.72a	37.62a	11.38a-c	11.18bc	11.28b-d
KA-07-06-04	5828bc	3935a-d	4881bc	23.56ab	24.52a	24.04ab	31.21a-c	41.53b	36.37b	11.24a-c	11.03cd	11.13cd
S03-03-03-7	5179de	3902a-d	4540b-d	22.48bc	23.68b-d	23.08bc	28.79c	37.18e	32.98ef	11.57ab	11.47ab	11.52ab
ÇU-04-01	4776ef	3445cd	4111d	21.95bc	23.93bc	22.94c	29.32ab	38.61cd	33.97d-f	11.55ab	11.47ab	11.51ab
SA 88	5208de	4834a	5021ab	22.48b c	23.55cd	23.02c	30.61a-c	39.54cd	35.08b-d	10.74d	10.70de	10.72e
ATAEM-7	5076de	4617ab	4847bc	22.83a-c	22.76e	22.79c	31.69ab	39.74c	35.71bc	11.12b-d	10.88cd	10.99d
CİNSOY	44548f	4491a-c	4472b-d	23.15ab	23.58cd	23.36a-c	30.53a-c	34.93f	32.73f	11.67a	11.53ab	11.60a
BLAZE	5621b-d	4272a-d	4946b	22.51bc	24.23ab	23.37a-c	31.07a-c	31.38g	31.22g	10.98cd	11.76a	11.37a-c
ATAKİSİ	5474c-d	4715a	5094ab	21.72bc	23.35d	22.53c	30.92a-c	35.00f	32.96ef	10.65d	10.45e	10.55e
Mean	5391A	4188	4789	22.54B	23.74A	23.14	30.74B	37.86A	34.3	11.26NS	11.2NS	11.23
CV	4.34	5.19	11.32	20.67	20.35	3.89	18.09	15.64	3.64	28.94	28.83	2.49
	Oleic acid (%)			Linoleic acid (%)			Saturated fatty acid (%)					
Genotype	Env_1	Env_2	Combined	Env_1	Env_2	Combined	Env_1	Env_2	Combined			
S02-14-11	26.57ab	30.06a	28.31a	49.18c	45.70f	47.44f	15.19cd	15.26-e	15.22cd			

KA-08-09-1	24.59b-d	27.72bc	26.15b	50.17bc	47.42ef	48.80e	15.61bc	15.88a-c	15.75b
KA-08-03-1	21.61e	21.25h	21.43e	53.42a	54.24a	53.83a	15.05cd	14.88de	14.97de
KA-07-06-04	24.47b-d	24.65d-f	24.56c	50.65bc	51.44bc	51.05cd	15.82b	15.47b-d	15.64bc
S03-03-03-7	28.10a	29.15ab	28.63a	47.11d	46.25f	46.68f	15.24bd	15.54bd	15.39b-d
ÇU-04-01	23.86c-e	22.01gh	22.94d	50.13bc	52.12b	51.13cd	16.43a	16.45a	16.44a
SA 88	23.27de	23.51fg	23.39cd	52.07ab	52.28ab	52.17bc	14.62de	14.77de	14.70ef
ATAEM-7	21.53e	25.61de	23.57cd	53.77a	49.99cd	51.88b-d	15.02cd	15.19c-e	15.10de
CİNSOY	22.59de	26.11cd	24.35cd	52.02ab	49.04de	50.53d	15.56bc	16.10ab	15.83b
BLAZE	25.87bc	27.32c	26.59b	50.24bc	47.69ef	48.96e	14.73de	16.53a	15.63bc
ATAKİSİ	22.96de	24.23ef	23.59cd	52.94a	52.28ab	52.61ab	14.40e	14.51e	14.45f
Mean	24.13B	25.6A	24.86	51.06A	49.86B	50.46	15.24B	15.5A	15.37
CV	19.85	19.22	5.19	14.26	14.5	2.6	24.93	24.57	2.73

Genotypes are grouped in lowercase letters for each trait. Genotype averages are grouped in capital letters on the same line in terms of Env_1 and Env_2.

The variation detected in seed yield between years can be explained by the fact that the minimum, maximum and average temperatures in April and May of 2018 were higher than in 2019 and the average of long term data, and the monthly average of precipitation was more regular. In the combined ANOVA, the KA-08-03-01 genotype had the highest mean values in terms of seed yield, protein ratio and linoleic acid concentration.

The SO2-14-11 genotype was one of the highest valued genotypes in Env_1 (24.46% and 30.03%) and 2019 (23.88% and 38.48%) in terms of the oil and protein ratio, respectively. However, the increase in the average oil and protein ratio in 2019, due to the difference in climatic conditions, was significantly different from Env_1 ($p < 0.05$). Significant differences were determined in the seed yield, oil and protein ratio, and fatty acid composition of the genotypes according to year.

Significant differences in seed yield, protein ratio and fatty acid composition between genotypes under different environmental conditions have also been reported in other studies (Abdelghany et al., 2021; Assefa et al., 2018; Wu et al., 2017). In these studies, researchers explained the inconsistent responses of genotypes with environmental factors, such as different climates, temperature and sunshine duration.

Multi-traits GGE Biplot Analysis Results

In the multi-traits biplot technique, PC1 (59.30%) and PC2 (27.30%) were explained the 86.60% of the total variation. According to the research results, the seed yield was higher in the first year than in the second year, depending on the environmental factors of the growing seasons. Seed yield, palmitic acid, and linoleic acid were higher in Env_1 compared to Env_2. Oil ratio, protein ratio, oleic acid and saturated fatty acid were higher in Env_2 than in Env_1.

Biplot graphs of the investigated features are given in Figures 1-4. Although 11 soybean genotypes were used in the study, 7 cultivars above the general average were identified in all biplot graphics obtained by the GGE-biplot Version 5.2. (2009) software. The biplot in Figure 1 presents data for seven traits, including yield, oil and protein ratio, palmitic acid, oleic acid, linoleic acid and saturated fatty acid, of 11 soybean varieties in Cukurova soybean performance trials. One of the most important issues in soybean cultivation is evaluating grain yield together with quality characteristics (Abdelghany et al., 2021).

If there is an acute angle between the characteristics in the GGE Biplot graphics, it is positively correlated. If there is an obtuse angle, it is negatively correlated. If it is at a right angle or close to a right angle, there is no relationship between the characteristics or independent characteristics (Yan, 2011).

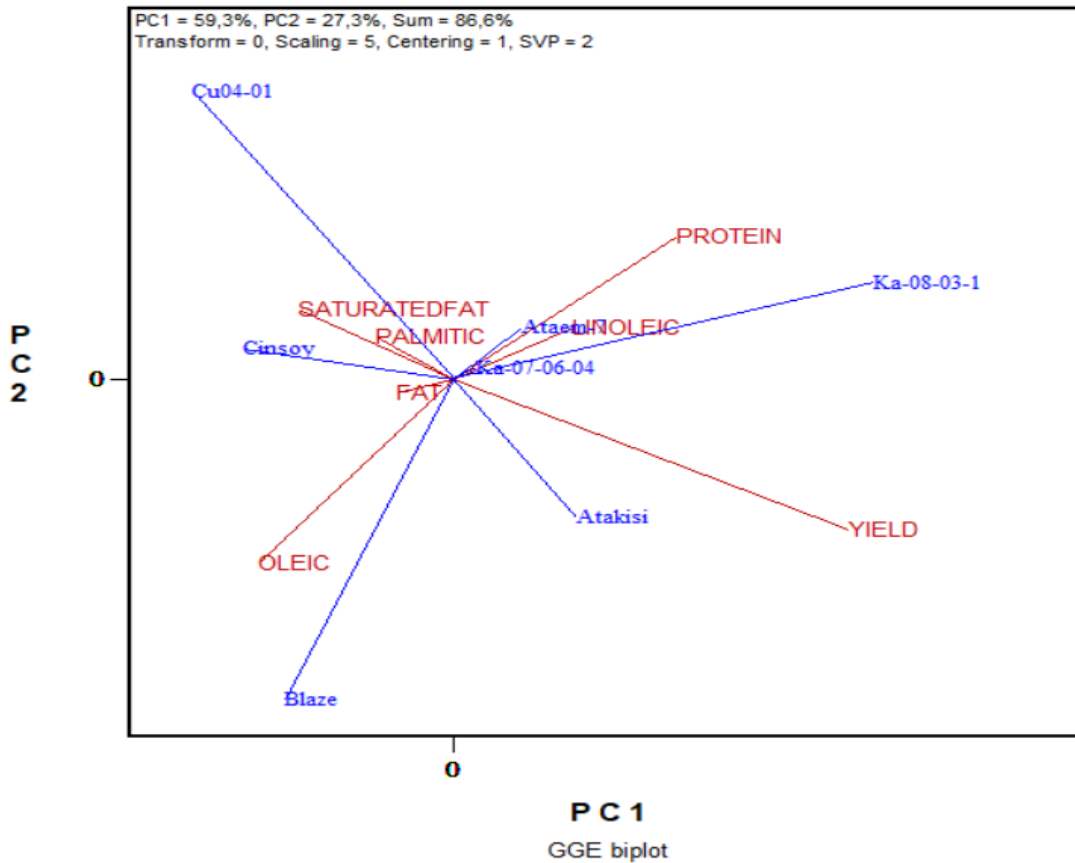


Figure 1. GGE biplot for genotype, trait and inter-trait relationships.

Thus, in Figure 1, protein and linoleic acid; saturated fatty acid and palmitic acid; and oil ratio and oleic acid were positively correlated. Palmitic acid and saturated fatty acid by seed yield; oil and protein; and protein and oleic acid were negatively correlated. However, the seed yield and protein, seed yield, and oleic acid features were independent. In addition, in 7 genotypes, protein and linoleic acid; palmitic acid, saturated fatty acid, and oil ratio; and oil ratio and oleic acid were positively correlated.

In some studies conducted in terms of seed yield, protein, oil content, and fatty acid composition in soybean, a negative relationship was reported between seed yield and protein content (Mello Filho et al., 2004). However, there is a positive relationship between seed yield and protein ratio in some studies (Johnson et al., 1955). In addition, Whaley and Eskandari (2019) identified high seed yielding and high protein varieties for different locations with the GGE biplot approach.

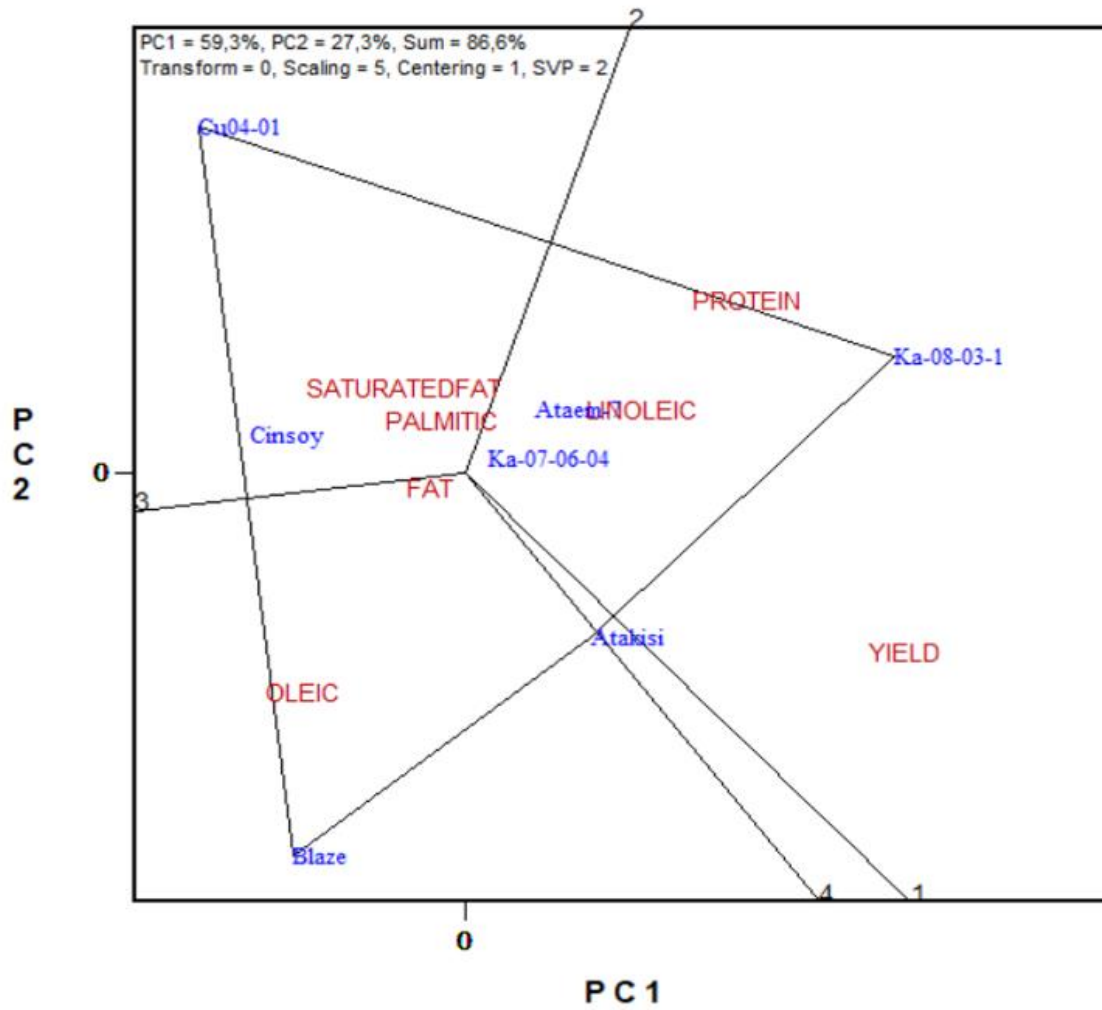


Figure 2. Genotype × characteristic biplot graph of the grouping of examined characteristics in soybean cultivars.

In Figure 2, a biplot graph was obtained according to the averages of the genotypes, consisting of four sections. In the first part, KA-08-03-1, ATAEM-7, and KA-07-06-04 lines and varieties came forward in terms of protein, linoleic acid, and yield characteristics. In the second part, the CU04-01 line and Cinsoy cultivars came forward due to their saturated fatty acid and palmitic acid properties. In the third section, the Blaze variety attracted attention in terms of the oil ratio and oleic acid properties. Finally, the Atakisi variety was included in the fourth section in terms of seed yield.

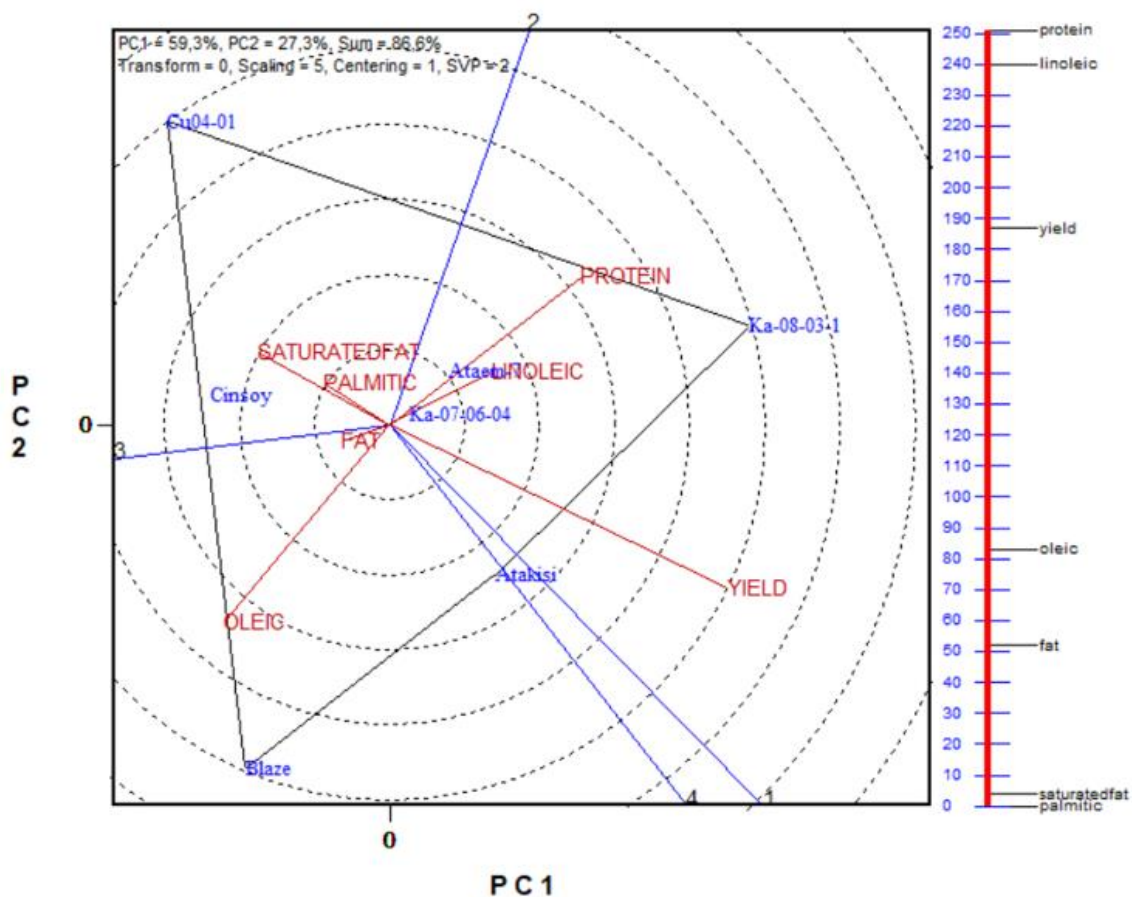


Figure 3. Stability of genotypes relative to the multi-trait mean.

Figure 3 shows the stability of the genotypes relative to the average of the examined traits. While the Atakisi variety had the highest seed yield, it was followed by the KA-08-03-1 line. The KA-08-03-1 line was also observed to be the highest in terms of protein and linoleic acid concentrations. Cinsoy had the highest palmitic acid and saturated fatty acid contents. KA-07-06-04 was the most stable line in terms of all characteristics. In general, if a feature is not found in the circle where the genotype is located, it is possible to say that the genotype is weak in terms of that feature (Yan, 2001).

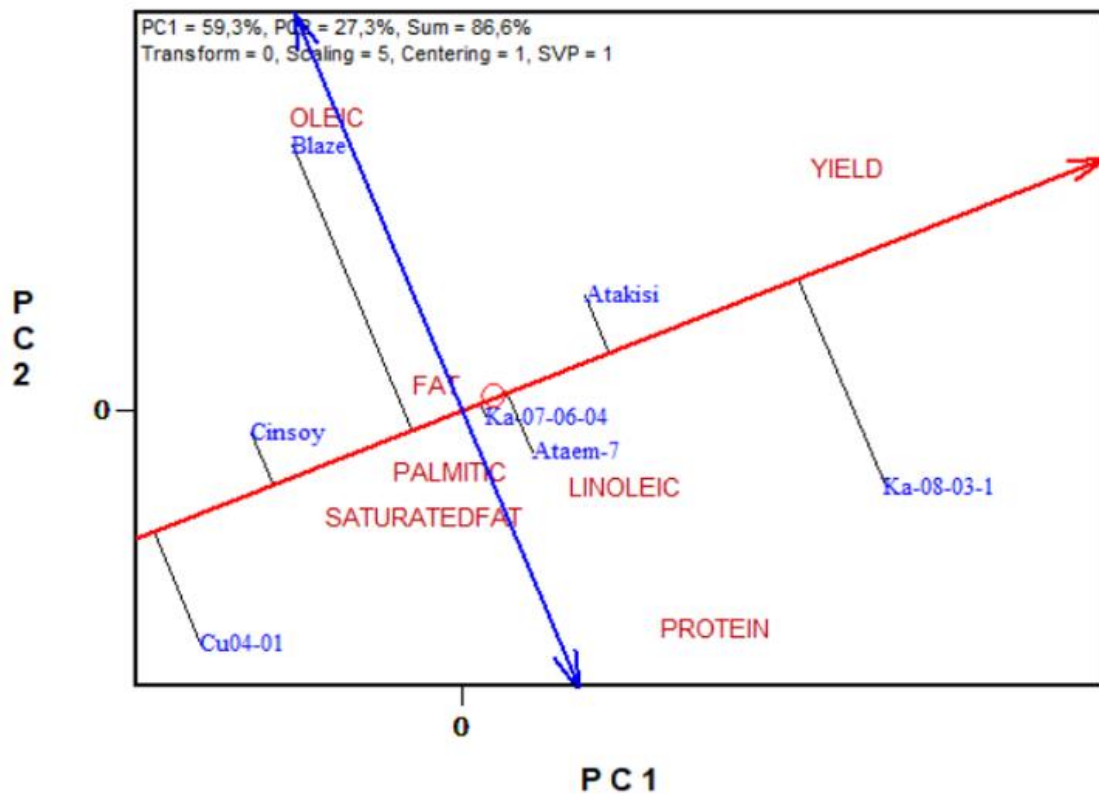


Figure 4. Ranking genotypes according to stability.

A stability line was formed over the average seed yields of all properties examined in the study. The biplot method that ranks genotypes according to this stability line is shown in Figure 4, which shows a model that ranks genotypes according to stability (horizontal) and mean (vertical) baseline curves for all traits in multi-feature studies. In Figure 4, the KA-07-06-04 line and the ATAEM-7 variety, which are above the vertical curve and close to the horizontal curve, were selected as the most stable genotypes in terms of all traits. Although Blaze had the weakest stability, it stood out due to its high oleic acid content. CU04-01 and Cinsoy can be selected in negative selection because they are below the curve (vertical curve) but perform well in terms of saturated fat and palmitic acid concentration. The multi-trait biplot technique can be used easily in selection because it makes it easy to interpret the relationships visually.

In this study, some lines were found to be superior to standard cultivars in terms of the examined traits. According to biplot analysis, KA-07-06-04, KA-08-03-1, CU04-01, ATAEM-7, Cinsoy, Atakisi and Blaze genotypes can be used as a parent or candidate variety in breeding programmes due to their stability and some outstanding features.

Conclusion

This study was carried out in a soybean breeding programme in Cukurova, Türkiye, for two years. Soybean lines developed for the Mediterranean region were compared with standard varieties in terms of both yield and quality characteristics using the multi-trait GGE Biplot technique. To obtain the most accurate results expected from GEI and, accordingly, GGE Biplot analyses, studies need to be conducted in more environments. In studies using only two-year results, it is difficult to obtain accurate results regarding the stability of genotypes or which genotypes are adapted to good conditions or bad conditions in terms of the trait. However, within the scope of the breeding programme carried out with this study, candidate lines and parent varieties that could be transferred to the next generation were determined using the multi-featured GGE Biplot technique. Thus, the usability of the multi-trait GGE biplot technique in breeding programmes has been demonstrated.

KA-07-06-04, KA-08-03-1, and CU04-01 lines were determined as cultivar candidates among the tested genotypes because of their high seed yield and quality characteristics in soybean breeding programmes. ATAEM-7, Cinsoy, Atakisi and Blaze were selected as parents for use in soybean breeding programmes. As a result, the evaluation using a multi-trait biplot analysis method in different environmental conditions can be sufficient for the determination of cultivar candidates.

Statement of Conflict of Interest

Authors have declared no conflict of interest.

Author's Contributions

The contribution of the authors is equal.

References

- Abdelghany AM., Zhang S., Azam M., Shaibu AS., Feng Y., Qi J., Li J., Li Y., Tian Y., Hong H., Lamlom SF., Li B., Sun J. Exploring the phenotypic stability of soybean seed compositions using multi-trait stability index approach. *Agronomy* 2021; 11(11): 2200.
- Ahmed A., Hossain A., Amiruzzaman M., Alam MA., Farooq M., El Sabagh A., Kızılgücü F. Evaluating short stature and high yielding maize hybrids in multiple environments using gge biplot and ammi models. *Turkish Journal of Field Crops* 2020; 25: 216-226.

- Angelini J., Faviere G., Bortolotto E., Cervigni GDL., Quaglino MB. Handling outliers in multi-environment trial data analysis: in the direction of robust SREG model. *Journal of Crop Improvement* 2022; 1-25.
- AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.
- Assefa Y., Bajjalieh N., Archontoulis S., Casteel S., Davidson D., Kovács P., Naeve S., Ciampitti IA. Spatial characterization of soybean yield and quality (amino acids, oil, and protein) for United States. *Scientific Reports* 2018; 8: 14653.
- Crossa J., Cornelius P. Sites regression and shifted multiplicative model clustering of cultivar trial sites under heterogeneity of error variances. *Crop Science* 1997; 37: 406-415.
- Enyew M., Feyissa T., Geleta M., Tesfaye K., Hammenhag C., Carlsson AS. Genotype by environment interaction, correlation, AMMI, GGE biplot and cluster analysis for grain yield and other agronomic traits in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *PLoS ONE* 2021; 16(10): e0258211.
- Erdemci I. Investigation of genotype \times environment interaction in chickpea genotypes using AMMI and GGE biplot analysis, *Turkish Journal of Field Crops* 2018; 23: 20-26.
- FAOSTAT. 2018 Food and agriculture organization of the United Nations. Rome, <https://app.amis-outlook.org/#/market-database/supply-and-demand-overview> (the date of access: 10.11.2022)
- Gauch HG. *Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs*. Elsevier 1992, Amsterdam.
- Gauch HG., Piepho HP., Annicchiarico P. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: Further considerations. *Crop Science* 2008; 48: 866-889.
- GGE-biplot. GGE-biplot software version 5.2. *The Complete Biplot Analysis System: GGEbiplot Pattern Explorer*. 2009, Weikai Yan, USA.
- Goksoy AT., Sincik M., Erdogmus M., Ergin M., Aytac S., Gumuscu G., Senyigit E. The parametric and non-parametric stability analyses for interpreting genotype by environment interaction of some soybean genotypes. *Turkish Journal of Field Crops* 2019; 24: 28-38.
- Huanuqueño H., Zolla G., Jimenez J. Selection of stable and high-yielding lines of purple corn (*Zea mays* L.) var. popcorn using multi-trait stability index (MTSI) *Agris* 2022.
- IBM: SPSS Software (Version 25.0). 2020. <https://www.ibm.com/analytics/spss-statistic-software>. (the date of access: 10.10.2022)
- Johnson HW., Robinson HF., Comstock RE.. Genotypic and phenotypic correlations in soybeans and their implications in selection. *Agronomy Journal* 1955; 47: 477-483.
- Kocaturk M., Cubukcu P., Goksoy AT., Sincik M., Ilker E., Kadiroglu A., Vurarak Y., Sahin Y., Karakus M., Akgun Yıldırım U. GGE biplot analysis of genotype \times environment interaction in soybean grown as a second crop. *Turkish Journal of Field Crops* 2019; 24: 145-154.

- Mello Filho Old., Sedyama CS., Moreira MA., Reis MS., Massoni GA., Piovesan ND. Grain yield and seed quality of soybean selected for high protein content. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 2004; 39: 445-450.
- Mulugeta B., Tesfaye K., Geleta M., Johansson E., Hailesilassie T., Hammenhag C., et al. Multivariate analyses of Ethiopian durum wheat revealed stable and high yielding genotypes. *PLoS ONE* 2022; 17(8): e0273008.
- Nardino M., Perin EC., Aranha BC., Carpes ST., Fontoura BH., Sousa de DJP., Freitas DSD. Understanding drought response mechanisms in wheat and multi-trait selection. *PloS ONE*, 2022; 17(4): e0266368.
- Omrani AS., Khodarahmi M., Shojaei SH., Illés Á., Bojtor C. and Nagy J. Evaluation of grain yield stability in some selected wheat genotypes using AMMI and GGE biplot methods *Agronomy* 2022; 12:1130.
- Pour-Aboughadareh A., Khalili M., Poczai P., Olivoto T. Stability indices to deciphering the genotype-by-environment interaction (GEI) Effect: An applicable review for use in plant breeding programs *Plants* 2022; 11(3): 414.
- Sharma M., Patel PJ., Patel PR., Patel MP. AMMI and GGE biplot analysis of multi-environment seed yield data in cluster bean [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.]. *Legume Research-An International Journal* 2022; 1:6.
- TUIK. Bitkisel Üretim İstatistikleri. 2022. (Erişim Tarihi: 13.04.2023).
<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>
- Wang S., Liu S., Wang J., Yokosho K., Zhou B., Yu YC., Tian Z. Simultaneous changes in seed size, oil content and protein content driven by selection of SWEET homologues during soybean domestication. *National Science Review* 2020; 7: 1776-1786.
- Whaley R., Eskandari M. Genotypic main effect and genotype-by-environment interaction effect on seed protein concentration and yield in food-grade soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill). *Euphytica* 2019; 215: 1-17.
- Wu T., Yang X., Sun S., Wang C., Wang Y., Jia H., Man W., Fu L., Song W., Wu C. Temporal-spatial characterization of seed proteins and oil in widely grown soybean cultivars across a century of breeding in China. *Crop Science* 2017; 57: 748-759.
- Yan, W. GGEbiplot-A Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal* 2001; 93: 1111-1118.
- Yan W. GGE biplot versus AMMI graphs for genotype-by-environment data analysis. *Indian Society of Agricultural Statistics* 2011; 95: 181-193.
- Yan W., Kang MS.. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. 2003.CRC Press, Boca Raton, FL.
- Yan W., Tinker NA. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science* 2006; 86: 623-645.

Zuffo AM., Steiner F., Aguilera JG., Teodoro PE., Teodoro LPR., Busch A. Multi-trait stability index: A tool for simultaneous selection of soya bean genotypes in drought and saline stress. *Journal of Agronomy and Crop Science* 2020; 206: 815-822.

Forgiving Road Design and Improvement of Accident Black Spots: A Case Study for Düzce City

Sercan SERİN^{1*}, Yakup ÖNAL², Cafer KAYADELEN³, Muhammet Fatih MUTLU⁴

^{1,2,3}Osmaniye Korkut Ata University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, 80000, Osmaniye

⁴Düzce University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, 81100, Düzce

¹<https://orcid.org/0000-0001-6025-6233>

²<https://orcid.org/0000-0003-4975-9897>

³<https://orcid.org/0000-0003-2955-013X>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-9384-9331>

*Corresponding author: sercanserin@osmaniye.edu.tr

Research Article

Article History:

Received: 04.10.2022

Accepted: 16.05.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Accident black spot

Forgiving road

Roadside safety

ABSTRACT

The aim of changing the causes and consequences of traffic accidents, preventing possible human deaths, and providing more comfortable navigational safety is a common situation especially in the highway sections of our country where traffic accidents occur mortally. In the study, the concept of the forgiving road, which was brought to the agenda of our country by the General Directorate of Highways (KGM) in 2013 and still has problems in implementation, was examined. Investigations have been made on the highway sections where the same type of accidents occur frequently, and it has been emphasized how these highway sections can be forgiving roads. A correct and planned road design or improvement directly contribute to a dramatic reduction in accident rates. In this context, two accident black points that need improvement in 2016 within KGM and one point with the potential to become an accident black point were determined. Considering the forgiving road design features based on a total of three highway sections, on-site investigations were made, and recommendations were made.

Affeden Yol Tasarımı ve Kaza Kara Noktalarının İyileştirilmesi; Düzce Örnek Durum İncelemesi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 04.10.2022

Kabul tarihi: 16.05.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Kaza kara noktası

Affeden yol

Yol kenar güvenliği

ÖZ

Bu noktada, trafik kazalarının neden ve sonuçlarını değiştirmek, olası insan ölümlerinin önüne geçmek, daha konforlu seyir güvenliğini sağlamak amacı, özellikle ölümlü trafik kazalarının gerçekleştiği ülkemiz karayolu kesimlerinde olağan bir durumdur. Çalışmada, ülkemiz gündemine 2013 yılında Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) tarafından getirilen ve halen uygulama konusunda aksaklıkları bulunan affeden yol kavramı irdelenmiştir. Aynı tip kazaların sık gerçekleştiği kara yolu kesimlerinde incelemeler yapılmış, bu karayolu kesimlerinin nasıl affeden yol olabileceği üzerinde durulmuştur. Doğru ve planlı bir yol tasarımı veya iyileştirmesi, kaza oranlarının büyük ölçüde azalmasına doğrudan katkıda bulunacaktır. Bu kapsamda KGM tarafından belirlenen, 2016 yılı içerisinde iyileştirilmesi gereken iki kaza kara noktası ve kaza kara noktası olma potansiyeline sahip bir nokta belirlenmiştir. Toplam üç karayolu kesimi üzerinde affedici yol tasarım özellikleri göz önünde bulundurularak yerinde incelemeler yapılmış, tavsiyelerde bulunulmuştur.

To Cite: Serin S., Önal Y., Kayadelen C., Mutlu MF. Forgiving Road Design and Improvement of Accident Black Spots: A Case Study for Düzce City. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 105-118.

Introduction

A traffic accident is an event that results in one or more material damage, injury, or death resulting from one or more of the human, vehicle, road, and sometimes environmental conditions, which are the essential elements of transportation or the interaction of these elements with each other (Kihlberg and Tharp, 1968). The main criterion of road safety is traffic accidents; theoretically, if there is no accident, there is no problem (Güçmen, 1975). According to the statistics of Turkey, the first factor that causes accidents is drivers with a rate of 91.5%. Road and vehicle defects make up only a small percentage of 0.74% and 1.19%. Road and vehicle defects make up only a small percentage of the causes of accidents since accident reports are prepared by those who have not been trained in detecting these defects in vehicles or on the road (Kahramangil and Şenkal, 1999).

Road factors, including road and roadside design elements, play an important role in determining traffic accident risk. Adverse road engineering aspects include factors in which some elements of the road environment that directly triggered the accident mislead the user and thus were created by human error (KİTĞİ, 2001).

Numerous research studies have been done on the effectiveness of engineering measures, and estimations have been made on how these measures play a role in reducing the number of accidents and/or the severity of accidents. With the application of engineering measurements taken in the research, it is possible to achieve significant reductions in accidents quickly (Ergün, 1999).

The places where the same type of traffic accidents is occurred at the same highway section or point are defined as accident black spot (ABS). In other words, ABS is the section or point where accident frequency is experienced for a specific reason.

It is precisely in this context that the "Forgiving Road Description", "Design," and "Positive Guidance" approaches should be integrated into the engineering design of roads to minimize the risk of road accidents (KİTĞİ, 2001).

ABSs should be identified carefully; furthermore, the necessary improvements should also be made to these ABSs to reduce potential traffic accidents due to non-implementation or incomplete implementation of forgiving road design. In this context, in the literature, many researchers have concentrated on the identification of ABSs and investigated the potential solution to reduce traffic accidents at these points (Gkemou et al., 2019; Roque et al., 2019; Thangavel et al., 2019; Zhang et al., 2019; Chaudhary, 2020; Mecheri et al., 2022). Zhang et al. (2019) proposed a model for the identification of ABSs using machine learning algorithms. They found a good correlation between ABSs and the type of accident, responsibility, time, and accident location type. They also concluded that this study might offer reference evidence for identifying and preventing ABSs, which would considerably improve traffic safety. In their study, Thangavel et al. (2019) developed a GPS-based smartphone application alerting the user before 500m, enabling the user to manually reduce the vehicle speed to the appropriate limits before the vehicle reaches the ABS. Then, they integrated Internet of Things (IoT) components into the vehicle to reduce the vehicle's speed and modified the

application to control the accelerometer and offer voice notifications. Kurakina et al. (2020) aimed to find a novel methodology for enhancing the process of identification of ABSs utilizing IT computational methods, probability theory methods, and research results processing. They suggested a comprehensive method to improve ABS identification process. Fan et al. (2019) combined data from several sources about traffic accidents over time and space. In their study, they identified and examined ABSs using the support vector machine (SVM) and deep neural network (DNN). They also enhanced the accuracy of ABSs identification of SVM and DNN. They also suggested a future-based ABS identification method depending on depth neural network. Iqbal et al. (2020) carried out a study analyzing road traffic accidents and identifying ABSs on the Lahore-Islamabad Highway M-2. They used the accident point weightage (APW) method to identify ABSs and rank of top ten ABSs. They deduced from the results that as the primary contributing component in traffic accidents, human error makes up 66.8% of the causes. They also concluded that it is necessary to raise public knowledge about traffic safety and employ a dozen alerts to prevent drivers from dozing at the wheel. Tanprasert et al. (2020) suggested a new method to identify ABSs utilizing street view images. They compared success of the suggested method with other suggested methods. Also, they claimed that their suggested method classified black and safe spots in Thailand with an accuracy of 69.91%, correctly identifying 75.86% of the black spots.

In Turkey, especially in recent years, the applications to prevent/reduce traffic accidents have gradually increased. Forgiving roads, which KGM has made a current issue in our country in 2013, aim to reduce the accident rates at the accident black points in Turkey. For this purpose, improvements have been made with various applications made at specific ABS (Kahramangil and Şenkal, 1999).

The forgiving roads application of KGM aims to minimize accident losses by compensating for reasonable errors of road users and vehicles within the scope of sustainable highway safety.

Road network has an important place in accident risk on highways because how drivers perceive the road network is the direct cause of accidents. In this sense, the road offers and even should provide drivers with instructions on what to do.

According to studies, there are three factors in the occurrence of accidents:

- Human factors
- Vehicle factors
- Road/Environmental factors (La Torre, 2012).

Every year, 43,000 people in Europe have traffic accidents with injury or death. Although 10% of all accidents are caused by a single vehicle accident, when fatal accidents are considered, the rate of these incidents rises to 45%. The most important reason for this high death rate is the 'unforgiving' roadside design. Various recent studies have been carried out to make roadside designs that forgive human errors (La Torre, 2012). At this stage, the first thing to do is to perform analyses in regions where accidents are common. Thus, obstacles and objects that distract drivers and cause accidents can be identified.

The roadside features developed/need to be developed in the forgiving road design guide are:

- Highway guardrails
- Shoulder rumble strips
- Medians
- Forgiving support structures for road equipment

One of the most crucial safety factors in highway design is the design of the roadside and any objects that may be found there. Accidents on highways frequently stem from objects that should not be near the road (Figure 1). These objects need to be made safe or removed from the roadside (KTR, 2000; Thomson et al., 2006a).

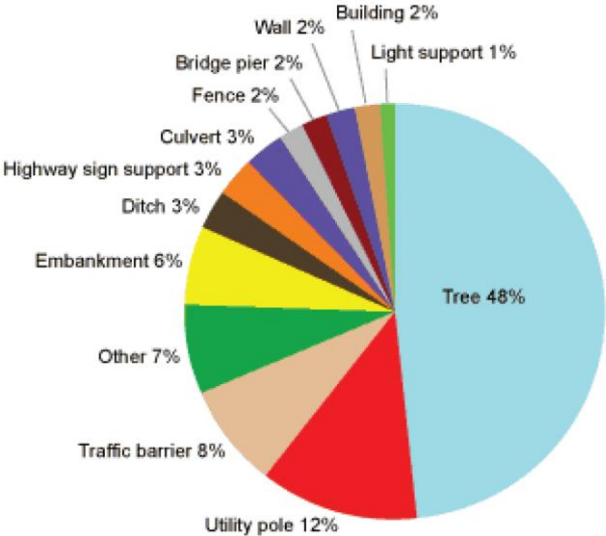


Figure 1. Percentage distribution of accidents due to fixed object resulting in death (Thomson et al., 2006b).

Some road safety elements and their contribution to road safety can be briefly examined as follows. Shoulder rumble strips are road safety structures that warn drivers against straying off the road or drifting into other driving lanes and have both a perceivable vibration and an audible warning feature. These are designed against the possibility of careless drivers causing an accident (Thomson et al., 2006b). Energy-absorbing mechanisms are needed in the areas where the guardrails end to prevent fatal accidents and dangers caused by highway guardrails. For example, absorber mechanisms (Atahan, 2003) and the outer shoulder width allow faulty drivers to correct their trajectory without going off the road. On the other hand, it has been observed that the coated shoulder is safer than the uncoated one. In addition, the improved shoulder design effectively reduces reverse crashes (Figure 2) (Armour and McLean, 1983; Zegeer et al., 1992; Zegeer et al., 1994; Karaşahin and Bağırğan, 2007).



Figure 2. a) Tangent terminal (Thomson et al., 2006b), b) flared terminal of guardrail (La Torre, 2012), c) typical shoulder rumble strip (Thomson et al., 2006b).

The highway factors covered in this study include highway and roadside design elements. While conducting the forgiving road research, no examination was made on human and vehicle factors; however, an examination was made of how different road sections can be transformed into forgiving road status in terms of road factors. In this context, two points within the borders of the 4th Regional Directorate of Highways, defined as ABS by KGM, and an accident point with the potential to become an accident black spot, are discussed. Considering the forgiving road design, on-site investigations were made on a total of three highway sections, which were determined to need improvement by KGM. The situation was analyzed, and recommendations were made.

Case Study: Düzce Example

It has been discussed which implementation can be done to make it a forgiving road to two spots, which are within the borders of the 4th Regional Directorate of Highways and defined as ABS by KGM, and one accident spot having the potential to be an ABS. In this context, on-site investigations were made at the determined points, the situation was analyzed, and recommendations were made.

Descriptive information for the ABS examined in the study is summarized in Table 1. Within the scope of the study, each accident spot was discussed, and evaluated individually.

Table 1. Information about ABS.

No	Name of the road	Region No	City	Km
1.	4+800 th kilometer of Düzce-Kaynaşlı Road			26+800
2.	Between 16+000 - 64+000 kilometers of Hendek-Bolu Road	4-Ankara	Düzce	0+000-48+000
3.	Between 23+000 - 24+000 kilometers of Düzce-Akçakoca Road			23+800

Analysis of the First ABS

The 4+800th kilometer of Düzce-Bolu road was stated by KGM as an accident black spot that needs improvement in 2016. The fact that the side road connections connecting to the highway on the main route are planned to cause problems in the flow of traffic lead to similar accidents at the same point. Although the traffic signs seem to be adequate and the road design seems to be appropriate, it is striking that there are problems in the planning of the connection between the side road and the main road on the route, which causes the accidents.

In the examinations made, it was observed that there was a water accumulation near the middle part of the road. This reveals the possibility that the superelevation corresponding to that region was misapplied. This accumulated water causes accidents by reducing the safety of the vehicles in the left lane known as the accelerating lane.

The side road planning that connects to the highway on the same route is not at the desired level, causing accidents. Although the necessary traffic signs and road design seem to be at the desired level, it is seen that there are still problems in the planning of the side road and main road connection on this route.

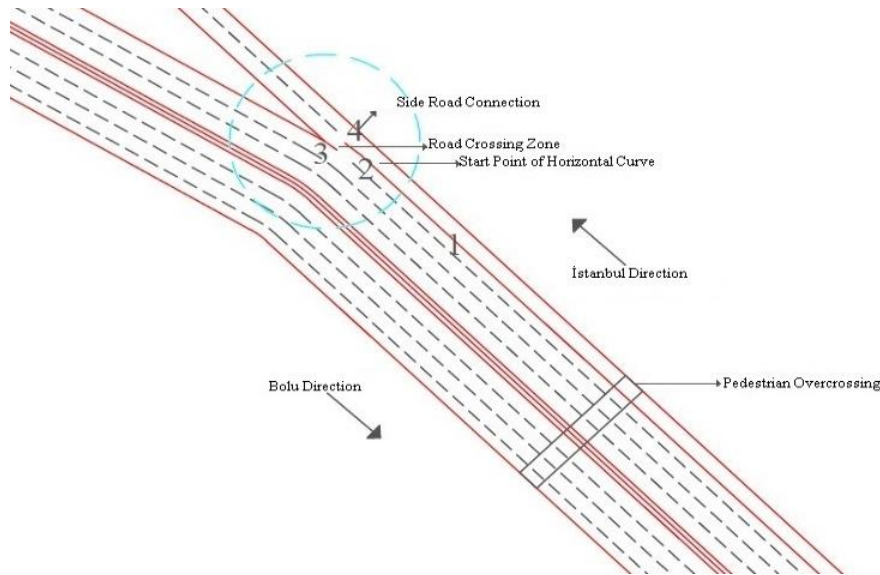


Figure 3. Plan view of the First ABS.

On the D100 Highway, the lane width is 3.5 m, and the outer shoulder width is 2.5 m. In the direction of Istanbul, there is a transition zone towards Zonguldak at point 3, as seen in Figure 3, while the vehicle is in motion. While the outer shoulder serves as 2.5 m before reaching zone 3 (zone 1), it reaches the width of the lane (3.5 m) in the transition zone (in zone 3); however, there is not enough

width in this area to fully ensure navigational safety. The shoulder width should be increased in the previous section, and the lane width should be regulated to 3.5 m before reaching the transition zone. In addition, at this point, the fact that the region close to the transition zone (zone 2) is the beginning of the horizontal curve causes some problems. In this part of the road, the lane direction and guardrail directions were constructed in accordance with the horizontal curve direction. However, the construction of the guardrail in the transition zone in accordance with the horizontal curve causes the vehicle to be disturbed by the guardrail during the passage (zone 3). In this section, the driver may experience discomfort with the psychology of entering a narrow area directly from a wide area. Figure 4 and Figure 5 show the view of the road.



Figure 4. a) The course of the highway in the direction of Hendek, b) Transition zone.

On the other hand, centrifugal force acts on the vehicles in the horizontal curve. Sudden maneuvers of vehicles under the influence of centrifugal force towards the transition zone cause loss of control, thus reducing driving safety (Figure 5).

Before the start of the horizontal curve (close to zone 1), a direction sign placed on the highway section will increase the awareness of the drivers of vehicles going in that direction and prevent sudden slowdowns and maneuvers.



Figure 5. Side road connection.

The lane width in the transition zone should be reconsidered in accordance with the conditions to transform the specified accident black spot into forgiving road status. The fact that the highway section, which serves as an outer shoulder width of 2.5 m, has been transformed into a normal lane in the transition zone and serves vehicle traffic, causes the drivers to be extra careful and make an effort,

and the risk of accident. Continuing the application of additional shoulders to the lane at the transition point where the connection to the side road is made, even if it is minimal, will eliminate the risk of an accident.

Shoulder rumble strips should be applied to warn careless or distracted drivers, which will use the transition zone, and to reduce their speed before they reach this zone (Figure 3, between zones 1-2). Considering the forgiving road design, constructing energy-absorbing guardrails at the intersection will ensure that possible accidents are avoided with less damage.

Placing a direction sign indicating the direction of Zonguldak Province for early warning of vehicle drivers before they reach the transition zone will prevent late maneuvering of vehicle drivers who will pass in this direction. In addition, direction markings to be placed on the road before coming to the transition zone will ensure the safer passage of vehicles.

Analysis of the Second ABS

The junction point located around Düzce on the Hendek-Bolu road, defined as the accident black spot by KGM in 2016, was included in the study by making on-site investigations, and it was tried to observe the situations that could cause the accident. The plan view of the specified intersection is given in Figure 6.

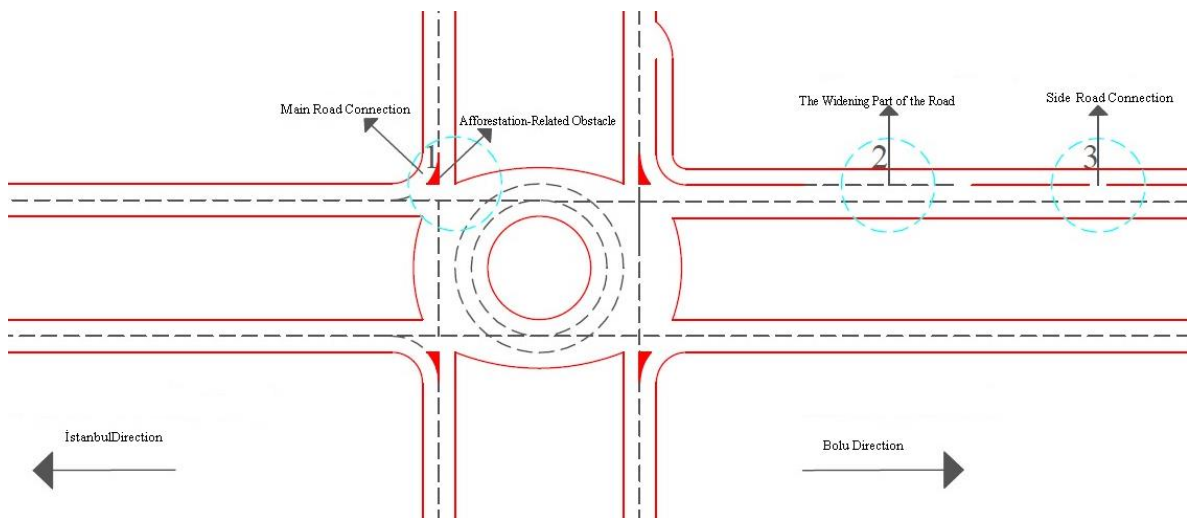


Figure 6. Plan view of the second ABS.

In the examination, it is seen that the intersection is four-legged. It has been determined that the necessary traffic signs for the vehicles that want to change their directions to the İstanbul-Bolu Road from other directions are not made at a sufficient level, and the vehicles are given the right of slow and controlled passing. In addition, there are obstacles originating from the landscape at the median that restricts the view of the vehicle drivers on the main road (Figure 6 (zone 1) and Figure 7).



Figure 7. a) View of the intersection, b) the tree that does not allow safe passage and obstructs the view.

In addition, as a result of the examinations, it was determined that the road expanded and then narrowed just before the traffic warning lamps at the intersection while driving from Düzce to the direction of İstanbul (Figure 6 (zone 3)). The reason for this sudden expansion is due to the fact that there is a side road connection to the highway before the traffic warning lamps, and the road widens at that connection section (Figure 8). The road widening in the connection section narrows in the area where the traffic warning lamps are located. This causes the vehicles on the road to be disturbed by the vehicles connected to the road by the side road in certain areas.



Figure 8. Section with side road connection, b) the section where the highway narrows after the side road connection.

Considering the plan view, both the traffic warning light and the tree that obstruct the driver's view should be removed from their location to ensure that the vehicles connecting to the main road from the north can pass slowly and carefully.

The section where the road suddenly widens needs to be improved. This improvement can be made, albeit partially, by shifting the area that connects to the main road from the side road further back. A warning sign should be placed to warn the vehicle drivers traveling on the main road for vehicles that can be connected from the side road in case this improvement does not be made (Figure 6 (zone 3)).

Since the speed of vehicles using the main road on the right of way can be high, the vehicles coming from other roads connected to the main road will cause traffic accidents. Speed warning signs should be placed next to traffic warning lamps at the connection points to the highway.

Analysis of the Third ABS

The 23+000-24+000 km of Düzce-Akçakoca Road was not stated as a point to be improved by KGM. However, the situation of this road section, the type of accidents, and statistics reveal that this section needs to be examined and improved. This section was examined at the site. The traffic flow, the adequacy of the traffic signs, and the transition zones were analyzed in detail. Thus, the following situations were encountered.

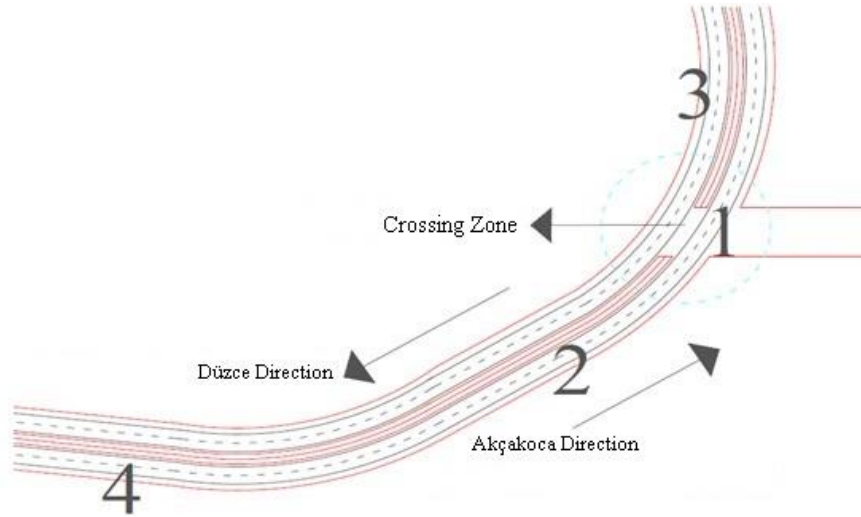


Figure 9. Plan view of the third ABS.

In the section shown in Figure 9, vehicles that enter the horizontal curve while driving (vehicles going from zone 4 to Akçakoca direction) encounter the intersection (zone 1) before the vehicles have fully corrected their driving style and come face to face with the vehicles that will cross the intersection. This situation causes a sudden slowdown and an accident for vehicles that cannot slow down. There are speed warning signs long before the horizontal curve; however, it was determined that these warning signs were not found before entering the horizontal curve (zone 4). In addition, since this road section is a section where the vehicle accelerates vertically (between 4-2 zones), other vehicles that can suddenly come across the vehicle in motion create hazardous situations. Figure 10 and Figure 11 show the view of the road from different perspectives.



Figure 10. Direction of arrival to Tepeköy intersection (Düzce-Akçakoca direction), b) road section with vehicle passage.



Figure 11. Rural road connecting to main road, b) the direction and form of connecting vehicles to the main road.

There is also a different danger for vehicles connecting in the opposite direction (vehicles connecting in the direction of Düzce from zone 1). There is no speed warning sign or shoulder rumble strip application for vehicles traveling in the opposite direction (Figure 9, zone 3). Passage safety of vehicles passing in the opposite direction is deficient. For vehicles going from Akçakoca to Düzce, warning signs should be placed to reduce their speed, and shoulder rumble strips should be placed on the road to reduce the speed of vehicles before they reach the transition zone (Figure 9, zones 2 and 3). Speed warning signs should be placed before entering the horizontal curve to warn the drivers of vehicles traveling in the direction of Akçakoca (Figure 9, zone 4). Considering that the speed of vehicles traveling in the direction of Akçakoca may be high when they exit the horizontal curve, it is necessary to apply a shoulder rumble strip just before the transition zone (Figure 9, zone 2). The current application is insufficient and incomplete. To increase the awareness of drivers traveling in both directions, there should be warning signs indicating the transition zone. It should be ensured that the vehicles reduce their speed before they come to this area.

The maneuverability of vehicles entering the horizontal curve decreases with centrifugal force. Since it is difficult for the vehicle driver traveling in this direction to see the transition zone, a sudden slowdown may occur. Warning signs should be placed to warn the vehicle drivers traveling in the direction of Düzce, indicating that the speed should be reduced (Figure 9 zone 2).

Since there is a transition zone, the median guardrail is divided in this part. Placing the guardrail in the median area further back (towards zone 2) so that the vehicles that will pass can pass more quickly and safely will facilitate the navigation of the vehicles that will pass from Tepeköy to the opposite direction.

Conclusions and Recommendations

The concept of "Forgiving Roads" made the current issue by KGM in our country covers subjects such as examining the characteristics of these points on the road sections where traffic accidents frequently occur, investigating the causes of the accident, and eliminating the reasons that may cause the accident. Practices carried out in this context have resulted in a 50% reduction in traffic accidents.

In the context of the forgiving road concept, three different accident black points were examined, and improvement works on these points were mentioned. Considering the forgiving road design, investigations were made, and recommendations were made on what to do.

Within the scope of forgiving road design in Turkey, there are great administrative deficiencies in terms of eliminating the existing problems at the ABS. KGM knows the ABSs that need improvement and it also states that improvements have been made or will be made on these road sections where accidents are common. Nevertheless, it is seen that there are some problems in the applications.

Traffic accidents occurring at these points are generally caused by not analyzing the traffic situation completely, not making the necessary markings for the safe passage of vehicles, and inaccurate and inappropriate road geometry.

In addition to the recommendations for improving highway/environmental factors (road sections) as a result of the examinations, the importance of the driver factor in forgiving road design should not be forgotten. It should always be mentioned that it is a factor that should be kept on the agenda and directly affects traffic accidents. A conscious driver has the potential to ensure safe traffic. Uncovering this potential will also facilitate the improvement of road sections.

All the comments and recommendations in the study aim to eliminate the existing problems in the light of forgiving road design and to comprise a basis for the correct and safe construction of new road sections. An expert report should be prepared by people who are well-equipped and familiar with the concept of a forgiving road design for the sections with a very high probability of an accident in the three different ABS examined. Furthermore, this report should be submitted to the institution that can perform the improvement quickly and accurately.

Declaration of Competing Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Authorship Contribution Statement

Sercan Serin: Conceptualization, Methodology, Visualization, Investigation, Supervision, Writing - review & editing.

Yakup Önal: Methodology, Visualization, Investigation, Data curation, Writing - original draft.

Cafer Kayadelen: Methodology, Data curation, Supervision, Writing - review & editing.

Muahmmet Fatih Mutlu: Investigation, Data curation, Writing - original draft.

References

Armour M., McLean JR. Effect of shoulder width and type on rural traffic safety and operations. Australian Road Research 1983; 13(4): 259-270.

- Atahan AO. Otokorkuluk bitim noktalarında kullanılan enerji absorbe edici mekanizmalar. IV. Ulaşım ve Trafik Kongresi 2003; Ankara.
- Chaudhary SK. Self explaining and forgiving roads to improve road safety. *Indian Highways* 2020; 48(1): 15-23.
- Kurakina E., Evtiukov S., Rajczyk J. Potential for improving the procedure of inspecting road traffic accident black spots. *Architecture and Engineering* 2020; 5(3): 56-62.
- Ergün G. Yol emniyetini geliştirme programı: Türkiye için bir strateji önerisi. II. Ulaşım ve Trafik Kongresi 1999; Ankara.
- Fan Z., Liu C., Cai D., Yue S. Research on black spot identification of safety in urban traffic accidents based on machine learning method. *Safety Science* 2019; 118, 607-616.
- Gkemou M., Gkragakopoulos I., Bekiaris E., Steccanella A., Kehagias D. Implementation and validation approach of the C-ITS novel solution proposed by SAFE STRIP for self-explanatory and forgiving infrastructures. In 2019 15th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS). 2019; May. (pp. 717-724). IEEE.
- Güçmen Ö. Karayolu ulaşımında güvenlik sorununun başlıca yönleri ile genel incelemesi. Doçentlik Tezi, İTÜ, 1975; İstanbul.
- Iqbal A., Rehman ZU., Ali S., Ullah K., Ghani U. Road traffic accident analysis and identification of black spot locations on highway. *Civil Engineering Journal* 2020; 6(12): 2448-2456.
- Kahramangil M., Şenkal Ş. Kaza kara noktaları belirleme yöntemleri. II. Ulaşım ve Trafik Kongresi–Sergisi 1999; Ankara.
- Karaşahin M., Bağırğan N. Şehirlerarası bölünmemiş karayollarında şerit ve banket genişliğinin karayolu güvenliğine etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2007; 13(2): 265-272.
- Karayolu Tasarımı Raporu (KTR). Yol kenarı alanları ve otokorkuluklar ile ilgili olarak önerilen tasarım esasları, Ek3-S20, 2000; Haziran.
- Kihlberg JK., Tharp KJ. Accident rates as related to design elements of rural highways. NCHRP Report 1968; 47.
- La Torre F. Forgiving roadsides design guide. 2012; (No. 2013/09).
- Mecheri S., Mars F., Lobjois R. Gaze and steering strategies while driving around bends with shoulders. *Applied Ergonomics*. 2022; 103: 103798.
- Roque C., Cardoso JL., Connell T., Schermers G., Weber R. Topic analysis of road safety inspections using latent dirichlet allocation: A case study of roadside safety in Irish main roads. *Accident Analysis & Prevention* 2019; 131: 336-349.
- Tanprasert T., Siripanpornchana C., Surasvadi N., Thajchayapong S. Recognizing traffic black spots from street view images using environment-aware image processing and neural network. *IEEE Access* 2020; 8, 121469-121478.

- Thangavel RK., Athithan S., Sarumathi S., Aruna M., Nithila B. Blackspot alert and accident prevention system. In 2019 10th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT) 2019; July, (pp. 1-6), IEEE.
- Thomson R., Fagerlind, H., Martinez AV., Amenguel A., Naing CL., Hill J., Hoschopf H., Dupré G., Bisson O., Kelkka M., Horst RVD., Garcia JM. Roadside infrastructure for safer European roads: D06 European best practice for roadside design: guidelines for roadside infrastructure on new and existing roads. 2006a.
- Thomson R., Fagerlind, H., Martinez AV., Amenguel A., Naing CL., Hill J., Hoschopf H., Dupré G., Bisson O., Kelkka M., Horst RVD., Garcia JM. European best practice for roadside design: Guidelines for roadside infrastructure on new and existing roads. 2006b.
- Türkiye Cumhuriyeti Karayolu İyileştirme ve Trafik Güvenliği Projesi (KİTĞİ). Türkiye için Ulusal Trafik Güvenliği Programı 2001; Aralık, Ankara.
- Zhang C., Shu Y., Yan L. A novel identification model for road traffic accident black spots: A case study in Ningbo, China. IEEE Access 2019; 7: 140197-140205.
- Zegeer CV., Stewart R., Council F., Neuman TR. Accident relationships of roadway width on low-volume roads. Transportation Research Record 1994; 1445.
- Zegeer CV., Twomey JM., Heckman ML., Hayward JC. Safety effectiveness of highway design features. Volume II: Alignment 1992; (No. FHWA-RD-91-045).

Investigation of Some Chemical and Textural Properties of Chicken Breast Meats Sold by Different Companies

Özlem VAROL AVCILAR^{1*}

¹Department of Nutrition and Dietetics, Faculty of Health Sciences, Osmaniye Korkut Ata University, 80 000, Osmaniye

¹<https://orcid.org/0000-0001-5999-9750>

*Sorumlu yazar: ovarolavcilar@osmaniye.edu.tr

Research Article

ABSTRACT

Article History:

Received: 23.01.2023

Accepted: 16.05.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Broiler

Color

Meat

Texture

This study aimed to make chemical analyses and compare cooking loss, color and texture properties of breast meats from three companies (A, B, C) obtained from sales depots with similar weight, packaging, and expiry dates. For this purpose, 10 breast meat samples from each company were used as material. As a result, protein values in companies A, B, and C were 22.60, 22.59, and 22.82%, respectively ($P > 0.05$). Fat values were measured as 2.18, 2.77, and 2.42% ($P > 0.05$). It was determined that the cooking loss value was the highest in enterprise A (28.90%). It was measured that the L^* (lightness) value was between 59.47 and 59.70, and the a^* (redness) value was between 2.84 and 3.60, and these values did not make a significant difference between enterprises ($P > 0.05$). The b^* (yellowness) value was found as 10.19, 12.89, and 14.95 in A, B, and C enterprises, respectively, and it was observed that the difference between these measurements was statistically significant ($P < 0.05$). When the texture analysis results were examined, it was determined that there was no significant difference between the enterprises regarding hardness, springiness, adhesiveness, and gumminess. It was determined that the chewiness results significantly affected by the enterprises ($P < 0.05$).

Farklı Firmalar Tarafından Satılan Tavuk Göğüs Etlerinin Bazı Kimyasal ve Tekstürel Özelliklerinin İncelenmesi

Araştırma Makalesi

ÖZ

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 23.01.2023

Kabul tarihi: 16.05.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Broyler

Et

Renk

Tekstür

Bu çalışmada; satış deposundan temin edilen üç farklı firmaya (A, B, C) ait ağırlık, ambalaj ve son kullanma tarihleri benzer olan göğüs etlerinin kimyasal analizlerinin yapılması, pişirme kaybı, renk ve tekstür özelliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla her firmadan 10'ar adet göğüs eti örneği materyal olarak kullanılmıştır. Sonuç olarak A, B ve C işletmelerinde protein değerleri sırasıyla %22,60; 22,59 ve 22,82 olarak bulunmuştur ($P > 0,05$). Yağ değerleri %2,18; 2,77 ve %2,42 olarak ölçülmüştür ($P > 0,05$). Pişirme kaybı değerinin en yüksek A işletmesinde (%28,90) olduğu belirlenmiştir. L^* (açıklık) değeri 59,47 ile 59,70; a^* (kırmızılık) değeri ise 2,84 ile 3,60 arasında olduğu ölçülmüş ve bu değerler bakımından işletmeler arasında görülen farklılıklar önemsiz bulunmuştur ($P > 0,05$). A, B ve C işletmelerinde b^* (sarılık) değeri sırasıyla 10,19, 12,89, 14,95 olarak bulunmuş ve bu ölçümler arasındaki fark önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Tekstür analizi sonuçları; sertlik, yaylanma, yapışkanlık ve sakızimsılık açısından işletmeler arasındaki farklılıkların

önemsiz olduğunu göstermiştir. Çiğneme sonuçlarının ise işletmelerde anlamlı fark yarattığı belirlenmiştir ($P<0.05$).

To Cite: Varol Avcılar Ö. Investigation of Some Chemical and Textural Properties of Chicken Breast Meats Sold by Different Companies. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(Ek Sayı): 119-127.

Introduction

The chicken meat industry, which has been growing rapidly in recent years, offers an important animal food source for consumption in terms of providing a relatively cheap protein source, providing easily prepared products, and not being subject to any religious restrictions (Valceschini, 2006).

In addition, chicken meat is among the healthy foods in many diet lists, as it contains valuable essential amino acids as a source of animal protein, has a low cholesterol value, and contains valuable vitamins and minerals (Adamski et al., 2017; Isleyici et al., 2019).

Considering these advantages, the production and consumption of poultry meat globally, especially chicken, reached 132,476 and 130,832 million tons, respectively, according to the averages for 2019-2021 years (OECD-FAO, 2022).

Chicken meat, It is offered for sale as a fresh, processed and frozen animal product. In addition to the whole carcass consumption, an especially optional part of chicken meat (thigh, breast, wings etc.) consumption ensures that the meat portion suitable for the demands of the consumers is met.

Chicken breast meat, which is the most preferred, has an important place as the fundamental agent of mainly chicken meat processed products, which is easy to prepare and cook quickly (Sezen, 2009). The chemical composition of chicken breast meat was reported as moisture 76.10%, crude protein 21.95%, crude fat 1.29%, crude ash 1.67%, and 121 kcal/100g (skinless breast meat) energy amount (Kim et al., 2020, TURKOMP, 2022).

This chemical composition and the quality of the final product may vary due to reasons such as the breed of the animal, its age, gender, genetic characteristics, growing conditions, preferred carcass region, slaughtering, post-slaughtering cooling, shredding and packaging processes (Sezen 2009; Isleyici et al., 2019).

In the review studies, it has been reported that especially the loading, transportation, unloading, slaughtering and processing stages of poultry production have an effect on meat quality. It has been stated that these processes may cause stress and this will cause the formation of PSE-like meat (pale, soft, exudative) (Mir et al. 2017). In PSE meats, acceleration of postmortem glycolysis and rapid pH decrease occur while the carcass is still warm. These events can cause muscle protein denaturation, flesh discoloration, reduced water holding capacity and poor texture development (Zaboli et al.2019).

The color of chicken meat, which is one of the factors affecting the consumer's purchasing behavior, can be affected by environmental and genetic factors. At the same time, the amount of myoglobin and heme pigments in the structure of the meat is also essential. Chicken breast meat contains lower amounts of these pigments than other parts (Wideman et al., 2016).

As an indicator of consumer satisfaction, texture characteristics are important in selling meat. For example, characteristics that determine the consumption quality of meat, such as hardness, adhesiveness, springiness, and chewiness, are among the most important texture criteria. These criteria can be determined by means of TPA tests (Texture profile analyses), which try to define the events that occur in the mouth while consuming the consumer's food (Erdemir and Karaoğlu, 2021).

This study aimed to determine the current situation in chicken breast meat samples from different companies offered for sale by making some chemical analyses, cooking loss, color and textural analyses that are important in consumer preference.

Materials and Methods

Sampling

The study was carried out in May 2022 in Osmaniye/TURKEY. The samples were taken from the sales depots using a simple random method and transported to the laboratory maintaining the cold chain.

30 pieces of chicken fillets from three companies (A, B, C companies; 10 samples for each group) were taken as whole breast meat without opening their commercial packages. Care was taken to ensure that the samples' weights, packaging, and expiry dates were similar. They were kept in their original packaging and + 4°C until analysis was applied.

In all samples, chemical analysis was conducted in the lower left part of the breast meat, color measurements were made in the upper left part, and texture measurements and cooking loss were made in the right part.

Chemical composition

Approximately 5 g of the meat sample was dried in a drying oven (UNB400 Memmert, Germany) at 103°C for 3 hours to determine the moisture content. Moisture content was determined by calculating the weight differences before and after drying. Crude protein content was measured by the Kjeldahl method (VAPOdest45S, Gerhardt, Germany). Crude fat content was calculated by petroleum ether extraction using the Soxhlet method (SOX416, Gerhardt, Germany).

Meat color measurement

The color properties L*, a*, and b* of poultry meat were specified by a Chroma meter (Konica Minolta, CR-400, Japan). The average value was determined by taking three measurements from different places on the breast meat surface; L* (lightness), a* (redness), b* (yellowness) values were calculated.

Meat cooking loss

To measure the cooking loss value 5 g were taken from each samples. These samples were packed in polyethylene bags. It was kept in an 80 °C water bath (Selecta, Spain) for 1 hour. It was then cooled at room temperature for 30 min. Cooking loss was calculated from the difference between pre-and post-cooking weights (Honikel, 1998).

Meat texture analysis

Chicken breast samples' hardness, springiness, adhesiveness, gumminess, and chewiness were measured using the texture analyzer (CT3 Texture Analyzer; Brook field Engineering Labs Inc., Middleborough, MA, USA). The method used was modified according to Masoumi et al., (2022).

Statistical analysis

One-Way ANOVA and Kruskal–Wallis tests were used to determine the difference between groups; Tukey was performed as a post hoc test. While the One-Way ANOVA test was applied when the variances were homogeneous, the Kruskal–Wallis test was applied when the variances were not homogeneous. Significance was considered at $P < 0.05$. The SPSS Statistics 23.0 package program performed the statistical analysis. Mean \pm std. error (SE) was used in the tables and in comparison between groups. The sample size used in the study was determined with the G Power 3.1 power analysis software (Faul et al. 2007).

Results

Chemical analysis values in samples that belong to different companies are given in Table 1. While the moisture value was 72.18% in the samples belonging to company C, results were close to each other in companies A and B. There was no statistically significant difference between the results ($P > 0.05$). Protein values are highest in company C as 22.82%, and lowest in company A as 22.60%. It was observed that these numerical differences between the groups are not significant ($P > 0.05$). The fat value was found to be the highest (2.77%) in company B. Cooking loss values were determined as 28.90, 24.24, and 26.13% in companies A, B, and C, respectively ($P > 0.05$).

Color values of chicken breast meat samples are shown in Table 2. In the samples of companies A and C, L^* values are close to each other (59.70 and 59.47).

In company B, it was measured as 56.61 ($P > 0.05$). The highest a^* value in breast meat samples was determined in company B (3.60). The values in other companies' samples are lower, and the difference between groups is not significant ($P > 0.05$). The highest b^* value in breast meat samples was determined in Company C (14.95).

For companies B and A, it is 12.89 and 10.19, respectively. This difference between the groups was statistically significant ($P < 0.05$).

Table 1. Comparison of the proximate composition (%) and cooking loss (%) values of chicken breast meats from different companies.

Companies	Moisture (%)	Protein (%)	Fat (%)	Cooking loss (%)
A	71.28±0.32	22.60±0.21	2.18±0.13	28.90±1.47
B	71.43±0.25	22.59±0.30	2.77±0.33	24.24±1.23
C	72.18±0.28	22.82±0.16	2.42±0.35	26.13±1.45

Values are shown as mean ± std. error. Values without letters in the same column indicate no significant difference ($P > 0.05$), while lower case superscripts indicate a significant difference ($P < 0.05$). (n = 10).

Table 2. Comparison of the surface color of raw chicken breast meat from different companies.

Companies	L*	a*	b*
A	59.70±1.19	2.84±0.43	10.19±0.48 ^a
B	56.61±1.27	3.60±0.90	12.89±1.02 ^{a b}
C	59.47±0.97	3.13±0.42	14.95±1.01 ^b

Values are shown as mean ± std. error. Values without letters in the same column indicate no significant difference ($P > 0.05$), while lower case superscripts indicate a significant difference ($P < 0.05$). (n = 10). L: lightness, a: redness, b: yellowness.

The texture values of chicken breast meat samples are given in Table 3. The highest hardness value was found in company C (10.94). This was followed by companies A (10.92) and B (10.36), respectively. These differences between the values were not statistically significant ($P > 0.05$). The springiness value was measured as 6.56 in company B. The highest adhesiveness value was measured as 1.46 in company A. The lowest gumminess value was measured as 1.71 in company C. The highest value was determined as 2.59 in company B. The chewiness value was measured as 11.18, 13.69, and 10.62 in companies A, B, and C, respectively. This difference between the groups was statistically significant ($P < 0.05$).

Table 3. Comparison of texture characteristics of raw chicken breast of different companies.

Companies	Hardness (N)	Springiness (mm)	Adhesiveness (mJ)	Gumminess (N)	Chewiness (mJ)
A	10.92±0.20	5.71±0.29	1.46±0.41	2.12±0.27	11.18±0.87 ^{a b}
B	10.36±0.30	6.56±0.25	1.24±0.31	2.59±0.48	13.69±0.46 ^b
C	10.94±0.18	6.20±0.15	1.10±0.28	1.71±0.30	10.62±1.05 ^a

Values are shown as mean ± std. error. Values without letters in the same column indicate no significant difference ($P>0.05$), while lower case superscripts indicate a significant difference ($P<0.05$). (n = 10).

Discussion

Chemical analysis of meat is critical in determining the nutritional values before converting them into products to be processed. Xiong et al. (1993) reported that the chemical composition of chicken meat might change during sex, age, animal feeding, the part of the meat it belongs to and carcass processing.

In a review study, the amount of protein in chicken fillet was around 23-25%, while it was reported as 18% in thigh meat. It has been stated that the protein amount of chicken meat is affected by the consumed feed content and especially the slaughter age, and the increase in slaughter age can increase the protein content. It has been stated that the amount of fat in traditionally grown chicken meat is around 1.3% in fillet and 4.5% in thigh, and the amount of fat in chicken meat can be affected by the energy level of the consumed feed, slaughter age, genotype and production system. It has been stated that the mineral content of meat is little affected by nutrition and other breeding factors, and especially the vitamin content depends on the composition of the feed (Baeza et al. 2022).

In this study, there was no difference in chemical composition values chicken breast meat between the companies. The obtained values are similar to the results reported by various researchers previously performed (moisture, protein and fat values Petracci et al., (2013), 75.07; 23.48; 1.82%; Silva et al., (2017), 76.3; 19.9; 1.3%; Kokoszynski et al., (2022), 72.9; 24.3; 1.8%). In this study, it can be thought that the similarity of chemical compositions is because the companies from which the samples were supplied are integrated enterprises and the care-feeding conditions and carcass processing process are carried out properly.

While there was no statistically significant difference between the groups in terms of chemical composition values in the samples examined, it was observed that the cooking loss value was lower, especially in the B group. Some researchers have stated that the cooking loss value may vary depending on the amount of myofibrillar protein, connective tissue or collagen in the structure of the meat (Petracci et al., 2013). The fact that the cooking loss in group B is lower than the other groups and the chewiness value of the meat is higher suggests that the connective tissue amount of the meat of

this company may be greater. These results is appropriate to investigate in more detail with other chemical analysis methods.

The color of chicken meat can be particularly affected by feed. Color change is observed due to the accumulation of carotenoids found naturally or in feeds in intramuscular fats. It is the haem protein concentration that affects the brightness and redness of meat. Due to the increase in slaughter age, the meat becomes redder and darker because the heme pigment content increases. Muscle glycogen stores during slaughter and pH change after death are effective in the formation of color in white meat. Stress factors occurring before slaughter are effective in muscle glycogen stores and pH change. In addition, storage conditions and packaging processes can be effective on the color of fresh poultry meat (Baeza et al. 2022).

L* value is an important parameter in determining the color of chicken meat. It has been reported that when the L* value is high, the color is light and the pH is low ($\text{pH} < 5.6$), and when this value is low, the color becomes darker and the pH increases ($\text{pH} > 5.9$) (Garcia et al., 2010). In a study, L*, a* and b* values were reported as 52.5, 2.8, 2.1 in packaged chicken breast meat on the 3rd day (Chmiel et al., 2018). Another study reported that the pH was also low in meats with low water holding capacity after slaughter. In the same study, it was stated that the L* value is high, the a* value is low and the b* value is high, which determines the color criteria of the meat (Bowker and Zhuang, 2015). A study reported that high L* values may be due to the stressful situations of animals such as temperature, inappropriate catching, long-distance transportation before slaughter (Karunanayaka et al., 2016).

In this study, only a significant difference in b* value was found between the sample groups. Samples with similar expiration dates and weights were preferred in this study. However, the exact time of slaughter of the animals is not known, and how this will affect the pigments that give color to the meat may be influential in the formation of this difference.

The texture of poultry meat may change depending on the post-slaughter pH change and the development of rigor mortis. These factors may be affected by age, genotype, breeding systems, slaughter conditions and carcass handling processes (Baeza et al. 2022).

The texture of chicken meat is an essential factor affecting the quality of the meat and thus, consumer satisfaction. It was reported that the microstructure of the muscles, muscle fiber thickness, and the structure of the connective tissues surrounding the muscle cells are essential in determining the values such as adhesiveness, chewiness, and gumminess in breast meat (Kokoszynski et al., 2022).

This study determined that the numerical differences in hardness, springiness, adhesiveness and gumminess values were not statistically significant. In the chewiness value, it was determined that the difference between the enterprises was significant ($P < 0.05$). Animal care and feeding conditions, transport processes, post-slaughter cooling, and storage conditions can be affected this value. In addition, the increase in the hardness of the meat may cause an increase in the chewiness value and in this case, a decrease in the consumer's demand (Erdemir and Karaoğlu, 2021).

Conclusions

As a result of, generally similar results were found in the samples of the three enterprises included in the study. This may be due to the fact that the enterprises are integrated enterprises, as well as providing the favorable conditions for feeding practices, transportation, slaughtering methods, storage conditions and putting up for sale, which affect both chemical composition and texture properties.

Statement of Conflict of Interest

Author has declared no conflict of interest.

Author's Contributions

The contribution of the author is 100%.

References

- Adamski M., Kuźniacka J., Milczewska N. Preferences of consumers for choosing poultry meat. *Polish Journal of Natural Science* 2017; 32(2): 261–271.
- Baeza E., Guillier L., Petracci M. Review: Production factors affecting poultry carcass and meat quality attributes. *Animal* 2022; 16.
- Bowker B., Zhuang H. Relationship between water-holding capacity and protein denaturation in broiler breast meat. *Poultry Science* 2015; 94: 1657–1664.
- Chmiel M., Hac-Szymanczuk E., Adamczak L., Pietrzak D., Florowski T., Cegiela A. Quality changes of chicken breast meat packaged in a normal and in a modified atmosphere. *The Journal of Applied Poultry Research* 2018; 27(3): 349-362.
- Erdemir E., Karaoğlu MM. Et ve et ürünlerinin tekstürel özelliklerini enstrümantal olarak tespit etme yöntemleri ve tekstür profil analizi üzerine bir derleme. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2021; 11(4): 2836-2848.
- Faul F., Erdfelder E., Lang AG., Buchner A. G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods* 2007; 39(2): 175-191.
- Garcia RG., Freitas LW., Schwingel AW., Farias RM., Caldara FR., Gabriel AMA., Graciano JD., Comiama JM., Almeida Paz ICL. Incidence and physical properties of PSE chicken meat in a commercial processing plant. *Brazilian Journal of Poultry Science* 2010; 12(4): 233-237.
- Honikel KO. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* 1998; 49(4): 447-457.
- Isleyici O., Sancak YC., Sireli TU. Kanatlı etinin besin değeri ve halk sağlığı açısından önemi. *Mektup Ankara* 2019; 17(4): 6-30.

- Karunanayaka DS., Jayasena DD., Jo C. Prevalence of pale, soft, and exudative (PSE) condition in chicken meat used for commercial meat processing and its effect on roasted chicken breast. *Journal of Animal Science and Technology* 2016; 58: 27.
- Kim HJ., Kim HJ., Jeon J., Nam KC., Shim KS., Jung JH., Kim KS., Choi Y., Kim SH. Jang A. Comparison of the quality characteristics of chicken breast meat from conventional and animal welfare farms under refrigerated storage. *Poultry Science* 2020; 99(3): 1788-1796.
- Kokoszynski D., Kujawska JZ., Kotowicz M., Sobczak M., Piwczynski D., Stęczny K., Majrowska M., Saleh M. Carcass characteristics and selected meat quality traits from commercial broiler chickens of different origin. *Animal Science Journal* 2022; 93(1).
- Masoumi B., Abbasi A., Mazloomi SM., Shaghaghian S. Investigating the effect of probiotics as natural preservatives on the microbial and physicochemical properties of yogurt-marinated chicken fillets. *Journal of Food Quality* 2022.
- Mir NA., Rafid A., Kumar F., Singh V., Shukla V. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. *Journal of Food Science and Technology* 2017; 54(10): 2997–3009.
- OECD-FAO. Table C.4. World meat projections. *Oecd-Fao Agricultural Outlook 2022-2031*. Available at <https://www.fao.org/3/cb5332en/Meat.pdf>. [Accessed 18.08. 2022].
- Petracci M., Sirri F., Mazzoni M. Comparison of breast muscle traits and meat quality characteristics in 2 commercial chicken hybrids. *Poultry Science* 2013; 92: 2438–2447.
- Sezen G. Piyasada satışa sunulan taze kanatlı eti preparatlarının son kullanma tarihlerindeki duyuşal, kimyasal ve mikrobiyolojik kaliteleri. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 2009; 28(1): 19-24.
- Silva DCF., Arruda AMV., Goncalves AA. Quality characteristics of broiler chicken meat from free-range and industrial poultry system for the consumers. *Journal of Food Science and Technology* 2017; 54 (7): 1818–1826.
- TÜRKOMP. Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı. Available at <http://www.turkomp.gov.tr/foodpilic-eti-gogus-derisiz-64> [Accessed August 18.08. 2022].
- Xiong YL., Cantor AH., Prescatora AJ., Blanchard SP., et al., Variations in muscle chemical composition, pH and protein extractability among eight different broiler crosses. *Journal of Poultry Science* 1993; 72: 583-588.
- Wideman N., O'bryan CA., Crandall PG. Factors affecting poultry meat colour and consumer preferences-A review. *World's Poultry Science Journal* 2016; 72(2): 353-366.
- Valceschini E. Poultry meat trends and consumer attitudes. 359. In: *Proceedings of the EPC 2006 - 12th European Poultry Conference, 2006, Verona, Italy*; 6.
- Zaboli G., Huang X., Feng X., Ahn DU. How can heat stress affect chicken meat quality?- a review. *Poultry Science* 2019; 98: 1551-1556.



Mechanical Drive Random Short Pattern Machine Prototype

Kübra YILMAZ^{1*}, Duygu Durdu KOÇ², Arif ŞENER³

¹Ulusoy Textile Industry and Commerce Incorporated Company Adana/ Türkiye, Adana Alparslan Turkes Science and Technology University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, 01250, Adana, Türkiye

²Ulusoy Textile Industry and Commerce Incorporated Company Adana/ Türkiye, Adana Alparslan Turkes Science and Technology University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, 01250, Adana, Türkiye

³Ulusoy Textile Industry and Commerce Incorporated Company Adana, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-1040-1097>

²<https://orcid.org/0000-0002-4400-5714>

³<https://orcid.org/0000-0003-0726-0027>

*Corresponding author: kubragordebil@gmail.com

Research Article

Article History:

Received: 24.02.2022

Accepted: 04.05.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Dyeing automation

PLC

Textile

Smart dyeing

Dyeing yarn

ABSTRACT

One of the important producers of the industrial industry in our country is the textile sector. The importance of the textile industry for our country is growing day by day with increasing production and employment. In order to keep up with this growth, manufacturers need to go beyond their existing systems, show their differences and make the right innovations in their production. Considering these values, changes to be made in the yarn structure or dyeing process come to the fore. In this study, the dyeing process is discussed. Weaving and home textiles, which are an important part of the textile industry, have a wide market. There are different dyeing systems that have an important market for the products made in these areas. Spaced and smart painting, which are among these painting systems, do not meet the needs in the desired direction. A new machine design is needed to provide the desired features. In the study conducted in this direction; A commercially unavailable machine has been implemented, designed and manufactured to generate random short patterns with mechanical drive. In project scope; First of all, the paint stand to be integrated into the system was designed. Different yarn lifters and godet systems have been designed. Paint container, drive system and electronic panel are also mounted on the system. In addition, new software has been developed within the scope of the project to provide automatic control of the system. Studies were carried out with PLC and Arduino electronic circuit board. In the first stage, motor driver circuits were designed with PLC and Arduino. Then, with the software loaded on the PLC and Arduino processor board, the frequency values to be given to the inverter were started by changing the threshold ranges we wanted. Lifters and painting cylinders are connected to each other so that the same sequence is not repeated. Thus, in this study carried out in line with the needs, both a new machine and a new textile product with different dye patterns emerged.

Mekanik Tahrikli Rastgele Kısa Desen Yapan Makine Prototipi

Araştırma Makalesi

ÖZ

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 24.02.2022
Kabul tarihi: 04.05.2023
Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Boyama otomasyonu
PLC
Tekstil
Akıllı boyama
İplik boyama

Ülkemizde sanayi endüstrisinin önemli üreticilerinden biri de tekstil sektörüdür. Ülkemiz için tekstil sektörünün önemi, artan üretim ve istihdam ile her geçen gün büyümektedir. Bu büyümeye ayak uydurabilmek için üreticilerin mevcut sistemlerinin dışına çıkarak farklılıklarını ortaya koyabilmeleri ve üretimlerinde doğru yenilikleri yapmaları gerekmektedir. Bu değerler göz önüne alındığında iplik yapısında veya boyama işleminde yapılacak değişiklikler ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada boyama işlemi ele alınmıştır. Tekstil sektörünün önemli bir parçası olan dokuma ve ev tekstili geniş bir pazara sahiptir. Bu alanlarda gerçekleştirilen ürünler için önemli bir pazara sahip olan farklı boyama sistemleri bulunmaktadır. Bu boyama sistemleri arasında yer alan degrade ve akıllı boyama, istenilen yönde ihtiyaçları karşılamamaktadır. İstenilen özellikleri sağlamak için yeni bir makine tasarımına ihtiyaç vardır. Bu doğrultuda yapılan çalışmada; Mekanik tahrikli rastgele kısa desenler oluşturacak şekilde tasarlanıp üretilmiş piyasada bulunmayan bir makine hayata geçirilmiştir. Proje kapsamında; Öncelikle sisteme entegre edilecek olan boya standının tasarımı yapılmıştır. Farklı iplik kaldırıcılar ve godet sistemleri tasarlanmıştır. Sisteme ayrıca boya kabı, tahrik sistemi ve elektronik pano montajı yapılmıştır. Ayrıca sistemin otomatik kontrolünü sağlamak için proje kapsamında yeni yazılım geliştirilmiştir. PLC ve Arduino elektronik devre kartı ile çalışmalar yapılmıştır. İlk aşamada PLC ve Arduino ile motor sürücü devreleri tasarlanmıştır. Ardından PLC ve Arduino işlemci kartına yüklenen yazılım ile invertere verilecek frekans değerleri, istediğimiz eşik aralıklarında değiştirilerek start verilmiştir. Lifterler ve boyama silindirleri birbirine bağlı hale getirilerek aynı sıranın tekrarlanmaması sağlanmıştır. Böylece ihtiyaçlar doğrultusunda gerçekleştirilen bu çalışmada hem yeni bir makine hem de farklı boya desenlerine sahip yeni bir tekstil ürünü ortaya çıkmıştır.

To Cite: Yılmaz K., Koç DD., Şener A. Mechanical Drive Random Short Pattern Machine Prototype. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 128-137.

Introduction

Since the formation of industrial sectors, people have aimed to obtain quality and more products in a short time. In the light of studies based on these reasons, the distribution of work between people and machines came to the fore and the basis of machine design studies was laid. Many improvements were made in textile machines under developing and changing conditions, new prototype studies were continued. Fancy yarn production and dyeing process in the field of textiles is quite detailed; The annual trend may change according to the need and demand. In this case, the role of innovation and R&D studies is of great importance in order to produce value-added products. Also, when we compare the production and dyeing of fancy yarn in small lots with large lots; We see that it is disadvantageous to a large extent in the fields of labor, production time, waste, waste and energy. Despite the high rate of textile exports, Turkey is heavily dependent on foreign sources for the supply of production machinery and chemicals. Lateness in production-oriented approaches and R&D activities and insufficient studies in this field are among the reasons for this foreign dependency. Although the textile industry is a labor-intensive industry, the labor costs in our country are below the European average. Turkey is in a disadvantageous position when compared to China and other rival Asian countries. In this process, where Turkey set out with the advantage of cheap labor, against China,

where it cannot compete in terms of cost ; It competes with flexible production, value-added product development, innovation and branding. When this situation we are in is considered on the basis of enterprises producing fancy yarn; It accelerates the studies on developing new products that will create added value, R&D studies carried out in environmentally friendly dyeing processes, process improvement studies, energy saving, producing more products in a short time, reducing the amount of waste generated and evaluating the waste in another area. Dyeing processes in the field of textiles are carried out by various methods. After the fibers are spun into yarn, dyeing before they are woven or knitted is called yarn dyeing. Yarn dyeing can be done in two different forms of yarn. First, the threads are made into bobbins and dyed in this form, or the threads are dyed by turning them into hanks. Apart from these, we call gradient painting; These are the processes that take place in the form of dyeing the yarn in bobbin or hank printing method and then end with spin and drying side processes. Although the yarns dyed with the spaced method are especially used in the field of hand knitting and carpet, spaced dyed yarns are preferred as an effect in weaving. In spaced dyeing, production is more difficult and less amount of production than flat dyeing. Also there are not standard processes such as spaced dyeing processes, flat dyeing processes, but there are many parameters controlled by humans during dyeing. Therefore, it is likely that there will be more tonal differences between batches than flat paint batches. Because more than one color is printed on the yarn at the same time and these colors nuance each other during the fixing, washing and softening stages. In spaced dyeing, chemical degradation events occur more frequently than in plain dyeing. Therefore, it is important to reprepare the mixture in the recipes in order to reduce the amount of waste material given to the environment. It is aimed to minimize the damage to the environment, while ensuring that the chemicals and dyestuffs in the recipes used with the correct dyeing method are used more effectively. The amount of waste given to the environment can be reduced by choosing the right chemical and dyestuff and dyeing in one go. In addition, the high number of parameters that must be controlled by humans in spaced dyeing leads to automation studies. Thanks to the spaced fancy yarn dyeing machine, yarn production can be made in many areas. The resulting products can be made in certain quantities from light to dark, from dark to light, or by choosing different color groups. This process is realized by means of painting stand, paint containers, pump, lifter, creel, passage ways washers, motors. In the current system, servo motors keep the lifter pressed as much as the quantities defined in the PLC software and adjust how many centimeters to paint. As a result of this system, which is repeated until the dyeing process is finished, it is seen that it repeats itself as a pattern when the yarns dyed from light colors to dark colors or from dark colors to light colors are weaving. With the new design, the random data generated in the PLC is sent to the inverters controlling the asynchronous motors as frequency information. In this way, the motors are randomly accelerated and decelerated. It is ensured that an image that does not repeat each other is created in the pattern that emerges as a result of the study (Mahmudova, 2018; Patnaik, 2018; Saggiomo, 2018; İlhan, 2019; Ku et al., 2020).

Material and Methods

In the textile sector, especially in recent years, with the effect of Far Eastern companies, the sales prices of the products have decreased considerably and the competitive conditions have become more difficult, and it has become mandatory for the companies to work at lower costs without compromising on high quality in order to continue production. Improvement studies that will produce valuable new products have gained importance. Studies have been carried out to design a machine that will create a new product by changing certain parameters on the spaced Dyeing machine, which is considered within the scope of this study. Before the studies, the current situation was analyzed and the needs were determined. In the current system, the dyeing process is carried out by using viscose and polyester raw materials in the spaced dyeing machine as shown in Figure 1. Within the scope of this process, firstly, the raw materials in coil form are attached to the creel and passed through the yarn passageways. Before dyeing, the necessary washers and weights are placed to adjust the thread tensions. There are four painting boats and there are four cylinders where have been in painting boats.

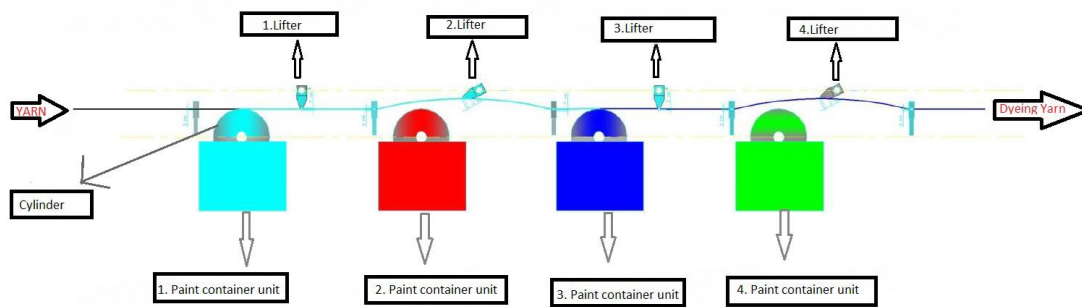


Figure 1. Painting machine autocad drawing

The dyeing process is realized by the servo motors controlled by PLC software moving the lifters. The quantities are entered manually. The drying process is carried out with the help of godets. For viscose yarns, the drying process is carried out at an average of 150-180 degrees with the help of 1 godet. For polyester yarns, there are 2 godets dry and one of them dries at 90 degrees and the other at 120 degrees. In some of the yarns produced according to the market needs, the centering process is performed and thus a knotty structure is provided to the yarn at certain intervals. After centering, the yarns are wrapped on perforated plastic bobbins and the winding process is carried out. As can be seen in Figure 2, in order to ensure that the process continues uninterrupted, the dyed mixture prepared in 50 kg barrels next to the machine is continuously circulated to the dye trough with an aquarium pump. In this way, the paint and chemicals in the barrels are mixed continuously to prevent collapse.



Figure 2. Spaced yarn dyeing machine

The yarns that emerge after dyeing are subjected to drying and fixing processes. Afterwards, puffs are taken from the bobbins selected by sampling method, as in Figure 3, in order to be able to control the color. Compliance approval is given by the quality control unit by comparing the master color with the puffs. All processes are repeated by preparing a new mixture in the barrels.



Figure 3. Selected examples

The pattern that emerged after weaving with the existing yarns was examined. It was determined that there were repeating images in this pattern. In order to create a new trend and to use the yarns in different markets, research and analysis were carried out. In this direction, mechanical and software improvement and revision studies of the existing machine were started. Unlike computers, PLCs are devices used for programming complex systems, thanks to its microprocessor, which has many inputs and outputs. When examined in terms of PLC operating systems, it consists of 3 steps. The first of these is "testing the input status." In this step, the on / off states of the switches and sensors in the PLC are checked. In the second step, the "programming execution process" is done. In this step, the data stored in the previous step is checked. appropriate operation is performed. In the third step, it controls the output signals and adjusts them as needed. After the third step, the system returns to the beginning and is repeated continuously. Before PLCs, relay cards were used for automation processes. Thanks to PLC, special designs were developed for the electromechanical control of machines such as conveyor belts, pneumatic equipment, robots etc. that make up the production lines. There are microcontroller boards on them, as in Arduino, and there are input and output connections. In this way, reading data from various sensors, controlling various output units (actuators such as motor drivers, solenoid valves, etc.) according to the created program scenario, and other input and output and monitoring

(SCADA) takes part in ensuring communication with the units. The biggest difference of PLCs from microcontroller cards as we know them is that they are designed to operate in much heavier physical conditions (high or low temperature, dust and humidity, mechanical vibration and impact, electronic interference and noise, etc.) while maintaining their stability. There are many studies about PLC, some of them are as follows; Brindha et al. realized the color acquisition system fully automated by using PLC, SCADA and Arduino. They obtained the color mixes they wanted in their study as a result of the color choices they assigned, thanks to the MATLAB GUI. They created other colors based on the primary colors yellow, red and blue. The authors used Arduino to control the process and aimed to increase efficiency, reduce cost and profit (Brindha, 2018). Becerikli conducted a study that he addressed the problems arising in PLC and SCADA based weighing and dosing systems. In this study, he aimed to find solutions by addressing external factors affecting weighing quality. In this system, three different chambers are compared with pneumatically controlled weighing, pneumatically controlled weighing using manual correction coefficients and proportional pneumatic valve using PID controller (Becerikli, 2013).

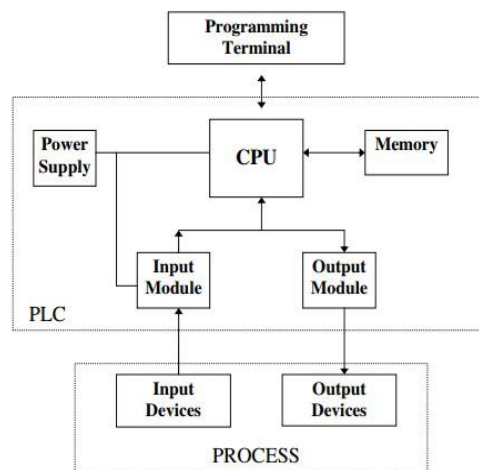


Figure 4. PLC structure

Ahvad et al. used the PLC system to mix green and blue colors and obtain the Cyan color. They have integrated a photoelectric sensor that can detect bottles on a conveyor belt powered by an AC motor. They used a color level sensing sensor to produce the same amount of product each time. The commands are created in the PLC and visualized the color production with SCADA on the computer screen (Avhad et al. 2017). The most important factor that enables the formation of different yarn pattern lengths is the motors that enable the lifter and dye rollers to move. Within the scope of the development of the prototype, the working principle of the currently used servo motors has been examined. A servo motor is any motor with feedback, closed loop control and is only part of a servo mechanism where negative feedback is used to control the performance of the motor. However, the commonly used industrial servo motors are regular AC induction motors with additional features such

as a low inertia rotor, high torque braking, and a built-in encoder for speed and position feedback. All these components come together to work with the servo drive. In the new design, asynchronous motors were preferred instead of servo motors. Asynchronous motors have many advantages in order to realize the desired process. Considering the general working principle, asynchronous motors are the most used electrical machines in the industry. In terms of working principle, asynchronous motors are also called induction motors. No electric arc occurs during the operation of asynchronous motors. They are also cheaper than other electrical machines and require less maintenance. These features have caused induction motors to be the most widely used motors in the industry.

- Servo motor has closed loop negative feedback system while general induction motor has feedback mechanisms in internal encoder.
- Servo motor speed and position can be more precisely adjusted and controlled, while induction motors can only be speed adjusted.
- The inertia of the servo motors is low, while the inertia of the rotor of the asynchronous motor is higher.

In the exist system, servo motors communicated with PLC as line with the created recipe and determined the holding time and order of the lifters. Thanks to the prototype developed, servo motors were replaced by asynchronous motors. Asynchronous motors send random frequency information to the PLC system and adjust the holding time of the lifter and paint roller motor. The frequency range sent changes by accelerating and decelerating in the range of 20-50 hz. In this way, the dyeing process is done in different pattern lengths without writing a prescription to the asynchronous motor. Therefore, the pattern lengths formed do not repeat each other. To create a mechanically driven random short pattern; dye stand, creel, dye trough and cylinders, various yarn lifters and godet system were designed and controlled by PLC (Sener, 2020; Mammadli, 2020; Vadi, 2021).

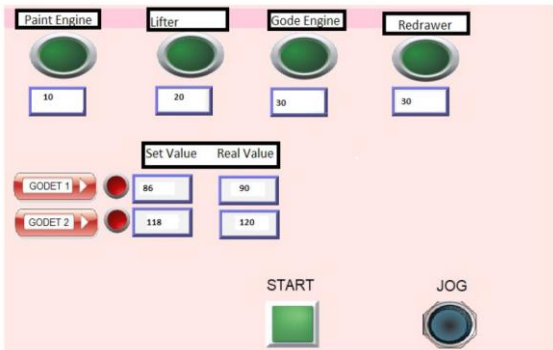


Figure 5. Prototype machinworking screen

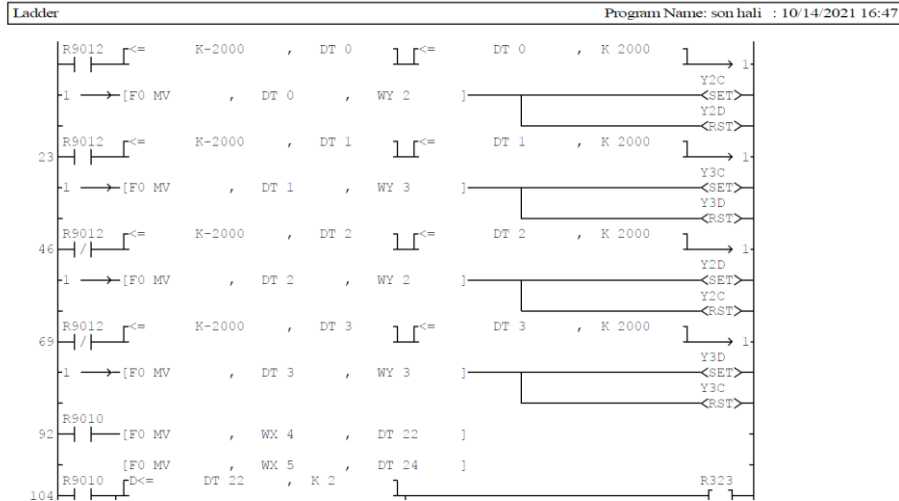


Figure 6. Ladder diagram

In addition, paint container, drive system and electronic panel design were also made. Motor drive circuits were designed with PLC. Then, with the software loaded, the values to be given to the inverter were tried to start by changing the frequency values within the threshold ranges we wanted. A connection was provided between lifters and painting rollers. Thus, the same pattern is prevented from repeating. The range that can generate random numbers written to the PLC system is in the range of 20-50 Hz, and the painting quantity is adjusted by speeding up and slowing down. The main purpose of the system; It is to design a prototype machine that can produce original products by changing the outer appearance of yarn structures, which have a high demand in low-quantity lots in the domestic and foreign markets. At the same time, considering low energy, time and labor issues, improvement studies have been carried out. The technical structure of the painting section of the system developed in this context will create minimum paint waste, which will benefit environmentally friendly production.

Results and Discussion

Coloring is done to give the yarn an attractive appearance or to give it a different style. Coloring is done by dyeing or printing method. These dyeing methods are listed as bobbin dye, hank dye and spaced dye.

Bobbin paint; it is the most preferred dyeing technique due to its low production cost, ease of use and high quality dyeing feature. In this method, first of all, preparation is done before dyeing. In the preparation process, the diameters of the bobbins are equalized in the soft winding machine and they are wound on perforated plastic bobbins of suitable softness for homogeneous spreading of the dye. The prepared bobbins are transferred to the carrier and taken to the boilers for dyeing and dyeing is performed. In this method, the yarns are dyed in a single selected color.

In hank dyeing, which is one of the oldest methods, hanks are formed by wrapping the threads in a circular fashion in a wide and loose manner. These hanks are made ready for the dyeing process by

attaching them to the parallel bars and adjusting the appropriate tension. Hank dyeing method; It is preferred for dyeing sensitive, high bulk yarns that are suitable for stretching.

Spaced dyeing method, on the other hand, emerges by dyeing the determined colors with different colors along a certain length. Spaced dyeing also has more than one method in itself. These are hank gradient dyeing, fiber gradient dyeing, coil gradient dyeing, fabric gradient dyeing. The product that emerges in this dyeing method repeats itself after a certain period of time. For example, the continuous repetition of 4 color tones of the same color from dark to light in equal length or the continuous repetition of 4 different colors in order.

Considering the trend that changes every year, new products that will create added value are more common in gradient dyed yarns than plain dyed yarns. In the production of intermittent (transitional) dyed fancy yarn, low lot yarns are needed because of the high variety and the use of dyed fancy yarn at certain points of the final product to be woven.

Considering all these dyeing methods, it is not possible to dye yarn in non-repeating random lengths in existing systems. With the new machine design made in this study, a new spaced dyeing method has been developed. In this way, the design of gradient dyeing machines, which can produce new products with high added value, is discussed. Especially in the intermittent dyed yarns used in carpet and home textiles, new yarns have emerged that are dyed in a way that does not repeat each other in the pattern formed after weaving. For this, production solutions including new process structures, paint stand, engine, PLC software and innovative technologies were redesigned. With the new product that emerged as a result, the amount of sales was increased and the existing market network was expanded.

Conclusion

Textile industry; it is one of the locomotive sectors of Turkey with the employment it creates, current investments and high export rate. Therefore, every innovation and development is needed. One of the most important issues for factories producing fancy yarn is to produce new products with high added value in accordance with the changing trend. A new dyeing type has been developed. Thus, product variety has been increased with innovative studies in the textile dyeing process. The resulting spaced dye yarn is mainly; It has started to be used in the field of carpet and home textiles. Since this study is enlightening and guiding, it has a potential to guide for other studies that will take place in the literature.

Acknowledgment

Operating in Adana Organized Industrial Zone, Ulusoy Tekstil San. ve Tic. A.Ş. carries out production in the carpet, home textile, hand knitting and knitwear markets, and a total of 3.5 million kg of yarn is dyed annually. Approximately 100 tons of these yarns are spaced dyeing. The studies on increasing the amount of dyeing and diversifying the dyeing method within the scope of this study have been realized thanks to the infrastructure and facilities of Ulusoy Tekstil, and I thank them for their help in

the research.

Statement of Conflict of Interest

Authors have declared no conflict of interest.

Author's Contributions

The contribution of the authors is equal.

References

- Avhad PR., Chande PS., Jadhav SU., Mhaske JJ. Automatic color mixing using Mitsubishi PLC & Elipse SCADA. *IJRER* 2017; 2: 112–116.
- Becerikli F. PLC ve SCADA sistemlerinde katı ve sıvıların tartım hassasiyetinin artırılması ve dozajlanması. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, 2013.
- Brindha S., Kishorniy P., Manickam R., Chakkaravarthy K., Poomani C. Automated color mixing machine using arduino. *Ijert* 2018; 6(04): 1-5.
- İlhan İ. Concept of industry 4.0 in textile manufacturing processes. *Pamukkale Univ Muh Bilim Dergi* 2019; 25(7): 810-823.
- Ku CC., Chiena CF., Mab KT. Digital transformation to empower smart production for Industry 3.5 and an empirical study for textile dyeing, *Computers & Industrial Engineering* 142, 2020.
- Mahmudova N., Bobin boyama kalitesinin iyileştirilmesi ve iplik teleflerinin azaltılması üzerine bir araştırma. *Journal of Awareness*, 2018; 3(Özel): 2018.
- Mammadli M. Scada tabanlı PLC ile servo motor hız kontrolü. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, 2020.
- Patnaik S. , Patnaik A. Advancements in production planning and control , *Automation in Garment Manufacturing*, 2018.
- Sener A., Koc DD., Yılmaz K., Demirdelen T. PLC-BASED automation system integration in textile dye dosing machine and environmental system design *Elsevier*, 2020.
- Saggiomo M., Wischnowski M., Simonis K., Gries T. Automation in production of yarns,woven, and knitted fabrics. *Automation in Garment Manufacturing*, 2018.
- Vadi S., Bayindir R., Toplar Y., Colak I., Induction motor control system with a Programmable Logic Controller (PLC) and Profibus communication for industrial plants—An experimental setup, *Elsevier*, 2021.

Assessment of Microbial Quality of Local and Packaged Ice Creams

Perihan AKBAŞ^{1*}

¹Ondokuz Mayıs University, Karadeniz Advanced Technology Research and Application Center, Samsun, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0001-5977-7621>

*Corresponding author: perihan.akbas@omu.edu.tr

Research Article

Article History:

Received: 13.11.2022

Accepted: 10.04.2023

Published online: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Coliform bacteria

E. coli

Ice cream

Microbiological quality

ABSTRACT

The aim of this study is to analyse the microbiological quality of packaged (made in patisseries, n=15) and local (made in local enterprises, n=15) ice cream samples for sale in Kahramanmaraş (Türkiye) and to evaluate the results in the context of food safety. The samples were tested for the presence of total mesophilic aerobic bacteria (TMAB), total psychophilic aerobic bacteria (TPAB), yeast-mould, total coliform, and *Escherichia coli*. According to the communiqué on microbiological criteria by the Turkish Food Codex (2009/6), 40% of the tested local ice cream samples and 23% of packaged ice creams had high TMAB levels. The count of TPAB in packaged ice creams was substantially lower (13%), whereas its count in locally sold ice creams was rather high (73%). While 73.3% of packaged ice creams contained an average of 3.56 log CFU g⁻¹ yeast-mould, an average of 6.55 log CFU g⁻¹ yeast-mould was identified in 93.3% of local ice creams. The overall coliform quantity must be less than 2 log CFU g⁻¹, according to the Turkish Standards Institute. Eight samples (53.3%) of packaged ice creams and local ice creams in Kahramanmaraş province were above the acceptable limits for coliform bacteria. Ice creams must not contain *E. coli*, according to TS 4265. However, *E. coli* was discovered in six samples (40%) of packaged ice creams and four samples (27%) of local ice creams. Consequently, it is believed that the microbiological quality of packaged and local ice cream samples sold in Kahramanmaraş may be poor, which may have negative effects on public health.

Yerel ve Paketlenmiş Dondurmaların Mikrobiyal Kalitesinin Değerlendirilmesi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 13.11.2022

Kabul tarihi: 10.04.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Keywords:

E. coli

Dondurma

Koliform bakteri

Mikrobiyolojik kalite

ÖZ

Bu çalışmada, Kahramanmaraş'ta (Türkiye) satışa sunulan paketlenmiş (pastanelerde olarak üretilmiş, n=15) ve yerel (yerel işletmelerde üretilmiş, n=15) dondurma örneklerinin mikrobiyolojik kalitesinin incelenmesi ve sonuçlarının gıda güvenliği bağlamında değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Örneklerde toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB), toplam psikofil aerobik bakteri (TPAB), maya-küf, toplam koliform ve *Escherichia coli* varlığı araştırılmıştır. Analiz edilen yerel dondurma örneklerinin TMAB açısından %40'ının, paketli dondurmalar ise %23'ünün Türk Gıda Kodeksi (2009/6) mikrobiyolojik kriterler tebliğine göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Paketli Maraş dondurmalarında TPAB sayısı çok daha az (%13) çıkmıştır, fakat yerel olarak satılan Maraş dondurmalarındaki sayı (%73) oldukça yüksektir. Paketli dondurmaların %73,3'ünde ortalama 3,56 log KOB g⁻¹ maya küf bulunurken, yerel dondurmaların %93,3'ünde ortalama 6,55 log KOB g⁻¹ maya küf bulunmaktadır. Türk

Standartları Enstitüsüne göre (TS 4265) toplam koliform miktarı 2 log KOB g⁻¹'dan daha düşük olmalıdır. Paketli Maraş dondurmalarında ve Kahramanmaraş ilinde yerel olarak üretilip satılan Maraş dondurmalarında koliform bakteriler açısından 8'er (%53,3) örnek kabul edilebilir sınırağı üzerindedir. TS 4265'e göre dondurmalarda *E. coli* bulunmamalıdır. Ancak paketli dondurmalarından 6 örneğin (%40), yerel dondurmalarından ise 4 örneğin (%27) *E. coli* barındırdığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, Kahramanmaraş'ta satışa sunulan paketlenmiş ve yerel olarak üretilmiş dondurma örneklerinin mikrobiyolojik kalitelerinin yetersiz olabileceği ve bu durumun halk sağlığı açısından olumsuz etkileri olabileceği düşünülmektedir.

To Cite: Akbaş P. Assessment of Microbial Quality of Local and Packaged Ice Creams. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(Ek Sayı): 138-151.

Introduction

Ice cream is a dairy product that creates a favorable habitat for microbial growth due to its high nutritional content (Warke et al., 2000). According to the Regulation of the Turkish Food Codex, ice cream contains components such as milk and/or dairy products, sugar, potable water and permitted additives as well as seasoning and flavouring ingredients, sahlepe, egg and/or egg products, depending on need. Ice cream is a product that is made by processing the mixture in accordance with the production method after the pasteurisation stage and then introduced for consumption after it has softened or hardened (Turkish Food Codex, 2022). The fat in ice cream is composed of butter and margarine, while the protein and minerals are composed of milk fat-free dry matter and carbohydrates are composed of sucrose and partial stabilizers. Ice cream is a popular dairy product that is consumed especially in the summer, due to its pleasant flavour, low cost, refreshing nature, and aroma (Güner et al., 2004; Tekinşen and Tekinşen, 2008). Ice cream provides an ideal habitat for microorganisms to proliferate. Therefore, raw materials and additives used in production must be of a hygienic quality; the pasteurization applied to the mixture must be sufficient; the hygiene and sanitation rules must be obeyed during the production; the mixture must be frozen within 24 hours after thermal treatment and stored below +4°C at the latest, and hygiene rules must be followed at all stages until consumption (Kırdar, 2003; Kanbakan et al., 2004).

The provision of hygienic conditions during production, the contamination of various microorganisms at the transportation and storage stages of the product (poor storage conditions) during marketing after production, and the neutral pH situation all have an effect on the microbiological quality and microbial growth of ice cream (Lee et al., 2009).

Maraş ice cream is a product made by using the Maraş ice cream technique and adding of sugar, milk, sahlepe, and/or other permitted additives (Turkish Food Codex, 2022). Including goat's milk and sahlepe in Maraş ice cream is fundamental. Maraş pounded ice cream, which is prepared with milk, sugar, and sahlepe using traditional methods, has seen a fast technological advancement since the 1980s (Kaya et al., 2017). All around the world, foodborne infections impose a great threat. The presence of pathogens in ice cream samples is caused mostly by contamination during the distribution and transportation of ice cream and packaging material, as well as the environment, personnel, water, tools, and equipment (Çağlayanlar et al., 2009; Uğuz and Kireççi, 2018). The bacterial growth

accelerates, especially in the summer, when the temperature rises. Ice creams produced under aseptic conditions must never contain indicator bacteria such as *Escherichia coli* in a 100 ml sample. In this context, for humans, nutritional foods such as ice cream establish an excellent growth habitat for infectious factors such as cholera, typhoid fever, and bacillary dysentery. In most of the Asian, European, and North American countries, pathogen-contaminated ice cream causes gastrointestinal diseases (Bostan and Akın, 2002). Testing for coliforms as signs of unsanitary circumstances and post-processing contamination is common. This indicates that employees working in the ice cream production do not follow hygiene rules at any stage of the production (Martin et al., 2016).

The aim of this study is to determine and compare the microbiological quality of plain ice creams made in ice cream facilities in Kahramanmaraş and packaged ice creams and to investigate their compliance with Turkish Standards.

Material and Method

Sampling

A total of 30 samples were studied, 15 ice cream samples of which were purchased from those produced by the local sellers and 15 industrial ice cream samples from retail outlets in Kahramanmaraş. After adding 90 ml buffered peptone water to 10 g ice cream, 1 ml of each ice cream sample was aseptically transferred to a sterile test tube containing 9 ml peptone water and was serially diluted up to 10^{-5} . 100 μ l was inoculated from each dilution with the spread plate technique on the medium and the readings were reported in \log_{10} colony-forming unit (\log CFU g^{-1}) (Warke et al., 2000).

Bacteriological Analysis of the Collected Samples

Total Mesophilic Aerobic Bacteria (TMAB) Count

The petri dishes containing Plate Count Agar (PCA) (Merck, Germany) among the dilutions prepared for total mesophilic aerobic bacteria (TMAB) count was inoculated by employing the spread plaque method. Petri dishes were incubated for 48 hours at 37°C. Petri dishes containing 25-250 colonies were analyzed at the end of the incubation period, and the findings were expressed as \log CFU g^{-1} (Öksüztepe et al., 2005)

Total Aerobic Psychrophilic Bacteria (TPAB) Count

The petri dishes containing Plate Count Agar (PCA) (Merck, Germany) among the dilutions prepared for total psychrophilic aerobic bacteria (TMAB) count was inoculated by employing the spread plaque method. Petri dishes were incubated for 10 days at 5°C. At the end of the incubation period, colonies were counted and the findings were expressed as \log CFU g^{-1} (Öksüztepe et al., 2005)

Yeast-Mould Count

The Sabouraud Dextrose Agar medium (Merck, Germany) among the prepared dilutions was inoculated by employing the spread plaque method. Petri dishes were incubated for 7 days at $25\pm 2^{\circ}\text{C}$. At the end of the incubation period, all growing colonies were counted as total yeast-mould. The findings were expressed as $\log \text{CFU g}^{-1}$ (Güner et al., 2004).

Determination of Presence of Total Coliform Bacteria and *E. coli*

The most probable count was employed for the analysis in Lauryl Sulphate Tryptose Broth medium (Merck, Germany). 1 mL of the produced dilutions was added into LSTB medium (Oxoid, England) containing a Durham tube and incubated at 37°C for 48 hours. Gas positive tubes were determined at the end of the incubation period, and the count of potential coliform bacteria was calculated as most-probable-number $\log_{10} \text{MPN g}^{-1}$. All gas positive tubes were inoculated with loops into Brilliant Green Bile Broth medium containing the Durham tube for proof and incubated at 37°C for 48 hours. Gas positive tubes were identified at the end of the incubation period, and the count of coliform bacteria $\log_{10} (\text{MPN g}^{-1})$ was calculated. Petri dishes containing Eosin Methylene Blue (EMB) Agar (Merck, Germany) were inoculated with positive tubes and incubated at 37°C for 18-24 hours. The IMVIC test, which is a confirmatory test, was applied on typical colonies, and its results were evaluated (Güner et al., 2004).

Statistical Analysis

All samples analyzed three times. The data were statistically analyzed using the e-SPSS statistical package software (SPSS). The data was assessed using One Way Analysis of Variance (One Way ANOVA and Duncan's multiple range test). The $p < 0.05$ value was considered as statistically significant (Güner et al., 2004).

Results

Table 1. shows the microbiological properties of 15 samples of packaged ice cream collected from patisseries under this study. The average count of Total Mesophilic Aerobic Bacteria (TMAB) was found to be $4.86 \log \text{CFU g}^{-1}$, and Total Psychrophilic Aerobic Bacteria (TPAB) count was $3.38 \log \text{CFU g}^{-1}$ on average. The average count of yeast-mould was observed to be $3.56 \log \text{CFU g}^{-1}$. The average total coliform count was $4.17 \log \text{MPN g}^{-1}$, as well as the average *E. coli* count was $3.72 \log \text{MPN g}^{-1}$.

Table 2. provides the microbiological properties of 15 ice cream samples produced and sold in ice cream enterprises in Kahramanmaraş. The average Total Mesophilic Aerobic Bacteria (TMAB) count was $6.65 \log \text{CFU g}^{-1}$, whereas the average Total Psychrophilic Aerobic Bacteria (TPAB) count was $5.78 \log \text{CFU g}^{-1}$. The average count of yeast-mould was $6.55 \log \text{CFU g}^{-1}$. The average total coliform count was $6.36 \log \text{MPN g}^{-1}$, and the average *E. coli* count was $4.91 \log \text{MPN g}^{-1}$.

Table 1. Microbiological analysis of packaged ice cream

Sample	Total Mesophilic Aerobic Bacteria (TMAB) log CFU g ⁻¹	Total Psychrophilic Aerobic Bacteria (TPAB) log CFU g ⁻¹	Yeast-Mould Count log CFU g ⁻¹	Total Coliform log MPN g ⁻¹	<i>E. coli</i> log MPN g ⁻¹
1	4.47 ^b	2.85 ^c	2.47 ^c	-	-
2	4.62 ^b	-	-	3.77 ^c	3.44 ^c
3	4.69 ^b	-	-	3.76 ^c	3.41 ^c
4	4.69 ^b	-	-	4.57 ^b	3.62 ^c
5	5.79 ^a	-	3.50 ^c	4.93 ^{ab}	4.55 ^b
6	5.25 ^a	-	4.47 ^b	4.55 ^b	-
7	4.69 ^b	4.47 ^b	4.47 ^b	3.83 ^c	4.47 ^b
8	-	-	3.50 ^c	-	-
9	-	-	3.20 ^c	-	-
10	3.90 ^{bc}	-	3.38 ^c	-	-
11	-	-	3.47 ^c	-	-
12	3.84 ^c	-	3.47 ^c	3.68 ^c	-
13	3.79 ^b	-	4.77 ^b	3.57 ^b	2.60 ^c
14	3.90 ^{bc}	-	3.77 ^c	-	-
15	-	-	-	-	-

- Below Detectable Value ($\leq 25 \times 10^2$)

The figures that are represented in different letters in the same row and column are different at the level of $p < 0.05$.

Table 2. Microbiological analysis of local ice cream

Sample	Total Mesophilic Aerobic Bacteria (TMAB) log CFU g ⁻¹	Total Psychrophilic Aerobic Bacteria (TPAB) log CFU g ⁻¹	Yeast-Mould Count log CFU g ⁻¹	Total Coliform log MPN g ⁻¹	<i>E. coli</i> log MPN g ⁻¹
1	5.54 ^c	6.41 ^b	6.39 ^b	4.39 ^d	-
2	5.95 ^{bc}	4.55 ^d	6.38 ^b	-	-
3	4.04 ^d	6.47 ^b	6.39 ^b	4.77 ^d	-
4	3.39 ^e	6.44 ^c	6.07 ^b	-	-
5	3.68 ^e	5.69 ^c	6.07 ^b	3.38 ^e	-
6	-	-	4.41 ^d	-	-
7	6.77 ^b	5.25 ^c	6.47 ^b	3.41 ^e	3.30 ^e
8	3.77 ^e	-	3.84 ^e	-	-
9	5.17 ^c	5.47 ^c	6.34 ^b	3.87 ^e	-
10	4.30 ^d	4.77 ^d	4.88 ^{cd}	3.63 ^e	3.60 ^e
11	-	-	-	-	-
12	5.39 ^c	4.90 ^{cd}	4.90 ^{cd}	-	-
13	7.77 ^a	6.30 ^b	7.60 ^a	6.54 ^b	6.07 ^b
14	-	4.84 ^d	4.30 ^d	-	-
15	3.47 ^e	-	4.07 ^d	4.38 ^d	4.30 ^d

- Below Detectable Value ($\leq 25 \times 10^2$)

The figures that are represented in different letters in the same row and column are different at the level of $p < 0.05$.

The samples contained total mesophilic aerobic bacteria (TMAB) of 3.39 and 7.77 log CFU g⁻¹ (Table 1 and 2). TS 4265 sets out the total viable mesophilic aerobic bacteria content as 5 log CFU g⁻¹. Figure

1. compares packaged and local ice creams for total mesophilic aerobic bacteria. Since the samples of packaged ice cream, except for two, did not violate the standard, they were considered within acceptable limits for public health safety, however, six out of 15 samples of locally produced ice creams were above acceptable standards, and therefore they had potential of posing a risk to public health. The presence of a high count of TMABs indicated that the samples were not produced and/or stored under hygienic conditions. The ability to evaluate microbial contamination and the overall quality of a food product is made possible by the TAMB load, which is a reliable sign of sanitation (Noumavo et al., 2022).

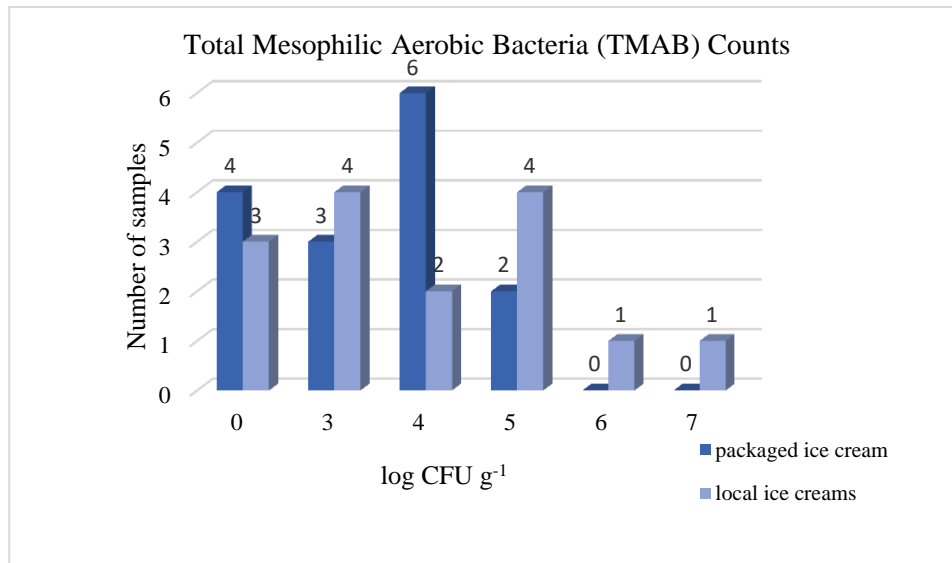


Figure 1. Comparison of total mesophilic aerobic bacteria (TMAB) counts in the samples of packaged ice cream and ice cream produced and sold in ice cream enterprises in Kahramanmaraş.

Total psychrophilic bacteria constitute a significant group of microorganisms for food stored in the cold. Figure 2 compares packaged and local ice creams for Total Psychrophilic Aerobic Bacteria (TPAB). The lowest and highest average TPAB counts of the analyzed ice cream samples ranged between 3.85 and 6.47 log CFU g⁻¹. Thirteen of the fifteen packaged ice cream samples (87%) were devoid of psychrophilic bacteria, while four of the fifteen local ice cream samples (27%) had no psychrophilic bacteria, suggesting that the packaged ice cream was safer for the microorganism load.

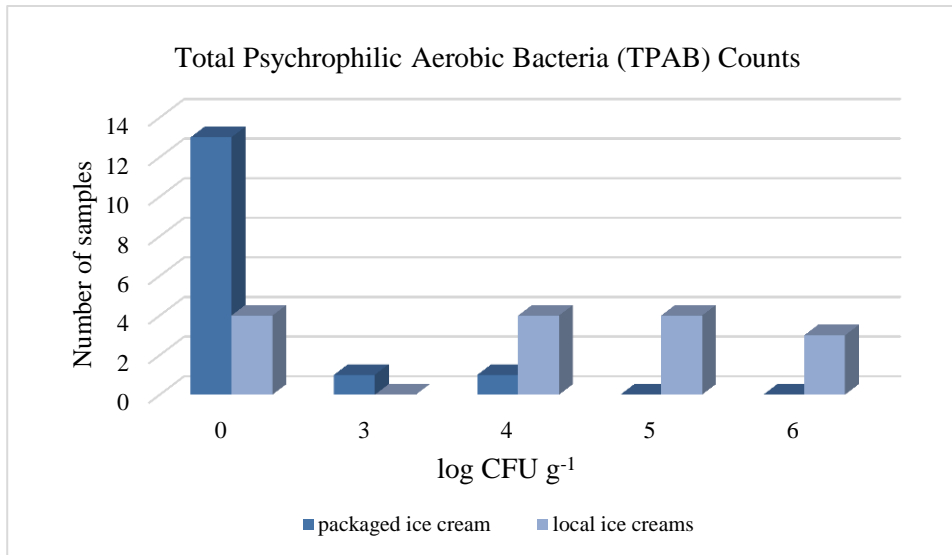


Figure 2. Comparison of total psychrophilic aerobic bacteria (TPAB) counts in the samples of packaged ice cream and ice cream produced and sold in ice cream enterprises in Kahramanmaraş.

The minimum and maximum yeast-mould counts in the ice cream samples ranged between 2 and 7 log CFU g⁻¹. While 73.3% of packaged ice creams contained an average 3.56 log CFU g⁻¹ yeast-mould, an average of 6.55 log CFU g⁻¹ yeast-mould was identified in 93.3% of local ice creams. The packaged ice creams contained higher yeast-mould population than local ice cream.

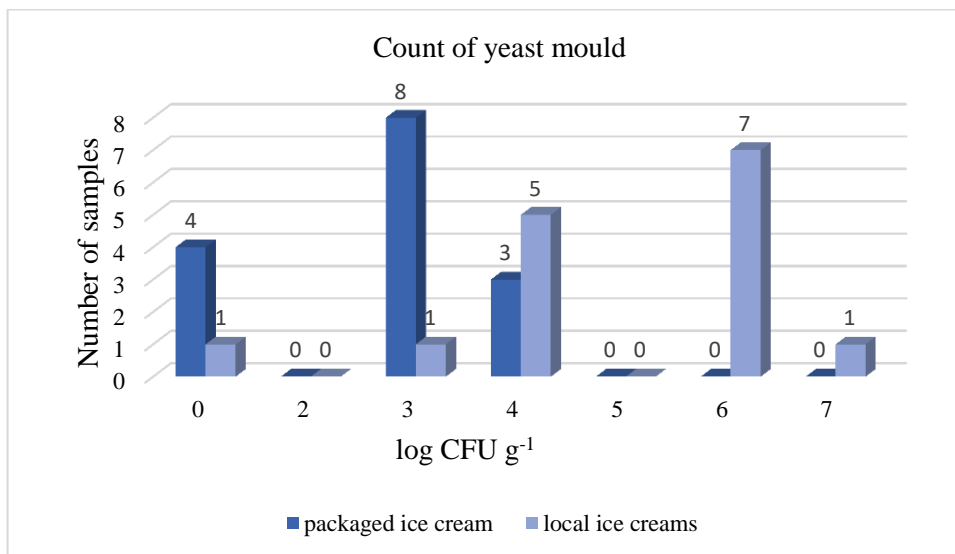


Figure 3. Comparison of the yeast-mould presence in the samples of packaged and local ice cream.

Figure 4 compares the count of coliform bacteria in packaged and local ice creams.

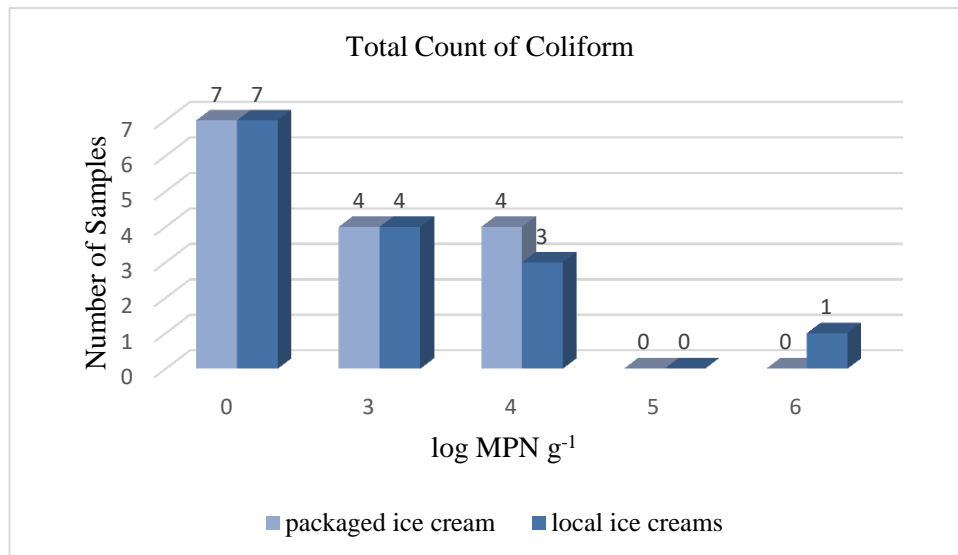


Figure 4. Comparison of the samples of packaged and local ice cream in terms of total coliform counts.

Coliform bacteria are commonly found in nature and the human intestine and are therefore accepted as a sanitation indicator. The lowest and highest total coliform bacteria values determined by MPN method were 3.38 and 6.54 log MPN g⁻¹, respectively. The *E. coli* count varied from 3.30 to 6.07 log MPN g⁻¹. Eight samples of packaged and local ice creams were above the acceptable limits for coliform bacteria. Figure 5 compares the samples of packaged and local ice cream for *E. coli* was discovered in six samples (40%) of packaged ice creams and four samples (27%) of local ice creams. Even though TFC requires that no *E. coli* be present at all, one sample of local ice creams was discovered to contain *E. coli* at a rate of 6.07 log MPN g⁻¹, posing a risk to public health.

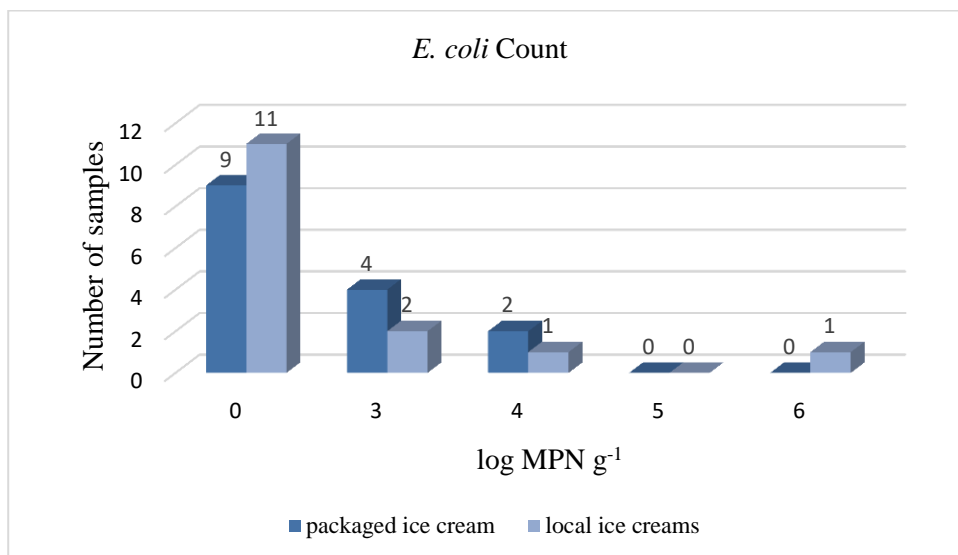


Figure 5. Comparison of the samples of packaged and local ice cream in terms of the presence of *E. coli*.

Discussion

Even though ice cream is kept at freezing temps during storage, ambient pathogen pollution is still a matter of public health issue (Mitropoulou et al., 2022). The presence of a high count of TMABs indicated that the samples were not produced and/or stored under hygienic conditions. Keskin et al.

(2007) live aerobic bacteria of 23.6% in total were identified. Our study identified that, 40% of the analyzed local ice cream samples and 23% of packaged ice creams had high levels of TMAB and therefore, they did not comply with the communiqué on microbiological criteria (TFC-2001). In the study conducted by Çelik et al. (1995) the total count of aerobic mesophilic bacteria was 1.6×10^7 CFU g^{-1} , and the maximum value was 6.0×10^7 CFU g^{-1} , but in this study, it is possible to assert that the analyzed ice creams were safer. In another study, 4.1% of 73 ice cream samples were found to be above the limit specified in the Turkish Food Codex (Yaman et al., 2006). In this study, revealed that 40% of the local ice cream samples and 23% of the packaged ice creams had more than 10^5 CFU g^{-1} and the rates were greater than those reported in similar studies. Korel et al., (2005) reported that, more than 10^5 CFU g^{-1} of TMAB was detected at the rates of 41.2% in unpackaged plain ice cream, 70.6% in chocolate ice cream, and 58.3% in fruit ice creams. In this study the average count of TMAB in local ice cream samples (45.13×10^5 CFU g^{-1}) was higher than the average count (0.74×10^5 CFU g^{-1}) in packaged ice cream samples, which is compatible with the findings of other researchers such as Warke et al. (2000), Akarca and Kuyucuoğlu (2008) and Çağlayanlar et al., (2009). The range of Total viable count and total coliform count in the ice cream samples was found $0-9.9 \times 10^9$ CFU/ml and $0-900$ CFU/ml, respectively. Interestingly, 93.75% of the total ice cream samples also showed fungal positive (Sohel et al., 2022). In this study TMAB count is similar, while the rate of yeast and mold is at a lower level.

Psychrophilic microorganisms in milk and dairy products are composed of groups, such as *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Yersinia*, *Listeria* and *Alcaligenes* species as well as certain Gram (-) bacilli. They can readily proliferate at temperatures below 15°C or even as low as 4°C . Although they do not generally lower the pH value, their protease and lipase enzymes lead to aroma and taste disorders. Even though psychrophilic microorganisms are inhibited by treatments, such as pasteurization and sterilization, they can spoil the products by producing heat-resistant enzymes. While the average count of TPABs in the analyzed samples of packaged ice cream was 3.38 log CFU g^{-1} , it was 5.78 log CFU g^{-1} in local ice creams. Since the psychotropic bacteria may grow even at low temperatures during storage, their presence in ice cream is critical. This causes the ice cream to spoil (Barman et al. 2017). When the findings of the psychotropic bacteria count were compared with the results of Barman (2017), who reported the presence of psychotropic bacteria in 100% of the small-scale ice cream samples and 78% of the large-scale ice cream samples analyzed, the packaged ice creams contained much less (13%) psychrophilic bacteria, but this is compatible with the count (73%) in ice creams locally sold. The result of the present study indicated that, local ice cream samples had higher levels of microorganisms in terms of TPAB count and this result is compatible with the findings of Korel et al. (2005) as well as Akarca and Kuyucuoğlu (2008). The TPAB count was found to be less than 4 log CFU g^{-1} in packaged ice creams and no more than 6 log CFU g^{-1} in local ice cream samples. This demonstrated that, the packaged ice creams analyzed were less contaminated than the local ice creams, and yet the production hygiene is still not at the desired level.

According to Alsagher (2021) 20 samples (66.7%) exhibited a significant amount of contamination, nevertheless, based on the total coliform count. The most of ice creams are, in conclusion, affected with germs, mainly *Escherichia coli*. Confirmatory tests were used to identify and count each test once it had been grown in accordance with the Iranian National Standard. According to the standard limit published by the Iranian Standard Department, 234 samples in total (85.4%) were not acceptable. *E. coli* were found in 10.9% of the samples, 72.2% and 80.2% of the samples, respectively, exhibited total Enterobacteriaceae and total microbe counts that were greater than the limits (Mohammadzadeh et al., 2021). The analysis's findings revealed that, all 30 samples cultivated aerobic mesophilic bacteria, moulds, and yeasts; just four (13.33%) lacked total coliforms (De Amarante et al., 2021). When compared with all these analysis findings, it is seen that the microbiological quality of the ice cream samples in our study is better.

The emulsifiers, inadequately processed sugar, sweeteners, utensils, equipment utilised, personnel, and the atmosphere may all contribute to forming yeasts and moulds in ice cream. The contamination caused by yeast and mould can cause the ice cream to spoil and result in significant economic losses, and certain mould types can be detrimental to public (Mathews et al., 2013; Edward et al., 2017). The different circumstances under which each sample is stored, distributed, or served lead to the variable of presence of yeast-mould in the analyzed samples (Kanbakan et al., 2004; Edward et al., 2017). The minimum and maximum yeast-mould counts in the ice cream samples ranged between 2 and 7 log CFU g⁻¹. While 73.3% of packaged ice creams contained an average of 3.56 log CFU g⁻¹ yeast-mould, an average of 6.55 log CFU g⁻¹ yeast-mould was identified in 93.3% of local ice creams. The packaged ice creams appear to be more hygienic than local ice creams. The detected values were found to be higher (25.3%) than those of Mathews (2013). The count of yeast-mould found in packaged ice creams was between 2 and 4 log CFU g⁻¹ identified by Barman (2017). However, the count of yeast-mould in locally produced and sold ice creams can reach up to 7 log CFU g⁻¹. To control yeast and mould contamination in ice cream, it is recommended that high sanitary standards be met, health training is provided, and adequate storage facilities are employed. These measures may reduce the higher the prevalence of micro-flora in the product (Barman et al., 2017).

Coliform bacteria are commonly found in nature in the human intestine and are therefore regarded as a sanitation indicator. Those that exist as natural flora in the lower digestive systems of humans and animals are referred to as "faecal coliforms" in this group. *E. coli* is a significant component of faecal coliforms. The presence of *E. coli* and/or faecal coliform in a portion of food suggests that it has been contaminated with faeces, either directly or indirectly, and other pathogen of the same origin may be present as well. The presence of *E. coli* in foods, drinking water, and potable water is therefore not requested (Doyle and Erickson 2006). In determining the environmental circumstances, coliform bacteria can be a useful biological indicator (Zubaidah et al., 2023). Eight samples (53.3%) of packaged and local ice creams were above the acceptable limits for coliform bacteria. The overall coliform quantity must be less than 2 log CFU g⁻¹, according to the Turkish Standards Institute (TS

4265). Akarca et al. (2008) reported that 44% of the ice cream samples in Afyonkarahisar province did not meet the standards in terms of coliform bacteria count. The findings of the study were similar to the results by Akarca.

The ice creams must not contain *E. coli*, according to the Turkish Standards Institute (TS 4265). Contamination is caused by poor personal hygiene and improper use of tools. *E. coli* was discovered in six samples (40%) of packaged ice creams and four samples (27%) of local ice creams. Nayak et al., (2020) found *E. coli* in 11.3% of the samples. *E. coli* was found in 22.09% of the ice creams available for consumption in Kahramanmaraş (Dığrak et al., 2000). In another study, Keskin et al. (2007) found *E. coli* in 7.2% of the plain ice cream samples marketed in Istanbul. Abo El-Makarem (2017) reported that, *E. coli* was found in 48.96% of the unpackaged ice cream samples and 27% of the packaged ice cream samples. Turgay and Derelioğlu (2019) investigated the presence of some gastroenteritis bacteria in ice cream and found *E. coli* at the rate of 6.7%. While the presence of *E. coli* varies between studies, the packaged ice creams appear to be typically more hygienic than ice creams that are sold unpackaged.

Conclusion

The analysis revealed that the ice cream samples were not of the same quality, there were significant disparities between the producers, and the ice cream produced in major companies was more hygienic than the ice cream produced locally in patisseries. The ice cream must, therefore, be bought from reliable places, and not only the cost but also the quality of the ice cream should be taken into consideration. Ice cream that is past its expiration date, too firm, or too soft shouldn't be bought. The ice cream should either be consumed right after they have been bought or preserved in deep freezers. The usage of high-quality materials and the requisite practice of the production process are insufficient alone to ensure the microbiological reliability of ice cream. Microbial contamination from the air, tools and equipment, employees, and other sources is possible during the ice cream production process. The contamination following pasteurisation is particularly crucial for the ice cream quality and consumer health. The ice cream will no longer be a potential hazard in food poisoning and gastroenteritis by producing ice cream in modern facilities as much as possible, selecting raw materials, especially milk carefully, caring equipment and personnel hygiene, chlorinating water used at every stage of production, taking hygienic measures during production and sales, and preventing the contamination and pasteurizing the ice cream mixture.

Consequently, it was concluded that the findings of the packaged ice creams examined in this study were microbiologically close to the standards, similar to those of many other researchers (Aslantaş 2001; Korel et al., 2005; Akarca and Kuyucuoğlu, 2008), and they did not pose a significant danger to public health, but that the microbiological quality of ice creams sold unpackaged was lower and may pose risks for public health.

Conflict of Interest

No conflict of interest was declared by the author.

Author's Contributions

All study done by Perihan AKBAŞ.

References:

- Abo El-Makarem HS. Microbial quality of street-vended ice cream. *Journal of Veterinary Medical Research* 2017; 24(1): 147-155.
- Akarca G., Kuyucuoğlu Y. Afyonkarahisar'da satılan dondurmaların mikrobiyolojik kalitesi üzerine çalışmalar. *Kocatepe Veterinary Journal* 2008; 1(1): 11-18.
- Alsagher MR. Evaluation of bacteriological quality of packed ice creams sold in retail stores in tripoli city, Libya. *Sch Acad J Pharm* 2021; 1: 19-23.
- Aslantaş Ö. Kars ilinde tüketime sunulan dondurmaların bakteriyolojik kalitesi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 2001; 7(2): 143-147.
- Barman AK., Roy PK., Ray S., Kumar R., Rani B., Singh BK. Evaluation of microbiological quality of Ice-cream available in Kolkata and its Suburbs. *The Pharma Innovation* 2017; 6(8): 377.
- Bostan K., Akın B. Endüstriyel dondurmaların mikrobiyolojik kalitesi üzerine bir araştırma. *Turk J Vet Anim Sci* 2002; 26: 623-629.
- Çağlayanlar GE., Kunduhoğlu B., Çoksöyler N. Comparison of the microbiological quality of packed and unpacked ice creams sold in Bursa, Turkey. *Cankaya University Journal of Science and Engineering* 2009; 12(2): 93-102.
- Çelik C., Patr B., Saltan S., Güven A. Elazığ'da tüketime sunulan dondurmaların hijyenik kalitesi ve genel koloni sayısı ile metilen mavisi ile indirgeme süresindeki korelasyon üzerine araştırması. *Selçuk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi* 1995; 11: 67-72.
- Dığrak M., Tanış H., Bağcı E., Kırbağ S. Kahramanmaraş'ta tüketime sunulan dondurmalarda Listeria, Salmonella, E. coli ve K. pneumoniae'nin araştırılması. *Gıda* 2000; 25(5): 349-353.
- De Amarante VCA., Bohm BC., Colling LB., Rockenbach C., Pereira SB., Bruhn FRP. Microbiological quality of artisanal and industrial ice creams sold in the south of Rio Grande do Sul. *Research. Society and Development* 2021; 10(1): 1-10.
- Doyle MP., Erickson MC. Closing the door on the fecal coliform assay. *Microbe* 2006; 1(4): 162-163.
- Edward KC., Owuamalam PO., Onyekachi O., Nnochiri OA., Akumah CN. Microbial quality assessment of ice-cream sold in Umuahia, South-Eastern Nigeria: A comparative study. *J. Biology, Agriculture and Healthcare* 2017; 7: 40-48.
- Güner A., Ardiç M., Keleş A. Konya'da pastahanelerde tüketime sunulan dondurmaların mikrobiyolojik kalitesi. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences* 2004; 20(2): 59-64.

- Kanbakan U., Çon AH., Ayar A. Determination of microbiological contamination sources during ice cream production in Denizli, Turkey. *Food Control* 2004; 15(6): 463-470.
- Kaya E., Karabekmez Erdem T., Betül Tekin F. Maraş dondurması üretimi ve üretilen dondurmanın fizikokimyasal niteliklerinin belirlenmesi. *Caucasian Journal of Science* 2017; 4(1): 45-56.
- Keskin Y., Başkaya R., Özyaral O., Kıyan P. Sade dondurmaların mikrobiyolojik incelenmesi. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi* 2007; 37(1): 51-58.
- Kırdar S. Burdur ilinde satılan dondurmaların bazı nitelikleri üzerine araştırmalar. *Gıda* 2003; 28(2): 175-181.
- Korel F., Ömeroğlu S., Tan G. Manisa piyasasında satılan ambalajlı ve ambalajsız dondurmaların kalitelerinin değerlendirilmesi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 2005; 9(2): 11-18.
- Lee JW., Kim HJ., Yoon Y., Kim JH., Ham JS., Byun MW., Baek M., Jo C., Shin MG. Manufacture of ice cream with improved microbiological safety by using gamma irradiation. *Radiation Physics and Chemistry* 2009; 78(7-8): 593-595.
- Martin NH., Trmčić A., Hsieh TH., Boor KJ., Wiedmann M. The evolving role of coliforms as indicators of unhygienic processing conditions in dairy foods. *Frontiers in Microbiology* 2016; 7: 1549.
- Mathews S., Ngoma L., Gashe B., Mpuchane S. General microbiological quality of ice cream and ice pop sold in Gaborone, Botswana. *Studies on Ethno-Medicine* 2013; 7(3): 217-226.
- Mitropoulou G., Bardouki H., Vamvakias M., Panas P., Paraskevas P., Kourkoutas Y. Assessment of antimicrobial efficiency of pistacia lentiscus and fortunella margarita essential oils against spoilage and pathogenic microbes in ice cream and fruit juices. *Microbiology Research* 2022; 13(3): 667-680.
- Mohammadzadeh Khalkhali R., Fardin M., Sabzi balkhkanloo A., Farhadi F., Abri R. Evaluation of microbial quality of traditional ice cream sold in east azerbaijan province. *Comparative Pathobiology of Iran* 2021; 3349-3354.
- Nayak DN., Solanki JB., Savalia CV., Makwana P. Bacteriological evaluation of locally marketed ice cream in Navsari City of Gujarat. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci* 2020; 9(12): 2236-2240.
- Noumavo AD., Ohin MA., Fadipe IG., Hadji B., Ahouangansi S., Akin YY., Baba-Moussa L., Baba-Moussa F. Knowledge, Hygienic practices, and toxi-infectious risks associated with ready-to-eat gbeli: a particular chip derived from cassava (*Manihot esculenta* Crantz) tuber vended in streets of Abomey-Calavi Municipality, Benin. *BioMed Research International* 2022; 2022: 1-12.
- Öksüztepe G., Patır B., İlhak Oİ., Şeker P. Elazığ'da tüketime sunulan meyveli ve çeşnili dondurmaların mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesi. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences* 2005; 21(1-2): 71-78.
- Sohel M., Akter M., Hasan M., Mahmud S., Islam MJ., Islam A., Islam K., Al Mamun A. Antibiotics resistance pattern of food-borne bacteria isolated from ice cream in Bangladesh: A Multidisciplinary Study. *Journal of Food Quality* 2022; 2022: 1-12.

- Tekinşen C., Tekinşen K. Dondurma temel bilgiler teknoloji kalite kontrolü. Selçuk Üniversitesi Basımevi, Konya, Türkiye, 2008; 189 p.
- Turgay Ö., Derelioğlu E. Maraş Dondurmasında gastroenterit yapan bazı bakterilerin varlığı. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2019; 22(3): 97-102.
- Turkish Food Codex (TFC) Communique on Microbiological criteria (2009/6). www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/02 . (Accessed: 5 March 2023).
- Turkish Food Codex (TFC) Ice Cream Communication (2022/13) www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/10 . (Accessed: 5 March 2023).
- Uğuz MT., Kireççi E. Kahramanmaraş piyasasında satışı sunulan maraş dondurmasında patojen mikroorganizmaların membran filtrasyon yöntemiyle araştırılması. Journal of the Institute of Science and Technology 2018; 8(4): 41-46.
- Warke R., Kamat A., Kamat M., Thomas P. Incidence of pathogenic psychrotrophs in ice creams sold in some retail outlets in Mumbai, India. Food Control 2000; 11(2): 77-83.
- Yaman H., Elmali M., Ulukanli Z., Tuzcu M., Genctav K. Microbial quality of ice cream sold openly by retail outlets in Turkey. Revue de Médecine Vétérinaire 2006; 157(10): 457.
- Zubaidah T., Hamzani S., Arifin MR. River water quality in South Kalimantan assessed from microbiology parameter for sanitary hygiene needs. Journal of Positive School Psychology 2023; 7(2): 649-654.

Numerical Investigation of Flow Structure around NACA 0018 with Slot

Omer Fethi ASAN¹, Emre GULER², Muhammed Murat AKSOY³, Engin PINAR⁴, Tahir DURHASAN^{5*}

¹Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Aeronautics and Astronautics Faculty, Aerospace Engineering, 01250, Adana

²Tarsus University, Aeronautics and Astronautics Faculty, Aerospace Engineering, 33400, Mersin

³Osmaniye Korkut Ata University, Engineering Faculty, Energy Systems Engineering, 80000, Osmaniye

⁴Cukurova University, Ceyhan Engineering Faculty, Mechanical Engineering, 01950, Adana

⁵Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Aeronautics and Astronautics Faculty, Aerospace Engineering, 01250, Adana

¹<https://orcid.org/0000-0001-7982-2282>

²<https://orcid.org/0000-0001-7337-8678>

³<https://orcid.org/0000-0001-7594-9462>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-7484-8616>

⁵<https://orcid.org/0000-0001-5212-9170>

*Corresponding author: tdurhasan@atu.edu.tr

Research Article

Article History:

Received: 18.11.2022

Accepted: 12.06.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Airfoil

CFD

Reynolds number

Slot

Passive flow control

ABSTRACT

A numerical investigation was performed on NACA 0018 airfoil with slot at various angles of attack. The computational fluid dynamics (CFD) results were compared with the base airfoil to show the effectiveness of the airfoil. Reynolds number was kept constant as $Re=3 \times 10^5$ to thoroughly understand how different locations of slot would provide passive flow control from aerodynamic perspective. Three different slot locations were used to reveal the effectiveness of the slot compared to the base airfoil for higher angles of attack. The results show that the slotted design would yield to increase the lift and to delay the stall angle of base airfoil.

Yarık açılan NACA 0018 Etrafındaki Akış Yapısının Sayısal İncelenmesi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 18.11.2022

Kabul tarihi: 12.06.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Kanat profili

HAD

Reynolds sayısı

Yarık

Pasif akış kontrolü

ÖZ

Çeşitli hücum açılarında slotlu NACA 0018 kanat profili üzerinde sayısal bir inceleme yapılmıştır. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) sonuçları, kanat profilinin etkinliğini göstermek için temel kanat profili ile karşılaştırıldı. Farklı yarık konumlarının aerodinamik perspektiften pasif akış kontrolünü nasıl sağlayacağını iyice anlamak için Reynolds sayısı $Re = 3 \times 10^5$ olarak sabit tutuldu. Daha yüksek hücum açıları için temel kanat profiline kıyasla yarıkların etkinliğini ortaya çıkarmak için üç farklı yuva konumu kullanılmıştır. Sonuçlar, yarıklı tasarımın kaldırmayı artırmaya ve temel kanat profilinin perdövites açısını geciktirmeye yol açacağını göstermektedir.

To Cite: Asan OF., Güler E., Aksoy MM., Pinar E., Durhasan T. Numerical Investigation of Flow Structure around NACA 0018 with Slot. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 152-167.

Introduction

The fundamental purpose of an airfoil is to create a lift to the attached body with the help of pressure difference between the upper and lower surfaces of it. The pressure distribution over an airfoil is one of the important optimization topics in the flight industry. To enhance the ability of lifting, the flow

structure at the upper surface of airfoils (suction surface) has been studied to control and to minimize the turbulence effects that yields to stall the flight operation and worse conclusions.

Since there are many airfoil shapes (Güzelbey et al., 2018) for different flow types, the flow structure around of the airfoils has been analyzed and also modified using active or passive flow control techniques to enhance the aerodynamic performance. The main goal of the flow control is to achieve a higher angle of attack (α) (i.e., the angle between flow direction and chord line) without stall condition. For active flow control techniques, we need an external energy input to the boundary of the airfoil such as using synthetic jets, actuators, control sensor tools, suction, and blowing (Abbasi and Souri, 2020; Aley et al., 2020; Ohashi et al., 2020; Maldonado et al., 2021).

For passive control, various modifications applied to the airfoil geometry are available in the literature. The manipulation with the geometrical structure of airfoils provides us to prevent the vortex shedding at near wake of the trailing edge that leads to increase the lift and the angle of attack. Gurney flap is one of the common methods to reduce the separation vortices at the upper side of the airfoil to increase the lift forces (Wang et al., 2008). By attaching Gurney flap to NACA 4412, the maximum lift coefficient (C_L) has been raised from 1.49 up to 1.96. Also, when the height of Gurney flap (h) is arranged to 1.25% of chord length (i.e., $h=1.25\%c$), the maximum C_L is enhanced 36% at the angle of attack of 17° . Hence, with the help of high lift forces, drag coefficient (C_D) is decreased (Storms and Jang, 1994). By comparing NACA 0011 and NACA 4412 with Gurney flap, there has been an raise in the ratio of lift to drag coefficient (C_L/C_D) for the NACA 0011 which enhances the aerodynamic performance unlike the NACA 4412 (Singh et al., 2007). The splitter plate is also used to advance the flight conditions of airfoils. The observed improvements are likely for airfoils such as NACA 0012 (Ozkan, 2021), FB-3500-1750 (Metzinger et al., 2018), and even for wind turbine airfoils such as DU97-W-300 (Song, 2020). For instance, based on three different splitter plates' locations at the trailing edge, it is revealed that the adverse influences of the vortex shedding near wake of the NACA 0012 airfoil has been significantly reduced for full stall condition (i.e., $\alpha=16^\circ$) at Reynolds number, $Re=20,000$ (Ozkan, 2021).

Moreover, slotted airfoils are utilized to improve aerodynamic performance for base NACA airfoil models. The location of slot is mostly chosen on the front side of the airfoil. To control the laminar separation bubble (LSB), two types of slots are investigated for NACA 0021 and a 4% rise on the C_L is observed as well as decreasing the length of LSB (Ramzi, 2018). Beyhaghi and Amono have conducted both experimental and numerical studies on slotted NACA 4412, and their results provide us that C_L could be raised up to 30% without a drag penalty (Beyhaghi and Amano, 2018). For an optimum propeller design, Mohamed et al. have numerically studied different slotted NACA airfoils and compared its results with the base airfoils. Their findings show that a slotted design is not always working properly from the performance perspective. Additionally, their comprehensive results lead that if the aerodynamic characteristic of the airfoil is constructed for high Re number and high lift, the slotted propeller would work efficiently (Mohamed et al., 2021). Therefore, for the flight efficiency

(i.e., high Re numbers and high lift characteristic are needed), slotted design of an airfoil usually gives us beneficial results. For NACA 0018 airfoil, the slotted design would be effective to control the flow at near wake of the body by preventing boundary layer separation (Mohamed et al., 2020).

Even though aforementioned airfoil studies with slot reveal good efficiency for the flight conditions, the enhancement on the slot design variations would still yield to control the unfavorable effects of turbulent flows. Thus, the flow structure of NACA 0018 airfoil with slot was numerically investigated in this paper. The effects of these three slotted models are discussed further and compared with the base airfoil to reveal how an airfoil with a slot would bring in a high lift coefficient as well as delay the stall angle.

Material and Method

Model and Computational Grid

The computational fluid dynamics (CFD) analysis was numerically accomplished using ANSYS Fluent for NACA 0018 airfoil. For CFD problems, ANSYS Fluent is commonly used to investigate the flow structures (Hussein et al., 2021; Öztürk and Demircan, 2022). In this 2-D problem, k- ω SST turbulence model was used (Menter, 1994) to solve the flow structure effectively. In this computational experiment, the Reynolds number was kept constant to $Re=3 \times 10^5$. Reynolds number is defined as $\rho V_\infty L / \mu$, where ρ , V_∞ , and μ are density of the fluid, freestream velocity of the fluid, and dynamic viscosity of the fluid, respectively. L is the characteristic length in which it is the chord length (c) of the airfoil. The chord length, c , was taken as 150 mm. Several dimensionless parameters have been reproduced in order to have an idea about the performance of the wings such as drag coefficient (C_D), pressure coefficient (C_p) lift coefficient (C_L). The pressure distribution around the airfoil can be dimensionless by using Equation 1 and the dimensionless number is called as the pressure coefficient (C_p). In the equation; p is the static pressure of the measuring point on the body, p_∞ is the static pressure of the freestream flow, v_∞ is the velocity of the freestream flow, and ρ is the density of the fluid.

$$C_p = \frac{p - p_\infty}{\frac{1}{2} \rho V_\infty^2} \quad (1)$$

Lift and drag coefficients are calculated by using Equation 2 and Equation 3, respectively. In the equations, F_L and F_D are lift and drag forces, respectively and A is reference area.

$$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2} \rho V_\infty^2 A} \quad (2)$$

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho V_\infty^2 A} \quad (3)$$

All solutions were operated at steady-state solution with using coupled-implicit algorithm scheme was operated for density-based solver. For gradient, the least square cell-based method was used. For

spatial discretization, second order upwind method was utilized. No-slip wall boundary condition was applied for airfoil. Also, the flow region was chosen as pressure far-field condition by 5% of turbulent intensity and 0.1992 m of hydraulic diameter. Residuals for parameters were set to 10-8 convergence absolute criteria.

Various fluid domains are created for base NACA 0018 airfoil (i.e., without slot) to compare it with the current literature for the validation study, and three slotted airfoils. Also, the effect of outlet slot location was examined at different angles of attack ($\alpha=0^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 8^\circ, 10^\circ, 12^\circ, 13^\circ, 14^\circ, 15^\circ, 16^\circ, 17^\circ, 18^\circ, 19^\circ$ and 20°). The schematic presentation of slotted NACA 0018 airfoil is shown in Figure 1. The parameters in Figure 1 represented the chord length (c), the width of slot outlet ($W1$), the width of slot inlet ($W2$), the angle of attack (α), and the radius of the inlet and outlet slot (R). The distance between the midpoint of the slot's width and leading-edge point was shown as $L1$ and $L2$ for upper and lower surfaces of the airfoil, respectively.

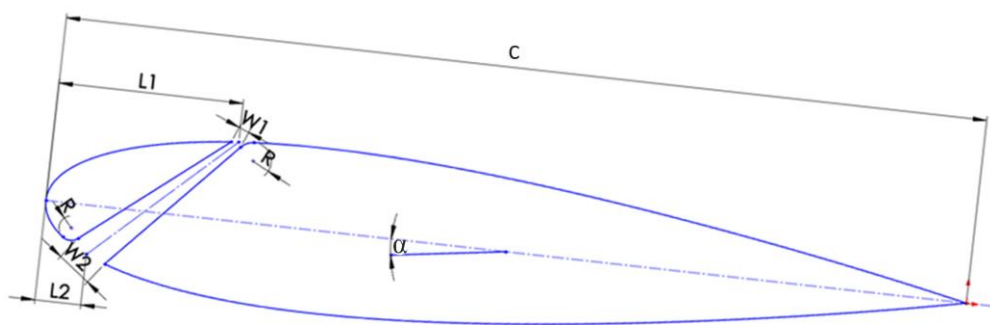


Figure 1. Schematic view of slotted NACA 0018 airfoil.

To create three different slotted airfoils, firstly, the ratio of $W2/W1$ was kept as 4.0 (Belmadi et al., 2016) and the inlet position of the slot ($L2$) was kept constant at 5% of the chord length. Then, $L1$ length was changed for three different locations as defining a new variable, x , with respect to the ratio of chord length (x/c). Thus, the slot outlet was located at 20%, 40%, and 60% of total chord length for three different slots. The details of the test cases for the slotted airfoil were given in Table 1. It was referred to $x/c=20\%$, $x/c=40\%$, and $x/c=60\%$ models as Model 20, Model 40, and Model 60, respectively, hereafter. We would present these slotted models in Figure 2 in detail.

Table 1. Test cases of slotted airfoil

Parameters	Model 20	Model 40	Model 60
$W1/c$	1%	1%	1%
$L1/c$	20%	40%	60%
$L2/c$	5%	5%	5%
$W2/W1$	4	4	4
R/c	2%	7%	18%

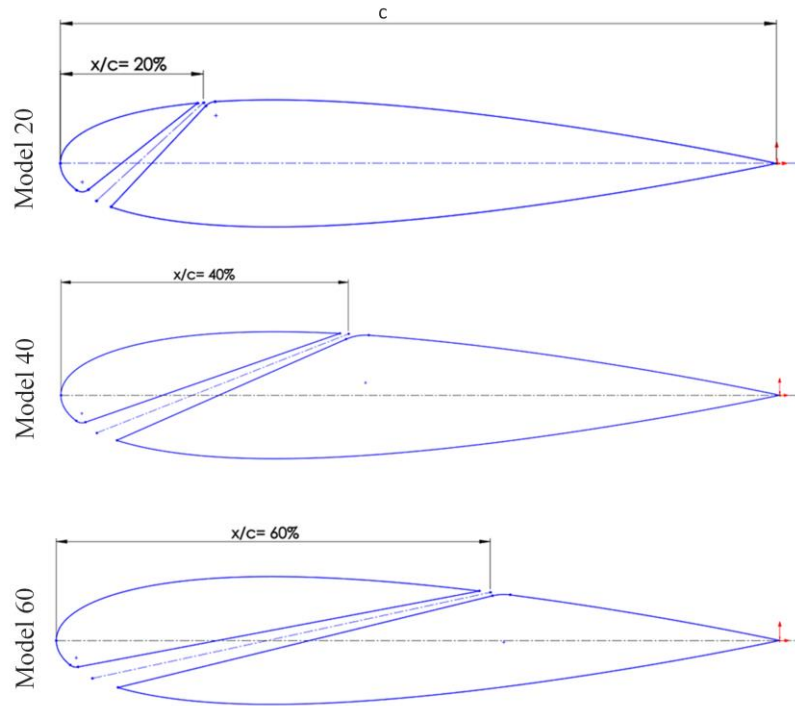


Figure 2. Schematic view of different configurations of slotted NACA 0018 airfoil.

For the computational grid, the C-type mesh structure was used for providing a more uniform distribution around the airfoil and to predict the boundary layer flows efficiently. The fluid domain was designated as $12.5c$ and $25c$ for y -axis and x -axis directions, respectively. Hence, the effect of the wall to the flow structure would be prevented. The grid structure is shown in Figure 3 for slotted airfoil for 200,000 cells. The y^+ value was set to less than 1 and the growth rate was set as 1.2. The mesh element size was formed smaller along the airfoil due to achieve plausible results.

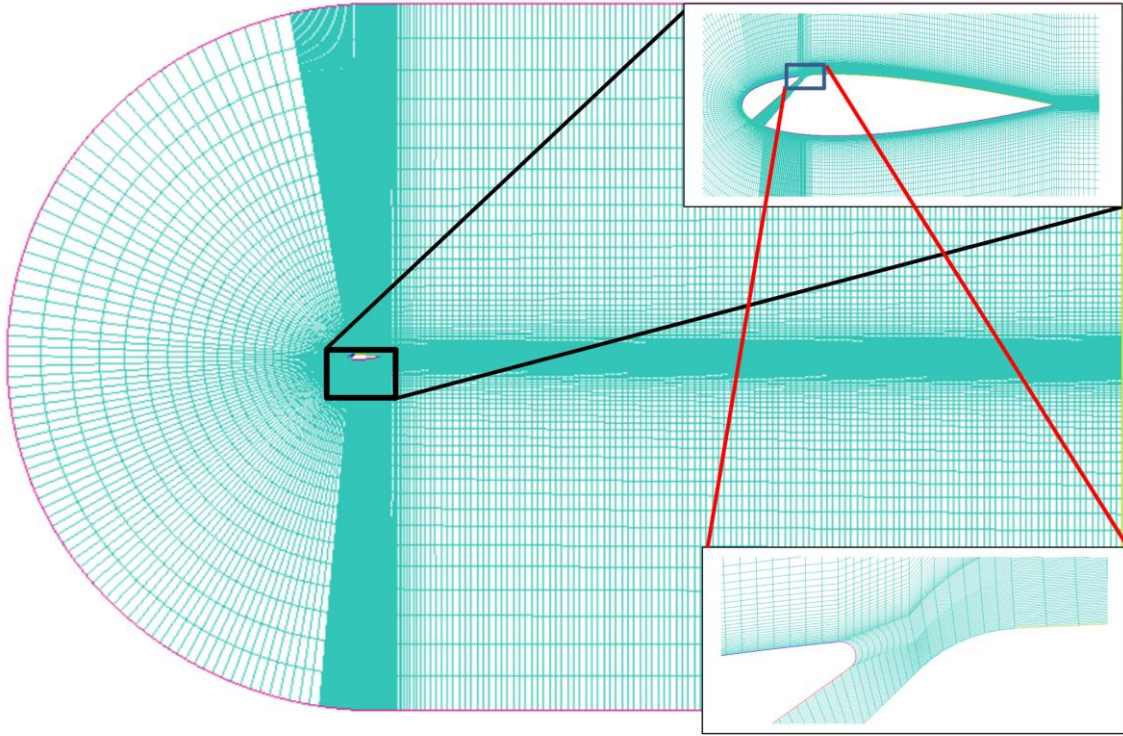


Figure 2. The mesh grid of slotted NACA 0018 airfoil.

Validation

At the angle of attack of $\alpha=10^\circ$, five different element numbers were examined for base airfoil. It was conducted with k- ω SST turbulence model to compare the obtained lift coefficients with both experimental (Jacobs, 1937; Timmer, 2008) and numerical studies (Shabur et al., 2021) as seen in Figure 3.

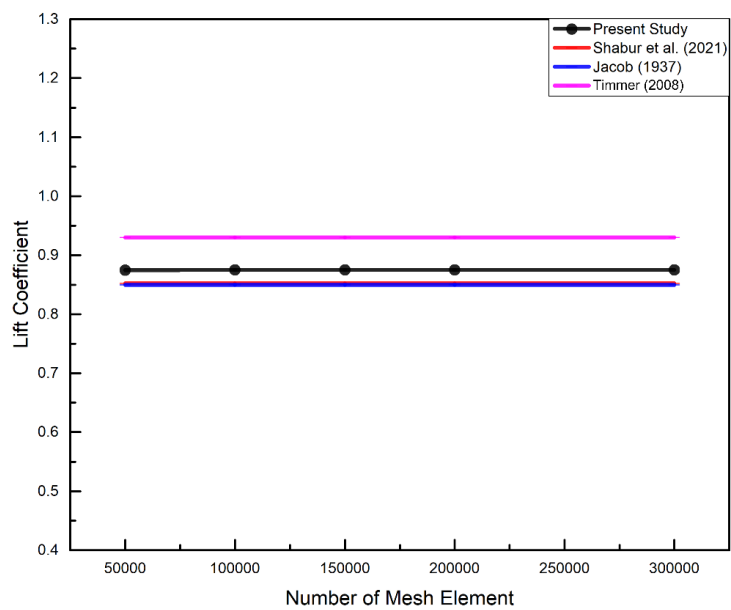


Figure 3. Mesh independence study.

It is clearly seen from Figure 3 that the increase in the number of mesh elements would not affect lift coefficient significantly. In the present study, the number of mesh elements was taken to be 100,000 since the C_L was nearly the same with the experimental results. Figure 4 reveals the value of C_L with respect to α for both present study and studies available in the literature, and it is clearly seen that the curve of the present study has overlapped with experimental data (Jacobs, 1937; Timmer, 2008). The maximum error is approximately 12% obtained for post stall angle ($\alpha=16^\circ$)

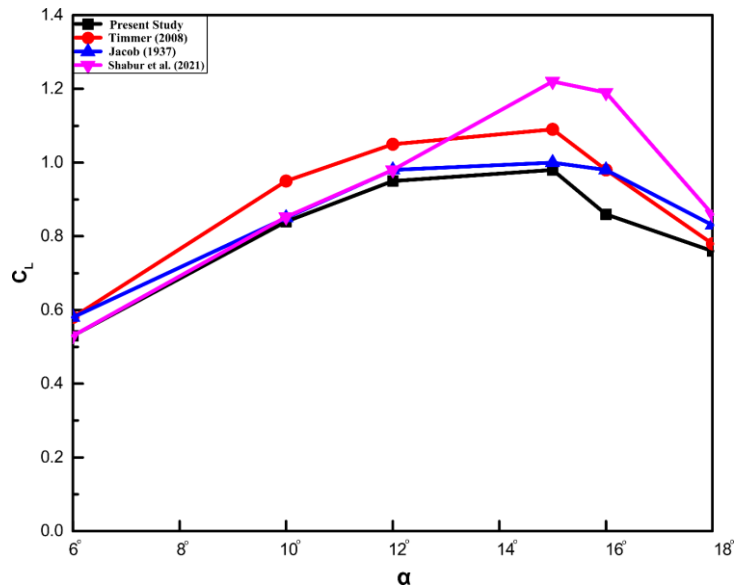


Figure 4. Comparison of experimental results with this study.

Results and Discussion

It is presented the lift and drag coefficients for both slotted models and base NACA 0018 airfoil at various angles of attack. Figure 5 shows the variation of the lift coefficient (C_L) with respect to the angle of attack (α) for different slotted configurations (i.e., Model 20, Model 40, and Model 60) and the base case. Since NACA 0018 airfoil has a symmetrical geometry, the value of lift coefficient enhances with the increasing angle of attack up to a point for all cases. For the base case, the maximum value of C_L is 0.99 at $\alpha=14^\circ$. It is clearly seen from Figure 5 that a sudden decrease in the lift coefficient to $C_L=0.86$ was observed at the angle of attack of $\alpha=16^\circ$ due to the stall condition.

For the slotted models, all models could not achieve a higher lift coefficient than the base airfoil up to the angle of attack of $\alpha=6^\circ$, because of having an impaired aerodynamic structure for lower α . However, the value of lift coefficient enhances as the angle of attack raise. The C_L values of Model 60 are slightly higher than Model 20 and Model 40 at lower angles of attack, and Model 60 was delayed the stall angle 3° compared to the stall angle of base airfoil which is $\alpha=16^\circ$. It is observed the accomplishment of Model 40 after $\alpha=15^\circ$ from the lift force perspective, and the stall angle is also delayed around 4° . The maximum C_L is obtained as 1.6 at angle of attack of $\alpha=19^\circ$ for Model 40. It is observed that maximum C_L value of Model 40, and raised by about 150% compared to the maximum C_L of base airfoil. As a result, it is revealed that Model 40 yields good results by delaying the stall

angle as well as providing higher C_L . For Model 20, it is clearly seen that the most delayed stall angle is as opposed to other slotted models. Yet, C_L values are not higher prior to the stall points of Model 40 and Model 60.

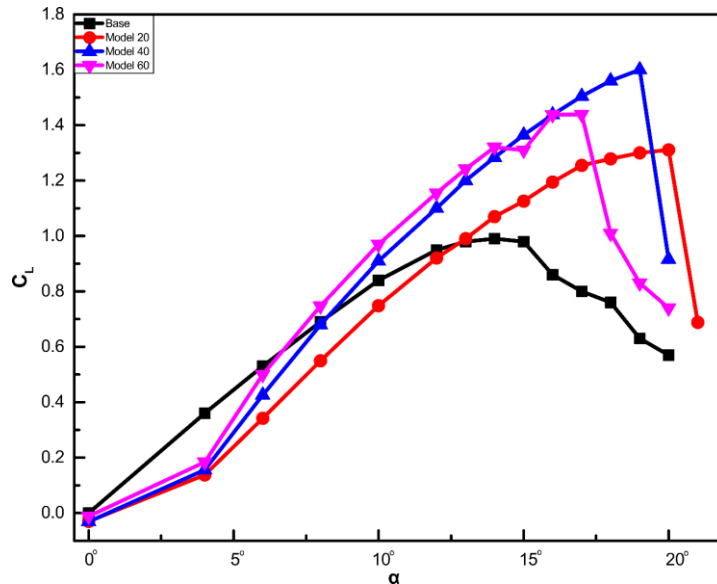


Figure 5. The variation of lift coefficients with angles of attack.

Figure 6 depicts the drag coefficients (C_D) at various angles of attack. For the base airfoil, the drag coefficient is calculated as $C_D=0.017$ at zero angle of attack. Since the front cross-sectional area of the airfoil increases at higher angles of attack, it is interpreted that the relationship between the angle of attack and the drag force is directly proportional. The drag force is sharply enhanced about 200% after the stall, $\alpha=16^\circ$, for base airfoil. As expected for the slotted models, modifying the geometrical structure would cause to raise the drag force. Hence, up to $\alpha=10^\circ$, higher C_D is observed compared to the base case. Even though the stall angle is delayed for the slotted models, it is observed that the higher C_D values prior to the stall angle of the base airfoil. Furthermore, Model 40 would provide the slowest increase of values with respect to other models.

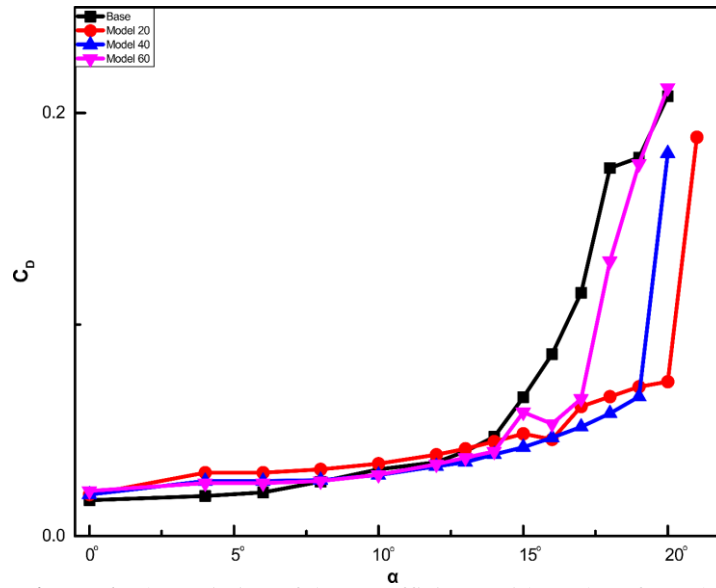


Figure 6. The variation of drag coefficients with angles of attack.

It is showed the pressure coefficient (C_p) values at $12^\circ \leq \alpha \leq 19^\circ$ to present the pressure distribution around the airfoil in Figure 7. It is worth noting that the slotted airfoils have two pressure distribution parts; the front and rear parts of the slotted airfoil are represented as red and blue lines, respectively. The black line shows the data for base airfoil. Firstly, it is observed that the peak magnitude of pressure is decreased for base airfoil when angle of attack increases from 15° to 17° due to the stall condition. This situation is more distinct at $\alpha=19^\circ$. It is clearly seen from Figure 7 that slotted model remarkably delays the stall angle in comparison with the base airfoil, and also enhancing of the lift force is dominated by rear part of airfoil for the slotted models. Also, another inconsistency in terms of the peak of the C_p graph is observed for Model 60 at $\alpha=19^\circ$. Even though the pressure increases for closer locations of the slot's outlet towards the trailing edge, it is seen from Figure 7 that the pressure of the Model 60 decreases in which slot's outlet was located closest to the trailing edge compared to Model 20 and 40. This phenomenon might be explained better by interpreting Figure 9 because it gives rise to the recirculation region at $\alpha=19^\circ$ for Model 60.

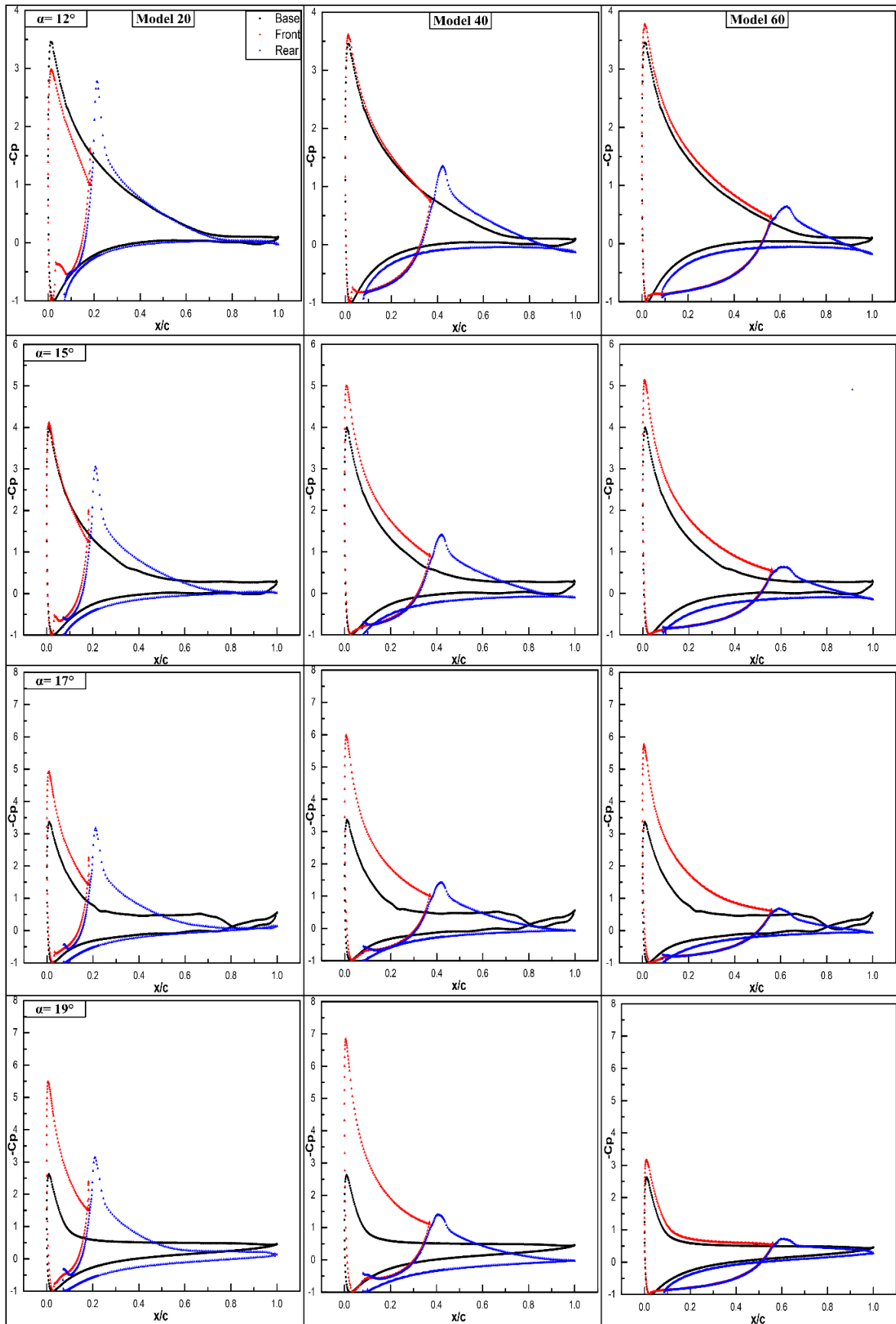


Figure 7. The pressure coefficient distributions at $12^\circ \leq \alpha \leq 19^\circ$.

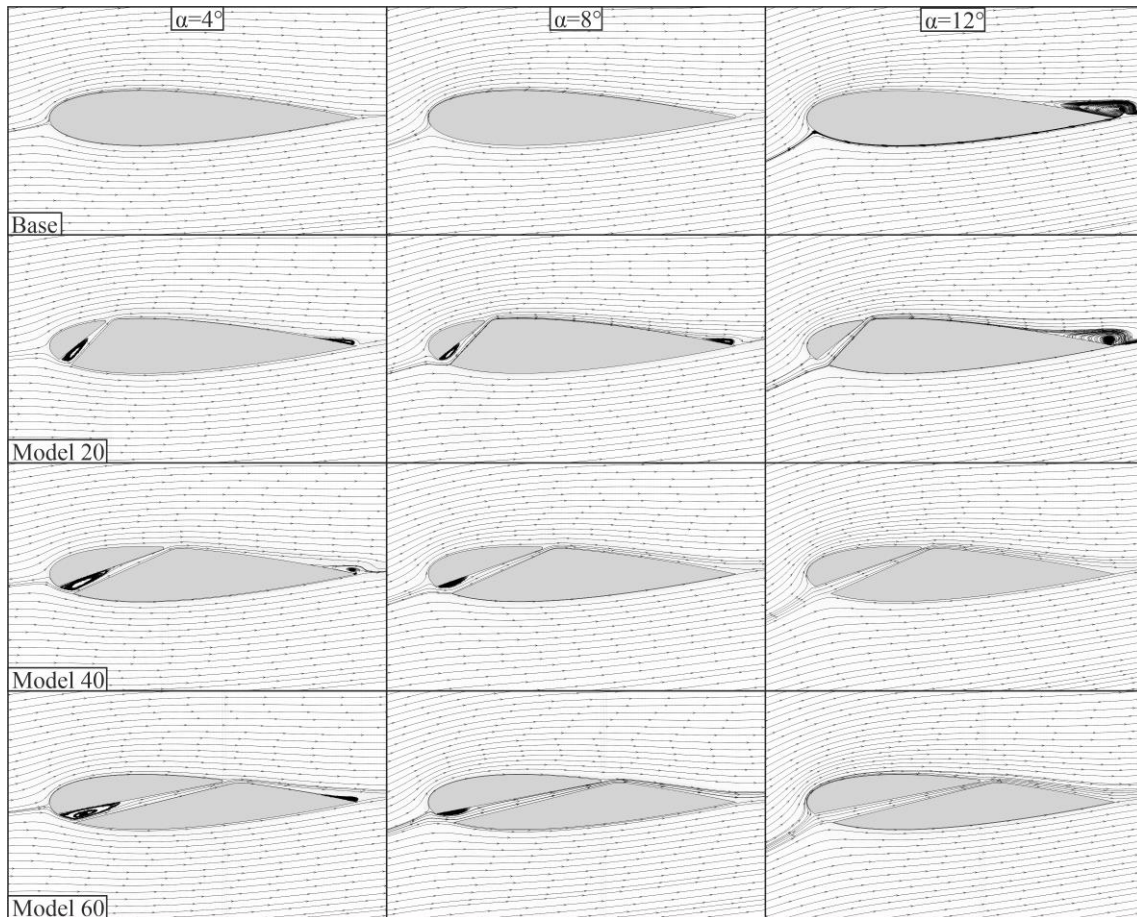


Figure 8 a. The streamlines of airfoils at $4^\circ \leq \alpha \leq 12^\circ$.

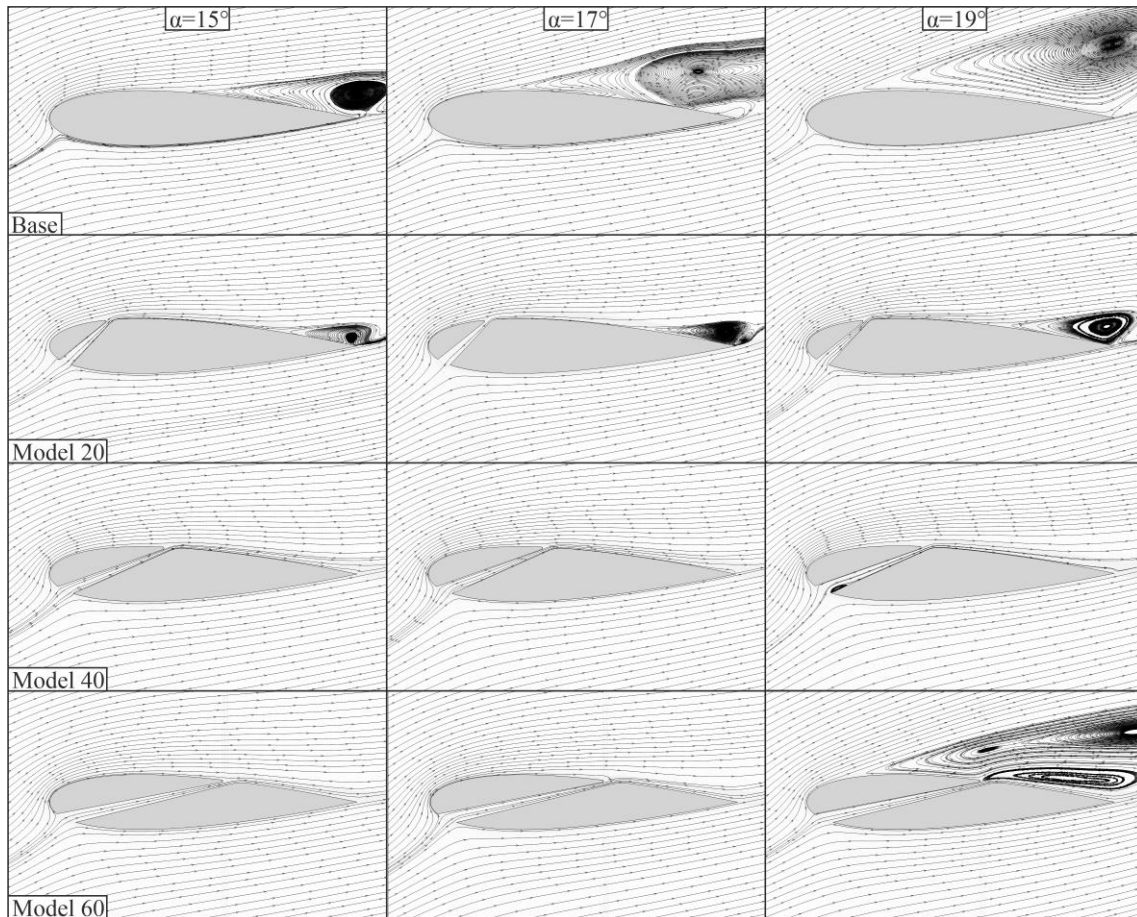


Figure 8 b. The streamlines of airfoils at $15^\circ \leq \alpha \leq 19^\circ$.

Figure 8a and 8b represent the streamline topologies at angles of attack of 4° , 8° , 10° , 12° , 15° , 17° and 19° . At $\alpha=4^\circ$, streamline patterns indicate that flow follows the airfoil surface for all models. For Model 40 and 60, small foci (which indicates the recirculation region) observed in the slot. A slight trailing edge separation appears for base airfoil at $\alpha=12^\circ$, while it is more distinct at $\alpha=15^\circ$. Furthermore, laminar separation bubble is not observed for the base airfoil similar with the literature. For the base airfoil, the separation point is closer to the leading edge with the increase in the angle of attack and the recirculation region covers the suction surface of the airfoil. The trailing edge separation is also observed for Model 20 at $\alpha=15^\circ$. On the contrary, the foci formation on the trailing edge is not observed for Model 40 and 60 because the momentum transfer from slot's outlet to the trailing edge prevents the edge separation. The size of recirculation region increases at $\alpha=17^\circ$ and 19° , but it is still smaller than base airfoil. The trailing edge separation and the recirculation region on the section surface is not observed for Model 40 at all angles of attack as a satisfactory result of the flow control. From this point of view, it can be concluded that model 40 is the most successful model for all angles of attack when compared to the other models.

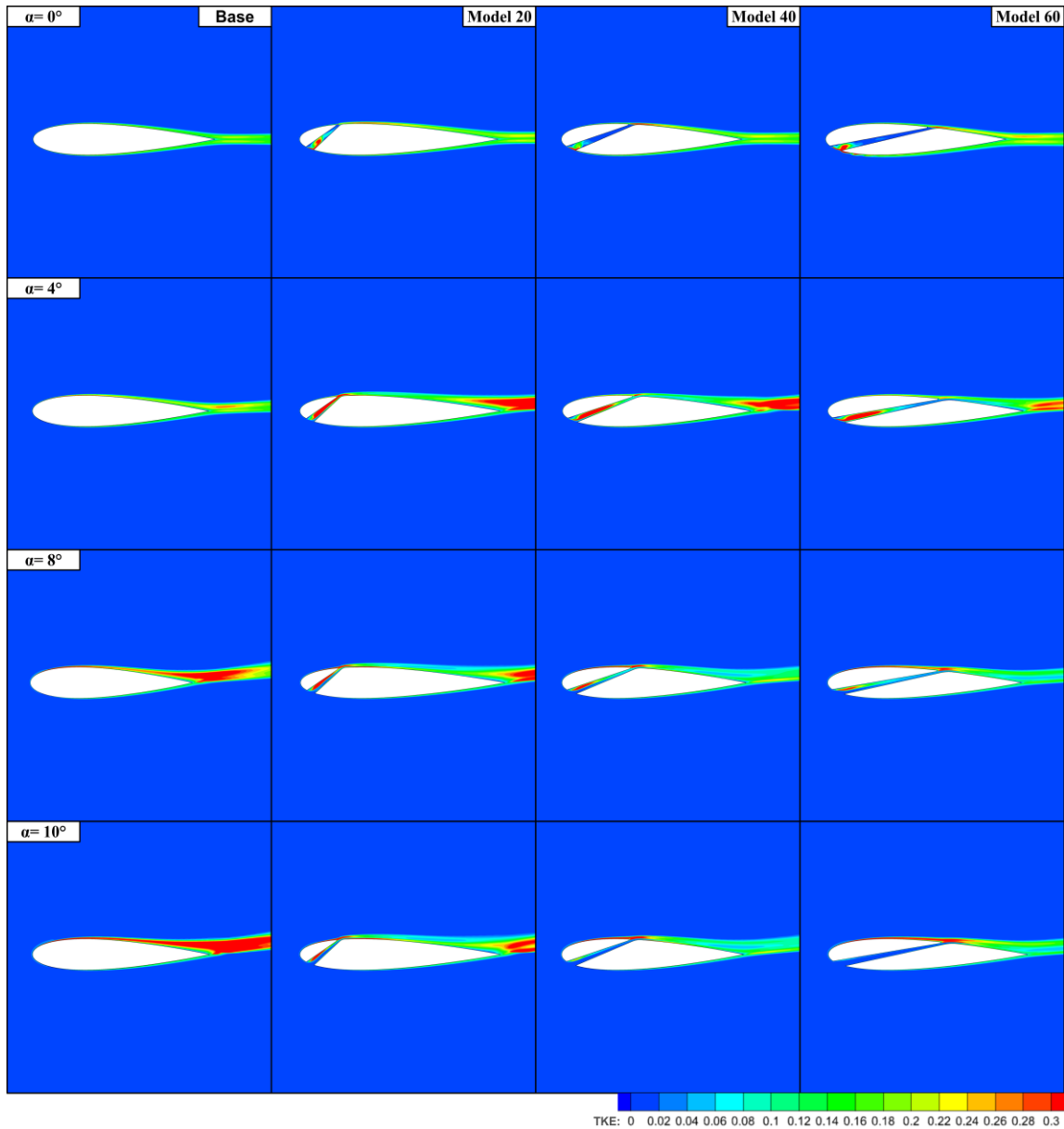


Figure 9a. Turbulence kinetic energy contours for $0^\circ \leq \alpha \leq 10^\circ$.

Figure 9a and 9b show the turbulent kinetic energy (TKE) contours for all airfoils at different angles of attack. For Figure 9a, the peak magnitude of TKE occurs at inlet and outlet of the slot due to the flow separation inside the slot region. At $\alpha=4^\circ$, the existence of the slot adversely affects the flow patterns and the peak magnitude of TKE remarkably increases in near wake region in comparison with base airfoil. The effect of slot on the suppression of TKE is observed at $\alpha=8^\circ$ especially for Model 40 and 60. For high angles of attacks, the effect of slot on the suppression of TKE is more apparent when compared to the base airfoil. It is clearly seen that TKE is remarkably suppressed at $\alpha \geq 10^\circ$. Especially after the angle of attack of $\alpha=15^\circ$, the very intense red region behind the base airfoil in the contour indicates the severeness of produced TKE. While the turbulence intensities of Model 20 and Model 60 are similar to each other, turbulence intensity occurred in Model 40 is minimal. It can be concluded that flow control around the airfoil can be achieved with the help of the slot design for high angles of attack.

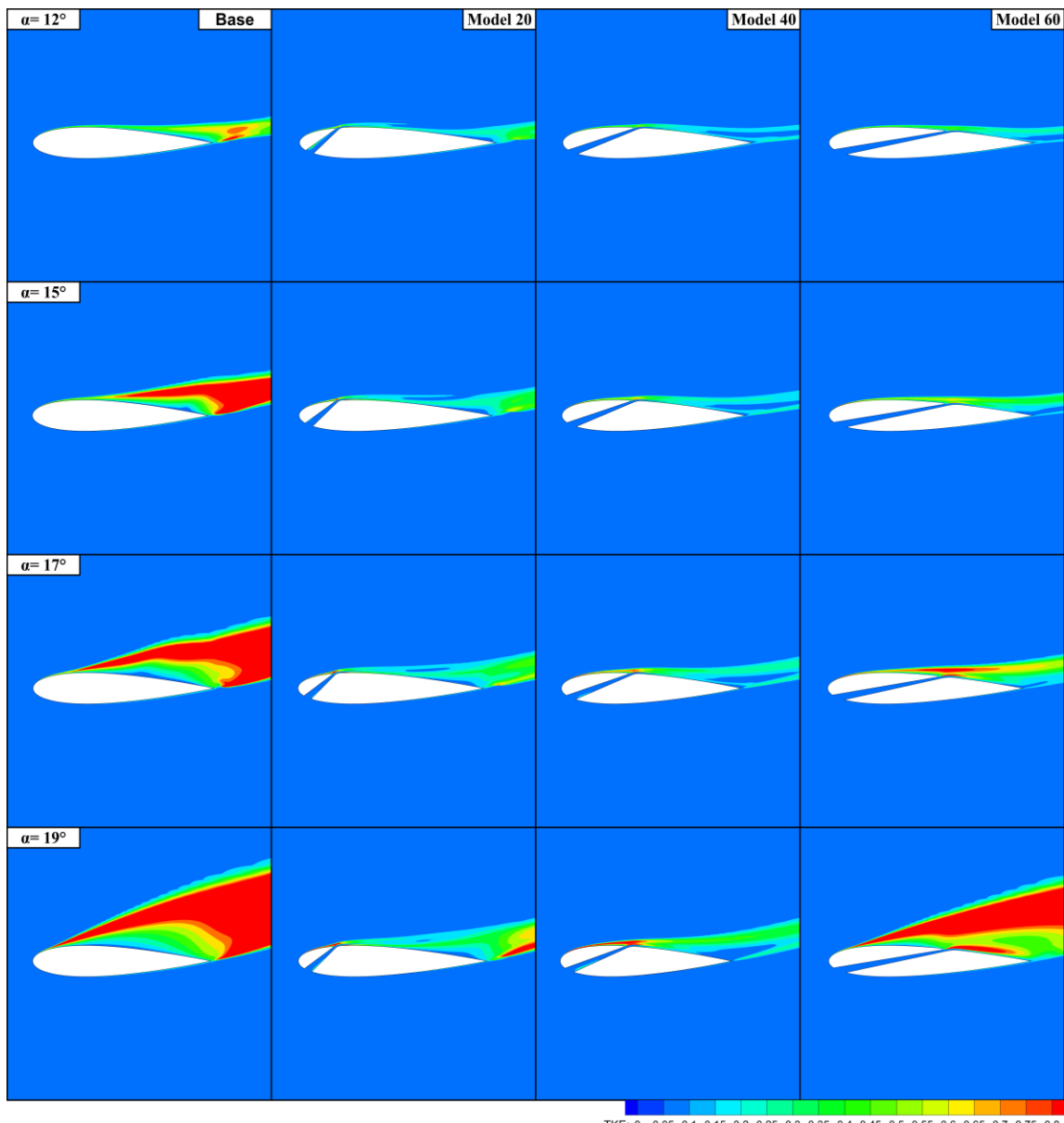


Figure 9b. Turbulence kinetic energy contours for $12^\circ \leq \alpha \leq 19^\circ$.

Conclusion

The aim of study is to control the recirculation area formed behind an airfoil by using slots at high angles of attack, α . Therefore, NACA 0018 airfoil is numerically analyzed and slotted for different chordwise locations at $Re=3 \times 10^5$ and $0^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$. The provided results were compared with base airfoil due to reveal the effect of slot on flow characteristic and aerodynamic performance. The three slotted models are created, namely Model 20, Model 40, Model 60, by changing the outlet location of the slot. In general, it is observed that all slotted models provide us to delay the stall angle of base airfoil as well as higher lift forces for high angles of attack. To comparison with the slotted models, Model 40 gives us the efficient lift results by annihilating the recirculation region of base airfoil at $\alpha=19^\circ$, and it also yields to delay the stall angle by 4° compared to the base airfoil.

Conflict of Interest

Authors have declared no conflict of interest.

Author's Contributions

The authors declare that they have contributed equally to the article.

References

- Abbasi S., Souri M. Reducing aerodynamic noise in a rod-airfoil using suction and blowing control method. *International Journal of Applied Mechanics* 2020; 12: 2050036.
- Aley KS., Guha TK., Kumar R. Active flow control of a high-lift supercritical airfoil with microjet actuators. *AIAA Journal* 2020; 58: 2053–2069.
- Belamadi R., Djemili A., Ilinca A., Mdouki R. Aerodynamic performance analysis of slotted airfoils for application to wind turbine blades. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 2016; 151: 79–99.
- Beyhaghi S., Amano RS. A parametric study on leading-edge slots used on wind turbine airfoils at various angles of attack. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 2018; 175: 43–52.
- Güzelbey İH., Eraslan Y., Doğru MH. Numerical investigation of different airfoils at low reynolds number in terms of aerodynamic performance of sailplanes by using XFLR5. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi* 2018; 8: 47–65.
- Hussein E., Azziz H., Rashid F. Aerodynamic study of slotted flap for NACA 24012 airfoil by dynamic mesh techniques and visualization flow. *Journal of Thermal Engineering* 2021; 7: 230–9.
- Jacobs EN. Airfoil section characteristics as affected by variations of the reynolds number. *NACA Report* 1937; 586.
- Maldonado V., Peralta N., Gorumlu S., Ayele W., Santos D. Aeroelastic response of a propulsive rotor blade with synthetic jets. *Journal of Fluids and Structures* 2021; 107: 103411.
- Menter FR. Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications. *AIAA Journal* 1994; 32: 1598–1605.
- Metzinger CN., Chow R., Baker JP., Cooperman AM., van Dam CP. Experimental and computational investigation of blunt trailing-edge airfoils with splitter plates. *AIAA Journal* 2018; 56: 3229–39.
- Mohamed OS., Ibrahim AA., Etman AK., Abdelfatah AA., Elbaz AMR. Numerical investigation of Darrieus wind turbine with slotted airfoil blades. *Energy Conversion and Management: X* 2020; 5: 100026.
- Mohamed WMW., Ravindran NP., Rajendran P. A CFD Simulation on the performance of slotted propeller design for various airfoil configurations. *CFD Letters* 2021; 13: 43–57.

- Ohashi M., Morita Y., Hirokawa S., Fukagata K., Tokugawa N. Parametric study toward optimization of blowing and suction locations for improving lift-to-drag ratio on a Clark-Y airfoil. *Journal of Fluid Science and Technology* 2020; 15: JFST0008–JFST0008.
- Ozkan GM. Control of the flow in the near wake of an airfoil at full stall using fixed trailing-edge plates. *Experimental Thermal and Fluid Science* 2021; 122: 110296.
- Öztürk M., Demircan T. Yüksek sıcaklığa ulaşan elektronik elemanların etkin bir şekilde soğutulması. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2022; 5: 612–631.
- Ramzi M. Numerical study of long separation bubble on slotted thick airfoil. *PAMM* 2018; 18: e201800411.
- Shabur A., Khan AH., Resan NS. Computational fluid dynamics analysis on turbulent kinetic energy distribution of NACA 0018 airfoil at two Reynolds number. *Research and Reviews: Journal of Mechanics and Machines* 2021; 4: 1–12.
- Singh MK., Dhanalakshmi K., Chakrabartty SK. Navier-stokes analysis of airfoils with gurney flap. *Journal of Aircraft* 2007; 44: 1487–1493.
- Song K. Numerical investigation of flatback airfoils drag and noise reduction by a splitter plate. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci* 2020; 495: 012081.
- Storms BL., Jang CS. Lift enhancement of an airfoil using a gurney flap and vortex generators. *Journal of Aircraft* 1994; 31: 542–547.
- Timmer WA. Two-dimensional low-reynolds number wind tunnel results for airfoil NACA 0018. *Wind Engineering* 2008; 32: 525–537.
- Wang JJ., Li YC., Choi K-S. Gurney flap-Lift enhancement, mechanisms and applications. *Progress in Aerospace Sciences* 2008; 44: 22–47.

İnşaat Sözleşmeleri Kaynaklı Uyuşmazlıkların Yargıtay Kararları Özelinde İncelenmesi

Buse ÜN^{1*}, Özge ALBOĞA², Ercan ERDİŞ³

^{1,2} İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 31200, İskenderun/Hatay

³ İskenderun Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 31200, İskenderun/Hatay

¹ <https://orcid.org/0000-0003-4090-1519>

² <https://orcid.org/0000-0002-2848-8373>

³ <https://orcid.org/0000-0003-2180-4182>

*Sorumlu yazar: buseun.mfbe19@iste.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 25.01.2023

Kabul tarihi: 14.06.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

İnşaat sözleşmeleri

İnşaat davaları

Uyuşmazlık nedenleri

Yargıtay kararları

ÖZ

İnşaat projeleri sürecinde, öngörülemeyen birtakım hususlar ve yapılan hatalar; eserin kalitesi, süresi ve bütçesini olumsuz etkilemektedir. Eserin kalitesiz/ayıplı inşası, proje süresinde yaşanan gecikmeler, ödemelerin gecikmesi veya yapılamaması, değişiklik talepleri veya farklı saha koşullarından kaynaklı birçok faktör; işveren, yüklenici ve üçüncü kişiler arasında hak taleplerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. İlave olarak, taraflar arasındaki iletişim kanallarının açık olmaması da birtakım uyuşmazlıklara neden olabilmektedir. Bu durum uyuşmazlıkların çözümü için taraflardan birinin mahkemelere veya alternatif uyuşmazlık çözüm yöntemlerine başvurması ile sonuçlanmaktadır. Bu çalışmada taraflar arasında uyuşmazlıklara neden olan ana ve alt unsurlar; literatür bulguları, ilgili mevzuat ve Yargıtay kararlarına konu olan davalar ile belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda, uyuşmazlıkların ana nedeninin en çok “eserin kalitesiz/ayıplı yapılması” olduğu, uyuşmazlığın altında yatan alt nedenin ise “sözleşmelerdeki belirsizlikler” olduğu görülmüştür. Çalışmada uyuşmazlıkların projeler üzerindeki olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi ve uyuşmazlıkların çözümünde yargı yükünün hafifletilebilmesi için literatüre ve sektör paydaşlarına yönelik öneriler geliştirilmiştir. Son olarak, ana nedenleri farklı olan beş örnek vaka; davacı, davalı, sözleşme türü, sözleşme konusu, Yargıtay kararı, kararın gerekçesi ve yorumu başlıkları altında incelenmiştir.

Examination of Disputes Arising from Construction Contracts Based on Supreme Court Decisions

Research Article

Article History:

Received: 20.01.2023

Accepted: 14.06.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Construction contracts

Construction cases

Causes of disputes

Supreme court decisions

ABSTRACT

In the process of construction projects, some unforeseen issues and mistakes negatively affect the construction project's quality, duration, and budget of the work. Many factors, such as poor quality or defective construction of the work, delays in project duration, delayed or no payments, change orders, or different site conditions, cause the emergence of claims between the employer, contractor, and others. In addition, miscommunication between the parties can also lead to disputes. Such a circumstance results in one of the parties going to court or resorting to alternative dispute resolution methods. In this study, the main and sub-factors that cause disputes between the parties have been determined by the literature findings, the relevant legislation, and the cases subject to the Supreme Court's decisions. As a result of the study, it was observed that the main reason for disputes was 'poor quality of the work' and the sub-cause was 'ambiguities in the contracts'. In the study, suggestions have been developed for literature and industry stakeholders to minimize the negative effects of disputes on projects and alleviate the jurisdiction's burden in resolving these disputes. Finally, five sample cases with different major causes have also been analyzed under the subheadings of plaintiffs, defendants, contract type, contract subject, Supreme Court decisions, and the reasoning and interpretation of the decision.

To Cite: Ün B., Alboğa Ö., Erdiş E. İnşaat Sözleşmeleri Kaynaklı Uyuşmazlıkların Yargıtay Kararları Özelinde İncelenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(Ek Sayı): 168-183.

Giriş

İnşaat projeleri; tasarımcılar, tedarikçiler, yükleniciler, danışmanlar ve işverenler gibi birçok paydaşın ortak çalışma alanıdır. Paydaşların farklı çalışma kültürlerine sahip olması, gereken özen ve titizlik gösterilmeden hazırlanmış sözleşmeler, iletişim eksiklikleri, sınırlı bir bütçenin olması ve kısıtlı bir zaman içerisinde çalışılması gibi birçok faktör, tarafların birbirlerinden hak talep etmelerine ve taraflar arasında uyuşmazlıkların yaşanmasına yol açabilmektedir (El-adaway, 2017; Klee, 2018; Hansen, 2019).

İnşaat sektöründe uyuşmazlıklar oldukça yaygındır ve bunun sonucu olarak uyuşmazlıklar taraflara ve bazen de ülke ekonomilerine ciddi zararlar verebilmektedir (El-Sayegh ve ark., 2020; Sarı ve ark., 2021). Bu nedenle proaktif yöntemlerin teşvik edilmesiyle uyuşmazlıkların önlenmesi ve uyuşmazlıkların olumsuz etkilerinin azaltılması için uyuşmazlık nedenlerinin araştırılması son derece önemlidir. Bu noktadan hareketle, sektörde yaşanmış uyuşmazlık vakalarının incelenmesi, ilgili alandaki eksikliklerin saptanması açısından gereklidir.

Bu çalışmanın amacı, yaşanan uyuşmazlıkların yargı yoluna gidilmeden çözümü için sektör paydaşlarına uyuşmazlıklar hakkında öngörü kazandırmak ve tarafları uzlaşmaya teşvik etmektir. Bu amaç doğrultusunda çalışmada, detaylı bir literatür analizi yapılmış ve inşaat projelerinde sıklıkla görülen uyuşmazlık nedenleri saptanmıştır. Daha sonra literatür analizi sonuçlarına dayanarak, Yargıtay kararlarına konu olan vakalar üzerinden, yaşanan uyuşmazlıkların ana nedenleri ve bu ana nedenlere göre alt nedenler (altında yatan diğer nedenler) tespit edilmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında incelenen davalara ilişkin istatistikler sunulmuş ve ana nedenleri farklı olan beş örnek vakaya ait Yargıtay kararları dikkate alınarak yorumlanmıştır. Çalışmanın son kısmında ise sözleşmeler hazırlanırken göz önünde bulundurulması gereken hususlara ve uygulamaya yönelik önerilere yer verilmiştir.

Literatür Analizi

İnşaat sözleşmelerindeki açıklardan dolayı ortaya çıkan hak talepleri işveren, yüklenici ve üçüncü şahıslar kaynaklı birçok faktörden kaynaklanmaktadır. Çeşitli araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda yaşanan uyuşmazlıkların genellikle işveren (El-Sayegh ve ark., 2020; Abdul Nabi ve El-adaway, 2022) veya yüklenici kaynaklı (Awwad ve ark., 2016; Assaf ve ark., 2019; El-Sayegh ve ark., 2020; Tanriverdi ve ark., 2021; Alqershy ve Kishore, 2023; Abdul Nabi ve El-adaway, 2022) olduğunu, işverenin finansal açıdan yetersizliğini ve ödemelerde yaşanan gecikmeleri, yüklenicilerin ise vereceği teklif ile ilgili gerekli özeni göstermemesini/yeterince titiz hazırlamamasını, sözleşme yükümlülüklerine uymamasını, iş konusundaki yetersizliklerini ve süresel gecikmeleri önemli uyuşmazlık nedenleri olarak gördüklerini belirtmişlerdir. Proje katılımcıları arasındaki zayıf iletişim ve koordinasyon eksikliği de, inşaat uyuşmazlıklarının ve hak taleplerinin ortaya çıkmasında önemli diğer

faktörler olarak çalışmalarda vurgulanmıştır (Abdul Nabi ve El-adaway, 2022; Alqershy ve Kishore, 2023).

Yapılan detaylı literatür taraması sonucunda inşaat sektöründe taraflar arasında uyuşmazlıkların yaşanmasının ana nedenleri 5 kategoride toplanmış ve aşağıda özetlenmiştir. Bunlar;

- eserin kalitesiz/ayıplı yapılması kaynaklı yaşanan uyuşmazlıklar (Apanoğlu ve Öcal, 2008; Yünlü, 2014; Artan Ilter ve Bakioglu, 2018; Parikh ve ark., 2019),
- proje süresinde yaşanan gecikmeler nedeniyle yaşanan uyuşmazlıklar (Cheung ve Pang, 2013; Awwad ve ark., 2016; Artan Ilter ve Bakioglu, 2018; Youssef ve ark., 2018; Assaf ve ark., 2019; Haron ve ark., 2020; Kisi ve ark., 2020; Alqershy ve Kishore, 2023),
- ödemelerin gecikmesi veya yapılamaması nedeniyle yaşanan uyuşmazlıklar (Karthikeyan ve Manikandan, 2017; Youssef ve ark., 2018; Parikh ve ark., 2019; Haron ve ark., 2020),
- değişiklik talimatları kaynaklı yaşanan uyuşmazlıklar (Cheung ve Pang, 2013; Awwad ve ark., 2016; Artan Ilter ve Bakioglu, 2018; Maemura ve ark., 2018; Assaf ve ark., 2019; El-Sayegh ve ark., 2020; Alqershy ve Kishore, 2023; Tanriverdi ve ark., 2021; Temel ve ark., 2021),
- farklı saha koşulları kaynaklı yaşanan uyuşmazlıklar (Hanna ve ark., 2013; Artan Ilter ve Bakioglu, 2018; Kisi ve ark., 2020; Shrestha ve Neupane, 2020; Alqershy ve Kishore, 2023) başlıkları altında sıralanmıştır.

Eserin kalitesiz/ayıplı yapılması nedeniyle yaşanan uyuşmazlıklar iş sahibi ve yükleniciler açısından birtakım şartları ve sonuçları içinde barındırmaktadır. Çeşitli araştırmacılar inşaat uyuşmazlıkları ile ilgili olarak; sözleşmeleri (FIDIC Kırmızı Kitap vb.), konuyla ilgili mevzuatı (6098 Türk Borçlar Kanunu (TBK), 3194 İmar Kanunu, 4735 sayılı Kamu İhale Sözleşmeleri Kanunu vb.) ve Yargıtay kararlarını inceledikleri çalışmalarında (Panayır, 2017; Müminoğlu, 2018; Esirci, 2019; Çelik, 2020; Demiray, 2020; Şahankaya, 2021; Şahin Şengül, 2022) sözleşmelerin sıkı şekil koşullarına bağlanmış olmasının, işveren ve yüklenicinin ayıba karşı sorumluluğu ve hakları ile bu konulardaki prosedürlerin (belgelendirme işlemlerinin) neleri ihtiva ettiğinin sözleşmelerde net olarak belirtilmesinin ve gerekli denetimlerin yapılmasının gerekliliğini vurgulamışlardır. İlgili çalışmalar, mevzuat ve Yargıtay kararları incelendiğinde; yüklenicinin ayıplı ifadan dolayı sorumlu tutulabilmesi için yapıyı tamamlayarak iş sahibine teslim etmesi, yapının ayıplı olması ve iş sahibinin gözden geçirme ve bildirim külfetini yerine getirmesi gerektiği vurgulanmıştır. İş sahibinin ayıptan doğan seçimlik hakları ise bu çalışmalarda; sözleşmeden dönme hakkı, ayıp oranında bedelden indirim isteme hakkı (nefaset kesintisi) ve ayıbın ücretsiz olarak giderilmesini isteme hakkı olarak belirtilmiştir. Yine bu çalışmalarda yüklenicinin inşa ettiği eser, sözleşmesinde kararlaştırılan şartlara uygun değilse ve arsa sahibine zamanında teslim edilmemişse, yüklenicinin ücret almaya hak kazanamayacağı ve sözleşme hükümlerine göre sorumlu olacağı da vurgulanmıştır.

Proje süresinde gecikmeler yaşanması nedeniyle yaşanan uyuşmazlıklar ise genellikle; iş sahibi tarafından ilave işlerden ve proje üzerinde yapılan değişikliklerinden, yüklenici açısından ise iş programında yaşanan gecikmelerden kaynaklanmaktadır. Apanoğlu ve Öcal (2008), inşaat işinin

süresinde tamamlanamaması veya kusurlu yapılmasından kaynaklı, yargıya intikal eden 204 davayı inceledikleri çalışmalarında, süre ile ilgili olarak yaşanan anlaşmazlıkların çoğunlukla iş sahibi tarafından istenen ilave işlerden ve proje değişikliklerinden kaynaklandığını, kusurlu işlerden kaynaklı anlaşmazlıkların ise çoğunlukla yüklenici tarafından teslim edilen işin, iş sahibi tarafından zamanında muayene ve ihbar edilmemesi sonucunda yaşandığını tespit etmişlerdir. Brawn (2012), İngiliz hukukunda inşaat sözleşmeleri kapsamında süre uzatımı ve tazminatların ödenmesi arasındaki ilişkiyi ve tutarsızlıkları içtihatlar çerçevesinde incelediği çalışmasında; işverenden kaynaklanan bir gecikme yaşanırsa ve sözleşme işverenin bu olay için süre uzatımına izin verirse, süre uzatımının verilmesinin yükleniciyi tazminata ve tespit edilen zararlara karşı koruyacağını belirtmiştir. Çalışmada ayrıca her iki tarafın da hatalı olduğu durumlarda, işverene tazminat hakkının ve yükleniciye de zarar ve masraf hakkının verilmemesinin daha uygun olacağı vurgulanmıştır. Temel ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada, iş değişikliği taleplerinin çok sık olduğu örnek bir proje üzerinden iş değişikliklerinin sistematik takibi ve bu nedenle doğan hak taleplerinin başarılı bir şekilde yönetilebilmesi için kontrol adımları ve formlarının oluşturulması önerilmiştir.

Ödemelerin gecikmesi veya yapılamaması, ek ödeme talepleri nedeniyle de taraflar çeşitli uyuşmazlıklar yaşamaktadır. Artan Ilter ve Bakioglu (2018), özellikle alt yüklenici sözleşmelerinde, riskler ve uyuşmazlıklar arasındaki ilişkileri inceledikleri çalışmalarında, ek ödeme taleplerini uyuşmazlıklara en fazla yol açan faktörlerden biri olarak göstermişlerdir. Tokdemir ve Candaş (2019) ise Türkiye’de gerçekleştirilen inşaat projeleri sözleşmelerinde ihtilafa neden olan hususları uzman görüşlerinden destek alarak araştırdıkları çalışmada, hakediş ödemelerinde yaşanan gecikmelerin önemli ihtilaf sebeplerinden biri olduğunu vurgulamışlardır.

İş sahibi ve yüklenicinin değişiklik taleplerinden kaynaklı uyuşmazlıklar ise genellikle iç (planlama, sözleşmelerdeki belirsizlikler vb.) ve dış faktörlerden (farklı saha koşulları, politik faktörler vb.) etkilenmektedir. Chaphalkar ve ark. (2015) 72 tahkim davasından yola çıkarak inşaat uyuşmazlıklarına neden olan 239 değişiklik talebinin asıl nedenlerini inceledikleri çalışmalarında, bu taleplerin tahkim hakemlerinin karar verme süreci üzerindeki etkisini tespit etmek için bu kişilerle bir anket çalışması yapmışlardır. Yazarlar çalışma sonucunda, değişiklik talimatının yazılı olarak bildirilmesinin ve değişiklik yapılan işin bedelinin ödenmesi ile ilgili hususlara sözleşmelerde yer verilmesinin hakemin vereceği kararı etkileyeceğini belirtmişlerdir. Kisi ve ark. (2020) Nepal yol inşaatı endüstrisinde meydana gelen uyuşmazlıkların sıklığını ve türlerini belirlemek amacıyla yaptıkları anket çalışması ve vaka incelemesi sonucunda sektörde en çok değişiklik kaynaklı uyuşmazlıkların yaşandığını tespit etmişlerdir. Haron ve ark. (2020) ise Malezya inşaat sektöründe sözleşmede yapılan değişikliklerin projeler üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Hansen ve ark. (2020) sözleşme kaynaklı değişiklik taleplerini inceledikleri çalışmalarında; kapsamdan, planlamadan, siyasi durumlardan ve saha koşullarından kaynaklanan değişikliklerin ve önemli malzemelerin geç ulaşmasının değişikliklere neden olan önemli faktörler olduğunu vurgulamışlardır.

İnşaat saha koşullarının değişmesi ile ilgili olarak Karthikeyan ve Manikandan (2017)'ın yaptıkları çalışmada Hindistan inşaat sektöründeki çatışmaların nedenlerinden biri olarak bu faktörün önemi vurgulanmıştır.

Literatürde yer alan çalışmalara bakıldığında, inşaat sektöründe yaşanan ve Yargıtay kararlarına konu olan davalar özelinde, uyuşmazlıklarda en çok karşılaşılan ana ve alt nedenler baz alınarak, davaların sonuçlarının ve kararların gerekçelerinin incelenmediği görülmüştür. Ayrıca bu alanda taraflara uyuşmazlıklar konusunda öngörü kazandıracak gerçek vakalara dayalı istatistiksel tanımlamalar içeren yayınlar da kısıtlı sayıdadır. Literatürdeki bu boşlukları doldurmayı hedefleyen bu çalışmanın, inşaat profesyonellerine, sözleşmelerin uyuşmazlığa mahal vermeyecek şekilde hazırlanması konusunda destek olacağı ve dolaylı olarak da yargı yükünün hafifleyeceği öngörülmektedir.

Materyal ve Metot

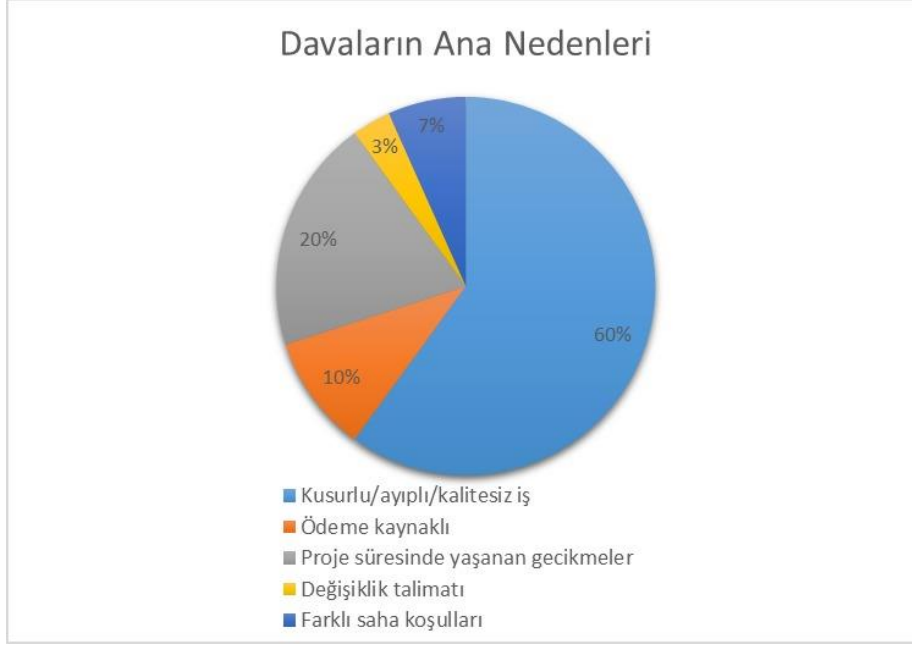
Bu çalışmada Yargıtay kararlarına konu olan 30 inşaat uyuşmazlığı vakası ele alınmıştır. İlgili Yargıtay kararlarına, “İnşaat Sözleşmelerinden Kaynaklanan Davalar” isimli kitaptan ve Legalbank isimli elektronik hukuk bankasından ulaşılmıştır (Coşkun, 2020; Legalbank, 2023). Ele alınan vakalarda; sözleşme türleri, uyuşmazlığın tarafları (davalı/davacı), uyuşmazlıkların asıl nedenleri, alt nedenleri, davaya konu olan iş türleri, uyuşmazlığın konu olduğu dava sonucunda verilen Yargıtay kararları ve kararların gerekçesi detaylı olarak incelenmiş, analiz edilmiş ve sonuçlar istatistiksel tanımlar halinde sunulmuştur. Ayrıca ana nedenleri farklı olan ve önemli görülen beş vakaya ait özellikler; davacı, davalı, sözleşme türü, sözleşme konusu, Yargıtay kararı, kararın gerekçesi ve yorumu kapsayacak şekilde özet tablolar halinde sunulmuştur (Tablo 2-5).

Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde Yargıtay kararlarına konu olan 30 inşaat uyuşmazlığı vakasına ait istatistiksel sonuçlar sunulmuştur. Ardından ana nedenleri farklı olan beş vakaya ait özellikler detaylı olarak verilmiştir.

Davaların Ana Nedenleri

Uyuşmazlığa konu olan 30 vakanın ana nedenleri analiz edildiğinde; davaların %60'ının eserin kalitesiz/ayıplı yapılmasından, %20'sinin proje süresinde yaşanan gecikmelerden, %10'unun ödemelerin gecikmesi veya yapılamamasından, %7'sinin farklı saha koşullarından ve %3'ünün değişiklik talimatlarından kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Davaların Ana Nedenleri

Davaların Ana Nedenlerine ait Alt Nedenler

Uyuşmazlıklarda, ana nedenler ya bir önceki faktörler zincirinin sonucu ya da başka faktörlerin tetikleyicisidir (Tanrıverdi ve ark., 2021). Örneğin, davanın ana nedeninin “*ödemelerin gecikmesi veya yapılamaması*” olduğu vakalarda, uyuşmazlığın altında yatan diğer nedenler “*sözleşmelerdeki belirsizlikler ve işin bedelinin/keşfinin hatalı hesaplanması*” olabilmektedir. Bu çalışmada, davalara konu olan ana taleplerden yola çıkılarak temel nedenler belirlenmiş ve ana nedenin tetiklediği diğer uyuşmazlık faktörleri ise alt nedenler olarak değerlendirilmiştir. Davalara ait ana nedenler ve alt nedenler özet tablosu Tablo 1’de sunulmuştur. Tabloda bir davaya konu olan bir uyuşmazlığın ana nedeninin altında yatan diğer nedenler verilmiştir.

Tablo 1. Vakaların ana ve alt nedenleri

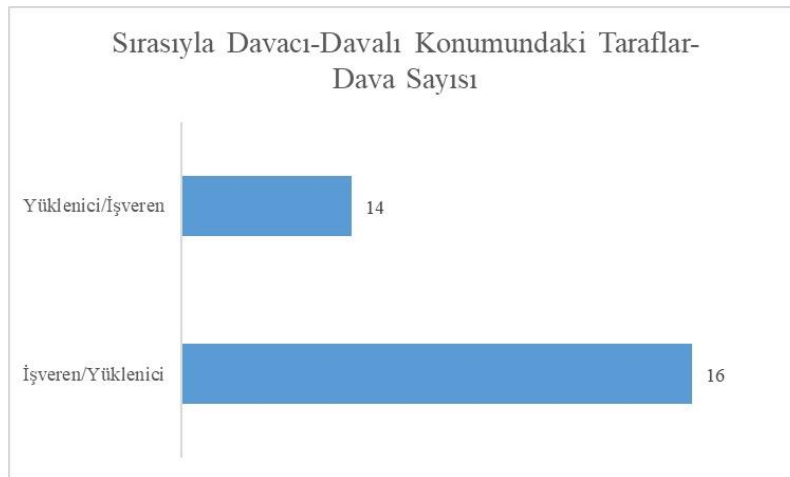
Alt nedenler	Ana nedenler				
	EKAY	PSYG	ÖG/Y	DT	FSK
1 Tarafların iş kapsamında değişiklik istekleri		✓		✓	✓
2 Tarafların iş kapsamında ödeme talepleri	✓				
3 Süresel gecikmeler	✓				
4 Tasarım hataları/eksiklikleri	✓			✓	
5 Eserin kalitesiz/ayıplı inşası		✓			
6 Farklı saha koşullarından kaynaklanan talepler	✓				
7 Sözleşmelerdeki belirsizlikler	✓	✓	✓	✓	✓
8 Ek ödeme, tazminat talepleri	✓	✓			✓
9 Sözleşmenin feshedilmesi	✓				✓
10 İşin bedelinin/keşfinin hatalı hesaplanması	✓		✓		
11 Ek süre talebi					✓

EKAY: Eserin kalitesiz/ayıplı yapılması, PSYG: Proje süresinde yaşanan gecikmeler,
ÖG/Y: Ödemelerin gecikmesi veya yapılamaması, DT: Değişiklik talimatları, FSK:Farklı saha koşulları

Tablo 1’de; eserin kalitesiz/ayıplı yapılmasının birçok alt nedeninin olduğu, alt nedenler bağlamında bu ana nedeni sırasıyla; farklı saha koşulları, proje süresinde yaşanan gecikmeler, değişiklik talimatları ve ödemelerin gecikmesi veya yapılamaması faktörlerinin takip ettiği görülmektedir.

Davaların Tarafları

İncelenen davalardaki taraflar yüklenici ve işveren konumundadır. Örneğin, davacının yüklenici olduğu bir davada, davalı konumundaki taraf işverendir. Buna göre, davaların taraflarının yüklenici ve işveren olma durumları analiz edildiğinde; 14 davada yüklenici davacı, işveren davalı konumundadır. 16 davada ise işveren davacı, yüklenici davalı konumundadır (Şekil 2).



Şekil 2. Davaların tarafları

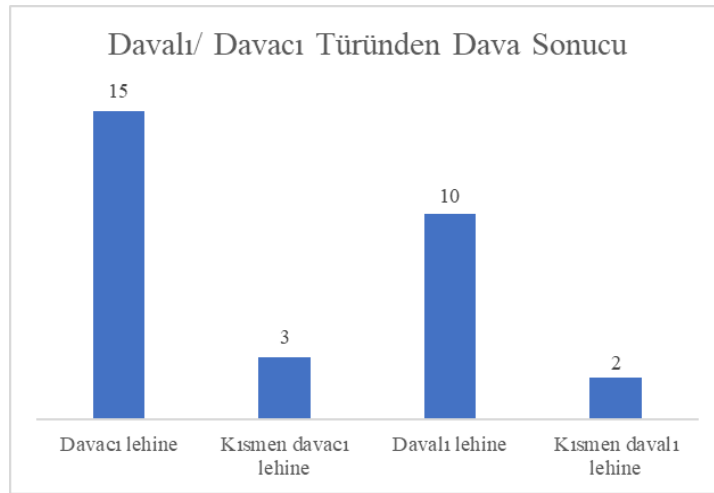
Davalarda Yer Alan Sözleşme Türleri ve İşlerin Kapsamı

Uyuşmazlığa konu olan 30 vakada kullanılan sözleşme türleri incelendiğinde uyuşmazlıkların en sık arsa payı karşılığı inşaat sözleşmesinin kullanıldığı projelerde yaşandığı ardından ise sırasıyla; yapım (yeni proje, tadilat, bakım vb.), yıkım ve anahtar teslim götürü bedel sözleşmelerinin kullanıldığı projelerin ön plana çıktığı tespit edilmiştir. İncelenen bazı vakalarda, sözleşme türüne ait bilgi “*eser sözleşmesi*” olarak genel bir yaklaşımla verildiğinden detayı yeterince bilinmeyen sözleşmeler yapım ve yıkım sözleşmeleri olarak tanımlanmıştır.

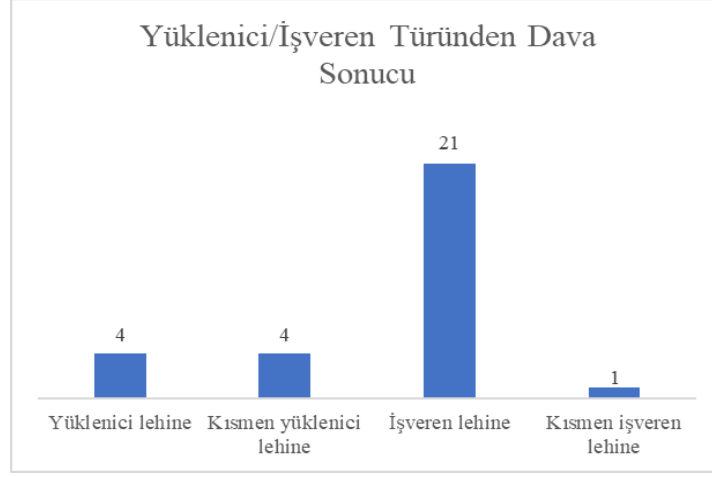
İncelenen davalara konu olan işlerin kapsamına bakıldığında ise kamu inşaatlarındaki uyuşmazlıkların; park, meteorolojik gözlem istasyonu, spor salonu ve okul inşaatı gibi yapım işlerine ve hamam tadilatı ve müze restorasyonu işlerine ait olduğu, özel inşaatlarda ise konut yapım işlerine, boya, mantolama gibi yenileme işlerine ve asansör yapımı gibi diğer işlere ait olduğu tespit edilmiştir.

Davaların Sonuçları

Uyuşmazlığa konu olan davaların sonuçları, davaların hangi taraf (işveren/yüklenici ve davacı/davalı) lehine sonuçlandığı göz önünde bulundurularak incelenmiştir. Buna göre davaların %50’si davacı lehine, %10’u kısmen davacı lehine, %33’ü davalı lehine ve %7’si kısmen davalı lehine sonuçlanmıştır. Ayrıca davaların %70’i işveren lehine, %13’ü yüklenici lehine, %13’ü kısmen yüklenici lehine ve %3’ü ise kısmen işveren lehine sonuçlanmıştır (Şekil 3 ve Şekil 4). Burada “kısmen yüklenici/işveren lehine” ifadeleri davacı/davalı taleplerinin bir kısmının kabul edilmesini ifade etmektedir.



Şekil 3. Davaların davalı/davacı türünden sonuçları



Şekil 4. Davaların yüklenici/işveren türünden sonuçları

Örnek Vakalar

Eserin kalitesiz/ayıplı ya da sözleşmeye uygun olmayan ifasından kaynaklanan bir uyuşmazlık vakasına ait özellikler ve gerekçesi, yorumuyla birlikte Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. İnşaat sözleşmeleri kapsamında eserin kalitesiz/ayıplı ya da sözleşmeye uygun olmayan ifasından kaynaklanan bir uyuşmazlık vakasına ait özellikler ve Yargıtay kararı

Dava No	1
Davacı	İşveren (Apartman yönetimi)
Davalı	Yüklenici (Sıva, boya ve izolasyon işini yürütecek iki yüklenici)
Sözleşme Türü	(Özel) Yapım sözleşmesi (Sıva, boya ve izolasyon işine ait)
Dava Konusu	Boya ve izolasyon işini yürütmek üzere sözleşme yapılan iki yüklenicinin, sıva ve dış cephe kaplama malzemelerinin kabarak dökülmeye başlaması üzerine yüklenicilerin edimini yerine getirememesi ve eser sözleşmesinden kaynaklanan ayıplı iş nedeniyle oluşan zararın tahsilidir.
Yargıtay kararı	Kısmen işveren lehine
Gerekçesi	Yargıtay yüklenicinin özen borcu ilkesini sebep göstererek, iş sahibinin işin kontrol edilmesi görevini yerine getirmemesinden dolayı yüklenicilerin kısmen kusurlu görülmesini uygun bulmamış ve kararı bozmuştur.
Yorum	TBK madde 478’e göre, “Yüklenici ayıplı bir eser meydana getirmişse, bu sebeple açılacak davalar, teslim tarihinden başlayarak, taşınmaz yapılar dışındaki eserlerde iki yılın; taşınmaz yapılarda ise beş yılın ve yüklenicinin ağır kusuru varsa, ayıplı eserin niteliğine bakılmaksızın yirmi yılın geçmesiyle zaman aşımına uğrar.” Ancak uyuşmazlık konusunun mahkeme sürecine taşınmaması için, projeye ayrılan bütçe göz önünde bulundurularak tercih edilen malzemenin kalitesine göre bir garanti süresinin belirlenmesi ve bunun sözleşmeye eklenmesi gereklidir. Tarafların sözleşme hükümlerine uymaması durumunda uygulanacak yaptırımlar da ayrıca sözleşmede belirtilmelidir.

Proje süresinde yaşanan gecikmelerden kaynaklanan bir uyuşmazlık vakasına ait özellikler ve gerekçesi, yorumuyla birlikte Tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo 3. Proje süresinde yaşanan gecikmelerden kaynaklanan bir uyuşmazlık vakasına ait özellikler ve Yargıtay kararı

Dava No	2
Davacı	İşveren
Davalı	Yüklenici
Sözleşme Türü	Arsa Payı Karşılığı İnşaat Sözleşmesi
Dava Konusu	İşveren, yüklenicinin inşaatı süresinde teslim edemediği gerekçesiyle ve kira tazminatı alma talebiyle dava açmıştır. Yüklenici işi tamamlamış ancak iskân izni almamıştır.
Yargıtay kararı	İşveren lehine
Gerekçesi	Davacıların iddialarını ispatlayamadıkları gerekçesiyle reddedilen davanın yeniden incelenmesine karar verilmiştir.
Yorum	Sözleşmede, iskân izni alınmasının işin tesliminin bir parçası olduğu ve yüklenicinin işin tesliminde gecikmesi durumunda uygulanacak yaptırımların neler olduğu açıkça yazılmalıdır.

Ödemelerin gecikmesi veya yapılamaması kaynaklı bir uyuşmazlık vakasına ait özellikler ve gerekçesi, yorumuyla birlikte Tablo 4’te sunulmuştur.

Tablo 4. Ödemelerin gecikmesi veya yapılamamasından kaynaklanan bir uyuşmazlık vakasına ait özellikler ve Yargıtay kararı

Dava No	3
Davacı	Yüklenici (Taşeron)
Davalı	İşveren (Ana yüklenici)
Sözleşme Türü	Yapım sözleşmesi (Meteorolojik gözlem istasyonu inşaatı)
Dava Konusu	Taşeron, ödenmeyen iş ve malzeme bedelinin tahsili için dava açmıştır. Taşeron, iş için yapılan eksik ödemenin tarafına ödenmesini, taşeronun karşılması beklenen araç ve malzeme bedelinin işveren tarafından ödenmesini talep etmektedir.
Yargıtay kararı	Kısmen davacı lehine
Gerekçesi	TBK’nin 471. maddesi uyarınca, aksine adet veya anlaşma olmadıkça yüklenici eserin meydana getirilmesi için kullanılacak olan araç ve gereçleri de kendisi sağlamak zorundadır.
Yorum	Bu vakada söz konusu sözleşmeye göre araç ve gereç sağlama borcu ana yükleniciye aittir. Sözleşmede, iş için gerekli kaynakların kimin tarafından sağlanacağı açıkça belirtilmelidir.

Değişiklik talimatı kaynaklı bir uyuşmazlık vakasına ait özellikler ve gerekçesi, yorumuyla birlikte Tablo 5’te sunulmuştur.

Tablo 5. Değişiklik talimatı kaynaklı bir uyuşmazlık vakasına ait özellikler ve Yargıtay kararı

Dava No	4
Davacı	Yüklenici
Davalı	İşveren (Kamu)
Sözleşme Türü	Yapım sözleşmesi (Müze Restorasyonu)
Dava Konusu	İş artışı nedeniyle idare tarafından işin ifası için yükleniciye ek süre tanınmıştır. Resmi olarak süre uzatım tebliği, yükleniciye işin uzatma kararı alındığı tarihten bir süre sonra gönderilmiştir. Yüklenicinin işe başlamak için süre uzatımı tebliğini beklenmesinden dolayı verilen ek süre aşılmış ve bunun üzerine idare tarafından yükleniciye cezai işlem uygulanmıştır. Yüklenici cezayı haksız bulup, idareye dava açmıştır.
Yargıtay kararı	İşveren lehine
Gerekçesi	Süre uzatım kararının alınmasının ve bunun davacıya tebliğinin beklenmesi işin durdurulmasına neden olarak kabul edilemez.
Yorum	Sözleşmede iş artışı yapabilme esasları ve iş artışı durumunda ek süre verilebileceği belirtilmiştir. Bu nedenler işin hangi durumlarda kesintiye uğrayabileceği/durdurulabileceği, süre uzatımı durumunda karşı tarafa tebliğ süresi ve bu konuya yönelik yaptırımlar sözleşmelerde açıkça belirtilmelidir.

Farklı saha koşulları kaynaklı bir uyuşmazlık vakasına ait özellikler ve gerekçesi, yorumuyla birlikte Tablo 6'da sunulmuştur.

Tablo 6. Farklı saha koşulları kaynaklı bir uyuşmazlık vakasına ait özellikler ve Yargıtay kararı

Dava No	5
Davacı	Yüklenici
Davalı	İşveren (Kamu)
Sözleşme Türü	Anahtar teslimi götürü bedel
Dava Konusu	Farklı saha koşullarının gerekçe gösterilerek projesinde olmadığı halde yapılan fazla imalat tutarının tazmininin istenmesidir.
Yargıtay kararı	İşveren lehine
Gerekçesi	Yüklenicinin işin projesinde olmayan ek imalatlar konusunda şayet işverene bilgi vermesi ve işverenin de bunu kabul etmesi halinde ilave ödemenin söz konusu olabileceği, aksi takdirde işin bedelini işverenden talep edemeyeceği yargıtayın gerekçeli kararında belirtilmiştir.
Yorum	Bu dava ile ilgili olarak tarafların proje dışında farklı saha koşulları nedeniyle yapılacak imalatları minimize etmek için, her iki tarafın henüz proje tasarım aşamasında farklı zemin koşulları nedeniyle oluşabilecek tüm hususları incelemesi ve bu hususları dikkate alarak tasarım ve ihale aşamasında, sözleşme sırasında bu konularda gerekli düzenlemeleri yapmaları önem arz etmektedir.

Sonuçlar ve Öneriler

Uyuşmazlıklar inşaat sektöründe çok yaygındır ve projelerin istenen kalitede, planlanan sürede ve optimal maliyette tamamlanmasına engel olabilmektedir. Bu çalışmada, literatür, ilgili mevzuat ve Yargıtay kararlarına konu olan inşaat sözleşmesi kaynaklı 30 uyuşmazlık vakası incelenerek vakalar üzerinden uyuşmazlıkların ana nedenleri ve alt nedenleri, uyuşmazlığın yaşandığı sözleşme türleri, uyuşmazlığın tarafları ve davaların sonuçları özetlenmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

- Uyuşmazlıklarda en çok “*eserin kalitesiz/ayıplı yapılması*”nın, ana uyuşmazlık nedeni olduğu görülmüştür.
- Tüm uyuşmazlıklar göz önünde alındığında uyuşmazlıkların altında yatan diğer nedenlerin başında “*sözleşmelerdeki belirsizlikler*” gelmektedir.
- Vakalar üzerinden uyuşmazlık yaşanan sözleşme türleri incelendiğinde uyuşmazlıkların daha çok “*arsa payı karşılığı inşaat sözleşmeleri*”nde olduğu görülmüştür.
- Yüklenici ve işverenlerin taraf olduğu bu vakalarda, davacı konumundaki işverenlerin sayısının davacı yüklenicilerin sayısına kıyasla daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.
- Kararlara bakıldığında ise davacı/davalı yönünden verilen kararların daha çok “*davacı lehine olduğu*” ve daha çok “*işveren lehine*” sonuçlandığı ifade edilebilir.

Ayrıca Yargıtay kararlarının gerekçeleri incelendiğinde, çoğunlukla TBK'nin Eser Sözleşmeleri kısmında yer alan “*yüklenicinin özen ve sadakat borcu*”na vurgu yapıldığı görülmektedir.

Bu çalışmanın sonucunda, uyuşmazlıkları yargı yoluna gitmeden çözüme kavuşturmak için sözleşmelerin açık ve anlaşılır bir şekilde hazırlanmasının son derece önemli olduğu görülmüştür. Çalışmada incelenen vakalardan hareketle, tasarım hataları ve eksiklikleri nedeniyle veya uygulama kaynaklı kalitesiz/ayıplı imalatların yapılması durumunda yaşanabilecek uyuşmazlıkları azaltmak için uygulanacak yaptırımların neler olacağı, eseri inşa ederken üçüncü bir tarafa verilecek zararda kimin/kimlerin sorumlu olacağı ve zararın tazmin edilmesi ile ilgili hususların sözleşmelerde açıkça belirtilmesi gerektiği söylenebilir. Ayrıca kullanılacak malzemelerin teknik özelliklerinin ve işveren tarafından karşılanacak ise malzemenin imalata uygun olmaması durumunun tespiti ile ilgili hususların, bu konularda işverenin ve yüklenicinin karşılıklı hak ve sorumluluklarının da detaylı bir şekilde sözleşmelerde belirtilmesi gerekir. Özetle sözleşmelerde kalitesiz/ayıplı iş yapılması durumunda yüklenicinin sorumluluklarının neler olacağı ve işverenin bu gibi durumlarda sorumluluğunun ve hangi haklara sahip olacağı açıkça belirtilmesinin yaşanabilecek uyuşmazlıkları minimize edeceği düşünülmektedir.

Yine incelenen vakalardan yola çıkarak, iş programında gecikme yaşanmasının önüne geçmek amacıyla; işin sona ermesi için tamamlanması gereken iş kalemlerinin, işe başlama zamanının (gün/ay/yıl olarak) ve işin tesliminde gecikme yaşanması durumunda uygulanacak yaptırımların neler olacağı sözleşmelerde açıkça belirtilmesinin önemli olduğu görülmüştür.

Ödemelerin gecikmesi veya yapılamaması, ek ödeme talepleri ile ilgili hususların ve iş için gerekli kaynakları sağlayacak tarafın sözleşmelerde açıkça yazılmasının ise ödemelerden kaynaklı uyuşmazlıkları en aza indirmeye katkı sağlayacağı çalışmada elde edilen diğer bir bulgudur.

Sözleşmelerde ayrıca hangi durumlarda iş artışı yapılabileceği ve iş artışı durumunda verilecek ek sürenin koşulu, değişiklik taleplerinin hangi durumlarda ret ya da kabulünün mümkün olacağı ve bu nedenle uygulanacak yaptırımlar da açıkça belirtilmelidir.

Farklı saha koşulları nedeniyle proje dışında yapılacak imalatları minimize etmek için tarafların henüz proje tasarım aşamasında farklı saha/zemin koşulları nedeniyle oluşabilecek tüm hususları

incelemeleri ve bu hususları dikkate alarak tasarım ve ihale aşamasında, sözleşme hazırlanırken bu konularda gerekli düzenlemeleri yapmaları önem arz etmektedir.

Sözleşme kaynaklı problemleri en aza indirmek için sözleşmelerin özenli ve dikkatli hazırlanmasının yanında risklerin dengeli bir şekilde dağılması da önemlidir. Yukarıda da belirtildiği gibi incelenen vakalarda daha çok davaların “işveren lehine” sonuçlandığı görülmektedir. Bu durum sözleşme belirsizliklerine ek olarak sözleşmelerdeki risk dağılımı konusunu da akla getirmektedir. Sözleşmelerde yapılan risk dağılımı her iki tarafa da (özellikle yükleniciye) zarar vermemeli ve uyuşmazlıklara mahal vermeyecek ölçüde dengeli şekilde olmalıdır.

Çalışma sonucunda yaşanan uyuşmazlıkların çözümünde ve uyuşmazlık sonucunda karşılaşılabilecek davaların karara bağlanmasında, öncelikle o işe ait sözleşmenin ve ilgili mevzuatın dikkate alındığı, dolayısıyla yaşanabilecek uyuşmazlıkları en aza indirmek için tarafların; sözleşme şartlarına uyması, ilgili mevzuata hakim olması ya da bu konuda danışmanlık hizmeti alması gerektiği tespit edilmiştir. Bunun dışında, tarafların mahkeme yargısına başvurmadan önce; müzakere, arabuculuk ve tahkim gibi çözüm süresinin daha kısa olduğu yöntemlere başvurmalarının son derece önemli olduğu görülmüştür. Böylece uyuşmazlıkların taraflara ve projelere verebileceği zararlar en aza indirilmiş olacak ve mahkemelerin yükü artmayacaktır. Bu nedenle gelecek çalışmalarda, uyuşmazlıkların çözümü için inşaat sözleşmelerine ve ilgili mevzuata odaklanılmasının; literatüre, sözleşme konusunda uzmanlaşan teknik elemanlara ve uygulayıcılara önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Yazarlar, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumuna (TÜBİTAK-2211/A Yurtiçi Genel Doktora Burs Programı) ve 100/2000 Doktora Burs Programı için Yükseköğretim Kuruluna teşekkür ederler (Buse Ün, Özge Alboğa).

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynakça

Abdul Nabi M., El-adaway IH. Understanding disputes in modular construction projects: key common causes and their associations. Journal of Construction Engineering and Management 2022; 148(1): 04021184.

Alqershy MT., Kishore R. Construction claims prediction using ANN models: a case study of the Indian construction industry. International Journal of Construction Management 2023; 23(6): 1097-1108.

Apanoğlu EC., Öcal ME. Türkiye’de inşaat sektöründe yargıya intikal eden süre ve özen borcu

- kaynaklı anlaşmazlıkların analizi. ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü 2008; 19(1): 123-133.
- Artan İter D., Bakioglu G. Modeling the relationship between risk and dispute in subcontractor contracts. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction* 2018; 10(1): 04517022.
- Assaf S., Hassanain MA., Abdallah A., Sayed AMZ., Alshahrani A. Significant causes of claims and disputes in construction projects in Saudi Arabia. *Built Environment Project and Asset Management* 2019; 9(5): 597-615.
- Awwad R., Barakat B., Menassa C. Understanding dispute resolution in the middle east region from perspectives of different stakeholders. *Journal of Management in Engineering* 2016; 32(6): 05016019.
- Brawn D. Extensions of time and liquidated damages in construction contracts in England and Wales. *International Journal of Law in the Built Environment* 2012; 4(1): 75-90.
- Chaphalkar NB., Iyer KC., Patil SK. Prediction of outcome of construction dispute claims using multilayer perceptron neural network model. *International Journal of Project Management* 2015; 33(8): 1827-1835.
- Cheung SO., Pang KHY. Anatomy of construction disputes. *Journal of Construction Engineering and Management* 2013; 139(1): 15-23.
- Coşkun M. İnşaat Sözleşmelerinden Kaynaklanan Davalar. Seçkin Yayınevi, Ankara 2020.
- Çelik N. Kat karşılığı inşaat sözleşmelerinde yüklenicinin ayıptan doğan sorumluluğu. Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi 2020.
- Demiray B. Eser sözleşmesinde yüklenicinin ayıptan doğan sorumluluğu ve iş sahibinin hakları. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi 2020.
- El-adaway IH. Review of construction contract claims, changes, and dispute resolution, 3rd edition edited by Paul Levin. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction* 2017; 9(4): 07517001.
- El-Sayegh S., Ahmad I., Aljanabi M., Herzallah R., Metry S., El-Ashwal O. Construction disputes in the UAE: causes and resolution methods. *Buildings* 2020; 10(10): 171.
- Esirci NB. İnşaat sözleşmelerinde ayıbın giderilmesini isteme ve tazminat talep etme hakkı. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi 2019.
- Hanna AS., Thomas G., Swanson JR. Construction risk identification and allocation: cooperative approach. *Journal of Construction Engineering and Management* 2013; 139(9): 1098-1107.
- Hansen S. Challenging arbitral awards in the construction industry: case study of infrastructure disputes. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*. 2019, 11(1): 06518004.
- Hansen S., Rostiyanti SF., Rif'at A. Causes, effects, and mitigations framework of contract change orders: lessons learned from GBK aquatic stadium project. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction* 2020; 12(1): 05019008.

- Haron RC., Masrom MAN., Kamal K. Assessing causes of contractual disputes from different type of condition of contracts. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology* 2020; 11(4): 45-59.
- Karthikeyan R., Manikandan T. A study on causes and effects of conflicts in Indian construction projects. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* 2017; 04(03): 1153-1170.
- Klee L. *International Construction Contract Law. Second Edition.* Wiley-Blackwell 2018.
- Kisi KP., Lee N., Kayastha R., Kovel J. Alternative dispute resolution practices in international road construction contracts. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction* 2020; 12(2): 04520001.
- Legalbank. Elektronik Hukuk Bankası. 2023. <https://legalbank.net/arama>. Erişim Tarihi: 01.01.2023
- Maemura Y., Kim E., Ozawa K. Root causes of recurring contractual conflicts in international construction projects : five case studies from Vietnam. *Journal of Construction Engineering and Management* 2018; 144(8): 05018008.
- Müminoğlu M. FIDIC inşaat sözleşmelerinde müteahhidin borçları ile 6098 sayılı Türk Borçlar Kanunu'nda yer alan eser sözleşmesi kapsamında yüklenicinin borçlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi. İstanbul Bilgi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi 2018.
- Panayır MG. Arsa payı karşılığı inşaat sözleşmelerinde yüklenicinin eksik ve ayıplı işlerden sorumluluğu. Çağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi 2017.
- Parikh D., Joshi GJ., Patel DA. Development of prediction models for claim cause analyses in highway projects. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction* 2019; 11(4): 04519018.
- Sarı M., Sayın B., Akcay C. Classification and resolution procedure for disputes in public construction projects. *Revista de la Construcción* 2021; 20(2): 259-276.
- Shrestha PP., Neupane KP. Identification of geotechnical-related problems impacting cost, schedule, and claims on bridge construction projects. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction* 2020; 12(2): 04520005.
- Şahankaya A. Eser sözleşmesinde yüklenicinin ayıptan sorumluluğu. Çankaya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi 2021.
- Şahin Şengül E. FIDIC kırmızı kitap kapsamında inşaat sözleşmelerinde süre uzatımı. Necmettin Erbakan Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi (NEÜHFD) 2022; 5(1): 140-161.
- Tanriverdi C., Atasoy G., Dikmen I., Birgonul MT. Causal mapping to explore emergence of construction disputes. *Journal of Civil Engineering and Management* 2021; 27(5): 288-302.
- Temel B., Güranlı GE., Bilir Mahçiçek S. İnşaat projelerinde iş değişikliği emri takibi ve hak taleplerinin yönetimi üzerine bir vaka araştırması. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi 2021; 12(4): 669-678.
- Tokdemir O., Candaş A. Türkiye inşaat sektörü alt yüklenici sözleşmelerinde ihtilafa sebep olan

konuların Delphi tekniği ile belirlenmesi. Niğe Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2019; 8(2): 1005-1017.

Youssef A., Osman H., Georgy M., Yehia N. Semantic risk assessment for ad hoc and amended standard forms of construction contracts. Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction 2018; 10(2): 04518002.

Yünlü S. Arsa payı karşılığı inşaat sözleşmelerinde ayıp. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi 2014.

Hava Sürükleyici Katkısının Betonun Aşınma Direnci ve Mekanik Özelliklerine Etkisi

Metehan ARDAHANLI^{1*}, Turkey KOTAN²

¹Erzurum Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 25050, Erzurum, Türkiye

²Erzurum Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 25050, Erzurum, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-8091-2792>

²<https://orcid.org/0000-0002-9125-8220>

*Sorumlu yazar: metehan.ardahanli@erzurum.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 08.12.2022

Kabul tarihi: 18.06.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Hava sürükleyici katkı

Aşınma direnci

Hava içeriği

Basınç dayanımı

ÖZ

Betonun taze veya sertleşmiş halindeki özelliklerini iyileştirmek için çeşitli kimyasal veya mineral katkılar tercih edilmektedir. Bu katkılardan biri de hava sürükleyicilerdir. Hava sürükleyici katkılar, çoğunlukla soğuk iklim şartlarında kullanılacak beton yapılarda donma-çözülme direncini artırıcı yönde etkisinden dolayı tercih edilen bir katkı malzemesidir. Hava sürükleyici katkıların kullanıldığı beton yollar ve havalimanı beton pistleri gibi aşınma etkisinde kalan beton yapılar, günümüzde önemli yer tutmaktadır. Bu çalışmada hava sürükleyici katkı maddesinin betonun dayanımında ciddi kayıplar vermeden oluşturabileceği en yüksek hava içeriği oranında kullanımı ile betonun aşınma direnci ve mekanik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Çalışmanın sonuçları incelendiğinde, hava sürükleyici katkı maddesinin yüksek hava içeriği (%7) sağlayacak oranda kullanılması sonucunda, basınç ve çekme dayanımlarının hava katkısız numunelerin dayanımlarına yaklaşık eş değer sonuçlar elde edilmiştir. Hava sürükleyici katkı maddesinin kapiler su emme miktarını azalttığı ve böhme aşınma deneyi sonucunda ciddi aşınma kayıplarına sebep olmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle aşınmanın önemli bir faktör olduğu beton yapılarda, hava sürükleyici katkısının dayanımda ciddi kayıplara sebep olmadan yüksek hava içeriği oluşturabilecek oranda kullanılabilirliği belirlenmiştir.

Effect of Air Entraining Admixture on Abrasion Resistance and Mechanical Properties of Concrete

Research Article

Article History:

Received: 08.12.2022

Accepted: 18.06.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Air entraining admixture

Abrasion resistance

Air content

Compressive strength

ABSTRACT

Various chemical or mineral additives are preferred to improve the fresh or hardened properties of concrete. One of these admixtures is air entrainers. Air-entraining admixtures are a preferred additive material, mostly in concrete structures to be used in cold climate conditions, due to their effect on increasing the freeze-thaw resistance. Concrete structures exposed to abrasion such as concrete roads and airport concrete runways, where air-entraining admixtures are used, have an important place in today. In this study, the effect of air-entraining admixture on the abrasion resistance and mechanical properties of the concrete was investigated by using the air-entraining admixture at the highest air content ratio without serious losses in the strength of the concrete. When the results of the study were examined, the results were approximately equivalent to the compressive and tensile strengths of the samples without air additive, by using the air-entraining admixture at a rate that would provide high air content (7%). It has been determined that the air-entraining admixture reduces the capillary water absorption amount and does not cause serious abrasion losses as a result of the Bohme abrasion test. For this reason, it has been determined that air-entraining admixture can be used at a rate that can create high air content without causing serious losses in strength

Giriş

Beton, yaklaşık olarak son 200 yıldır hayatımızda olan ve insanlığın başta barınma olmak üzere birçok önemli ihtiyacını gidermeyi başaran bir yapı malzemesidir. İnsanoğlunun ezelden gelen sürekli artan ihtiyaçları, betonun gelişmesini elzem kılmıştır. Özellikle günümüzde teknolojinin gelişmesiyle beton daha iyi analiz edilmiş ve artan bu ihtiyaçlar doğrultusunda betonun çeşitli özelliklerini iyileştirmek için birçok çalışma yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalar, betonun kullanılacağı yapının özellikleri, ortam koşulları, maruz kaldığı dış etkiler ve dayanım gibi birçok faktör göz önüne alarak yapılmaktadır.

İhtiyaca uygun olarak yapılan beton tasarımları, çoğu zaman betonu oluşturan malzemelerin daha yüksek performanslı ve ekonomik olan mineral katkılarla değiştirilmesi (Alameri ve ark., 2020; Ardahanlı ve ark., 2021; Abdulrahman ve ark., 2022; McCarthy ve ark., 2022) veya kimyasal katkıların katılması (Kılınçarslan ve Şenli, 2015; Vijay ve Sajeeb, 2022) ile yapılmaktadır. Betonda kullanılan bu kimyasal katılardan birisi de hava sürükleyici katılardır.

Hava sürükleyici katkılar, çoğunlukla harcın veya betonun donma-çözülme ve tuz etkisine karşı direncini artırmak için kullanılırken bu katkıların betonda oluşturacağı diğer mekanik etkilerin incelendiği çalışmalarda mevcuttur;

Hava sürükleyici katkı içeren harçlara uçucu kül ve silis dumanı mineral katkısı ilave edilmiş, çimento yerine ağırlıkça %30 oranında uçucu kül ve %10 oranında silis dumanı ile hava sürükleyici katkısının birlikte kullanımının donma çözülme direncinde en iyi sonuçları verdiği (Güleryüz ve ark., 2020), hava sürükleyici katkısının ağırlıkça %0,1 kullanımı beton ultrases geçiş hızını 4,32 km/sn'den 3,74 km/sn'ye ve ısı iletkenlik katsayısını ise 1,15 W/m.K'den 0,75 W/m.K'ye azaltabileceği (Özcan ve Akçaözoğlu, 2018) ve silis dumanının çimento yerine ikame olarak ağırlıkça %8, hava sürükleyici katkısının ise ağırlıkça %0,09 oranında birlikte kullanımının ise tuz etkisine karşı direnci artırabileceği (Nili ve ark., 2021) ifade edilirken betondaki hava içeriğinin %7'den büyük olması halinde dayanımda ciddi oranda kayıp olacağı (Zhang ve ark., 2018) belirlenmiştir. Ayrıca silis dumanı ile hava sürükleyici katkısı kullanılarak üretilen ve farklı su/çimento oranına sahip betonların ASTM C779-82 (Anonymous, 1995) standardına göre aşınma dirençleri incelenmiş; silis dumanı katkısının beton aşınma direncini artırdığı, su/çimento oranının artışının ise beton aşınma direncini azalttığı tespit edilmiştir (Laplante ve ark., 1991).

Soğuk iklim bölgelerinde hava sürükleyici katkısı kullanılarak üretilen beton yol veya döşemelerin aşınmaya da maruz kaldığı bir gerçektir. Aşınma kavramı, yüzeyde sürtünme ve çarpma şeklinde oluşan etkilerle meydana gelen parçacık kaybı olarak ifade edilebilir. Beton yollar, hava alanı pist betonları ve çeşitli beton döşemeler gün içerisinde aşınmaya sürekli olarak maruz kalabilmektedir.

Betonların agrega tipini değiştirerek veya herhangi bir mineral katkı kullanımı ile aşınma direncini inceleyen birçok çalışma mevcuttur;

İnce agrega yerine geri dnüşürölmüş beton agregası %10, 20, 30, 40, 50 ve 100 oranlarında kullanılarak elde edilen betonun aşınma direnci incelendiğinde %100 oranında ince agrega yerine kullanılması ile aşınma direncinde %30 oranında artış sağlanabildiği (De Brito ve Evangelista, 2007), %30 oranına kadar plastik agreganın (PVC) ince ve iri agrega yerine kullanılması ile aşınma direncinin arttığı (Mohammed ve ark., 2019) uçucu kül içeren betona silis dumanı ilave edilmesi ile aşınma direncinde %2,1–8,5 oranında artış sağlanabildiği (Wang ve ark., 2017), silis dumanı ve uçucu külün aşınma direncine etkisinin karşılaştırıldığı çalışmada silis dumanının aşınma direncini daha fazla arttırdığı (Kumar ve Sharma, 2014) belirlenmiştir.

Çoğunlukla betonun donma-özölme direncini iyileştirmek için kullanılan hava sürökleyci katkıların, aşınmaya maruz kalabilecek beton yapılar da (yol betonları ve hava limanı beton pistleri gibi) tercih edilmesi sonucunda aşınmaya etkisi, konu olarak önemli bir yer tutmaktadır. Literatür incelendiğinde, beton dayanımında ciddi kayıp vermeden en yüksek hava içeriği oluşturacak miktarda hava sürökleyci katkısının kullanıldığı ve betonun aşınma direncinin incelendiği herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışma kapsamında kontrol grubuna ek olarak beton dayanımında ciddi kayıplara sebep olmadan %7 oranında hava içeriğine sahip hava sürökleyci katkılı beton grubu üretilmiştir. Literatürdeki yeri ile yenilikçi ve özgün yönüyle ön plana çıkan bu çalışmada, hava sürökleyci katkısının beton dayanımında büyük kayıplara sebep olmadan ve oluşturabileceği en yüksek hava içeriği (%7) oranında (Zhang ve ark., 2018) kullanılarak betonun aşınma direnci ve diğer mekanik özelliklerine olan etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Materyal

Bu alışmada Erzurum Aşkale imento fabrikasından CEM II / A-M (P-LL) 42,5 R tipi imento kullanılmıştır. Sika AER hava sürökleyci katkısı, en az %4 hava içeriği için ön denemeler sonucunda imento ağırlığının %0,09'u oranında kullanılarak hava katkısı içeren grup oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan çimentonun kimyasal özellikleri Tablo 1'de, hava sürökleyci katkı maddesinin özellikleri ise Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Çimentonun kimyasal özellikleri

İçerik (%)	imento
SiO ₂	22,5
Al ₂ O ₃	5,00
Fe ₂ O ₃	3,18
CaO	57,94
MgO	1,10
SO ₃	2,78
Kızdırma kaybı	-
Na ₂ O	0,56
K ₂ O	0,78

Cl	0,0105
Ölçülemeyen	-
Serbest CaO	1,49

Tablo 2. Hava sürükleyici katkısının özellikleri

Ürün Bilgileri	Değer
Görünüm	Sarımsı veya renksiz berrak sıvı
Kimyasal Yapı	Özel yüzey aktif maddelerden oluşan sıvı
Yoğunluk	0,99-1,03 kg/l
pH Değeri	3-7
Donma Noktası	0 °C
Toplam Klorür İyon İçeriği	-
Alkali Miktarı	En fazla %3

Çalışmada 0-2, 2-4, 4-8 ve 8-16 mm olmak üzere 4 farklı boyutta bazalt agregası kullanılmıştır. Bazalt agregasına ait fiziksel özellikler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Agreganın fiziksel özellikleri

Agrega Boyutu (mm)	Doygun Kuru Yüzey Tane Yoğunluğu (g/cm ³)	Su Emme (%)	Yüzey Nemi (%)
0-2	2,61	2,98	2,59
2-4	2,61	2,95	2,39
4-8	2,63	1,40	1,49
8-16	2,63	1,47	1,17

Beton Karışım Grupları

Çimento ağırlığının %0,09 oranında hava sürükleyici katkı maddesinin kullanıldığı ve herhangi bir katkıının kullanılmadığı kontrol karışımına ait beton karışım oranları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Beton karışım grupları

Beton Grupları	Malzeme Miktarı (kg/m ³)					S	S/B	HK
	Ç	Agrega (mm)						
		0-2	2-4	4-8	8-16			
KB	452	477	230	333	614	213	0,47	-
HB	452	477	230	333	614	208	0,47	0,41

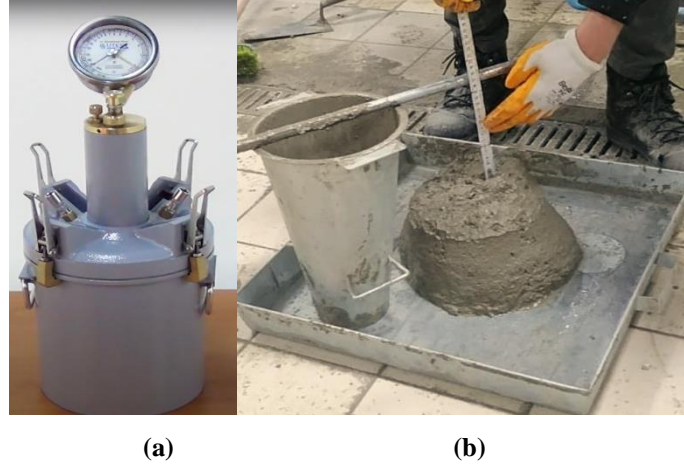
KB: Kontrol Betonu, **HB:** Hava Katkılı Beton **Ç:** Çimento, **S:** Su, **S/B:** Su/Bağlayıcı Oranı, **HK:** Hava Sürükleyici Katkısı

Metot

Bu bölümde air meter ve slump (çökme) taze beton deneylerine ek olarak sertleşmiş beton numuneleri üzerinde gerçekleştirilen; basınç dayanımı deneyi, yarmada çekme deneyi, kapiler su emme deneyi, ultrases hızı deneyi, Schmidt sertlik deneyi ve böhme aşınma deneyi açıklanmıştır.

Air Meter ve Slump (Çökme) Deneyi

TS EN 12350-7 (Anonim, 2019) standardına uygun olarak gerçekleştirilen air meter deneyi (Şekil 1a), üretilen taze beton içeriğindeki toplam hava içeriğinin belirlenmesinde kullanılır. HB karışım gruplarında kullanılan hava sürükleyici katkısının oluşturduğu hava içeriği bu deney yardımıyla belirlenmiştir. Numune gruplarına slump (çökme) deneyi uygulanarak, beton grupların kıvamı ve işlenebilirliği incelenmiştir.



Şekil 1. Air meter (a) ve slump (b) deneyi

Basınç Dayanımı Deneyi

Basınç dayanımı deneyi (Şekil 2), 28 gün standart kür etkisinde kalan 150×150×150 mm boyutlu küp numunelerde TS EN 12390-3 (Anonim, 2019) standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Standartta uygun şekilde yükleme hızı 0,4 MPa/s alınarak deney gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Basınç dayanımı deneyi

Yarmada Çekme Dayanımı Deneyi

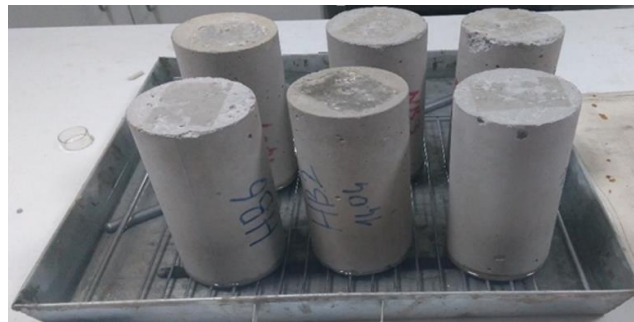
Yarmada çekme dayanımı deneyi (Şekil 3), 28 gün standart kür etkisinde kalan 100×200 mm boyutlu silindir numunelerde TS EN 12390-6 (Anonim, 2010) standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Standarda uygun şekilde yükleme hızı 0,05 MPa/s alınarak deney gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Yarmada çekme dayanımı deneyi

Kapiler Su Emme Deneyi

Betonda kapiler su emme deneyi TS EN 13057 (Anonim, 2004) standardına uygun olarak 100×200 mm boyutlu silindir numunelerde yapılmıştır. Deneyde (Şekil 4) numuneler 28 gün standart su kürü sonunda 24 saat süreyle 100 °C etüvde tutulduktan sonra kesik yüzeyleri batacak şekilde ızgara yüzeyinde en fazla 5 mm yüksekliğindeki suda bekletilmiştir. Belirli süre aralıklarında (5 dakika, 10 dakika, 20 dakika, 1 saat, 2 saat, 4 saat, 8 saat ve 24 saat) numunelerin kapiler emdiği su miktarı ölçülmüştür.



Şekil 4. Kapiler su emme deneyi

Böhme Aşınma Deneyi

Böhme aşınma deneyi (Şekil 5), TS 2824 EN 1338 (Anonim, 2005) standardına uygun olarak her numunenin beton döküm yönlerindeki yüzeyleri hariç diğer 4 yüzeyine toplam 352 tur olacak şekilde

aşınma testi uygulanmıştır. Deney sonucunda oluşan kütle kaybı belirlenerek aşınma miktarı tespit edilmiştir.



Şekil 5. Böhme aşındırma cihazı

Ultras Hızı Deneyi

Ultras hızı deneyi TS EN 12504-4 (Anonim, 2012) standardına uygun olarak 150×150×150 mm boyutlu küp numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu deney, numunelerin sahip oldukları boşluk oranı ve beton kalitesi hakkında bilgi verir. Deneyde her numunenin beton döküm yönüne paralel olan yan yüzeylerinden beşer ölçüm yapılarak ortalaması alınmıştır.

Schmidt Sertlik Deneyi

Schmidt sertlik deneyi TS EN 12504-2 (Anonim, 2013) standardına uygun olarak 150×150×150 mm boyutlu küp numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Her bir numuneye onar kez uygulanan deneyde, numune yüzeylerinin sertliğine bağlı olarak elde edilen geri sıçrama değerlerinin ortalaması alınmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Air Meter ve Slump (Çökme) Sonuçları

Hava sürükleyici katkısı içeren beton grubunun air meter deneyi sonucunda belirlenen hava içeriği %7 olarak bulunmuştur. %7 oranını aşan hava miktarının dayanımda ciddi kayıplara neden olabileceğinden (Zhang ve ark., 2018) hava içeriğinin maksimum olarak bu oranda belirlenerek hava katkısız beton grubu ile karşılaştırılma yapılması önem arz etmektedir.

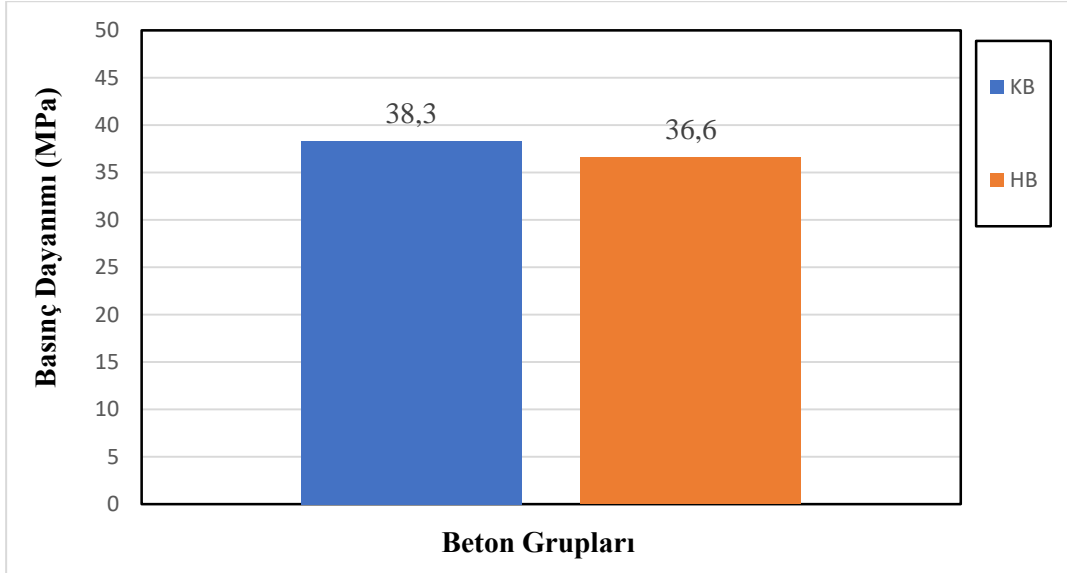
Tablo 5 incelendiğinde, KB taze beton grubunun slump (çökme) miktarı 10 cm iken HB taze beton grubunun slump (çökme) miktarının ise 15 cm olduğu görülmektedir. Hava sürükleyici katkısının slump miktarını artırdığı ve bu durumun işlenebilirliği olumlu etkilediği söylenebilmektedir.

Tablo 5. Air Meter ve slump (çökme) deneyi sonuçları

Beton Grubu	Çökme (cm)	Hava İçeriği (%)
KB	10	-
HB	15	7

Basınç dayanımı sonuçları

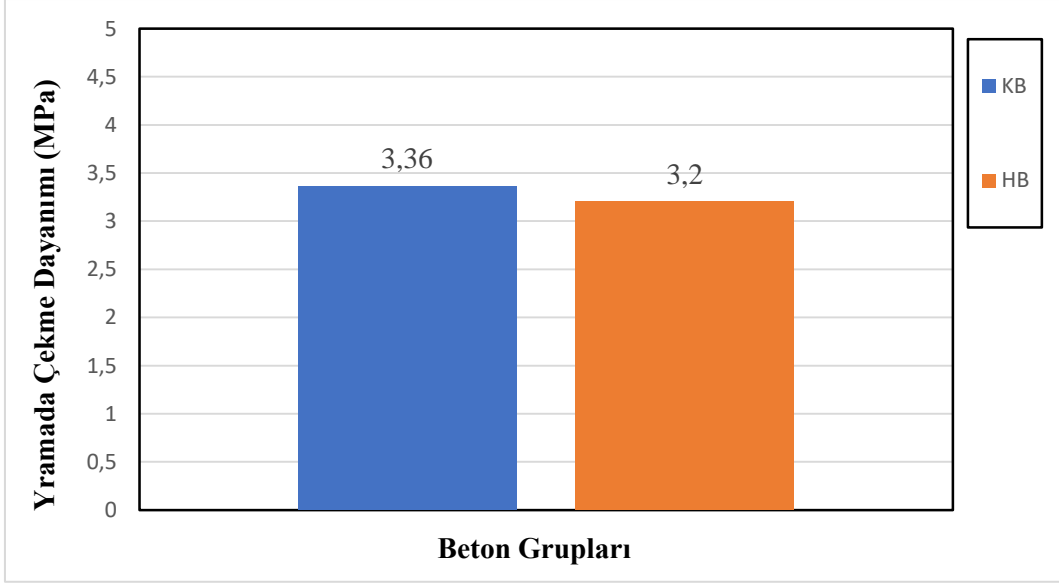
Bu deney sonuçları hava katkılı veya katkısız gruplarda alınan üçer numunenin ortalaması şeklinde Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde hava sürükleyici katkısının basınç dayanımını %4,5 oranında azalttığı görülmektedir. Bu durum literatür ile de desteklenmektedir (Karakurt ve Bayazıt, 2015; Salem ve Pandey, 2017; Özcan ve Koç, 2018; Tolegenova ve ark., 2022). Bu çalışmada hava katkılı beton grubunda basınç dayanımının az da olsa düşmesinin temel sebebi; hava sürükleyici katkısının beton içerisinde oluşturduğu yüksek hava içeriğinin (Shah ve ark., 2021) olduğu öngörülmektedir.



Şekil 6. Basınç dayanımı sonuçları

Yarmada Çekme Dayanımı Sonuçları

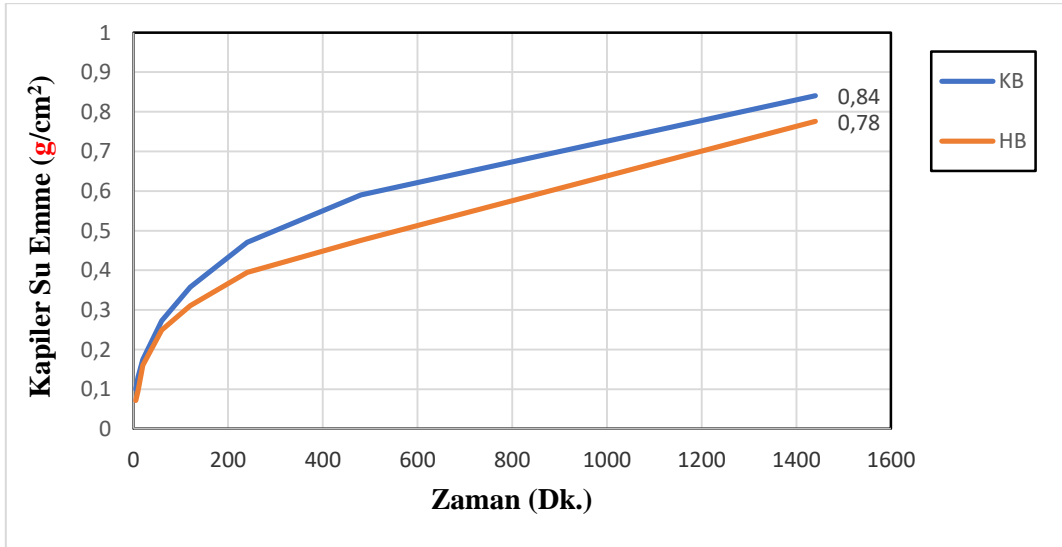
Yarmada çekme deneyi sonuçları, hava katkılı veya katkısız gruplarda alınan üçer numunenin ortalaması şeklinde Şekil 7'de verilmiştir. Şekil 7 incelendiğinde hava sürükleyici katkısının yarmada çekme dayanımını %4,7 oranında azalttığı görülmektedir. Basınç dayanımı sonuçları (Şekil 6) ile yarmada çekme dayanımı sonuçları birlikte incelendiğinde sonuçların benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Hava sürükleyici katkısının, kullanıldığı grupta neden olduğu yüksek hava boşluğu, basınç dayanımının yanı sıra çekme dayanımını da olumsuz etkileyerek dayanımda kayba neden olduğu öngörülmektedir.



Şekil 7. Yarmada çekme dayanımı sonuçları

Kapiler Su Emme Sonuçları

Hava katkısı içeren ve içermeyen beton gruplarına ait kapiler su emme sonuçları karşılaştırılmalı olarak Şekil 8'de verilmiştir. Şekil 8 incelendiğinde hava sürükleyici katkısı içeren beton grubunun kapiler su emme miktarı, hava sürükleyici katkısı içermeyen gruba göre daha az olduğu görülmektedir. 24 saat sonunda KB beton grubunun kapiler su emme miktarı $0,84 \text{ g/cm}^2$ iken HB beton grubunun ise $0,78 \text{ g/cm}^2$ olarak bulunmuştur. Hava sürükleyici katkısının beton içerisindeki kapiler sistemi engelleyerek (Zhou ve ark., 2015; Nia ve ark., 2018; Kubissa ve ark., 2021) kapiler su emme miktarını azalttığı öngörülmektedir.



Şekil 8. Kapiler su emme sonuçları

Böhme Aşınma Sonuçları

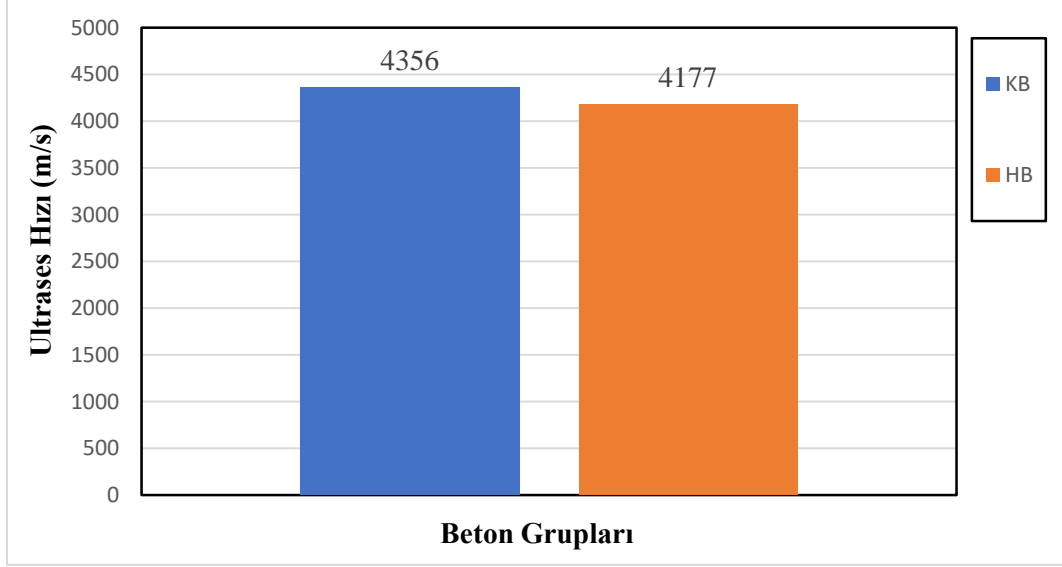
Çalışmada belirlenen her bir beton grubuna ait 3 adet numuneye uygulanan böhme aşınma deneyinin ortalama sonuçları Tablo 6’da verilmiştir. Hava sürükleyici katkıli beton numunelerinde böhme aşınma deneyi sonunda ortalama kütle kaybı %2,25 iken katkısız numunelerde %2,09 olarak bulunmuştur. Deney sonuçları incelendiğinde hava sürükleyici katkısı ile HB beton grubunda %7 hava içeriği oluşturulmasına rağmen (Tablo 5) böhme aşınma kayıpları, katkısız beton grubundaki kayıplara neredeyse eş değer olarak olduğu belirlenmiştir. Bu durum çoğunlukla betonun donma-çözülme direncini artırmak için kullanılan hava sürükleyici katkı maddesinin, aşınmanın etkili olduğu beton yollar veya havalimanı betonlarında tercih edilmesinin aşınma direncinde kayda değer kayıp oluşturmayacağını göstermektedir.

Tablo 6. Böhme aşınma deneyi sonuçları

KB			HB			
Deney Öncesi Ortalama Ağırlık (g)	Deney Sonrası Ortalama Ağırlık (g)	Ortalama Kütle Kaybı (%)	Deney Öncesi Ortalama Ağırlık (g)	Deney Sonrası Ortalama Ağırlık (g)	Ortalama Kütle Kaybı (%)	
777,1	760,9	2,09	743,2	726,5	2,25	

Ultrases Hızı Sonuçları

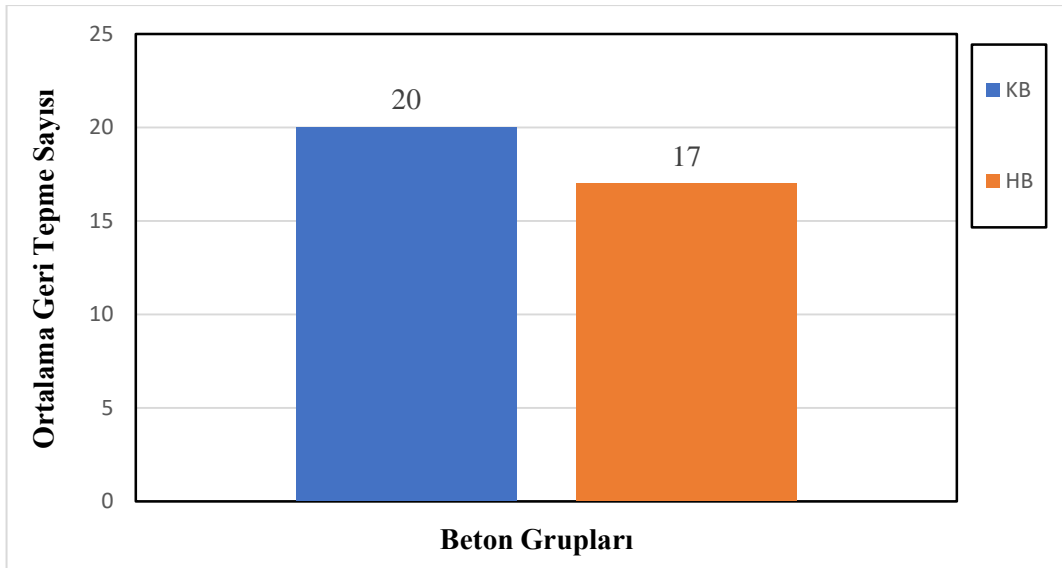
Tahribatsız yöntemlerden olan ultrases hızı deneyi her bir grup için üçer adet numune üzerinde yapılmış olup elde edilen ortalama sonuçlar Şekil 9’da verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, hava sürükleyici katkıli beton numunelerinin ultrases hızları, katkısız beton grubundaki numunelere göre daha düşük olduğu görülmektedir. Hava katkıli beton numunelerindeki ortalama ultrases hız değerinin 3500-4500 m/s hız değerleri (Whitehurst, 1951) arasında olması nedeniyle iyi bir beton kalitesine sahip olduğu söylenebilir. Elde edilen bu sonuçların beton gruplarına ait basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı ve böhme aşınma dayanımı sonuçları ile paralellik gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 9. Ultrases hızı sonuçları

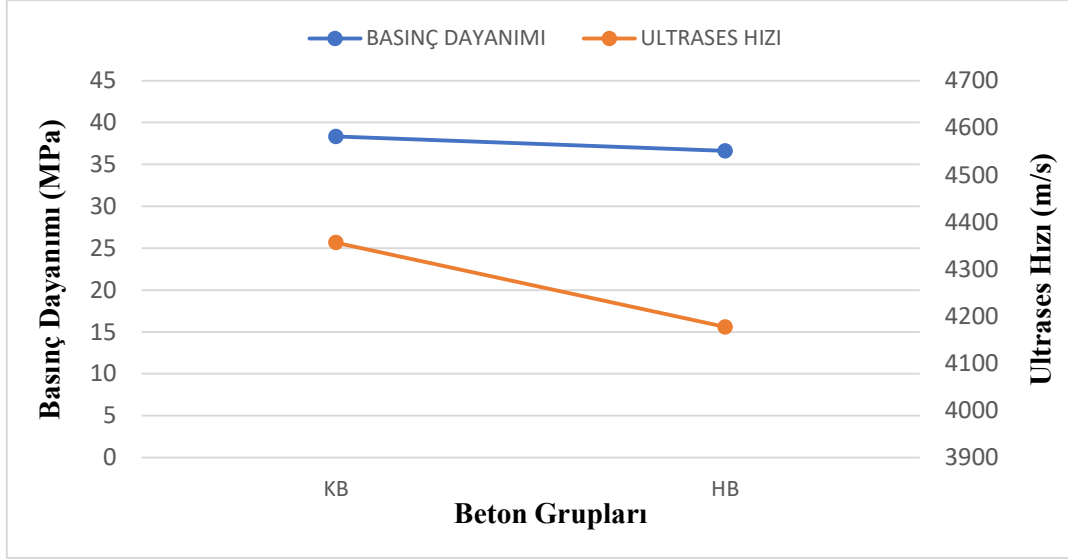
Schmidt Sertlik Sonuçları

Schmidt çekicinin beton gruplarındaki numunelerin yüzeylerine onar adet uygulanması sonucunda elde edilen ortalama geri tepme sayısı Şekil 10'da verilmiştir. Schmidt çekiç sonuçlarının belirlenen diğer mekanik sonuçlar ve aşınma direnci sonuçları ile paralellik göstererek hava katkısız beton numunelerinde daha yüksek olduğu görülmektedir. Elde edilen beton test çekici geri tepme değerlerine bağlı olarak, deneylerde kullanılan test çekici üzerindeki geri tepme değeri – eşdeğer basınç dayanımı ilişki grafiklerinden kontrol ve hava katkılı beton grupları için elde edilen eşdeğer basınç dayanım değerleri sırasıyla 14 MPa ve 10 MPa olarak belirlenmiştir. Standart basınç deneyinden elde edilen basınç dayanımları ile karşılaştırıldığında, belirlenen eşdeğer basınç dayanımlarının daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durumun, beton test çekici geri sıçrama değerlerinin; uygulama yönü, betonun nem durumu, bağıl nem, karbonatlaşma ve betonun boşluk durumu gibi birçok faktöre bağlı olarak güvenilirliği düşük sonuçlar verebilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

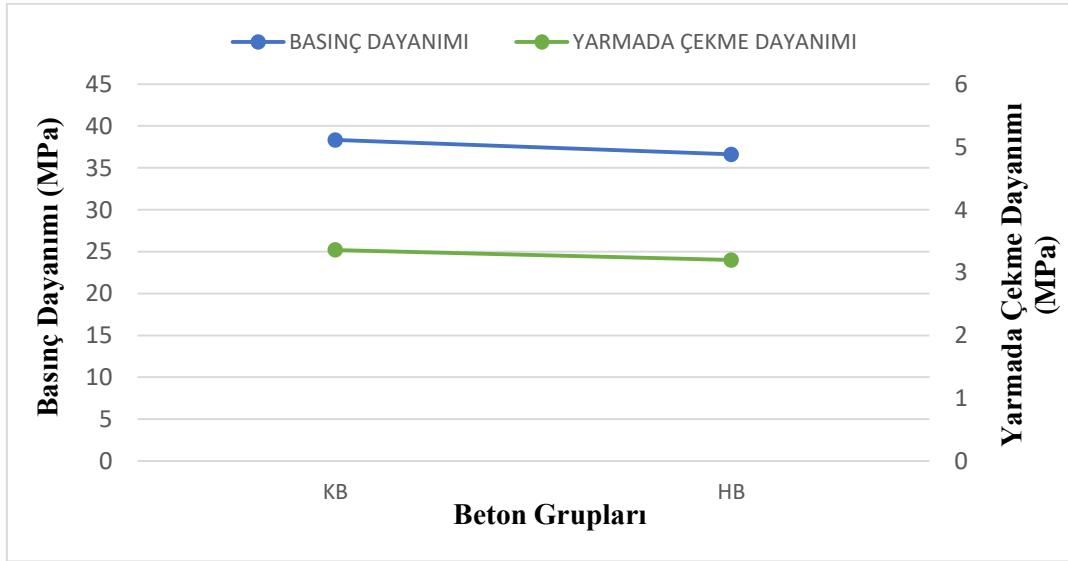


Şekil 10. Schmidt sertlik sonuçları

Kontrol (hava katkısız-KB) ve hava katkılı (HB) beton gruplarının basınç dayanımı-ultrases hızı arasındaki ilişki Şekil 11’de, basınç dayanımı-yarmada çekme dayanımı arasındaki ilişki ise Şekil 12’de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde, KB ve HB gruplarının basınç dayanım sonuçları ile ultrases hızı ve yarmada çekme dayanımları arasındaki ilişkilerin benzer eğilimde olduğu görülmüştür.



Şekil 11. Basınç dayanımı-ultrases hızı sonuçları arasındaki ilişki



Şekil 12. Basınç dayanımı-yarmada çekme dayanımı sonuçları arasındaki ilişki

Sonuçlar

Hava sürükleyici katkısı çoğu zaman soğuk iklim şartlarına maruz kalan başta beton yollar ve havalimanı pist betonları olmak üzere birçok yapıda tercih edilmektedir. Donma-çözülme olaylarının sık yaşandığı bölgelerde kullanılan hava sürükleyici katkısının, beton yollar ve havalimanı gibi aşınmaya maruz kalabilecek olan beton yapılarıdaki etkisinin bilinmesi önem arz etmektedir. Bu

çalışmada, hava sürükleyici katkısının beton dayanımında büyük kayıplara sebep olmadan ve oluşturabileceği en yüksek hava içeriği (%7) oranında (Zhang ve ark., 2018) kullanılarak betonun aşınma direnci ve diğer mekanik özelliklerine olan etkisi incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

- ✓ Hava sürükleyici katkısı ile %7 hava içeriği oluşturulmuş olup bu hava içeriği için kullanılan hava katkısı oranı betonun işlenebilirliğini %50 oranında artırmıştır.
- ✓ Hava katkılı numunelerin sahip olduğu yüksek hava içeriğine rağmen basınç ve yarmada çekme dayanımı sonuçlarının hava katkısız numunelerin sonuçlarına yaklaşık eş değer olduğu görülmüştür.
- ✓ Hava sürükleyici katkısı beton içerisinde kapiler boşluk sistemini keserek kapiler su emme miktarını azalttığı belirlenmiştir.
- ✓ Dayanımdan büyük kayıplar vermeden %7 hava içeriğine sahip olan hava sürükleyici katkılı betonların böhme aşınma dirençleri katkısız betonlarınkine yaklaşık eş değer bulunmuştur.
- ✓ Tahribatsız deney yöntemleri olan ultrases hızı ve Schmidt çekiç sonuçları ile yapılan mekanik deneylerin desteklendiği belirlenmiştir.

Sonraki çalışmalarda;

- %7 hava içeriğine sahip hava sürükleyici betonun donma-çözülme direncinin incelenmesi,
- Hava sürükleyici katkısının daha yüksek oranlarda kullanılarak dayanım ile aşınma direncindeki ilişkinin incelenmesi,
- Kapilarite deney sonuçlarının kapilarite katsayısı olarak ifade edilmesi,
- Hava sürükleyici katkı için kullanılan oranların artırılarak aşınma direnci için optimum oranın belirlenmesi,
- Farklı oranlarda hava sürükleyici katkı maddesi kullanılarak deneysel metotların artırılması,
- Hava sürükleyici katkısı ile birlikte herhangi bir mineral katkı kullanılarak aşınma direncindeki değişimin incelenmesi önerilmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Her bir yazar makaleye %50 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder

Kaynakça

Abdulrahman H., Muhamad R., Visintin P., Shukri AA. Mechanical properties and bond stress-slip behaviour of fly ash geopolymer concrete. *Construction and Building Materials* 2022; 327.

- Alameri I., Oltulu M., Ardahanlı M. Influence of preheating on the mechanical properties of high strength concrete with micro silica filler. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 2020; 7(2): 1084-1093.
- Anonim. TS 2824 EN 1338: Zemin döşemesi için beton kaplama blokları - Gerekli şartlar ve deney metotları; 2005.
- Anonim. TS EN 12350-7: Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 7: Hava içeriğinin tayini - Basınç yöntemleri; 2019.
- Anonim. TS EN 12390-3: Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanımının tayini; 2019.
- Anonim. TS EN 12390-6: Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 6: Deney numunelerinin yarmada çekme dayanımının tayini; 2010.
- Anonim. TS EN 12504-2: Yapılarda beton deneyleri - Bölüm 2: Tahribatsız muayene - Geri sıçrama sayısının belirlenmesi; 2013.
- Anonim. TS EN 12504-4: Yapılarda beton deneyleri - Bölüm 4: Ultrasonik atımlı dalga hızının tayini; 2012.
- Anonim. TS EN 13057: Beton yapılar - Koruma ve tamir için mamul ve sistemler - Deney metotları - Kılcal su emmeye direncin tayini; 2004.
- Anonymous. ASTM C779-82: Standard Test Method for Abrasion Resistance of Horizontal Concrete Surfaces; 1995.
- Ardahanlı M., Oltulu M., Alameri I. Uçucu küllü kendiliğinden yerleşen betonun özellikleri üzerine ön ısıtmanın etkisi. *Black Sea Journal of Engineering and Science* 2021; 4(3): 81-88.
- De Brito J., Evangelista L. Mechanical behaviour of concrete made with fine recycled concrete aggregates. *Cement and Concrete Composites* 2007; 29(5): 397-401.
- Güleryüz E., Özen S., Aghabaglou AM. Mineral katkı kullanımının hava sürükleyici katkıli çimentolu harçların taze ve sertleşmiş hal özelliklerine etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi* 2020; 26(6): 1053-1061.
- Karakurt C., Bayazıt Y. Freeze-thaw resistance of normal and high strength concretes produced with fly ash and silica fume. *Adv. Mater. Sci. Eng.* 2015.
- Kılınçarslan Ş., Şenli G. Süper akışkanlaştırıcı katkıların ağır betonların radyasyon geçirgenliğine etkisi. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi* 2015; 7(1): 50 – 57.
- Kubissa W., Jaskulski R., Grzelak M. Torrent air permeability and sorptivity of concrete made with the use of air entraining agent and citric acid as setting retardant. *Construction and Building Materials* 2021; 268.
- Kumar R., Sharma K. Abrasion resistance of concrete containing marginal aggregates. *Construction and Building Materials* 2014; 66: 712-722.
- Laplante P., Aitcin PC., Vezina D. Abrasion resistance of concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering* 1991; 3: 19-28.

- McCarthy MJ., Yakub HI., Csetenyi LJ. Impact of fly ash production and sourcing changes on chemical and physical aspects of concrete durability. *Construction and Building Materials* 2022; 342.
- Mohammed A., Mohammed I., Mohammed S. Some properties of concrete with plastic aggregate derived from shredded PVC sheets. *Construction and Building Materials* 2019; 201: 232–245.
- Nia AZ., Tadayonfar GR., Naddaf HE. Effect of air entraining admixture on concrete under temperature changes in freeze and thaw cycles. *Materials Today: Proceedings* 2018; 5: 6208–6216.
- Nili M., Ramezani-pour AA., Sobhani J. Evaluation of the effects of silica fume and air-entrainment on deicer salt scaling resistance of concrete pavements: microstructural study and modeling. *Construction and Building Materials* 2021; 308.
- Özcan F., Akçaözoğlu K. Hava sürüklenmiş betonların ısı iletkenlik değerlerinin belirlenmesi. *Nigde Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences* 2018; 7(2): 716-724.
- Özcan F., Koç ME. Influence of ground pumice on compressive strength and air content of both non-air and air entrained concrete in fresh and hardened state. *Construction and Building Materials* 2018; 187: 382-393.
- Salem MAA., Pandey R. Effect of air entrainment on compressive strength, density, and ingredients of concrete. *Int. J Adv. Mech. Civ. Eng.* 2017; 4: 77-81.
- Shah HA., Yuan Q., Zuo S. Air entrainment in fresh concrete and its effects on hardened concrete-a review. *Construction and Building Materials* 2021; 274.
- Tolegenova A., Skripkiunas G., Rishko L., Akmalaiuly K. Both plasticizing and air-entraining effect on cement-based material porosity and durability. *Materials* 2022; 15: 4382.
- Vijay A., Sajeeb R. Effect of superplasticizer on the characteristics of stabilized earth concrete. *Materials Today: Proceedings* 2022; 65(2): 455-460.
- Wang L., Zhou H., Shi W., Tang E. Effect of silica fume and PVA fiber on the abrasion resistance and volume stability of concrete. *Composites Part B: Engineering* 2017; 130: 28-37.
- Whitehurst E. Soniscope tests concrete structures. *J. of American Concrete Institute* 1951; 443-444.
- Zhang P., Li D., Qiao Y., Zhang S., Sun C., Zhao T. Effect of air entrainment on the mechanical properties, chloride migration, and microstructure of ordinary concrete and fly ash concrete. *J. Mater. Civ. Eng.* 2018; 30.
- Zhou T., Bazant M.Z., Pellenq RJM. Modeling freeze-thaw in concrete. *CSHub@MIT, Research Brief* 2015; 5.

Cytogenetic Investigation of Some *Ranunculus* L. Species Distributed in Bitlis and its Surroundings

Shukurjan ALMAZOV¹, Pelin YILMAZ SANCAR^{2*}, Murat KURSAT³, Osman GEDIK⁴, Semsettin CIVELEK⁵

^{1, 2, 5}Firat University, Faculty of Science, Department of Biology, Elazig

³Bitlis Eren University, Faculty of Science, Department of Biology, Bitlis

⁴Kahramanmaraş Sütcü Imam University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Kahramanmaraş

¹<https://orcid.org/0000-0003-0930-0790>

^{2*}<https://orcid.org/0000-0002-6134-622X>

³<https://orcid.org/0000-0002-0861-4213>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-4816-3154>

⁵<https://orcid.org/0000-0003-1398-585X>

*Corresponding author: peyilmaz@firat.edu.tr

Research Article

Article History:

Received: 26.07.2022

Accepted: 24.06.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Ranunculus

Chromosome

Turkey

ABSTRACT

Ranunculus L. has 87 species in Turkey, when subspecies and varieties are included in this number, it is represented by a total of 105 taxa, 24 of which are endemic, the endemism rate is 25.20%. Since many members of the genus *Ranunculus* cannot be distinguished from each other with definite differences, they have been tried to be defined and expressed as species complexes taxonomically. Most of the systematic studies are in the direction of regulating such complexes. It is known that karyological characters are of great importance in the phylogenetic classification of the Ranunculaceae family. In this research, it is aimed to reveal the karyological characteristics of three species which are very similar to each other, in group A of *Ranunculus* subgenus of *Ranunculus* L. in Volume 1 of Flora of Turkey morphologically by using cytogenetic methods. In this context, the karyological characteristics of *R. aquatilis* L., *R. poluninii* P.H.Davis and *R. crateris* P.H.Davis species have been determined. *R. poluninii* and *R. crateris* species are endemic to our country and are Iran-Turanian elements. On the other hand *R. aquatilis* species, is distributed in the East of Turkey. It has been determined that all three species whose chromosomal characteristics are examined are diploid, and their chromosome numbers are $x=8$, $2n=16$. It has also been determined that these three species, which are morphologically similar to each other, are the same in terms of chromosome number but different in terms of chromosome morphology and each species has its own characteristics. With this study, the chromosomal characteristics of these three species have been determined for the first time.

Bitlis ve Çevresinde Yayılış Gösteren Bazı *Ranunculus* L. Türlerinin Sitogenetik Yönden İncelenmesi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 26.07.2022

Kabul tarihi: 24.06.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

ÖZ

Ranunculus L. cinsi Türkiye'de 87 türe sahiptir, bu tür sayısına alttür ve varyeteler de dahil edildiğinde toplamda 105 takson ile temsil edilmekte olup bunların 24'si endemiktir, endemizm oranı % 25,20' dir. *Ranunculus* cinsinin pek çok üyesi kesin farklarla birbirlerinden ayırt edilemediğinden taksonomik olarak tür kompleksleri şeklinde ifade edilip tanımlanmasına

çalışılmıştır. Sistematik çalışmaların çoğu da bu tür komplekslerini düzenleme yönündedir. Ranunculaceae familyasının filogenetik sınıflandırmasında karyolojik karakterlerin büyük önem taşıdığı bilinmektedir. Bu çalışmada, Türkiye Florası 1. Cildinde bulunan *Ranunculus* L. cinsinin *Ranunculus* altcinsine ait Grup A'da bulunan ve birbirlerine morfolojik olarak çok benzeyen üç türün sitogenetik metodlar kullanılarak karyolojik özelliklerinin ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda Bitlis ili çevresinden toplanan *R. aquatilis* L., *R. poluninii* P.H.Davis ve *R. crateris* P.H.Davis türlerinin karyolojik özellikleri tespit edilmiştir. *R. poluninii* ve *R. crateris* türleri Ülkemize endemik ve İran – Turan elementidir. *R. aquatilis* türü ise Türkiye'nin Doğusunda yayılış gösterir. Kromozomal özellikleri incelenen üç türün de diploid olduğu ve kromozom sayılarının $x=8$, $2n=16$ olduğu tespit edilmiştir. Morfolojik olarak birbirine benzer olan bu üç türün, kromozom sayısı bakımından aynı fakat kromozom morfolojileri açısından farklı ve her türün kendine özgü özelliklere sahip oldukları belirlenmiştir. Bu çalışma ile birlikte sözkonusu üç türün kromozom özellikleri ilk defa tespit edilmiştir.

To Cite: Almazov S., Sancar PY., Kursat M., Gedik O., Civelek S. Cytogenetic Investigation of Some *Ranunculus* L. Species Distributed in Bitlis and its Surroundings. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 199-210.

Introduction

The Ranunculaceae has 59 genus and about 2500 species in the world. Members of the family are herbaceous, rarely climbing woody plants. *Ranunculus* L. (Buttercup) is the largest genus of the Ranunculaceae and contains approximately 600 species. Its distribution is nearly worldwide, the greatest number of species occurs in the temperate zones of North and South America, the Alpine regions of Europe, Asia, Australia, New Zealand and New Guinea. The number of species is low in tropical regions, but taxa in these regions are distributed in the high parts of the mountains (Tamura, 1993; Tamura, 1995; Lehnebach, 2008; Özdağ, 2020). In our country, the Ranunculaceae family has 19 genera and 203 species. When subspecies and varieties are added to this number of species, it is represented by a total of 234 taxa. Of these, 62 taxa are endemic and the endemism ratio is 26.5%. *Ranunculus* genus has 87 species in Turkey, when subspecies and varieties are included in this number of species, it is represented by a total of 105 taxa, 24 of which are endemic, the endemism ratio is 25.20 % (Güner Doğan, 2012; Yıldırım and Gül, 2018; Karaman Erkul et al., 2021; Sinan et al., 2021). The genus *Ranunculus* is a group of plants with a high ploidy ratio, composed mostly of polymorphic ones that show a high variation in both morphological and karyological characteristics. In general terms, 40% of this genus is hexaploid, 31% is tetraploid, and 28% is diploid (Goepfert, 1974). As many members of the genus *Ranunculus* in the world, as in Turkey, cannot be distinguished from each other with definite differences, it has been tried to be expressed and defined as species complexes taxonomically. Most of the systematic studies are in the direction of regulating such complexes.

It is known that karyological characters are of great importance in the phylogenetic relationships of the Ranunculaceae family (Tamura, 1995). In this paper, the karyological characteristics of three species in Group A of *Ranunculus* subgenus of the genus *Ranunculus* found in Volume 1 of Flora of Turkey (Davis, 1965) and very similar to each other in morphology were tried to be determined by using cytogenetic methods. Two of these species (*Ranunculus poluninii* P.H.Davis and *Ranunculus crateris*

P.H.Davis) whose karyological characteristics were tried to be determined are endemic to our country, and one (*Ranunculus aquatilis* L.) is a species that is morphologically very similar to these endemic species and is found only around Bitlis province and has a narrow distribution in our country (Davis, 1965; Güner Doğan, 2012).

In this study, it is aimed to bring the karyological data to be obtained by us about the populations of these endemic and narrowly distributed rare species in our country for the first time into the literature. In addition to aimed, enable the use of karyological data together with morphological and molecular data in solving the systematic problems of the species and thus to be able to recognize the species more systematically with the karyological scientific data to be obtained.

Materials and Methods

Material

The research materials were collected separately as flowering and seed plants during the field studies carried out in Bitlis and its surroundings between May and September of 2021, and the flowering specimens were turned into herbarium material. The seeds collected from the plants to be used in our cytogenetic studies were dried and stored in cloth bags in a moisture-free environment. When collecting seed samples, as many different populations as possible were used for each taxon. Thus, it was analyzed whether there is inter-population chromosomal variation. Detailed locality information of the samples and general appearance are given in Table 1 and Figure 1.

Table 1. Detailed location information in studied taxa

Taxa	Collection date and collector	Detailed localities of populations
<i>R. poluninii</i>	08.09.2021- M.K.	Bitlis, North hill side of Kambos Mountain, rocky places, 1650-1800 m.
<i>R. crateris</i>	16.05.2021-M.K.	Bitlis, road to Nemrut Crater lake, hills, below <i>Juniperus</i> populations, 2370-2400 m.
<i>R. aquatilis</i>	26.07.2021- M.K.	Van, Mount Artos, Northern slopes, 2200 m.

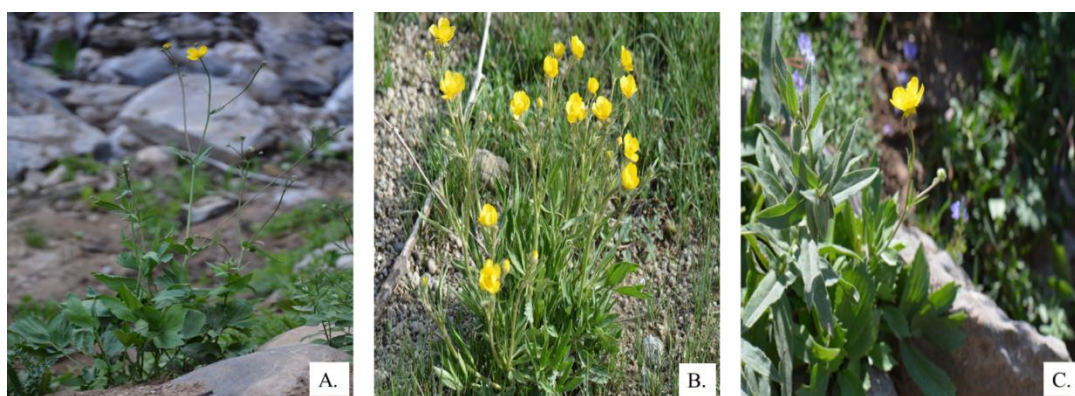


Figure 1. General appearance of the species (A-*R. poluninii*, B-*R. crateris*, C-*R. aquatilis*)

Chromosome Analysis

Within the scope of our cytogenetic studies, the seeds were first left to germinate on moist blotting papers laid in petri dishes in an oven at 28°C. Then, the roots reaching 1–2 cm from the germinated seeds were cut and kept in 5% colchicine for 3 hours at room temperature and subjected to pretreatment (Elçi, 1982; Yılmaz Sancar et al., 2021). At the end of the period, the root tips were taken into a carnoy fixative (3:1) and kept in the refrigerator at +4 °C for 24 hours and then hydrolyzed in 1N HCl at room temperature for 3-5 minutes. Root tips removed from hydrolysis were stained with Feulgen dye for 1 hour in a dark environment at room temperature and washed 2-3 times with tap water. For the preparation, the growth meristem part was fragmented with a sharp razor blade in a drop of 45% acetic acid-orcein mixture dropped on the slide, the coverslip was closed and examined under the microscope (Yılmaz Sancar and Civelek, 2012). Photographs of the best three somatic cells for each species were taken under a Zeiss brand Primostar model microscope with a 100's lens. Chromosome lengths of 3 photographs with the most prominent chromosome distribution during metaphase were measured. Tables and ideograms were created by calculating the average. The long and short arms of the chromosomes were measured with the special program of the microscope, and the obtained data were recorded in tabular form. Terminology of the Levan was used to locate the centromere (Levan et al., 1964).

Results

This research, values such as ploidy levels, karyotype formula, chromosome length range, and total karyotype length were determined and given in the tables in detail (Table 2-5). Also, the metaphase chromosomes and haploid ideograms of these three *Ranunculus* taxa are presented Figures 2–4.

Table 2. Somatic chromosome number (2n), ploidy level, karyotype formula, ranges of chromosome length, total karyotype length (TKL) for the studied taxa.

Taxon	2n	Ploidy level	Karyotype formula	Chromosome length range (µm)	TKL(µm)
<i>R. aquatilis</i>	16	2x	1m+6sm+1st	14.11-9.12	83.75
<i>R. poluninii</i>	16	2x	2m+4sm+2st	16.92-9.24	94.45
<i>R. crateris</i>	16	2x	2m+2sm+4st	15.03-8.38	86.36

(m: median M: noktalı median Sm: submedian St: subterminal)

R. aquatilis

The chromosome number of *R. aquatilis* species was determined as $2n=2x=16$ ($x=8$) and the chromosome formula was determined as 1m+6sm+1st. It was observed that the chromosome length of the population varied between 9.12-14.11 microns, and there were satellites in chromosomes I and III. From karyotypes obtained from well-distributed metaphases; somatic chromosome number, ploidy level, karyotype formula, chromosome length range and total chromosome length (TCL) are determined and showed in Table 2; chromosome length, long arm, short arm, arm ratio, centromere

index, relative height and centromere status are determined and showed in Table 3. In addition, the metaphase images of the chromosomes and the haploid ideograms are shown in Figure 2.

Table 3. Karyomorphological parameters (relative length, arm ratio and centromeric index) of *R. aquatilis* (m: median M: noktalı median Sm: submedian St: subterminal).

Pair No	Total length C (μm)	Long arm L (μm)	Short arm S (μm)	Arm ratio L/S	Centromeric index İ	Type
1	14.11	7.33	6.78	1.08	0.48	m
2	10.92	7.64	3.28	2.32	0.30	sm
3	10.66	7.38	3.28	2.25	0.30	sm
4	10.12	6.54	3.58	1.82	0.35	sm
5	10.01	7.55	2.46	3.06	0.24	st
6	9.50	6.32	3.18	1.98	0.33	sm
7	9.31	6.51	2.80	2.32	0.30	sm
8	9.12	5.98	3.14	1.90	0.34	sm

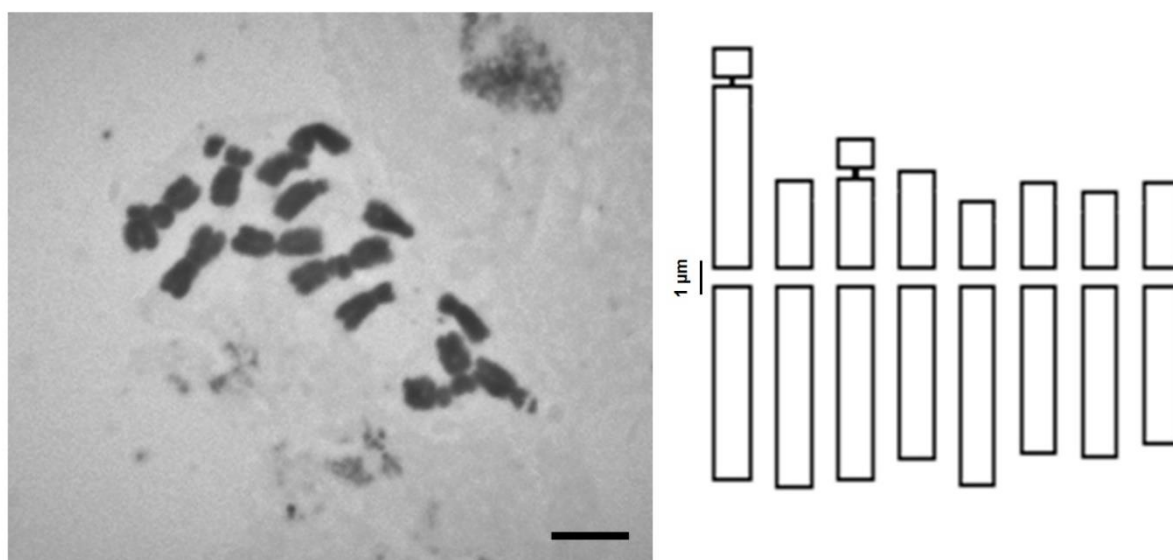


Figure 2. Metaphase chromosomes and haploid ideograms of *R. aquatilis* (Scale:10 μm).

R. poluninii

The chromosome number of *R. poluninii* species was determined as $2n=2x=16$ ($x=8$) and the chromosome formula was determined as $2m+4sm+2st$. It was observed that the chromosome length of the population varies between 9.24 -16.92 microns, and there is a satellite in chromosome VIII. From karyotypes obtained from well-distributed metaphases; somatic chromosome number, polyploid level, karyotype formula, chromosome length range and total chromosome length (TCL) are determined and showed in Table 2; chromosome length, long arm, short arm, arm ratio, centromere index, relative height and centromere status are determined and showed in Table 4. In addition, the metaphase images of the chromosomes and the haploid ideograms are shown in Figure 3.

Table 4. Karyomorphological parameters (relative length, arm ratio and centromeric index) of *R. poluninii* (m: median M: noktalı median Sm: submedian St: subterminal).

Pair No	Total length C (μm)	Long arm L (μm)	Short arm S (μm)	Arm ratio L/S	Centromeric index i	Type
1	16.92	8.83	8.09	1.10	0.47	sm
2	13.87	8.53	5.34	1.59	0.38	m
3	12.19	8.96	3.23	2.77	0.26	sm
4	11.88	7.44	4.44	1.67	0.18	m
5	10.86	7.77	3.09	2.51	0.28	sm
6	10.19	7.14	3.05	2.34	0.29	sm
7	9.30	7.28	2.02	3.60	0.21	st
8	9.24	7.08	2.16	3.27	0.23	st

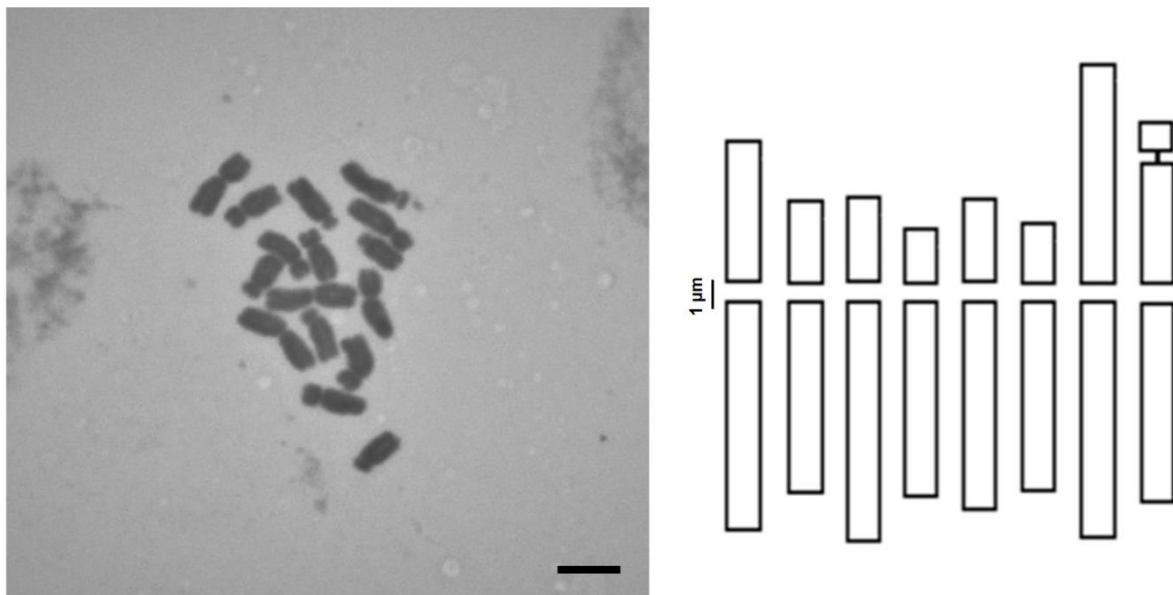


Figure 3. Metaphase chromosomes and haploid ideograms of *R. poluninii* (Scale:10 μm).

R. crateris

The chromosome number of *R. crateris* was determined as $2n=2x=16$ ($x=8$) and the karyotype formula was determined as $2m+2sm+4st$. It was observed that the chromosome length of the population varies between 8.38-15.03 microns, and there is a satellite in chromosome VI. From karyotypes obtained from well-distributed metaphases; somatic chromosome number, polyploid level, karyotype formula, chromosome length range and total chromosome length (TCL) are determined and showed in Table 2; chromosome length, long arm, short arm, arm ratio, centromere index, relative height and centromere status are determined and showed in Table 5. In addition, the metaphase images of the chromosomes and the haploid ideograms are shown in Figure 4.

Table 5. Karyomorphological parameters (relative length, arm ratio and centromeric index) of *R. crateris* (m: median M: noktalı median Sm: submedian St: subterminal).

Pair No	Total length C (µm)	Long arm L (µm)	Short arm S (µm)	Arm ratio L/S	Centromeric index i	Type
1	15.03	7.99	7.04	1.13	0.46	m
2	12.43	7.75	4.68	1.65	0.37	m
3	11.05	8.61	2.44	3.52	0.22	st
4	10.52	7.50	3.02	2.48	0.28	sm
5	10.42	7.19	3.23	2.27	0.30	sm
6	9.54	7.49	2.05	3.65	0.21	st
7	8.99	7.08	1.91	3.70	0.21	st
8	8.38	6.57	1.81	3.62	0.21	st

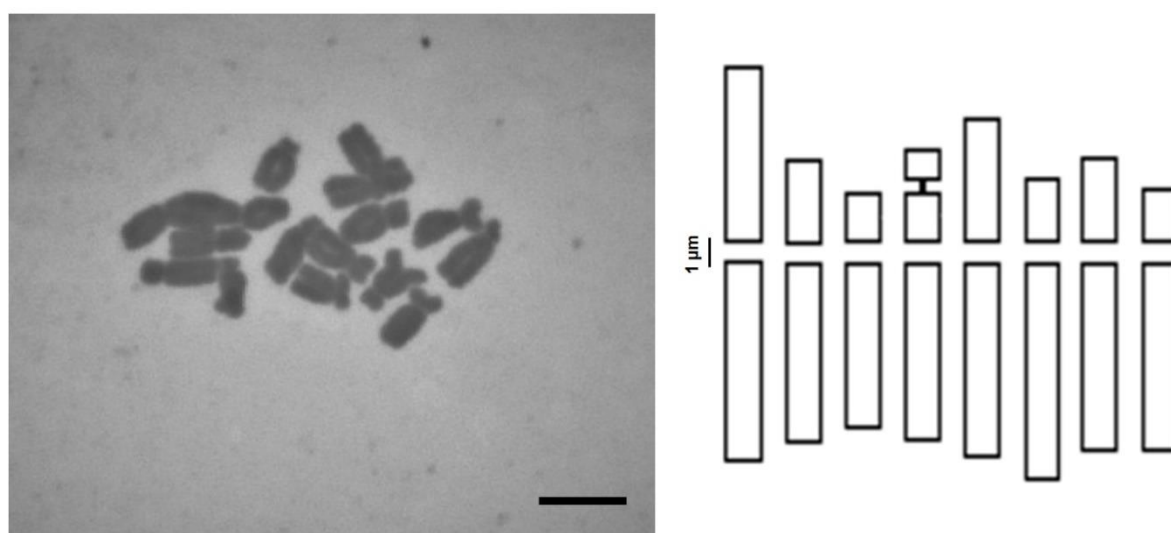


Figure 4. Metaphase chromosomes and haploid ideograms of *R. crateris* (Scale:10 µm).

Discussions

The genus *Ranunculus* are polymorphic plants with a high polyploidy rate, with high variation in both morphological and karyological characteristics. In general terms, 40% of this genus is hexaploid, 31% is tetraploid, and 28% is diploid (Goepfert, 1974). Since many members of the genus *Ranunculus* in the world as well as in our country cannot be distinguished from each other with definite differences, it has been tried to be expressed and defined as species complexes taxonomically. Most of the systematic studies are in the direction of regulating such complexes. For example, a series of studies have been conducted for the *Ranunculus auricomus* L. complex (Julin, 1977; Julin, 1978). *Ranunculus dissectus* M.Bieb., one of the rhizome *Ranunculus* in Turkey, is such a complex species (Davis, 1960; Tan, 1984; Baytop and Özhatay, 1975).

Modern biosystematic research is mainly based on molecular studies, but morphological and cytogenetic studies continue to provide basic data for each organism. Many cytogenetic studies have

been conducted in the last decade and these studies have provided basic data for plant systematics and evolutionary analyses (Stace, 2000; Baltisberger and Widmer, 2009). In spite of their taxonomic importance, numbers of chromosomes and features are known for only about 25% of all angiosperms (Bennett, 1998). Also, the accuracy of many reported chromosome numbers is questionable because they depend on weak or incorrect data (such as inaccurate counting, calculation, observation). This situation decreases the usefulness of the results, especially in taxonomic problematic groups where numbers of chromosomes are usually variable.

In addition to variation in chromosome number, cytogenetic data may show variation in chromosome morphology also (Sharma and Sen, 2002). The most important morphological character of a chromosome is the position of the centromere on the chromosome (Levan et al., 1964). The definition of chromosome morphology has proven to be a strong method for characterizing genomes in plants as well as animals, including humans. Cytogenetic data supply background information for several fields, as demonstrated by the "taxonomic significance of karyology at the genus and subgenus level" in Geraniaceae (Albers and Walt, 2007). Karyological data can also assist in the interpretation of results from molecular studies. (Johansson, 1998; Schuettpelz et al., 2002; Crawford et al., 2005; Hörandl et al., 2005). Cytogenetic data, together with morphological characters, helped to solve taxonomic problems in tracing the origin of hybrids and even provided clarity of possible taxonomic decisions (Bailey and Stace, 1992).

Stace (2000) suggested that three basic conditions must be met for cytogenetic studies to be convenient: Plants examined should be collected from natural areas, some of the studied samples should be kept in herbariums, and chromosome counts should be based on a lot of plants and cells. In addition, different populations close to the location of the studied taxon and other populations collected from different geographical regions should be included in the study (Stace, 2000).

The Ranunculaceae family is a middle-sized plant family with many primitive characters, but at the same time presenting special and advanced features. Cytogenetic features are thought to be of high importance in the evolutionary relationships of Ranunculaceae (Tamura, 1995). The basic chromosome number in *Ranunculus* is usually $x=7$ or $x=8$, but the most common is $x=8$, and this number is considered the basic chromosome number of the genus (Goepfert, 1974). We counted 16 chromosomes in each species we examined that are all diploid and basic chromosome number is 8. Polyploidy is common and differences in ploidy levels can occur even within species (Küpfer, 1974; Baltisberger, 1981; Huber, 1988; Baack, 2005; Hörandl et al., 2005). Karyotypes vary considerably within the genus and even non-closely related species can interbreed, at least under experimental conditions (Goepfert, 1974; Vuille and Küpfer, 1985; Baack, 2004; Baltisberger, 2005). For this reason, hybridization and polyploidy may play an important role in the speciation and evolutionary process of *Ranunculus*. (Rossello and Castro, 2008; Goepfert, 1975).

In this paper, the karyological characteristics of three species in Group A of the *Ranunculus* subgenus of the genus *Ranunculus* L. found in the 1st Volume of Flora of Turkey and very similar to each other

in morphology were tried to be determined by using cytogenetic methods (Davis, 1965). Two of these three species (*Ranunculus poluninii*, *Ranunculus crateris*) whose karyological features are tried to be determined are endemic to our country, distributed in Bitlis, Muş, Hakkari and Van provinces, and one of them (*Ranunculus aquatilis*) is morphologically very similar to these two endemic species and only found around the province of Bitlis and has a narrow distribution in our country.

The photographs and ideograms of the appearance of the chromosomes in the metaphase plate of the three species (*R. aquatilis*, *R. poluninii* and *R. crateris*) studied within the scope of our research, and the total length, relative length, arm index and centromere status of the chromosomes are given in detail in the results section. All three species whose chromosomal characteristics were examined were diploid, and their chromosome numbers were $x=8$, $2n=16$. This is consistent with all previous records in the literature (Goepfert, 1974; Goepfert, 1975; Küpfer, 1974; Vuille and Küpfer, 1985; Tamura, 1993; Tamura 1995; Stace, 2000; Baack, 2004; Baltisberger and Widmer, 2009; Rossello and Castro, 2008). The basic chromosome number in *Ranunculus* is usually $x=7$ or $x=8$, with the latter much more frequent and the genus is 40% hexaploid, 31% tetraploid, and 28% diploid (Goepfert, 1974).

Polyploidy and aneuploidy chromosome variations were not found in the studied populations of *R. aquatilis*, *R. poluninii* and *R. crateris* species. It was found that these three species, which are morphologically similar, are different in terms of chromosome morphology and each species has its own characteristics.

In this research, the chromosomal (karyological) characteristics of three narrowly distributed plants of the Ranunculaceae family were determined for the first time. It is known that karyological characters are of big significance in determining their evolutionary relationships and, systematics species boundaries of Ranunculaceae. Our karyological data will help to explication the results obtained from systematic and genetic studies on Ranunculaceae members and to make possible taxonomic decisions. (Johansson, 1998; Schuettpelz et al., 2002; Crawford et al., 2005; Hörandl et al., 2005).

Acknowledgment

This work was supported by the Firat University Scientific Research Projects Coordination Unit [grant number: FF.20.09].

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Author's Contribution

SA and SC designed the study. MK collected plant samples from in the field. PYS and OG performed the methodology. The original draft was written by PYS and SC. All authors read and agreed the final version of manuscript.

References

- Albers F., Van der Walt J.J.A. Geraniaceae. In: Kubitzki, K. (eds) Flowering Plants Eudicots. The Families and Genera of Vascular Plants, 2007; 9. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Baack EJ. Cytotype segregation on regional and microgeographic scales in snow buttercups (*Ranunculus adoneus*, Ranunculaceae). American Journal of Botany 2004; 91: 1783-1788.
- Baack EJ. Ecological factors influencing tetraploid establishment in snow buttercups (*Ranunculus adoneus*, Ranunculaceae): Minority cytotype exclusion and barriers to triploid formation. American Journal of Botany 2005; 92: 1827-1835.
- Bailey JP., Stace CA. Chromosome number, morphology, pairing, and DNA values of species and hybrids in the genus *Fallopia* (Polygonaceae). Plant Systematics and Evolution 1992; 180: 29-52.
- Baltisberger M. Verwandtschaftsbeziehungen zwischen der Gruppe des *Ranunculus polyanthemus* L. und *R. repens* L. sowie Arten der Gruppen des *R. acris* L. und *R. bulbosus* L. Botanica Helvetica 1981; 91: 61-74.
- Baltisberger M., Widmer A. Chromosome numbers and karyotypes within the *Ranunculus alpestris*-group (Ranunculaceae) Organisms. Diversity & Evolution 2009; 9: 232-243.
- Baltisberger M., Widmer A. Cytological investigations on some *Ranunculus*-species from Crete. Candollea 2005; 60(2): 335-344.
- Baytop A., Özhatay N. İSTE Herbariumundaki Türkiye bitkileri örnekleri II: Ranunculaceae ve Paeoniaceae. İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Mecmuası 1975; 11: 227-253.
- Bennett MD. Plant genome values: How much do we know?. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 1998; 95: 2011-2016.
- Crawford DJ., Mort ME., Archibald JK. Biosystematics, chromosomes and molecular data: Melding the old and the new. Taxon 2005; 54(2): 285-289.
- Davis PH. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Edinburgh University Press, 1965; 1.
- Davis PH. Materials for a Flora of Turkey: IV, Ranunculaceae: II. Notes From The Royal Botanic Garden Edinburgh 1960; 23: 103-161.
- Elçi Ş. Sitogenetikte gözlemler ve araştırma yöntemleri. Fırat Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Yayınları, Elazığ 1982.
- Goepfert D. Chromosome length values in digenomic buttercups (Ranunculaceae) and the relation to DNA content. Chromosoma 1975; 49: 383-390.
- Goepfert D. Karyotypes and DNA content in species of *Ranunculus* L. and related genera. Botaniska notiser 1974; 127: 464-489.
- Güner Doğan E., *Ranunculus* L., Güner A., Aslan S., Ekim T., Vural M., Babaç, MT. (edlr.). Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul 2012; 780-786.

- Hörandl E., Paun O., Johansson JT., Lehnebach C., Armstrong T., Chen L., Lockhart P. Phylogenetic relationships and evolutionary traits in *Ranunculus* s.l. (Ranunculaceae) inferred from ITS sequence analysis. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 2005; 36: 305-327.
- Huber W. Natürliche Bastardierungen zwischen weißblühenden *Ranunculus*-Arten in den Alpen Veröff. Geobotanisches Institut Stiftung Rübel, ETH Zürich 1988; 100: 1-160.
- Johansson JT. Chloroplast DNA restriction site mapping and the phylogeny of *Ranunculus* (Ranunculaceae). *Plant Systematics and Evolution* 1998; 213: 1-19.
- Julin E. New subspecies of *Ranunculus auricomus* from Wastmanland, Sweden. *Botaniska Notiser* 1978; 131(3): 317-348.
- Julin E. Some Bothnian subspecies in the *Ranunculus auricomus* Complex: Origin and Dispersal. *Botaniska Notiser* 1977; 130(3): 287-302.
- Karaman Erkul S., Tekşen M., Duman H. *Ranunculus aydogdui* (Ranunculaceae), a new species from Turkey. *Nordic Journal of Botany* 2021; 39(1): e02980.
- Küpfer P. Recherches sur les liens de parenté entre la flore orophile des Alpes et celle des Pyrénées. *Conservatoire et jardin botaniques de la ville de Genève* 1974; 23: 1-322.
- Lehnebach CA. Phylogenetic affinities, species delimitation and adaptive radiation of New Zealand *Ranunculus*. Doctor of Philosophy Thesis / PhD Thesis at Massey University, 120: Palmerston North, New Zealand, 2008.
- Levan A., Fredga K., Sandberg AA. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas* 1964; 52: 201-220.
- Özdağ N., Kursat M. *Ranunculus* L. (Ranunculaceae) cinsine ait bazı taksonların polen morfolojileri, Bitlis Eren Üniversitesi, 85: Bitlis, Türkiye, 2020.
- Rossello JA., Castro M. Karyological evolution of the angiosperm endemic flora of the Balearic Islands. *Taxon* 2008; 57: 259-273.
- Schuettpelz E., Hoot SB., Samuel R., Ehrendorfer F. Multiple origins of southern hemisphere *Anemone* (Ranunculaceae) based on plastid and nuclear sequence data. *Plant Systematics and Evolution* 2002; 231: 143-151.
- Sharma A., Sen S. *Chromosome Botany*. Science Publishers Inc, Enfield, CRC Press NH 2002; 1-174.
- Sinan A., Behçet L., Yapar Y. *Ranunculus solhanensis* (Ranunculaceae), a new species from eastern Turkey. *Phytotaxa* 2021; 497(2): 157-164.
- Stace CA. Cytology and cytogenetics as a fundamental resource for the 20th and 21st centuries. *Taxon* 2000; 49: 451-477.
- Tamura M. Angiospermae, ordnung ranunculales, familie ranunculaceae. II. Systematic Part. In: *Die Natürliche Pflanzenfamilien*. Hiepko, P. (Ed.) Duncker & Humblot, Berlin 1995; 223-519.
- Tamura M. Ranunculaceae. In: Kubitzki K., Rohwer J.G., Bittrich V. (eds) *Flowering Plants · Dicotyledons. The Families and Genera of Vascular Plants*, Springer, Berlin, Heidelberg 1993; 2: 563-583.

- Tan K. More New Taxa from South and East Anatolia. Notes from the Royal Botanic Garden 1984; 42(1): 61-67.
- Vuille C., Küpfer P. Aposporie chez le *Ranunculus parnassifolius* L. I. Etude cytoembryologique. Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel 1985; 108: 123-134.
- Yıldırım H., Gül R. *Ranunculus bullatus* L.'un Ranunculaceae Türkiye'de varlığı üzerine. Bağbahçe Bilim Dergisi 2018; 5(1): 10-14.
- Yılmaz Sancar P., Civelek S. *Artemisia spicigera* K. Koch türünün Van Gölü çevresindeki popülasyonlarının morfolojik ve sitogenetik yönden araştırılması. Fırat Üniversitesi, 98: Elazığ, Türkiye, 2012.
- Yılmaz Sancar P., Civelek S., Kursat, M. The morphological, karyological and phylo-genetic analyses of three *Artemisia* L. (Asteraceae) species that around the Van Lake in Turkey. Caryologia 2021; 74(3): 53-63.

Power Control System Design for Monitoring Active and Standby Power Consumptions of PC Labs

Mehmet EKİCİ¹, Merve ŞEN KURT^{2*}

¹Amasya University, Faculty of Engineering, Electrical and Electronics Engineering Department, 05100, Amasya

²Amasya University, Faculty of Engineering, Electrical and Electronics Engineering Department, 05100, Amasya

¹<https://orcid.org/0000-0002-4447-5046>

²<https://orcid.org/0000-0003-1648-9368>

*Corresponding author: merve.sen@amasya.edu.tr

Research Article

Article History:

Received: 09.12.2022

Accepted: 17.07.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Standby

Power

Energy-saving

Smart plug

ABSTRACT

In this study, it was aimed to provide energy saving by informing the user about the power consumption instantly with the power control system (PCS) design and by cutting the energy of the devices in standby mode. The power consumptions of 39 PCs in Lab-1 and Lab-2 in Amasya University Engineering Faculty were examined through the designed system. Lab-1 contains older PCs while Lab-2 contains new generation PCs. The PCs used in the measurements made within the scope of the study were energized via PCS instead of a direct electrical socket. With this method, it has been tried to determine the electrical power consumptions in active work and standby work for calculate the annual electricity consumption and to reflect it on the invoices. The experimental method was carried out on the daily PC staying active for 2 hours and standby for 22 hours. According to the results, it is predicted that 56% lost standby power on an annual basis can be avoided with the use of PCS. The annual invoice cost of this lost power is calculated as 14.116,93 TL and 8.470,12 TL for Lab-1 and Lab-2 respectively. It is thought that the study will make an important contribution to researchers working on this subject.

PC Laboratuvarlarının Aktif ve Bekleme Modunda Güç Tüketimlerinin İzlenmesi için Güç Kontrol Sistemi Tasarımı

Araştırma Makalesi

Article History:

Received: 09.12.2022

Accepted: 17.07.2023

Published online: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Bekleme modu

Güç

Enerji tasarrufu

Akıllı priz

ÖZ

Bu çalışmada, güç kontrol sistemi (GKS) tasarımı ile kullanıcının anlık olarak güç tüketimi konusunda bilgilendirilmesi ve cihazların bekleme konumunda enerjisinin kesilmesi yoluyla enerji tasarrufu sağlanması amaçlanmıştır. Yapılan çalışmada Amasya Üniversitesi Mühendislik Fakültesindeki Lab-1 ve Lab-2 de bulunan 39 adet PC'lerin güç tüketimleri tasarlanan sistem üzerinden incelenmiştir. Lab-1'de eski nesil bilgisayarlar bulunurken Lab-2'de yeni nesil bilgisayarlar yer almaktadır. Çalışma kapsamında yapılan test ve ölçümlerde kullanılan bilgisayarlar doğrudan priz yerine GKS üzerinden enerjilendirilmiştir. Bu yöntemle aktif çalışma ve standby çalışmadaki elektriksel güç tüketimlerinin belirlenmesi, elektrik tüketimlerinin yıllık olarak hesaplanması ve faturalara yansımaya ortaya konulmaya çalışılmıştır. Deney yöntemi günlük bir bilgisayarın 2 saat aktif çalışma ve 23 saat standby konumda kalması üzerine belirlenmiştir. Sonuçlara göre GKS kullanımı ile yıllık bazda %56 kayıp standby gücün önüne geçilebileceği öngörülmüştür. Bu kayıp gücün yıllık fatura bedeli Lab-1 ve Lab-2 için sırasıyla 14.116,93 TL ve 8.470,12 TL olarak hesaplanmıştır. Yapılan çalışmanın, bu konuda çalışma yapan araştırmacılara önemli katkı sunacağı düşünülmektedir.

Introduction

As a result of increasing human population and decreasing natural resources, studies on the most efficient use of electrical energy are gaining importance. With the increase in energy costs in recent days, the highest level of saving in energy consumed in all living spaces has become mandatory. The various programs from the US Department of Energy have revealed that buildings constitute a significant amount of total energy consumption (US Department of Energy 2019). Different foundations around the world, including India and China have carried out studies and implementations to reduce the consumption of energy in buildings (Government of India Ministry of Power, 2017; Ma et al., 2019). Today, it is known that there is an important electricity consumption with the computer, where people spend most of their time. It is predicted that efficient energy consumption in computers will contribute significantly to the total energy consumption of buildings (Wang et al., 2020).

According to a study in the literature, it has been reported that 62 percent of the 2009 electricity consumption was shared to office PCs, printer and local networks in India (Gelenbe and Caseau, 2015). Energy saving measures in computers are focused on the efficiency of computers, the use of energy-efficient components and the design of the buildings in which the computers are located. According to Pollard (2015), use of an Eco-Button on the computer derives the user with regular feedback on energy saved. This kind of system can display the actual savings in dollars.

Some network devices, such as televisions and PCs, are constantly left in standby in order to provide instantaneous data flow. On the other hand, some electronic devices are left plugged into the socket to provide ease of switching on and off, in case the device is used at any time. Leaving electrical appliances on standby leads to useless energy consumption. This means that these devices draw energy from the grid every minute of the day and consume a significant amount of lost energy if billions of devices are left on standby 24/7. In particular, there is a rapidly increasing energy demand due to billions of devices that are actively operated for only a few minutes or a few hours during the day. According to the report of the International Energy Agency (IEA), it has been concluded that the energy consumed by the devices in the "standby" mode is 10% of the total energy consumed. Consumers pay the cost of lost energy about standby, which they cannot actually use. The IEA has initiated the "1 Watt Stand-by" initiative in order to draw attention to the energy consumption in standby mode, which causes a significant amount of energy loss every year, and to minimize the standby energy loss with the awareness created on this issue (IEA, 2023). In a study, energy savings of up to 60% were achieved by preventing the use of lost energy drawn from the network in standby mode (Ghosh et al., 2013).

Today, it has been concluded that energy management systems a very important contribution in saving electrical energy (Hatipoğlu, 2014). For energy management systems used to increase energy efficiency in people's living spaces (home, office, restaurant, shopping mall, school, etc.); 4 main solutions

proposal: measurement of energy consumption, control and switching, creation of a necessary network structure to access and manage measurements (Mrazovac et al., 2011).

The energy management systems using smart sockets are an important necessity that should be used in all energy-consuming areas. Smart sockets are one of the solutions created for the continuous monitoring and control of the energy consumption of electrical devices. In addition to providing instant energy consumption information to the user, smart sockets also prevent energy loss by cutting the energy drawn from the network when the devices are in standby mode (Veleva and Davcev, 2012; Amin and Wollenberg, 2005). In some studies, it is aimed to detect standby current and prevent standby power consumption by using smart sockets (Clement et al., 2007; Gerber et al., 2019; Shin et al, 2016; Kang et al., 2011; Kırıl, 2014) in the literature.

Smart socket design consists of three separate stages: hardware design, creation of communication infrastructure and software development (Elmenreich and Egarter, 2012). Communication infrastructures are created by using different hardware systems such as Arduino Uno, Raspberry Pi and Beaglebone in order to communicate smart sockets with multimedia systems (Eliaçık, 2014). Smart socket designs with different features designed by researchers have been found in the literature (Morimoto et al., 2013; Horvat et al., 2013; Lentine et al., 2012). There are some applications that measure instantaneous power consumption and inform users about instantaneous power consumption via smartphone or social media in the literature (Jahn et al., 2010; Lopez-de Armentia et al., 2010). In addition, there are power control systems without communication feature in order to reduce the cost of the power control system (Seetharam et al., 2012).

It has been concluded that there is a 5% to 15% reduction in energy consumption with consumer awareness created by accessing instantaneous energy consumption information using smart sockets (Shajahan and Anand, 2013). It is known that the devices draw idle current from the mains in the standby mode, which means that the devices are plugged into the socket when they are in the off position. In some studies, in the literature, it has been stated that 10-50% of the electrical energy consumed in homes is caused by socket loads (Kırıl, 2014). In a study in the literature, most of the 40 different smart devices, including smart lighting and camera doorbell, are more than 1 Watt while some consume more than 5 Watts of energy in standby mode (Wang et al., 2020).

In the literature, there are different studies to reduce the energy consumed by computers by using smart sockets. A designed system used the Internet of Things (IoT) to enable remote monitoring and control of the ambient temperature and energy consumption of computer rooms in colleges and Universities in China (Qu, 2022). Yar et al. (2021), was able to achieve less energy consumption with their system design using the Raspberry Pi (RPI). In a study in the literature, the consumption of electrical appliances was measured by a system using Zigbee. This system has a PLC based energy monitoring system (Han et al., 2014). Authors in (Baraka et al., 2013) designed a hybrid home energy management system consisting of Arduino and ZigBee.

In this study, energy management system was designed to remotely monitor and bill of energy consumption of two different computer laboratories (Lab-1 and Lab-2) and also cut off the energy while the computers are in the standby mode. It was aimed to reduce the effect of computer standby consumption on the monthly electricity bill of these computer laboratories. Unlike the existing studies in the literature, the energy consumption and invoice cost of new generation and old generation computers are given comparatively. In this study, only the effect of old and new generation computer parts and the energy consumed in standby on the total amount of energy consumption and the bill are considered.

Material and Method

Mathematical Approximation

The annual amount of electricity consumption of a computer is calculated by multiplying the electricity consumption per hour within the period over which it has been consume. It is given in Eq.1 as below. In this equation, E , P and t refer to the annual amount of electricity consumption calculated in kilowatt-hours (kWh), power units in watts and time over which the electricity consumption was consumed, respectively.

$$E= P*(t/1000) \quad (1)$$

The annual amount of electricity consumption cost of a computer is calculated by multiplying the annual electric power consumption and unit price of electricity (UP). The electrical consumption has been made by considering the unit price of 3,42 TL/kWh (November 2022). Annual cost of energy (ACOE) can calculated by using Eq.2.

$$(ACOE) = E* UP \quad (2)$$

Hardware Design

Amasya University Faculty of Engineering has 2 computer laboratories, namely Lab-1 and Lab-2. Lab-1 contains older PCs while Lab-2 contains new generation PCs. There are 39 computers in each laboratory. Both laboratories have the same physical conditions.

It is known that the most power consuming components in a computer are the processor, motherboard and graphic card. The processor, motherboard and video card brand and model informations of the computers used in the laboratories are given in the Table-1.

Table 1. Brand and model information of the most power consuming components of computer

		Processor	Mother Board	Graphic Card
Laboratories Type	Lab-1	Intel i5-6500	AMD RX 570	Asus GTX 750
	Lab-2	Intel i7-6500U	Asus Prime X570-Pro	Asus GTX 750

The technical specifications of the processors used in Lab-1 and Lab-2 are presented in Table 2.

The power consumption of Intel i7-6500U processor used in Lab-2 is 50 Watts lower than Intel i5-6500U used in Lab-1. Considering the power consumption of processors, it is expected that the power consumption of Lab-2 is lower than Lab-1.

Table 2. Technical specifications of processors used in Lab-1 and Lab-2, respectively

	Intel i5-6500	Intel i7-6500U	
Technical Specifications	Total Cores	4	2
	Total Threads	4	4
	Max Turbo Frequency	3.60 GHz	3.10 GHz
	Processor Base Frequency	3.20 GHz	2.50 GHz
	Cache	6 MB	4 MB Intel
	Bus Speed	8 GT/s	4 GT/s
	Power Consumption	65 W	15 W

Table 3 presents the technical specifications of the mother boards used in Lab-1 and Lab-2. According to this table, the hourly power consumption of the motherboard used in Lab 2 is 36 percent less than the motherboard used in Lab 1.

Table 3. Technical specifications of mother board used in Lab-1 and Lab-2, respectively

		AMD RX 570	Asus Prime X570-Pro
Technical Specification	Brand	Gigabyte	Gigabyte
	Weight	998 g	1250 g
	Dimensions	23.1 cm ×12.2 cm	30,5 cm ×24,4 cm

Graphic coprocessor	AMD Radeon RX 570	AMD Radeon X 570-pro
Graphic RAM Type	GDDR5	DDR4
Power consumption	120 W (max)	88 W (max)

The new generation high resolution graphic card consumes more power to produce higher quality images. A better graphic card means less power consumption for work, school and daily use. Low power consumption is more important than high resolution for the graphics card to be used in computers used in undergraduate education laboratories. All of the computers which are used in Lab-1 and Lab-2 have Asus GTX 750 model graphic card in Amasya University Engineering Faculty.

The technical specifications of the graphics cards used in Lab-1 and Lab-2 are presented in Table 4. This type of graphic card consumes 60 W in one hour.

Table 4. Technical specifications of graphic card used in Lab-1 and Lab-2, respectively

Asus GTX 750	
Memory size	2 GB
Memory type	GDDR5
Memory speed	2500 MHz
Memory interface width	86,4 GB/s
GPU core	640
Main frequency	1020 MHz
Power consumption	60 W (max)

The PCS prototype designed to monitor the power consumption of the PCs in Lab-1 and Lab-2 in Amasya University Engineering Faculty and to detect the standby position and cut the power of the devices is shown in Figure 1. There are 3 different current sensors (ACS712T ELC-5, ACS712T ELC-20 and ACS712T ELC-30) in order to adjust the sensitivity of the current drawn by different load(s) in the relevant circuit. The electrical data obtained instantaneously in this circuit can be monitored via mobile devices using the HC06 bluetooth module.

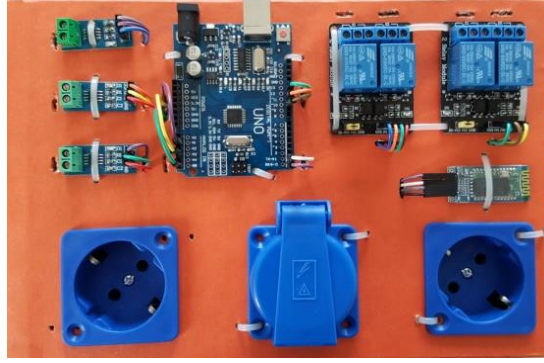


Figure 1. Top view of PCS prototype (1,2,3-Current sensor, 4-Arduino UNO, 5,6-AA Relay,7-Bluetooth Module, 8,9,10 Plug)

Software Design

In PCS design, which is very important to establish the communication infrastructure, provides the basic communication between the hardware component and the system user. PCS communicates with PC via Arduino UNO and with mobile device via bluetooth module. The PC interface was designed in the Microsoft Visual Studio environment (Tomar et al., 2015). The PC interface where the PCS data can be viewed in Figure 2.



Figure 2. PCS User panel

Mobile devices have many applications such as control of smart devices, GPS, entertainment, internet, etc. In this study, an android-based application was implemented. Figure 3 (a) shows the power socket list and selection screen which the load group is connected. In Figure 3 (b), (c), (d) the control and monitoring screen of each outlet is shown.

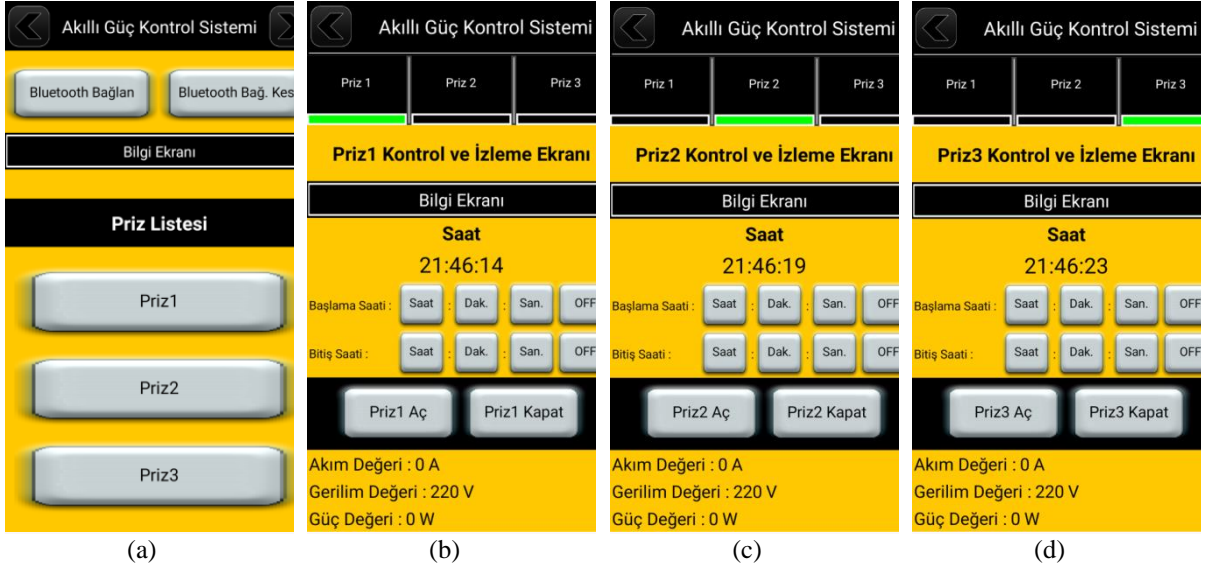


Figure 3. (a) Power Plug list (a), Plug-1 (b), Plug-2 (c), Plug-3(d)

With the "Open" and "Close" buttons on the relevant interface, it is possible to make the sockets open or close instantly. At the bottom of the interface screen, there are instantaneous electrical data such as current, voltage and power.

Results and Discussion

In this study, the power consumption of PCs in Lab-1 and Lab-2 in Amasya University Engineering Faculty were investigated. The total amount of energy consumed in standby mode and active operating mode has been calculated annually. Detailed invoice costs have been presented comparatively. First, the necessary calculations were made by measuring the active and standby power consumption values of a new generation and old generation PC for 7 days.

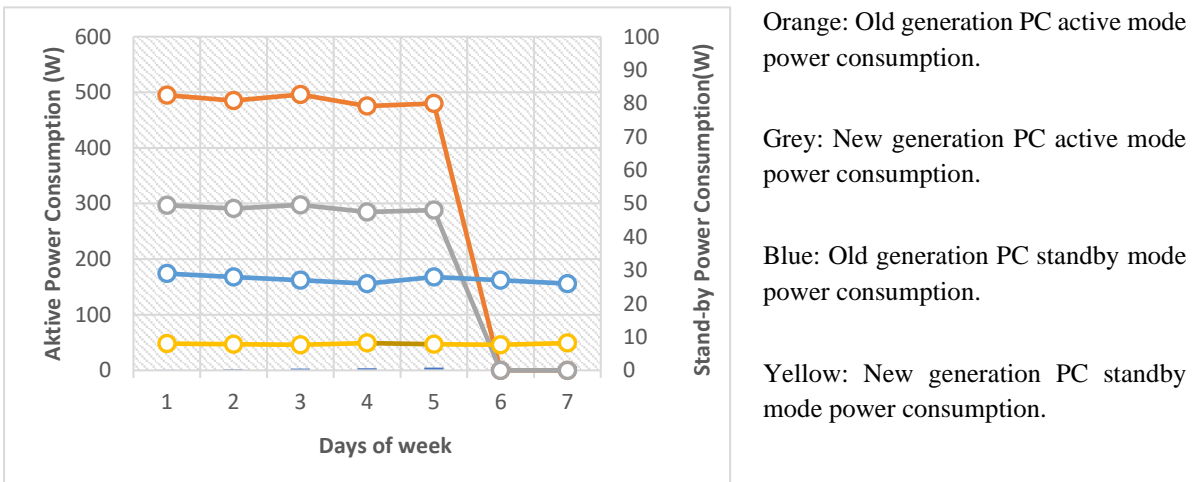


Figure 4. Power consumption of new generation and old generation PC in active and standby mode.

Figure 4 shows the power consumption of the old generation and new generation PCs on different days in active and standby mode. The experimental method was carried out on the daily PC staying active for 2 hours and standby for 22 hours. In the measurements taken on the same day and time, the same operations were run on both PCs. 7-day measurements were made for two generations of PCs. According to the results obtained; With the use of new generation PCs, approximately 35% energy savings were achieved in active operating mode and in standby mode, approximately 40% energy savings were achieved. The power consumption of Lab-1 in standby mode was determined as 0,585 kW. The power consumption of Lab-2 in standby mode was determined as 0,351 kW. While the active power consumption of Lab-1 was 5,655 kW, the active power consumption of Lab-2 was determined as 3,413 kW. In active consumption, it has been determined that the new generation PCs consume approximately 40% less energy than the old generation PCs. Annual electrical energy consumption for Lab-1 4.127,76 kWh and Lab-2 2.476,66 kWh was calculated as in standby operation. In Figure 5, active and standby energy consumptions for Lab-1 and Lab-2 were included in the total energy consumption. In Table 2, the detailed invoice calculation of the labs has been made by considering the unit price of 3,42 TL/kWh (November 2022). Annual energy consumption costs of Lab-1 and Lab-2 in standby mode respectively were calculated as 14.116,93 TL and 8.470,12 TL. In active operation mode, the annual energy consumption costs of Lab-1 and Lab-2 respectively were calculated as 11.139,89 TL and 6.722,35 TL.

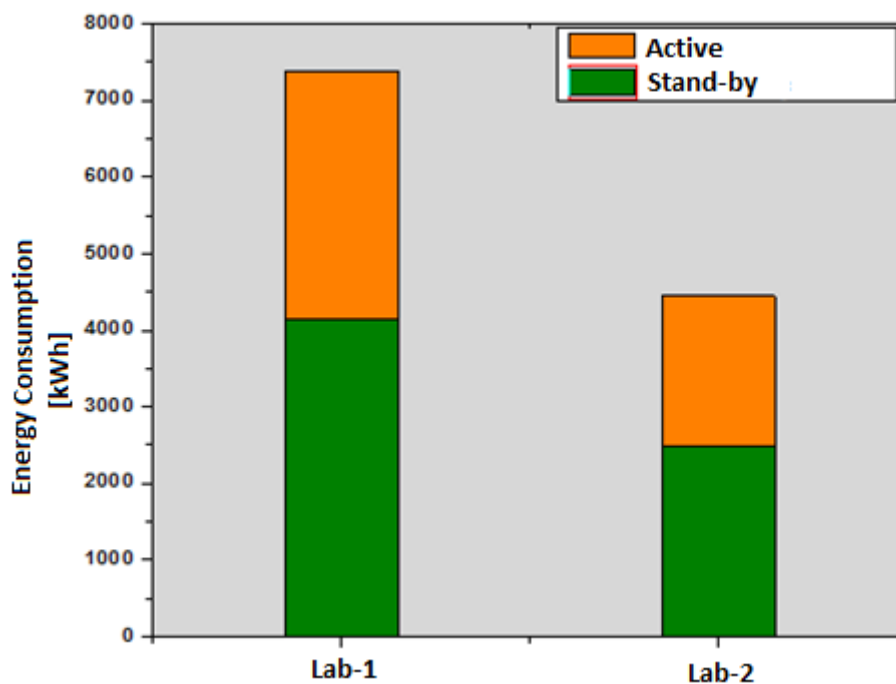


Figure 5. Comparison of annual power consumption of new gen. and old gen. PCs

Table 2. Annual standby and active mode energy consumption cost

		Power Consumption (kW)	Annual Use time (hour)	Annual Energy Consumption (kWh)	Annual Cost (TL)
Standby Mode	Lab-1	0,585	7056	4127,76	14.116,93
	Lab-2	0,351	7056	2476,66	8.470,12
Active Mode	Lab-1	5,655	576	3257,28	11.139,89
	Lab-2	3,413	576	1965,60	6.722,35
Active+ Standby Mode	Lab-1	6,240	7632	7385,56	25.258,61
	Lab-2	3,764	7632	4442,26	15.192,52

Conclusions

With the increase in energy costs day by day, the stand-by consumption of the devices used by users has become important. In order to determine the useless energy consumption of electrical devices that are waiting in stand-by mode, a study was carried out in Lab-1 and Lab-2 PC laboratories within the Faculty of Engineering of Amasya University. The experimental method was based on the fact that a daily the PC was active for an average of 2 hours and was in stand-by mode for 22 hours.

According to the obtained results, while the annual consumption power in standby mode, corresponding to a total of 7056 hours in old generation PCs, was 4127,76 kW and the active power consumption corresponding to 576 hours was measured as 3257,28 kW. In the new generation PCs, the annual consumption power was measured as 2476,65 kW and the active power consumption as 1965,6 kW in the standby mode according to the same hourly usage values in total. The total power consumption of old generation PCs in annual consumption was calculated as 7385 kW and new generation PCs as 4442 kW. As a result, it has been observed that the standby consumption in old generation PCs was 27% higher than active consumption on an annual basis, and 26% more in new generation PCs. According to the electrical energy unit prices of November 2022, the annual invoice cost of the lost power has been calculated as 14.116,93 TL and 8.470,12 TL for Lab-1 and Lab-2, respectively. It has been determined that the total consumption costs of the new generation PCs were lower than the old generation PCs. With the designed PCS, it was predicted that approximately 56% gain would be achieved in the invoice price.

Statement of Conflict of Interest

Authors have declared no conflict of interest.

Authors' Contributions

ME and MŞK designed the structure. MŞK grew the sample according to the specifications. ME fabricated the device, carried out the experiments work, the theoretical calculations, in collaboration with MŞK, and wrote up the article. ME and MŞK is the inventor of the original device and the overall supervisor of the project.

References

- Amin SM., Wollenberg BF. Toward a smart grid: power delivery for the 21st century. *IEEE Power and Energy Magazine* 2005; 3(5): 34-41.
- Clement K., Pardon I., Driesen J. Standby power consumption in Belgium. 9th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation, 09-11 October 2007, p. 1-4, Barcelona.
- Eliaçık Y. Güç hatları üzerinden iletişim ile akıllı priz kontrolü ve medya aktarımı sağlayabilecek sistem tasarımı. Gebze Technical University Master Thesis, Gebze, Turkey, 2014.
- Elmenreich W., Egarter D. Design guidelines for smart appliances. 10th International Workshop on Intelligent Solutions in Embedded Systems, 05-06 July 2012, p. 76-82, Klagenfurt.
- Gelenbe E., Caseau C. The impact of information technology on energy consumption and carbon emissions. *Ubiquity* 2015; 2015(June): 1–15.
- Gerber DL., Meier A., Liou R., Hosbach R. Emerging zero standby solutions for miscellaneous electric loads and the internet of things. *Electronics* 2019; 8(5): 1-19.
- Ghosh A., Patil KA., Vuppala SK. Plems: plug load energy management solution for enterprises. *IEEE 27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA)*, 25-28 March 2013, p. 25-32, Barcelona.
- Government of India Ministry of Power. Energy Conservation Building Code. Published on the aaaaainternet. http://www.ecbc2017.com/pdf/BEE_ECBC (Downloaded on 2 January 2017).
- Hatipoğlu Ö. Güç hatları üzerinden iletişim ile akıllı priz kontrolü sağlayabilecek gömülü sistem donanım tasarımı. Gebze Technical University Master Thesis, Gebze, Turkey, 2014.
- Horvat G., Vinko D., Zagar D. Household power outlet overload protection and monitoring using cost effective embedded solution. 2nd Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), 15-20 June 2013, p. 242-246, Budva.
- Jahn M., Jentsch M., Prause CR., Pramudianto F., Al-Akkad A., Reiners R. The energy aware smart home. In 2010 5th International Conference on Future Information Technology, 21-23 May 2010, p. 1–8, Busan.

- Kang S., Park K., Shin S., Chang K., Kim H. Zero standby power remote control system using light power transmission. *IEEE Transactions on Consumer Electronics* 2011; 57(4): 1622-1627.
- Kıral GE. Akıllı şebekelerde enerji yönetimi için akıllı priz geliştirilmesi. Yıldız Technical University Master Thesis, İstanbul, Turkey, 2014.
- Lentine AL., Ford JR., Finn JR., Furrer CT., Bryan JR., Gonzalez S., Spires SV., Goldsmith SY. An intelligent electrical outlet for autonomous load control for electric power grids with a large percentage of renewable resources. *IEEE Power and Energy Society General Meeting*, 22-26 July 2012, p. 1-8. San Diego.
- Lopez-de Armentia J., Casado-Mansilla D., Lopez-de Ipina D. Fighting against vampire appliances through eco-aware things. In *2012 Sixth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing*, 4-6 July 2012, p. 868–873, Palermo.
- Ma M., Cai W., Wu Y. China act on energy efficiency of civil buildings (2008): a decade review. *Science of the Total Environment* 2019; 651(1): 42-60.
- Morimoto N., Fujita Y., Yoshida M., Yoshimizu H., Takiyamada M., Akehi T., Tanaka, M. Smart outlet network for energy-aware services utilizing various sensor information. *27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA)*, 25-28 March 2013, Barcelona.
- Mrazovac B., Bjelica MZ., Teslic N., Papp I. Towards ubiquitous smart outlets for safety and energetic efficiency of home electric appliances. *IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, 06-08 September 2011, p. 222-226, Berlin.
- Pollard CE. Applying the theory of planned behavior to individual computer energy saving behavioral intention and use at work. *21st Americas Conference on Information Systems*, 13-15 August 2015, p. 1-18, Puerto Rico.
- Seetharam DP., Arya V., Kunnath R., Hazra J., Husain SA., De Silva LC., Kalyanaraman S. nPlug: A smart plug for alleviating peak loads. *Third International Conference Future Energy Systems: Where Energy*, 09-11 May 2012, p. 1-10, Madrid.
- Shajahan AH., Anand A. Data acquisition and control using arduino-android platform: smart plug, *International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability (ICEETS)*, 10-12 April 2013, p. 241-244, Nagercoil.
- Shin T., Jeon HT., Byun J. Developing nontrivial standby power management using consumer pattern tracking for on-demand appliance energy saving over cloud networks, *IEEE Transactions on Consumer Electronics* 2016; 62(3): 251-257.
- Tomar K., Kumar S., Kakkar K. Receiving of string and hex data serially using visual C#. *Annual IEEE India Conference (INDICON)*, 17-20 December 2015, p. 1-3, New Delhi.

- US Department of Energy. Building Technologies Office. Published on the internet. <http://www.energy.gov/eere/buildings/building-technologies-office> (Downloaded on 5 March 2019).
- Veleva S., Davcev D. Data mining as an enabling technology for home energy management system. IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), 16-20 January 2012, p. 1-8, Washington.
- Wang Q., Wang Y., Jian I., Wei H., Liu X., Ma Y. Exploring the “Energy-saving personality traits” in the office and household situation: an empirical study. *Energies* 2020; 13(3535): 1-17.
- Wang W., Su Ji., Hicks Z., Campbell B. The standby energy of smart devices: problems, progress, & potential. IEEE/ACM Fifth International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDI), 21-24 April 2020, p. 164-175, Sydney.

Türkiye'deki Gübre Tüketim Miktarının Bitkisel Üretim Miktarına Etkisi Üzerine Bir Araştırma: ARDL Sınır Testi

Yunus Emre AYTEKİN^{1*}, Ömer KESKİN²

¹Sinop Üniversitesi, Boyabat Meslek Yüksekokulu; Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İslam Ekonomisi ve Finansı EABD Doktora Öğrencisi, Sinop

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Özalp Meslek Yüksekokulu, Van

¹<https://orcid.org/0000-0001-5805-0850>

²<https://orcid.org/0000-0002-1939-2791>

*Sorumlu yazar: yea61@hotmail.com

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 03.12.2022

Kabul tarihi: 17.07.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Gübre tüketimi

Bitkisel üretim

ARDL sınır testi

ÖZ

Bu çalışmada Türkiye'deki gübre tüketim miktarının bitkisel üretim miktarına etkisini zaman serisi analiziyle ortaya koymak amaçlanmıştır. Çalışmanın amacı kapsamında gübre tüketim miktarı ve bitkisel üretim miktarı ile ilgili 1976-2021 dönemine ait ton bazında yıllık veriler toplanmıştır. Analiz için gübre tüketim miktarının bağımsız, bitkisel üretim miktarının ise bağımlı değişken olarak yer aldığı bir model kurulmuştur. Model tahmini, ARDL sınır testi yöntemi uygulanarak yapılmıştır. Modelin tahmininden elde edilen sonuçlara göre, gübre tüketim miktarı değişkeniyle bitkisel üretim miktarı değişkeni arasında uzun dönemli pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişki vardır. Gübre tüketim miktarı %1 arttığında, bitkisel üretim miktarı yaklaşık %0,85 artmaktadır. Diğer taraftan iki değişken arasındaki kısa dönemli ilişki ise beklenildiği gibi negatif yönlü olup istatistiksel olarak anlamlıdır. Kısa dönem şoklarından sonra iki değişken arasında ortaya çıkabilecek uzun dönem dengesinden sapmalar 1 dönem sonra yaklaşık %28 oranında ortadan kalkmaktadır.

A Research on the Effect of Fertilizer Consumption Amount on Plant Production Amount in Turkey: ARDL Bounds Testing

Research Article

Article History:

Received: 03.12.2022

Accepted: 17.07.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Fertilizer consumption

Plant production

ARDL bounds testing

ABSTRACT

In this study, it is aimed to reveal the effect of fertilizer consumption on plant production in Turkey with a time series analysis. Within the scope of the study, annual data on fertilizer usage and plant production were gathered on a ton basis from 1976 to 2021. For the analysis, a model was established in which the amount of fertilizer consumption is an independent variable and the amount of crop production as a dependent variable. The model was estimated using the ARDL bounds testing method. According to the results obtained from the estimation of the model, there is a long-term positive and significant relationship between the fertilizer consumption usage and the amount of plant production. When the amount of fertilizer consumption increases by 1%, the amount of plant production increases by approximately 0.85%. The short-term relationship between the two variables, on the other hand, is negative and statistically significant, as expected. After the short-term shocks, the deviations from the long-term equilibrium that may occur between the two variables vanish by around 28% after 1 period.

To Cite: Aytekin YE., Keskin Ö. Türkiye'deki Gübre Tüketim Miktarının Bitkisel Üretim Miktarına Etkisi Üzerine Bir Araştırma: ARDL Sınır Testi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 224-233.

Giriş

Türkiye'nin iç ve dış pazarda artan bitkisel ürün talebini karşılayabilmesi ve bitkisel ürünler yönünden kendi kendine yetebilen bir ülke özelliğine sahip olup bu özelliğini sürdürebilmesi için bitkisel üretim miktarını artırması gerekmektedir. Bu gerekliliğin başarılı bir şekilde yerine getirilebilmesi, bitkisel üretim yaparken modern tekniklerin uygulanması ve özellikle gübre gibi üretim girdilerinin yeterince ve etkin kullanılmasıyla yakından ilişkilidir. Gübreleme, bitkisel üretim miktarında artış sağlamak amacıyla, üretimi yapılan bitkinin besin ihtiyacının türü ve miktarı göz önünde bulundurularak, bu besinin eksik kalan kısımlarının zamanında ve tam olarak toprağa verilmesi işlemidir.

Gübreler, bitkilerin yetiştirildiği topraklara verilen yoğunlaştırılmış aktif besin maddeleridir. Bitki besinlerinde ana girdiler arasında karbon, oksijen ve hidrojen bulunmaktadır. Gübreler ise bu girdilerin yanında yardımcı maddeler olarak işlev görmektedir. Gübreler, kendi arasında birincil, ikincil ve mikro besin maddeleri şeklinde üçe ayrılmaktadır. Birincil besin maddeleri azot, fosfor ve potasyum, ikincil besin maddeleri kalsiyum, magnezyum ve kükürt, mikro besin maddeleri ise bor, bakır, manganez ve çinko gibi çeşitli elementlerdir. Bu besin maddeleri, bitkisel üretim miktarının artışında farklı önem seviyelerinde etkili olmaktadır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020).

Gübrelerin bitkisel üretim miktarının artışına yaptığı etkiden tam anlamıyla yararlanabilmek için gübreleme işleminin bilinçli yürütülmesi şarttır. Aksi takdirde gübreleme işlemi, bitkisel üretim miktarı artışının elde edilmesini güçleştirdiği gibi, çevre kirliliğinin büyük boyutlara ulaşmasını da beraberinde getirmektedir. Bilinçli gübreleme işlemi, öncelikle bitkisel üretim sürecinde ihtiyaç duyulan bitki besin maddelerinin hangileri olduğunun doğru bir toprak analiziyle tespit edilmesine bağlıdır. Bu noktada bitkisel üretim yapanlara verilen toprak analizi hizmetlerinin yaygınlaştırılması ve bu hizmetlerin kalitesini artıracak çalışmaların yürütülmesi önem kazanmaktadır (Eyüpoğlu, 2002). Bilinçli gübreleme işleminin bağlı olduğu bir diğer husus da bitkisel üretim yapanların doğru gübreleme işlemi konusunda gerekli bilgileri edinmeleridir. Bu noktada ise bitkisel üretim yapanlara teorik ve uygulamalı eğitimler verilmesinin önemi artmaktadır.

Literatürde gübre tüketiminin bitkisel üretime etkisini genel olarak inceleyen bazı çalışmalar yapılmıştır. Örneğin;

-Loks ve ark. (2014) tarafından Kuzey Nijerya'da yapılan çalışmada toprağın besin sağlama gücünün yeterli olduğu durumlarda gübre tüketiminin hem toprağa hem çevreye zarar verdiği tespit edilmiştir.

-Han ve ark. (2016) tarafından Güney Kore'nin Gyeonggi İli'nde yapılan çalışmada çiftlik hayvanları ve talaştan elde edilen organik gübrelerin sarı kavak ağacının sadece büyümesinde değil, aynı zamanda toprak koşullarının iyileşmesinde de etkili olduğu tespit edilmiştir.

-Patra ve ark. (2016) tarafından Hindistan'ın Batı Bengal Bölgesi'ndeki Hooghly İlçesi'nde yapılan çalışmada gereğinden fazla inorganik gübre tüketiminin bitkisel üretkenlik ve verimlilikte yükselişe neden olmadığı, ayrıca NPK gübresinin bilinçsiz tüketiminin etkisiyle bitkisel üretim miktarlarında dalgalanmaların yaşandığı tespit edilmiştir.

-Ulus ve Yavuzaslanoğlu (2017) tarafından Türkiye’de yapılan çalışmada organik gübrenin inorganik gübreye kıyasla organik domates yetiştiriciliğinde toprak verimini daha fazla yükselttiği tespit edilmiştir.

-Zhai ve ark. (2017) tarafından Çin’in Henan Eyaleti’nde yapılan çalışmada uzun vadede gübre tkretimindeki %1’lik artışın buğday verimini %0,19 oranında yükselttiği tespit edilmiştir.

-Ge ve ark. (2018) tarafından Kuzey Çin’de yapılan çalışmada gübre tkretiminin toprak verimliliğini yükselttiği, ancak sürekli olarak aşırı azot gübresi tkertilmesinin toprak asitlenmesine, yani pH derecesinin düşmesine neden olduğu tespit edilmiştir.

-Lin ve ark. (2019) tarafından Çin’in Nanping İli’nin Zudun İlçesi’nde yapılan çalışmada organik gübrelerin çay bitkisinin kökünde faydalı bakterilerin toplanmasına yardımcı olduğu ve böylelikle çay yaprağındaki kaliteyi artırıp ağır metal içeriği azalttığı tespit edilmiştir.

-Chandio ve ark. (2019) tarafından Pakistan’da yapılan çalışmada uzun vadede gübre tkretimindeki %1’lik artışın buğday üretimini %0,19 oranında artırdığı tespit edilmiştir.

-Liu ve ark. (2021) tarafından Çin’in Shanxi İli’nin Ansai İlçesi’nde yapılan çalışmada uzun vadeli organik ve inorganik gübre tkretiminin bitkisel ürün verimini yükselttiği ve toprağın besin koşullarını iyileştirdiği tespit edilmiştir.

-Nasrullah ve ark. (2021) tarafından Güney Kore’de yapılan çalışmada uzun vadede gübre tkretimindeki %1’lik artışın pirinç üretimini %0,19 oranında artırdığı tespit edilmiştir.

Literatür zeti incelendiğinde bu çalışmanın ele aldığı konu olan ‘‘Türkiye’deki toplam gübre tkretim miktarının toplam bitkisel üretim miktarına etkisinin ortaya konulması’’ ile ilgili daha önce herhangi bir çalışma yapılmadığı görülmektedir. Dolayısıyla bu alışma, Türkiye’deki gübre tkretiminin bitkisel üretime etkisini miktarsal ham veriler kullanarak analiz etmek suretiyle literatürde bulunan boşluğun dolmasına katkı sağlayacak olması nedeniyle önem arz etmektedir.

1976-2021 döneminde Türkiye’deki toplam gübre tkretim miktarının toplam bitkisel üretim miktarı üzerinde oluşturmuş olduğu etkinin zaman serisi analiziyle ortaya konulmasının amaçlandığı bu çalışma kapsamında öncelikle materyal ve yöntem hakkında genel bilgiler verilmiştir. Devamında ise analizler sonucunda elde edilen bulgular ortaya konulup değerlendirilmiştir.

Materyal ve Metot

Bu bölümde sırasıyla çalışmanın veri toplama aracı ve örnekleme, değerkenleri ve modeline ve yöntemine yer verilmiştir.

Veri Toplama Aracı ve rneklem

Daha önce ifade edildiği üzere, bu çalışmada Türkiye’deki gübre tkretim miktarının bitkisel üretim miktarına etkisinin zaman serisi analiziyle ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu bağlamda, gübre tkretim miktarı ve bitkisel üretim miktarı ile ilgili veriler toplanmıştır.

Gübre tüketim miktarı ile ilgili veriler, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığının (2022) 1981-2021 dönemine ait Kimyevi Gübre İstatistikleri ve Türkiye İstatistik Kurumunun (TÜİK) (geçmişteki ismiyle Devlet İstatistik Enstitüsünün (DİE)) 1976-1980 dönemine ait Türkiye İstatistik Yıllığı başlıklı raporlarından³ toplanmış ton bazında yıllık veriler olup 1976-2021 dönemini kapsamaktadır.

Bitkisel üretim miktarı ile ilgili veriler ise TÜİK'in (2022) 2009-2021 dönemine ait Bitkisel Üretim İstatistikleri, 2004-2008 dönemine ait Tarımsal Yapı, 1981-2003 dönemine ait Tarımsal Üretim ve Yapı başlıklı raporlarından⁴ toplanmış ton bazında yıllık veriler olup 1976-2021 dönemini kapsamaktadır.

Değişkenler ve Model

Çalışmada gübre tüketim miktarı bağımsız, bitkisel üretim miktarı ise bağımlı değişken olarak atanmıştır. Değişkenler dahil edilerek kurulan model aşağıdadır;

$$biture_t = \alpha + \beta gubtuk_t + \varepsilon_t$$

Modelde yer alan;

- *biture* bitkisel üretim miktarına,
- *t* zamana,
- α sabit terime,
- β katsayıya,
- *gubtuk* gübre tüketim miktarına ve
- ε hata terimine karşılık gelmektedir.

Metot

Zaman serisi analizinde değişkenler arasındaki eşbütünlük ilişkisi incelenirken genellikle 1987'de Engle ve Granger tarafından geliştirilen Engle-Granger veya 1988'de Johansen tarafından geliştirilen Johansen eşbütünlük testleri kullanılmaktadır. Ancak bu testlerin kullanılması için ön koşul, değişkenlerin aynı seviyede durağan olmasıdır. Yani değişkenlerden biri veya birkaçı farklı seviyelerde durağan olursa, söz konusu testler kullanılamamaktadır. Bu durumda kullanılacak test, Peseran, Shin ve Smith tarafından 2001'de geliştirilen ARDL (Autoregressive Distributed Lag Bounds Testing) Sınır Testidir. ARDL sınır testiyle farklı seviyelerde durağan olan değişkenler arasındaki uzun dönem eşbütünlük ilişkisi ve kısa dönem ilişkisinin tespit edilebilmesi mümkün hale gelmektedir. ARDL sınır testinin diğer eşbütünlük testlerine kıyasla avantajı, testte kullanılan hata düzeltme modelinde herhangi bir kısıtın bulunmamasıdır. Dolayısıyla ARDL sınır testinin kullanımı, sonuçların daha güvenilir ve doğru çıkmasına neden olmaktadır (Akcan ve ark., 2022).

³ 1962'de kurulan DİE'nin ismi, 2005'te TÜİK olarak değiştirilmiştir. DİE'nin yayımladığı Türkiye İstatistik Yıllığı başlıklı raporlara TÜİK'in dijital kütüphanesinde pdf formatında yer verilmiştir.

⁴ TÜİK'in yayımladığı Tarımsal Yapı ve DİE'nin yayımladığı Tarımsal Üretim ve Yapı başlıklı raporlara TÜİK'in dijital kütüphanesinde pdf formatında yer verilmiştir.

Bu bağlamda, Türkiye’deki gübre tüketim miktarının bitkisel üretim miktarına etkisi analiz edilirken ARDL sınır testi yöntemi uygulanmıştır. ARDL sınır testinin uygulanışı, özetle şu aşamalardan oluşmaktadır (Narayan ve Smyth, 2006);

-Öncelikle değişkenlerin durağanlık seviyelerinin, en fazla I (1) olma koşulunu karşılayıp karşılamadığına bakılmaktadır.

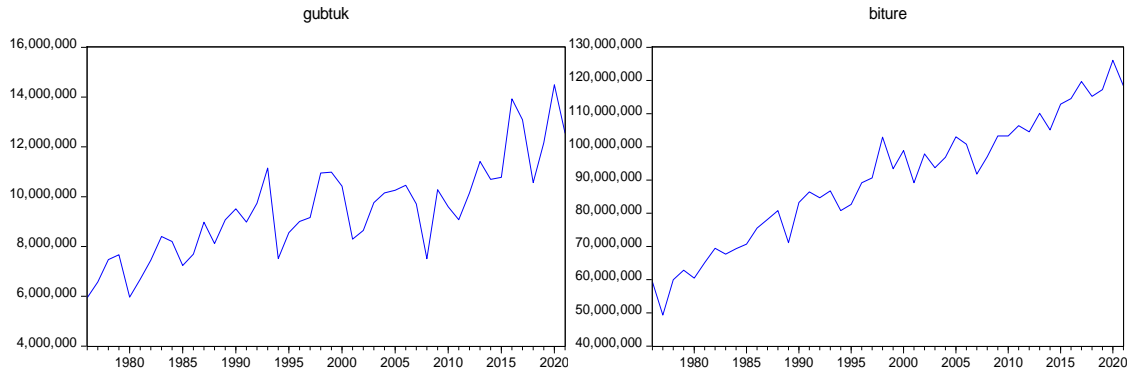
-Durağanlık koşulu karşılanıyorsa, devamında değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olup olmadığı sınanmaktadır.

-Uzun dönemli ilişki varsa, son olarak değişkenler arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkilerin katsayıları hesaplanmaktadır.

Bulgular ve Tartışma

Bu başlık altında Eviews 10 istatistiksel paket programı kullanılarak yapılan analizlerden elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

ARDL sınır testine tabi tutulan gübre tüketim miktarı ve bitkisel üretim miktarı değişkenlerine ilişkin veri değerlerinin 1976-2021 döneminde izlediği seyir Şekil 1’de gösterilmektedir (bkz. Şekil 1).



Şekil 1. Gübre tüketim miktarı ve bitkisel üretim miktarı değişkenlerine ilişkin veri değerlerinin 1976-2021 döneminde izlediği seyir

Gübre tüketim miktarı ve bitkisel üretim miktarı değişkenlerinin durağanlık seviyeleri belirlenirken, öncelikle seride karşılaşılabilecek küçük dalgalanmaların önüne geçmek için değişkenlerin logaritmaları (log) alınmış ve devamında ise bunun üzerinden ADF birim kök testi yapılmıştır⁵ (bkz. Tablo 1).

Tablo 1. ADF birim kök testi sonucu

Değişkenler	Sabit model-t istatistik	p	Trend ve sabit model-t istatistik	p	Sabitsiz ve trendsiz model-t istatistik	p
loggubtuk	-1,194626 (2)	0,6683*	-5,050125 (0)	0,0009*	2,426368 (5)	0,9956*
logbiture	-2,273846 (4)	0,1850*	-3,951934 (1)	0,0179*	3,265470 (4)	0,9995*

Parantezlerdeki değerler, AIC gecikme uzunluğu maksimum 9'a göre hesaplanan gecikme uzunluklarını ifade etmektedir.

*%5 anlamlılık düzeyinde anlamlı olup olmadığını göstermektedir. Bu düzeyde MacKinnon kritik değeri, loggubtuk değişkeninin modelleri için sırasıyla -2,931404, -3,513075 ve -1,949319, logbiture değişkeninin modelleri için ise sırasıyla -2,935001, -3,515523 ve -1,949097 seviyesindedir. Görüldüğü üzere, loggubtuk ve logbiture değişkenleri, trend

⁵ Seriler, normal şartlarda mevsimsel etkiler içermektedir. Ancak burada yıllık veri seti kullanıldığından mevsimsel ayrıştırma yapılmasına gerek yoktur.

ve sabit modelde düzey seviyede (I (0)) durağandır. Söz konusu modelde loggubtuk değişkeni için 0 gecikme uzunluğunda, logbiture değişkeni için ise 1 gecikme uzunluğunda otokorelasyon sorunuyla karşılaşılması (p=0,2759 ve p=0,6292).

Tablo 1’de görüldüğü gibi, iki değişken de trend ve sabit modelde düzey seviyede durağan bir yapıya sahiptir (p<0,05). Başka bir deyişle, iki değişken de düzey seviyede belli bir ortalamada dağılım gösterir niteliktedir.

Gübre tüketim miktarı ve bitkisel üretim miktarı değişkenlerinin en fazla I (1) olma koşulunu karşıladığı ispat edildikten sonra ARDL sınır testi yapılmıştır. ARDL sınır testinde maksimum gecikme uzunluğunun belirlenmesi aşamasında farklı gecikme kombinasyonları seçilerek değişkenler sınanmıştır. Burada AIC değerinin en küçük olduğu ve otokorelasyon sorununun ortaya çıkmadığı maksimum gecikme uzunluğunun belirlenmesine çalışılmıştır. Sınamalar çerçevesinde maksimum gecikme uzunluğunun 4 ve uygun modelin ARDL (4, 0) olduğu sonucuna ulaşılmıştır (bkz. Tablo 2).

Tablo 2. ARDL sınır testi sonucu

k = 1		Tahmin edilmek istenen eşitlik = $\logbiture = f(\loggubtuk)$	
F istatistiği		10,321261	
Model (kısıtlı sabit ve trendsiz)		ARDL (4, 0)	
		Kritik Değerler⁶	
p		I (0)	I (1)
% 1		5,60	6,19
% 5		3,87	4,46
% 10		3,19	3,73

Tablo 2’de görüldüğü gibi, hesaplanan F istatistiği (10,32), %5 anlamlılık düzeyindeki değerden (4,46) daha büyük çıkmıştır. Yani iki değişken arasında uzun dönemli bir ilişki vardır. Böyle bir ilişkinin var olduğu belirlendikten sonra ARDL (4, 0) modeline ilişkin parametre tahmini ve tanısal testler yapılmıştır (bkz. Tablo 3).

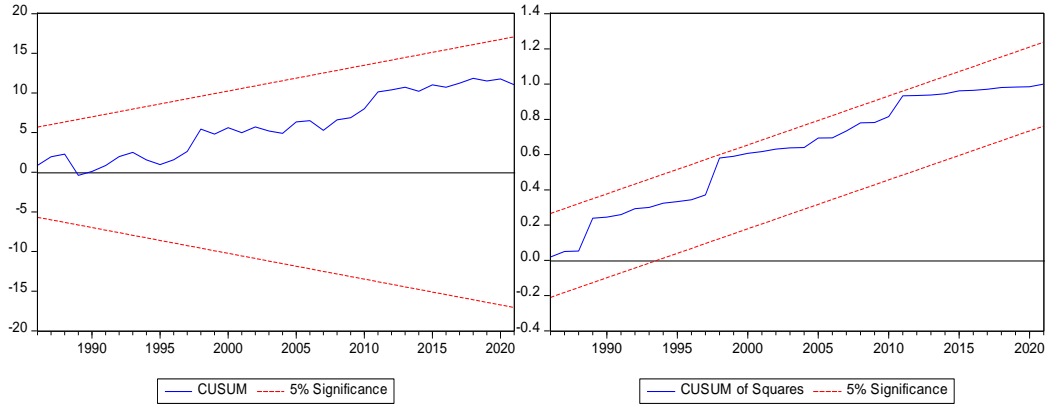
Tablo 3. ARDL (4, 0) modeline ilişkin parametre tahmini ve tanısal testlerin sonuçları

Değişkenler	Katsayılar	t istatistiği	p
C	1,334345	1,842360	0,0737
logbiture (-1)	-0,278800	-4,075500	0,0002
loggubtuk	0,237197	3,554214	0,0011
d(logbiture (-1))	-0,621059	-4,663951	0,0000
d(logbiture (-2))	-0,418966	-2,873298	0,0068
d(logbiture (-3))	-0,255044	-2,125752	0,0405
Tanısal testler			
Breusch-Godfrey: 0,76 (p=0,47)	Breusch-Pagan-Godfrey: 0,92 (p=0,47)	Jarque-Bera: 3,61 (p=0,16)	Ramsey Reset: 0,41 (p=0,52)

Tablo 3’te tanısal test sonuçlarında görüldüğü gibi, modelde otokorelasyon ve değişen varyans gibi sorunlarla karşılaşılması, modelin kalıntıları normal dağılmış ve modeli kurmada hata ortaya çıkmamıştır (p>0,05). Yani tanısal test sonuçları, başarılı bir şekilde tahmin yapıldığını

⁶ Kritik değerler, Narayan (2005) tarafından tespit edilen değerlerle uyumaktadır.

göstermektedir. Ayrıca tahminin istikrar koşulunu karşılayıp karşılamadığını test etmek için de CUSUM ve CUSUM² testleri yapılmış ve koşulu karşıladığı sonucuna ulaşılmıştır (bkz. Şekil 2).



Şekil 2. ARDL (4, 0) modeline ilişkin CUSUM ve CUSUM² testlerinin sonuçları

ARDL (4, 0) modeline ilişkin parametre tahmininin başarılı olduğu ispat edildikten sonra uzun dönem katsayılarının tahmini yapılmıştır (bkz. Tablo 4).

Tablo 4. ARDL (4, 0) modeline ilişkin uzun dönem katsayıları tahmin sonucu

Bağımlı değişken: logbiture			
Değişkenler	Katsayılar	t istatistiği	p
C	4,786022	2,151820	0,0382
loggubtuk	0,850776	6,143456	0,0000

Tablo 4’te görüldüğü gibi, gübre tüketim miktarı değişkeninin katsayısı, pozitif işaretli olup %5 anlamlılık düzeyinde anlamlıdır ($p < 0,05$). Yani gübre tüketim miktarı değişkeniyle bitkisel tüketim miktarı değişkeni arasında pozitif yönlü bir ilişki vardır. Şöyle ki, gübre tüketim miktarındaki %1’lik bir artış, bitkisel üretim miktarını yaklaşık %0,85 artırmaktadır.

İki değişken arasındaki uzun dönemli ilişkinin dinamiği belirlendikten sonra, sıra kısa dönemli ilişkinin dinamiğinin belirlenmesine gelmiş ve bunun için ARDL (4, 0) modeline ilişkin hata düzeltme katsayısı tahmin edilmiştir (bkz. Tablo 5).

Tablo 5. ARDL (4, 0) modeline ilişkin hata düzeltme katsayısı tahmin sonucu

Değişkenler	Katsayılar	t istatistiği	p
d(logbiture (-1))	-0,621059	-5,069444	0,0000
d(logbiture (-2))	-0,418966	-3,068781	0,0041
d(logbiture (-3))	-0,255044	-2,230699	0,0320
Hata Düzeltme Katsayısı	-0,278800	-5,716991	0,0000

Tablo 5’te görüldüğü gibi, hata düzeltme katsayısı, negatif işaretli olup %5 anlamlılık düzeyinde anlamlıdır ($p < 0,05$). Yani gübre tüketim miktarı ve bitkisel üretim miktarı değişkenleri arasında kısa dönemde ortaya çıkabilecek bir dengeden sapma 1 dönem sonra yaklaşık %28 oranında ortadan kalkmaktadır. Başka bir deyişle, iki değişken, kısa dönemde birbirinden uzaklaşacak olursa, 1 dönem sonra yaklaşık %28 oranında birbirine tekrar yaklaşmaktadır.

Gübre tüketim miktarının bitkisel üretim miktarına etkisinin analizi kapsamında yukarıda varılan “Gübre tüketim miktarı arttıkça bitkisel üretim miktarı artmaktadır.” sonucu literatürdeki teorik varsayımı doğrular nitelikte bir sonuçtur.

Sonuç ve Öneriler

Türkiye'nin hızla artan nüfusu, buna bağlı olarak bitkisel ürünlere olan iç talepteki artış ve diğer taraftan kişi başına işlenen birim tarım arazisinin hızla daralması birim tarım arazisinden daha fazla bitkisel ürün elde edebilmeyi gerektirmektedir. Bunu elde edebilmenin yollarından biri, bitkisel üretim sürecinde gübreleri zamanında ve tam olarak kullanmaktır. Nitekim gübre, doğru bir şekilde kullanıldığında, bitkisel üretimde verimi ciddi oranda yükseltici etkiye sahip olan en önemli girdilerden biridir.

Bu çalışmada Türkiye'deki gübre tüketim miktarının bitkisel üretim miktarına etkisi zaman serisi analiziyle analiz edilmiştir. Analize dahil edilen veri sayısını yüksek tutabilmek için birçok veri kaynağından veri çekilmiştir. Veri dönemi, çekilebilen verilerden hareketle, 1976-2021 olarak belirlenmiştir. Analiz, zaman serisi analizinde uygulanan yöntemlerden biri olan ARDL sınır testi yöntemi uygulanarak yapılmıştır. Söz konusu yöntemin uygulanmasındaki temel neden, literatürde iki veya daha fazla değişken arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkilerin dinamiklerinin tahmin edilmesinde araştırmacılar tarafından sık olarak uygulanmış olmasından kaynaklanmaktadır.

Çalışma kapsamında kurulan modelin tahmininden elde edilen sonuçlara göre, gübre tüketim miktarı değişkeniyle bitkisel üretim miktarı değişkeni arasında uzun dönemli pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Gübre tüketim miktarı %1 arttığında, bitkisel üretim miktarı yaklaşık %0,85 artmaktadır. İki değişken arasında bulunan kısa dönemli ilişki ise beklenildiği gibi negatif işaretli olup istatistiksel olarak anlamlıdır. Kısa dönem şoklarından sonra iki değişken arasında ortaya çıkabilecek uzun dönem dengesinden sapmalar 1 dönem sonra yaklaşık %28 oranında ortadan kalmaktadır. Bu orandan hareketle, iki değişken arasındaki uyarlanma sürecinin yavaş olmadığı anlaşılmaktadır.

Çalışmanın sonucundan hareketle, Türkiye'deki toplam bitkisel üretim miktarının artırılabilmesi için toplam gübre tüketim miktarının artırılması gerektiği söylenebilir. Bu noktada bilinçli ve yeterli gübre kullanımının çiftçiler arasında yaygınlaşması amacıyla devlet ve özel sektör tarafından teşvik (ödül) ve destek (hem teknik hem maddi) politikalarının/mekanizmalarının hayata geçirilmesi ve bunların sürdürülebilir ve yeterli olması önem arz etmektedir. Böylelikle Türkiye'nin bitkisel ürünlere yönelik iç talebini kendi kendine büyük ölçüde karşılayabilmesi ve bu gerçekleşirken ülke kaynaklarının çok daha etkin kullanılabilmesi ve korunabilmesi sağlanabilir.

Bu çalışmanın konusu dikkate alındığında, gelecekte yapılacak başka çalışmalarda bitkisel üretim sürecinde kullanılan diğer girdilerin de bitkisel üretim miktarına etkilerinin nasıl olduğu zaman serisi analiziyle ayrı ayrı analiz edilebilir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Makale yazarları, makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynakça

- Akcan AT., Kurt Ü., Kılıç C. Türkiye’de iklim değişikliğinin tarım sektörü üzerindeki etkileri: ARDL sınır testi yaklaşımı. *Trend Bus Econ* 2022; 36(1): 125-132.
- Chandio AA., Jiang Y., Rehman A. Using the ARDL-ECM approach to investigate the nexus between support price and wheat production: an empirical evidence from Pakistan. *Journal of Asian Business and Economic Studies* 2019; 26(1): 139-152.
- Eyüpoğlu F. Türkiye gübre gereksinimi, tüketimi ve geleceği. 2002; Ankara.
- Ge S., Zhu Z., Jiang Y. Long-term impact of fertilization on soil pH and fertility in an apple production system. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 2018; 18(1): 282-293.
- Han SH., An JY., Hwang J., Kim SB, Park BB. The effects of organic manure and chemical fertilizer on the growth and nutrient concentrations of yellow poplar (*Liriodendron tulipifera* Lin.) in a nursery system. *Forest Science and Technology* 2016; 12(3): 137-143.
- Lin W., Lin M., Zhou H., Wu H., Li Z., Lin W. The effects of chemical and organic fertilizer usage on rhizosphere soil in tea orchards. *PLoS ONE* 2019; 14(5): e0217018.
- Liu Q., Xu H., Yi H. Impact of fertilizer on crop yield and C:N:P stoichiometry in arid and semi-arid soil. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2021; 18(8): 4341.
- Loks NA., Manggoel W., Daar JW., Mamzing D., Seltim BW. The effects of fertilizer residues in soils and crop performance in northern Nigeria: a review. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science* 2014; 4(9): 180-184.
- Narayan PK. The saving and investment nexus for China: evidence from cointegration tests. *Applied Economics* 2005; 37(17): 1979-1990.
- Narayan PK., Smyth R. What determines migration flows from low-income to high-income countries? An empirical investigation of Fiji-U.S. migration 1972-2001. *Contemporary Economic Policy* 2006; 24(2): 332-342.
- Nasrullah M., Rizwanullah M., Yu X., Jo H., Sohail MT., Liang L. Autoregressive distributed lag (ARDL) approach to study the impact of climate change and other factors on rice production in South Korea. *Journal of Water and Climate Change* 2021; 12(6): 2256-2270.
- Patra S., Mishra P., Mahapatra SC., Mithun SK. Modelling impacts of chemical fertilizer on agricultural production: a case study on Hooghly district, West Bengal, India. *Modeling Earth Systems and Environment* 2016; 2(4): 180.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Kimyasal Gübre Üretimi-Sektörel Uygulama Kılavuzu (Taslak) 2020; https://webdosya.csb.gov.tr/db/sanayihavarehberi/icerikler/19_k-myasal-gubre-uret-m--20200103075114.pdf, Erişim Tarihi: 17.04.2022.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. Gübre İstatistikleri. Bitki Besleme İstatistikleri 2022; <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Bitki-Besleme-ve-Tarimsal-Teknolojiler/Bitki-Besleme-Istatistikleri>, Erişim Tarihi: 17.04.2022.
- TÜİK. Tarım-Bitkisel Üretim İstatistikleri. İstatistikler 2022;

<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>, Erişim Tarihi: 23.04.2022.

Ulus F., Yavuzaslanoğlu E. Effect of organic and syntetic fertilizers on soil sustainability in organic tomatoes production. *Anatolian Journal of Botany* 2017; 1(2): 45-48.

Zhai S., Song G., Qin Y., Ye X., Lee J. Modeling the impacts of climate change and technical progress on the wheat yield in inland China: an autoregressive distributed lag approach. *PLoS ONE* 2017; 12(9): e0184474.

Osmaniye İlinde Halk Elinde Yetiştirilen Kıl Keçisi Oğlaklarının Yaşama Gücü ve Büyüme Performanslarının Araştırılması

Şerife ERGÜL¹, Hatice HIZLI^{2*}

^{1,2}Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana

¹<https://orcid.org/0000-0002-6516-8942>

^{2*} <https://orcid.org/0000-0002-5451-1397>

*Sorumlu yazar: haticehizli@gmail.com

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 13.04.2023

Kabul tarihi: 09.08.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Kıl Keçisi

Yaşama gücü

Üreme özelliği

Gelişme özelliği

Hayatta kalma

ÖZ

Bu çalışma, Osmaniye'nin ilçelerine bağlı köylerde yürütülen "Halk Elinde Küçükbaş Hayvan Islahı Ülkesel Projesi" kapsamında, 2019-2022 yılları arasında doğan kıl keçisi oğlaklarda doğum ve süttten kesim (90. Gün) dönemleri arası büyüme ve yaşama gücü performanslarını incelemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada 22122 oğlak verisi kullanılmıştır. Kıl keçisi oğlaklarında yıl, mevsim, cinsiyet, doğum tipi ve ana yaşı faktörlerinin büyüme ve hayatta kalma performansları sırası ile En Küçük Kareler ve Khi-Kare yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Oğlakların genel doğum ağırlığı ortalaması dişilerde 3,61 kg, erkeklerde 3,67 kg; süttten kesim ağırlıkları ortalamaları dişilerde 22,42 kg, erkeklerde 18,36 kg olarak bulunmuştur. Doğum ağırlığı bakımından doğum yılı, cinsiyet ve ana yaş grupları arasındaki farklar anlamlı bulunmuş ($p<0,05$), fakat doğum tipi ($p>0,05$) anlamlı bulunmamıştır. Oğlakların süttten kesim yaşında doğum yılı, cinsiyet, doğum tipi ve ana yaş grupları arasındaki farklar anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Oğlakların hayatta kalma oranı %86,68 ve doğum yılı, cinsiyet, doğum tipi ve ana yaşı etkileri bakımından anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Sonuç olarak, Osmaniye ilinde yetiştirilen kıl keçi oğlaklarında büyüme ve yaşama gücü performanslarının 86,68 olduğu tespit edilmiştir.

Investigation of Survival Rate and Growth Performances of Hair Goat Kids Grown by Public in Osmaniye Province

Research Article

Article History:

Received: 13.04.2023

Accepted: 09.08.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Hair goat

Survival rate

Reproductive feature

Growth feature

Survival

ABSTRACT

This study was carried out to examine the growth and survival performances between birth and weaning (90th day) of hair goat kids born between 2019-2022 within the scope of the "Public Ovine Breeding National Project" carried out in the villages of the districts of Osmaniye. Growth and survival performances of year, season, sex, birth type, and maternal age factors in hair goat offsprings were investigated using Least Squares and Chi-Square methods, respectively. The average general birth weight of Capricorns is 3.61 kg for females and 3.67 kg for males; The average weaning weights were found to be 22.42 kg in females and 18.36 kg in males. In terms of birth weight, the differences between birth year, gender and main age groups were significant ($p<0.05$), but birth type ($p>0.05$) was not significant. There were significant differences in the weaning age of the kids between birth year, sex, birth type and main age groups ($p<0.05$). The survival rate of Capricorns was %86.68 and it was significant in terms of the effects of birth year, gender, birth type and maternal age ($p<0.05$). As a result, it was determined that the growth and survival performances of hair goat kids grown in Osmaniye province were 86.68.

To Cite: Ergül Ş., Hızlı H. Osmaniye İlinde Halk Elinde Yetiştirilen Kıl Keçisi Oğlaklarının Yaşama Gücü ve Büyüme Performanslarının Araştırılması. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 234-244.

Giriş

Keçi elverişsiz koşullarda bakım ve beslemesi kolay olan bir türdür. Bu hayvandan düşük maliyet ile katma değeri yüksek ürünler elde edildiği için dünyada yaygın olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır (Darcan ve Silanikove, 2018; Mohammadabadi, 2021). FAO verilerine göre 2019 yılında 1.1 milyar baş keçi bulunmaktadır (FAO, 2022). Türkiye’de coğrafik ve ekonomik, tarımsal yapısı ve geleneklerinden dolayı yaygın olarak keçi yetiştiriciliği yapılmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2022 yılı verilerine göre, Türkiye küçükbaş hayvan varlığı toplamı 58.447.555 baş olup bunun 12.324.928 başı keçi ve toplam keçi varlığının da yaklaşık %97’sini kıl keçisi oluşturmaktadır (TÜİK, 2022). Akdeniz bölgesinin dağlık kesimleri ilk sırada olmak üzere Türkiye’de en çok kıl keçisi yetiştirilmektedir.

Büyüme ağırlık ve boyut artışı olarak tanımlanır ve canlıların en önemli biyolojik özelliklerinden birisidir (Van der Merwe ve ark.,2019; Hızlı ve Yazgan, 2021). Yaşama gücü oranı canlının doğumundan itibaren belirli yaşlara kadar hayatta kalabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Özbey ve ark.,2000). Yaşama gücü karlı bir hayvancılık işletmesi için önemli bir kriterdir (Ünal ve ark., 2018). Büyüme ve hayatta kalma oranı üzerinde genotip ve çevre faktörleri (cinsiyet, doğum ağırlığı, doğum tipi, doğum yılı, doğum mevsimi, ananın yaşı ile canlı ağırlığı ve bakım ve beslenme gibi) rol oynamaktadır (Akçapınar ve Özbeyaz, 1999; Alpan ve ark., 2009; Ghotbaldini ve ark., 2019). Bu sebeple büyüme ve hayatta kalma oranı çevre koşullarına uyumun önemli bir göstergesi olarak kabul edilir ve kârlı hayvancılık yapabilmek için belli dönemlerde hesaplanmaktadır (Gürsoy, 2005). Birçok yazar tarafından farklı tür ve ırklarda, farklı yaşlarda hayatta kalma üzerine ana yaşı, cinsiyet, doğum tipi, doğum mevsimi gibi farklı çevresel faktörlerin etkisi incelenmiştir (Çelik ve Oflaz, 2017; Taşkın ve ark., 2010; Türkyılmaz ve ark., 2021).

Bu çalışmada, Osmaniye ilinde yürütülen Halk Elinde Küçükbaş Hayvan Islahı Ülkesel Projesi’nin, son dört yıllık (2019, 2020, 2021, 2022) pedigree kayıtları incelenerek, Kıl keçisi oğlaklarının doğum ve süttten kesim dönemlerinde büyüme ve yaşama gücü performanslarını araştırmak amacıyla yapılmıştır.

Materyal ve Metot

Lokasyon

Çalışma, Türkiye’nin Akdeniz Bölgesi’nin doğu kesiminde Osmaniye’de (35 52'-36 42' Doğu Meridyenleri ve 36 57'-37 45' Kuzey Paralelleri arasında) gerçekleştirilmiştir. Bölgede Akdeniz iklimi hâkim olup kışları ılık ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kurak geçer. Rakım yükseldikçe kar yağışı ve daha düşük sıcaklıklar görülür.

Hayvan materyali

Bu çalışma, Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) koordinatörlüğünde Türkiye genelinde yerli ırkların korunması, geliştirilmesi ve gerçek üretim özelliklerinin ortaya çıkarılması amacıyla “Halk Elinde Hayvan Islahı Ülkesel Projesi” kapsamında Osmaniye ilinde yürütülen “Kıl Keçisi Alt Projesi” üzerinde 2019, 2020, 2021 ve 2022 yıllarına ait 22122 doğum ve 19177 sütten kesim pedigree kayıtları kullanılarak yapılmıştır. Doğum ağırlıkları doğumdan sonra ilk 24 saat içinde dijital kantar ile yetiştiriciler tarafından alınıp, diğer doğum bilgileri ile birlikte kayıt altına alınmıştır.

Metot

Proje başlangıcında tüm keçi ve tekelere kulak küpesi takılmış ve hayvanların yaşları kaydedilmiştir. Keçi sürüleri mevsime göre meralarda yıl boyunca otlatılmıştır. Kışın ve yağışlı günlerde hayvan başına 500 gr saman, arpa, kepek, buğday, mısır ve bölgeye özgü kurutulmuş fıstık dal ve yaprak karışımıyla beslenmiştir. Keçiler Temmuz-Ağustos ayları arasında rastgele çiftleştirme sistemi ile çiftleştirilmiştir. Oğlakların doğumundan sonra 24 saat içinde doğum ağırlığı, cinsiyeti, doğum tipi ve doğum tarihi kayıt edilip ve kulak küpeleri takılmıştır. Çalışmaya ilişkin bazı tanımlayıcı istatistikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kıl keçisi oğlaklarında büyüme özelliklerinin ortalama tanımlayıcı istatistikleri (kg)

	N	Ortalama	Std.Sp	Std. Hata.	Minimum	Maximum	VK (%)
DA	22122	3,67	0,65	0,004	1,19	5,09	17,71
SKA	19176	18,48	3,83	0,048	10,13	35	20,73
GCAA	19176	164,53	6,2	0,001	101,67	504,67	3,77

DA: Doğum ağırlığı; SKA: Sütten kesim ağırlığı; GCAA: Günlük canlı ağırlık artışı; Std.Sp: Standart sapma; Std. Hata: Standart Hata; VK: Varyasyon Katsayısı

İstatistik analizler

Oğlakların doğum ve sütten kesim dönemlerinin en küçük kareler ortalamasını tespit etmek için sabit etkili (doğum yılı, cinsiyet, doğum tipi ve ana yaşı) eklemeli genel doğrusal model kullanılmıştır. Model Eşitlik (1)'de gösterilmiştir. Çalışmanın istatistik analizleri SPSS istatistik paket programında (IBM, 2020, Version 25) genelleştirilmiş doğrusal model (GLM) prosedürü kullanılarak analiz edilmiştir.

$$Y_{ijklm} = \mu + a_i + b_j + c_k + d_l + e_{ijklm} \quad (1)$$

Y_{ijklm} : i. yılda, j. ana yaşında, k. doğum tipinde, l. Cinsiyette, m. oğlağın tartım yapılan döneme ait ağırlığı,

μ : Genel ortalama,

a_i : i. Yılın etki miktarı, (i=1, 2, 3, 4) (2019, 2020, 2021,2022)

b_j : j. Ana yaşının etki miktarı, j=1, 2, 3, 4, 5, 6 (2, 3, 4, 5, 6, 7+)

c_k : k. Doğum tipinin etki miktarı, k=1,2 (Tek, ikiz)

d_l : l. Cinsiyetin etki miktarı, l=1,2 (Dişi, Erkek)

e_{ijkim} : Tesadüfi hata, $N(0, \sigma^2)$ olarak modelde tanımlanmıştır.

Çalışmada, alt grup sayısı ikiden fazla olan yıl, mevsim ve ana yaşı faktörlerinin önem kontrolü Tukey çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Yaşama gücü sütten kesim çağında yaşayan oğlakların canlı doğan oğlaklara oranlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesinde Ki-kare bağımsızlık testi kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Büyüme Performansı

Tablo 2'de Kıl keçilerinin yıllara göre bazı üreme ile ilgili özellikleri verilmiştir. Üreme özelliklerinin yıllara göre varyasyonu görülmektedir.

Tablo 2. Kıl keçilerinin bazı üreme özellikleri

Üreme Özellikleri	Yıllar				Toplam
	2019	2020	2021	2022	
Teke Altı Keçi Sayısı	6000	5656	5879	6000	23535
Damızlık Teke Sayısı	300	300	300	292	1192
Teke Altı Keçi Sayısı	4242	4651	5723	5900	20516
Doğan Oğlak Sayısı	4297	5806	6035	5984	22122
Oğlaklama Oranı (%)	70,7	82,23	97,35	98,33	87,17
Tekiz Doğan Oğlak Sayısı	4183	5673	5723	5924	21503
İkiz Doğan Oğlak Sayısı	114	133	312	60	619
Tekiz Doğan Oğlak Oranı (%)	97,35	97,71	94,83	99	97,2
İkiz Doğan Oğlak oranı (%)	2,65	2,29	5,17	1	2,8
Sütten Kesimde Oğlak Sayısı	4216	4723	5522	4715	19176
Yaşama gücü oranı (%)	98,11	81,35	91,5	78,79	86,68

Bu çalışmada teke altı keçi başına doğan oğlak sayısı (oğlaklama oranı) yıllara göre %70,70 ile % 98,33 arasında değişim göstermiş ve ortalaması % 87,17 olarak bulunmuştur. Bu değer Şengonca ve ark. (2003) (%79) bulduğu sonuçlardan yüksektir. Ancak, Elmaz ve ark. (2020) (1,05) ve Oral Toplu ve Altınel (2008) (1,02), Güngör ve ark. (2021) (1,10) buldukları sonuçlardan daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3 Kıl keçisi oğlaklarının doğum yılı, cinsiyet, doğum tipi ve ana yaşı faktörlerine göre gelişim özellikleri en küçük kareler (EKK) ortalama ve standart hatalarını, önemlilik ve çoklu karşılaştırma testi bulgularını göstermektedir.

Tablo 3. Oğlakların çeşitli büyüme dönemlerindeki canlı ağırlıklarının en küçük kareler ortalamaları, standart hataları ve önem seviyeleri

Faktörler	N	Doğum Ağırlığı (kg)	GCAA (gr)	N	90, Gün Ağırlığı (kg)
		EKK \pm S \bar{x}	EKK \pm S \bar{x}		EKK \pm S \bar{x}
Yıl					
2019	4297	3,63 \pm 0,009 ^c	217,76 \pm 0,001 ^a	4216	23,22 \pm 0,061 ^a
2020	5806	3,62 \pm 0,008 ^c	151,58 \pm 0,001 ^c	4723	17,27 \pm 0,103 ^c
2021	6035	3,68 \pm 0,007 ^b	164,1 \pm 0,001 ^b	5522	18,45 \pm 0,078 ^b
2022	5984	3,73 \pm 0,008 ^a	145,17 \pm 0,001 ^d	4715	16,79 \pm 0,097 ^d
P		0,01	0,01		0,01
Ana Yaşı					
2	4435	3,64 \pm 0,009 ^b	122,28 \pm 0,002 ^c	2902	14,65 \pm 0,141 ^c
3	4076	3,64 \pm 0,009 ^b	170,35 \pm 0,001 ^b	3668	18,97 \pm 0,103 ^b
4	4050	3,7 \pm 0,009 ^a	174,56 \pm 0,001 ^{ab}	3737	19,4 \pm 0,101 ^{ab}
5	3454	3,67 \pm 0,01 ^b	174,59 \pm 0,001 ^{ab}	3162	19,38 \pm 0,104 ^{ab}
6	2517	3,7 \pm 0,011 ^a	178,41 \pm 0,001 ^a	2399	19,76 \pm 0,111 ^a
7+	3590	3,7 \pm 0,01 ^a	179,04 \pm 0,001 ^a	3308	19,81 \pm 0,097 ^a
P		0,01	0,01		0,01
Doğum Tipi					
Tek	21503	3,68 \pm 0,006	168,16 \pm 0,001	18557	18,81 \pm 0,066
İkiz	619	3,67 \pm 0,006	160,91 \pm 0,001	619	18,15 \pm 0,071
P		0,055	0,01		0,01
Cinsiyet					
Erkek	11131	3,67 \pm 0,004	163,21 \pm 0,001	9845	18,36 \pm 0,049
Dişi	10991	3,61 \pm 0,024	208,95 \pm 0,002	9331	22,42 \pm 0,171
P		0,01	0,01		0,01
Genel Ortalama	22122	3,67 \pm 0,004	164,53 \pm 0,001	19176	18,48 \pm 0,048

EKK \pm S \bar{x} : En küçük kareler ortalaması \pm Standart hata;GCAA: Günlük canlı ağırlık artışı.

Tablo 3’de doğum ağırlığı, sütten kesim ve günlük canlı ağırlık artışlarının yıllara göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu özelliklerin yıllar arasındaki farklılıkları bakım, besleme, meranın durumu gibi çevresel faktörlerden kaynaklanabilir.

Çalışmada oğlakların doğum ağırlığı ortalama 3,67 kg olarak bulunmuştur. Bulunan doğum ağırlığı ortalaması, Akbaş ve Saatçi (2016) (3,04 kg), Alaşahan ve Öztürk (2019) (3,11 kg), Elmaz ve ark., (2020) (3,33), Erdem ve ark., (2022) (2,36 kg), Erten ve Yılmaz (2013) (3,01 kg), Güngör ve ark. (2021) (3,17 kg), Tekin ve Arlı (2019) (3,48 kg), Tekin ve Ögeç (2017) (3,02 kg), bildirişlerinden daha yüksek ve Tozlu (2006) (3,72) bildirişinden daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Araştırmada oğlakların ortalama doğum ağırlıkları; 2019, 2020, 2021 ve 2022 yıllarında sırasıyla 3,63, 3,62 ve 3,68, 3,73 kg; dişi ve erkek oğlaklarda sırasıyla 3,61 kg 3,67 kg; tek ve ikiz doğan oğlaklarda sırasıyla 3,68 kg ve 3,67 kg; ana yaş gruplarında (2, 3, 4, 5, 6 ve 7+) sırasıyla 3,64, 3,64, 3,701, 3,67, 3,70 ve 3,70 kg olarak belirlenmiştir.

Çalışmada doğum ağırlığı ortalaması bakımından, doğum yılı, ana yaşı, cinsiyet grupları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli (P<0.05); doğum tipinin etkisi önemli (P>0.05) bulunmamıştır. Çalışmada yılların doğum ağırlığının üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi, Tekin ve Ögeç

(2017), Tekin ve Arlı (2019), Elmaz ve ark., (2020), Güngör ve ark., (2021) tarafından yapılan çalışmalarda bildirilen sonuçlar ile benzer bulunmuştur.

Çalışmada doğum tipinin doğum ağırlığına etkisi önemli ($p>0.05$) bulunmamıştır. Doğum tipi bakımından elde edilen bulgular Erten and Yılmaz (2013), Tekin ve Arlı (2019) tarafından bildirilen bulgular ile benzer bulunmuştur. Ancak, Tekin ve Ögeç (2017), Elmaz ve ark., (2020), Güngör ve ark., (2021) bildirdikleri sonuçlarla uyumlu bulunmamıştır.

Bu çalışmada oğlakların doğum ağırlığı ortalaması en düşük 2 ve 3 yaşlı (3,64 kg) ve en yüksek 4 ve 7 yaşlı (3,70 kg) analardan elde edilmiştir. Ayrıca, oğlakların doğum ağırlıkları ana yaşı ile birlikte artış göstermiştir. Bu sonuç kıl keçilerinde ana yaşı ile üreme performansı arasında pozitif ilişki olduğunu göstermektedir. Alaşahan ve Öztürk (2019), Erten ve Yılmaz (2013) ile Güngör ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmalarda ana yaşının doğum ağırlığı üzerinde anlamlı etkileri bildirilmiştir.

Çalışmada oğlakların sütten kesim dönemi canlı ağırlık ortalamaları 18,48 kg olarak bulunmuştur. Bu değer, Akbaş ve Saatçi (2016) (12,95 kg), Erten ve Yılmaz (2013) (12,32 kg), Güngör ve ark. (2021) (15,81 kg), Erdem ve ark., (2022) (15,04 kg), Alaşahan ve Öztürk (2019) (16,16 kg), Elmaz ve ark., (2020) (17,55 kg) bildirişlerinden daha yüksektir.

Çalışmada oğlakların sütten kesim döneminde ortalama canlı ağırlıkları; yıllara göre (2019, 2020, 2021 ve 2022) sırasıyla 23,22 kg, 17,27 kg, 18,45 ve 16,79 kg; dişi ve erkek oğlaklarda sırasıyla 22,42 kg ve 18,36 kg; tek ve ikiz oğlaklarda sırasıyla 18,81 kg, ve 18,15 kg olarak bulunmuştur. Sütten kesim döneminde ortalama canlı ağırlıkları 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 yaşındaki anaların oğlaklarında sırasıyla 14,65 kg, 18,97 kg, 19,40 kg, 19,38 kg 19,76 kg ve 19,81 kg olarak bulunmuştur.

Çalışmada sütten kesim döneminde canlı ağırlık üzerine doğum yılı, cinsiyet ve ananın yaş grupları arasındaki farklılıklar bakımından istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Benzer sonuçlar Tekin ve Ögeç (2017), Elmaz ve ark., (2020), Güngör ve ark., (2021) tarafından bildirilmiştir. Çalışmada sütten kesim döneminde canlı ağırlık üzerinde doğum tipinin anlamlı etkisi tespit edilmemiştir ($P<0.05$). Benzer sonuçlar Erten ve Yılmaz (2013), Tekin ve Arlı (2019) tarafından bildirilmiştir.

Bu çalışmada sütten kesim çağında canlı ağırlığı en yüksek 7 yaş üzerindeki (19,81 kg) anaların oğlaklarından, en düşük canlı ağırlık ortalaması 2 yaşlı analardan (14,65 kg) elde edilmiştir. Yapılan çalışmalarda ana yaşı arttıkça oğlakların sütten kesim canlı ağırlığının arttığı yönünde bildirişler bulunmaktadır (Elmaz ve ark., 2020; Erten and Yılmaz, 2013).

Bu çalışmada en yüksek doğum ağırlığı 3,75 kg ve en yüksek sütten kesim canlı ağırlığı 23,22 kg olarak 2022 ve 2019 yıllarında elde edilmiştir. Yıllar arasında doğum ve sütten kesim döneminde canlı ağırlıklarda gözlenen farklılıklar, bölgedeki iklim koşullarına bağlı olarak meralar ve sürülerde bakım-besleme koşullarındaki değişikliklerden kaynaklanmış olabilir. Eliman ve ark., (2022) yağışlı geçen yıllarda bitki örtüsünün daha zengin olması nedeniyle anaların daha iyi beslendiğini ve böylece oğlakların doğum ağırlığı üzerine olumlu etki yaptığını bildirmişlerdir. Sonuç olarak, Kıl keçilerinin

döl verimi ve oğlakların gelişim özellikleri açısından sürüler arasında önemli bir varyasyon olduğu tespit edilmiş ve gelişim özelliklerinin çevresel faktörlerden etkilendiği belirlenmiştir.

Yaşama Gücü Performansı

Tablo 4’de oğlakların, sütten kesim dönemine kadar hayatta kalma oranları ve Ki-kare bağımsızlık testi sonuçları verilmiştir.

Tablo 4. Oğlakların 90. günde hayatta kalma oranları

Faktörler	Canlı Doğan N	90, Gün N	Yaşama gücü %
Doğum Yılı			
2019	4297	4216	98,11 ^a
2020	5806	4723	81,35 ^c
2021	6035	5522	91,5 ^b
2022	5984	4715	78,79 ^d
P			0,01
Cinsiyet			
Dişi	10991	9331	84,90 ^b
Erkek	11131	9845	88,5 ^a
P			0,01
Doğum Tipi			
Tek	21503	18557	86,30 ^b
İkiz	619	619	100 ^a
P			0,01
Ana Yaşı			
2	4335	2902	66,95 ^d
3	4076	3668	89,99 ^c
4	4050	3737	92,27 ^c
5	3454	3162	91,55 ^b
6	2517	2399	95,31 ^a
7+	3590	3308	92,14 ^b
P			0,01
Genel	22122	19177	86,68

Oğlakların sütten kesim dönemine kadar ki hayatta kalma oranı yıl, cinsiyet, doğum tipi ve ana yaşının etkileri bakımından anlamlı ($P < 0.05$) bulunmuştur. Bu sonuçlar Erten ve Yılmaz (2013) ve Şengonca ve ark. (2003), Güngör ve ark. (2021) bulgularıyla uyumludur.

Çalışmada sütten kesim dönemine kadar ortalama hayatta kalma oranı %86,68 olarak belirlenmiştir. Elmaz ve ark. (2020) (%97,02), Güngör ve ark. (2021) (% 92,94), Oral Toplu ve Altinel (2008) (% 95,44) Özdemir ve Keskin (2018) (% 88,10), Erten ve Yılmaz (2013) (% 89,16), Yılmaz ve ark., (2013) (% 90,24), bildirişlerinden daha düşük bulunmuştur. Şengonca ve ark. (2003) (%78,61) ve Alaşahan ve Öztürk (2019) (%87,50) tarafından bildirilen sonuçlardan daha yüksek bulunmuştur. Bu oran, Şimşek ve ark., (2007), (%86,20) bulgularıyla benzerdir.

Çalışmada, oğlakların sütten kesim dönemine kadar en yüksek hayatta kalma oranı ikiz oğlaklarda %100 olarak bulunmuştur. Fakat birçok çalışmada tek doğanların hayatta kalma oranının daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Tekin ve Ögeç, 2017; Çelik ve Olfaz, 2018; Güngör ve ark., 2021). Yapılan

çalışmada, Tablo 2 incelendiğinde ikizlik oranının yıllara göre düşük bulunduğu görülmektedir. Yetiştiriciler ikiz doğan oğlaklara sayı bakımından az oldukları için daha fazla özen göstermiş olabilir. Bu durum oğlak kaybını önlemiş ve ikizlerde hayatta kalma oranının yüksek bulunmasına neden olmuş olabilir.

Yaşama gücü oranı 2019 yılında doğanlarda %98,11 bulunmuştur. 2019 yılı iklim ve dolayısı ile mera bitki örtüsünün daha iyi beslemeye sebep olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmada, erkek oğlakların süttten kesim dönemine kadar en yüksek hayatta kalma oranları %88,50 olarak tespit edilmiştir. Tekin ve Ögeç (2017), Çelik ve Olfaz, (2018), Güngör ve ark. (2021) tarafından benzer sonuçlar bildirilmiştir.

Çalışmada, süttten kesim dönemine kadar hayatta kalma oranı 2 yaşlı anaların oğlaklarında en düşük (%65,95), 6 yaşlı analardan doğan oğlaklarda en yüksek (%95,31) bulunmuştur. Ana yaşı 7 ve üzerinde (%92,14) düşüş göstermiştir. Anaların yaşı arttıkça yavruların hayatta kalma oranları da istatistiksel olarak anlamlı biçimde artmıştır. Anaların yaşı arttıkça üreme ile ilgili özellikleri de artmaktadır. Dolayısı ile analarının yaşı arttıkça süt verimleri artacağından anaların yavrularını daha iyi besleyeceği ve daha fazla özen göstereceği için oğlaklarda da hayatta kalma oranı yükselmiş olabilir.

Çalışmada, doğum ve süttten kesim ağırlıklarının büyüme performansı üzerine yıl, cinsiyet, doğum tipi, ana yaşı etkileri incelenmiştir. Gerek doğum ağırlığı gerek süttten kesim ağırlıklarında çok küçük artış ya da azalışlar istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar göstermiştir. Ayrıca, çalışmada süttten kesim döneminde kadar hayatta kalma oranı %86,68 olarak bulunmuştur ve literatür incelemelerinde de benzer oranlar tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda çalışmanın yapıldığı Osmaniye ili ve ilçelerinin iklim, mera durumu, sürü büyüklüğü, bakım ve besleme koşulları ve projede uygulanan ıslah programı ile isabetli damızlıkların seçimlerinin rolü olduğu düşünülmektedir.

Sonuç

Çalışmada kıl keçilerinde doğum ve süttten kesim yaşı canlı ağırlıklarının büyüme performansında yıl, cinsiyet, doğum şekli ve anne yaşı etkileri araştırılmıştır. Buna göre Kıl keçilerinde büyüme ve hayatta kalma özelliklerinde varyasyonlar belirlenmiştir. Ayrıca Kıl keçilerinde büyüme performansları ile ilgili diğer çalışmalarla benzer ve farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bu farklılıkların çalışma alanları arasındaki iklim farklılıklarından, meraların durumundan, sürü büyüklüğünden, bakım ve besleme koşullarından, projede uygulanan ıslah programı ve seleksiyondan kaynaklandığı düşünülmektedir. Sonuç olarak Osmaniye ili ve İlçelerinde bulunan Kıl keçisi sürülerinde genetik ıslah programının çevresel faktörler dikkate alınarak sürdürülmesi halinde verimliliğin daha da artacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Yazarlar, Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) koordinatörlüğünde “Halk Elinde Küçükbaş Hayvan Islahı Ülkesel Projesi” kapsamında

Osmaniye ilinde yürütülen “Kıl Keçisi alt projesi” verilerini kullanmalarından dolayı TAGEM’e teşekkür etmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranında katkı sağlamış olduğunu beyan ederler.

Kaynakça

- Akbaş AA., Saatçı M. Growth, slaughter and carcass characteristics of Honamlı, Hair and Honamlı × Hair (F1) male goat kids bred under extensive conditions. *The Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 2016; 40: 459-467. <https://doi.org/10.1016/10.3906/vet-1511-5>
- Akçapınar H., Özbeyaz C. Hayvan yetiştiriciliği temel bilgileri. 1. baskı. Kariyer Matbaacılık. Ankara. 1999.
- Alaşahan S., Öztürk Y. Growth performance and survival rate of Hair goat and Hamdani kids. *Van Veterinary Journal* 2019; 30(1): 1-5.
- Alpan O., Aksoy AR. Sığır yetiştiriciliği ve besiciliği. 5. Baskı. Zafer Matbaacılık. Erzurum. 2009.
- Çelik HT., Olfaz M. Kıl keçi ve Saanen x Kıl (F1, G1 ve G2) melez oğlakların 6. ay vücut ölçüleri ve bu ölçülere etki eden faktörlerin belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi* 2017; 6(2):161-168. <https://doi.org/10.29278/azd.371395>
- Çelik HT., Olfaz M. Yetiştirici koşullarında kıl keçi ve saanen x kıl keçi genotiplerinin (F1, G1, G2) büyüme özellikleri ve hayatta kalma üzerine bir araştırma. *Mediterranean Agricultural Sciences* 2018; 31(1): 77-85. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.408097>
- Darcan NK., Silaniko N. The advantages of goats for future adaptation to Climate Change: a conceptual overview *Small Ruminant Research* 2018; 163: 34-38. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.04.013>.
- Elmaz Ö., Saatçı M., Ağaoğlu ÖK., Akbaş AA., Metin MÖ. Reproductive performance and kid growth until weaning in Hair goat reared on-farm conditions in Turkey. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 2020; 44 (2): 370-376. <https://doi.org/10.3906/vet-1909-18>
- Erdem E., Özbaşer FT., Serkan E. Comparison of growth and development characteristics of hair and damascus kids reared under extensive conditions. *Kocatepe Veterinary Journal* 2022; 15(1): 84-93. <https://doi.org/10.30607/kvj.995521>.
- Erten Ö., Yılmaz O. Ekstansif koşullarda yetiştirilen kıl keçisi oğlaklarının hayatta kalma ve büyüme performanslarının araştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 2013; 24(3): 109-112.

- Ghotbaldini MR., Mohammadabadi H., Nezamabadi-pour OI., Babenko MV., Bushtuk MV., Tkachenko SV. Predicting breeding value of body weight at 6-month age using Artificial Neural Networks in Kermani sheep breed. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 2019; 41 Article e45282. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.45282>.
- Güngör İ., Alkoyak K., Öz S., Koncagül S. Growth, survival rate, and some reproductive characteristics of Hair goat under breeder conditions in Kahramanmaraş Province. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences* 2021; 45(6): 1022-1029. <https://doi.org/10.3906/vet-2104-51>.
- Gürsoy O. Small ruminant breeds of Turkey. In: Iniguez L (Editor). *Characterization of Small Ruminant Breeds in West Asia and North Africa Volume 1 West Asia*. ICARDA. ISBN 2005; 92-9127-164-9.
- Hızlı H., Yazgan E. Comparison of the growth curve models on live weights in terms of different environmental factors in Awassi lambs. *Iranian Journal of Applied Animal Science* 2021; 11(3): 577-586.
- IBM. SPSS Software (Version 25.0). (2020). <https://www.ibm.com/analytics/spss-statistic-software>
- Mohammadabadi MR. Tissue-specific mRNA expression profile of ESR2 gene in goat. *Agricultural Biotechnology Journal* 2021; 12(4): 167-181.
- Oral Toplu HD., Altinel A. Some production traits of indigenous Hair goats bred under extensive conditions in Turkey. 1st communication: reproduction, milk yield and hair production traits of does. *Archiv Animal Breeding* 2008; 51(5): 498-506. <https://doi.org/10.5194/aab-51-498-2008>
- Özbeç O., Esen F. Aysöndü MH. Kıvırcık x (Sakız x Morkaraman) F₁ ve Sakız x (Kıvırcık x Morkaraman) F₁ melez kuzularda verim özellikleri. I. Büyüme, hayatta kalma ve vücut ölçüleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 2000; 11(2): 27-33.
- Özdemir F., Keskin M. Kilis ve Gaziantep illerinde yetiştirilen Kilis keçilerinin bazı morfolojik ve fizyolojik özellikler bakımından karşılaştırılması. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 2018; 23(1): 115-123.
- Şengonca M., Taşkın T., Koşum N. Saanen x Kıl keçi melezlerinin ve saf kıl keçilerinin kimi verim özelliklerinin belirlenmesi üzerine eş zamanlı bir araştırma. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 2003; 27(6): 1319-1325.
- Şimşek ÜG, Bayraktar M., Gürses M. Investigation of growth and survivability characteristics in Saanen × Pure Hair goats crossbreeds F₁ and B₁. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi* 2007; 21(1): 21-26.
- Taşkın T., Kaymakçı M., Koşum N., Dellal G., Savaş T., Konyalı A., Daşkiran İ. Üniversitelerde keçi konulu araştırmalar ve bunların sahaya yansımaları. *Ulusal Keçicilik Kongresi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale* 2010; 26-36.

- Tekin ME., Arlı M. The growth and survival rate of Hair Goat Kids raised by public in Karaman region. *Journal of the Turkish Veterinary Medical Society* 2019; 90(2): 152-157. doi: 10.33188/vetheder.539444 <https://doi.org/10.33188/vetheder.539444>.
- Tekin ME., Murat Ö. Konya bölgesinde halk elinde yetiştirilen Kıl keçisi oğlaklarının büyüme ve yaşama gücü. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi* 2017; 57(2): 93-98.
- Tozlu H. Amasya ili Kıl keçisi ıslah projesi kapsamında elde edilen Saanen x Kıl keçisi (F1) melezleri ile saf Kıl keçilerinin büyüme ve diğer yetiştiricilik özellikleri bakımından mukayesesi (Master's thesis, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü), 2006.
- TÜİK. Hayvansal Üretim İstatistikleri. Haziran 2022 <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hayvansal-Uretim-Istatistikleri-Haziran-2022-45594>
- Türkyılmaz D., Özyürek S., Dağdelen Ü., Esenbuğa N., Yaprak M. İvesi ve Romanov x İvesi Melez koyunların bazı döl verim özellikleri, kuzularının hayatta kalma ve büyüme gelişme özelliklerinin incelenmesi. *Hayvan Bilimi ve Ürünleri Dergisi* 2021; 4(2): 127-135. <https://doi.org/10.51970/jasp.1033764>.
- FAO, 2022. <http://www.fao.org>. Erişim tarihi (15.02.2023).
- Ünal H., Taşkın T., Kandemir Ç. Housing and husbandry practices to reduce mortality rate of offspring in small ruminant production. *J. Anim. Prod.*, 2018, 59(2): 55-63, <https://doi.org/10.29185/hayuretim.430488>.
- Van der Merwe DA., Brand TS., Hoffman LC. Application of growth models to different sheep breed types in South Africa. *Small Ruminant Research* 2019; 178: 70-78. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.08.002>.
- Yılmaz O., Küçük M., Bolacalı M., Cak B. Investigation of survival rate, growth performance and some body measurements of Saanen X Hair goat F1 Crossbred and pure Hair goat kids raised in semi-intensive conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 2013; 19: 835-840.

Hidroksiapatit Biyoseramiklerin Elektrokimyasal Çöktürme Yöntemi ile Üretimi

Erhan ÖZKAN^{1*}

¹Dikkan Ar-Ge Merkezi, İzmir

¹<https://orcid.org/0000-0002-3849-6713>

*Sorumlu yazar: erhanozkan81@icloud.com

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 19.01.2023

Kabul tarihi: 17.07.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Biyomalzeme

Hidroksiapatit

Elektrokimyasal çöktürme

İmplant

Biyouyumluluk

ÖZ

Kalsiyum fosfat bazlı seramik grubunda yer alan Hidroksiapatit (HAP) doğal biyouyumluluğu nedeniyle biyomedikal uygulamalarda kemik ikamesi olarak ilgi çeken bir malzemedir ancak zayıf mekanik özelliği sebebiyle yük taşıyan iskelet sisteminde tek başına kullanılamamaktadır. Bu sebeple metalik implant malzemelerin üzerinde biyouyumluluğu arttırmaya yönelik kaplama malzemesi olarak tercih edilmektedir. Literatürde yaygın olarak titanyum bazlı implant malzemeler üzerinde gerçekleştirilen HAP kaplamalara ait çalışmalar yer almaktadır. Nispeten düşük maliyetli, mekanik ve korozyon direnci yüksek, üretimi yaygın olan 316L paslanmaz çelik malzeme yüzeylerinin elektrokimyasal yöntemle HAP kaplanmasına ilişkin yayınların sınırlı olması bu çalışmayı başlatan motivasyon olmuştur. Bu çalışmada, literatürde ilk kez farklı parametrelerde 316L üzerine sentezlenen HAP kaplamaların karakterizasyonu ile korozyon ve aşınma davranışlarının detayları okuyucular ile paylaşılmıştır. Elektrokimyasal çöktürme yöntemi ile 25, 37, 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklardaki elektrolitlerde 316L paslanmaz çelik yüzeyleri HAP ile kaplanmıştır. HAP kaplamaların karakterizasyonunda; enerji dağılımlı X-ışını mikroanalizi (EDS), X-ışını kırınımı (XRD), taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve görüntü analizörlü optik mikroskop kullanılmıştır. Korozyon deneyleri 37 °C'de Laktatlı Ringer Solüsyonu'nda potansiyostat /galvanostat ile gerçekleştirilmiştir. Aşınma ve sürtünme testleri çok istasyonlu test makinesinde 10 mN yük ve 0,5 Hz frekansta yapılmıştır. Gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde 50 °C'de sentezlenen kaplamaların en iyi HAP yapısına sahip olmasının yanında en iyi korozyon ve kabul edilebilir seviyede aşınma değerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Production of Hydroxyapatite Bioceramics by Using Electrochemical Deposition Technique

Research Article

Article History:

Received: 19.01.2023

Accepted: 17.07.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Biomaterial

Hydroxyapatite

Electrochemical precipitation

Implant

Biocompatibility

ABSTRACT

Hydroxyapatite (HAP), which is in the calcium phosphate-based ceramic group, is an attractive material as a bone substitute in biomedical applications due to its natural biocompatibility, but due to its weak mechanical properties, it cannot be used alone in the load-bearing skeletal system. For this reason, it is preferred as a coating material to increase the biocompatibility on metallic implant materials. There are studies in the literature on HAP coatings, which are commonly performed on titanium-based implant materials. The limited number of publications on HAP coating of 316L stainless steel surfaces, which are widely produced, with relatively low cost, high mechanical and corrosion resistance, and electrochemical method has been the motivation that started this article. In this study, for the first time in the literature, the characterization of HAP coatings synthesized on 316L with different parameters and the details of their corrosion and wear behaviour were shared with the readers. 316L stainless steel surfaces were coated with HAP in electrolytes at 25, 37, 50, 60

and 70 °C by using electrochemical deposition method. In the characterization of HAP coatings, energy dispersive X-ray microanalysis (EDS), X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscope (SEM), and optical microscope with image analyser were used. Corrosion tests were carried out with potentiostat/galvanostat in Lactated Ringer's Solution at 37 °C. Wear and friction tests were performed on a multi-station testing machine with a load of 10 mN and a frequency of 0.5 Hz. As a result of the studies carried out, it was determined that the coatings synthesized at 50 °C had the best HAP structure as well as the best corrosion and acceptable level of wear values.

To Cite: Özkan E. Hidroksiapatit Biyoseramiklerin Elektrokimyasal Çöktürme Yöntemi ile Üretimi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 245-262.

Giriş

Biyomalzemeler; insan vücudunda yer alan canlı dokuların görevlerini birebir yerine getirebilmek veya bu canlı dokulara işlevlerinde destek olabilmek için geliştirilen malzemelere verilen genel bir tanımlama olmasının yanında son yıllarda büyük ilerlemelerin kaydedildiği bilim dallarından birisi haline gelmiştir (Navarro ve Aleixandre, 2021). Bu malzemeler vücut akışkanları ile periyodik ya da sürekli olarak temas halindedirler ancak bu tanımlama cerrahi ve dişçilik alanlarında kullanılan implantları içermemesi nedeniyle sınırlı kalmıştır (Caroline ve arkadaşları, 2021). Cerrahi ve dişçilik alanlarında kullanılan implantlar ise vücut sıvısı ile temas halinde olmasına rağmen, vücut dokusunun yerini almamakta ya da dokunun işlevini geliştirememektedir (Özkan, 2006).

İmplantlarda kullanılan sentetik biyomalzemelerin büyük bir çoğunluğu mühendislerin ya da bilim insanlarının kullandıkları malzemeler ile birebir ilişkilidir (Lu ve arkadaşları, 2020). Genel olarak bu malzemeler: metaller, polimerler, seramikler ve kompozitler olarak sınıflandırılır. Tablo 1’de implant malzemelerin uygulama alanları verilmektedir (Brokesh ve Akhilesh 2020; Julien ve ark., 2021).

Tablo 1. İmplant malzemelerin kullanım alanlarına örnekler

Uygulama Alanı	Malzeme Türü
Eklemler	Titanyum ve alaşımları
Kemik ve eklem protezleri	Paslanmaz çelik, Cr-Co alaşımları
Kemik dolgu maddesi	Polimetal metakrilat (PMMA)
Kemik tedavisinde	Hidroksiapatit
Sentetik tendon	Teflon (Tetra flor etilen)
Diş implantları	Titanyum, alümina, kalsiyum fosfat
Diş onarımında	Altın alaşımları
Yapay kalp	Poliüretan
Kalp kapakçıkları	Karbon
Damar protezleri	Teflon, poliüretan
Kontakt lens	Hidrojel
İç kulak kanalları	Platin elektrotlar

Biyomalzemelere ilişkin en dikkat çeken özellik biyouyumluluktur (Su ve arkadaşları, 2021). Biyomalzemeler kendi çevresinde bulunan dokulardaki normal değişimlere engel olmamakla birlikte dokuda pıhtı, iltihaplanma gibi istenmeyen tepkiler de oluşturmeyen özellikteki malzemelerdir.

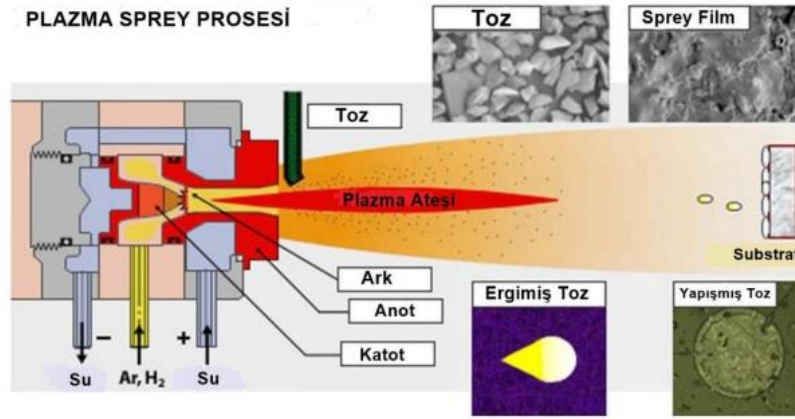
Biyoseramikler yüksek biyouyumluluğu ile bu amaca hizmet edecek şekilde yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Davis, 2003).

Biyoseramiklerden birisi olan ve klinik çalışmalarda çok sık kullanılan Hidroksiapatit [HAP; kimyasal formülü $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$] kalsiyum fosfat esaslı bir seramiktir ve kemik dokusunun inorganik yapısını oluşturmaktadır (Fiume ve ark., 2021). Hidroksiapatit sahip olduğu biyouyumluluk sayesinde kırık ve çatlak kemiklere ait onarımlarda, çeşitli protezlerin yapımında yapay kemik olarak ve metalik biyomalzeme kaplama çalışmalarında kullanılmaktadır (Hench ve Wilson, 1993 ile Pasinli, 2004).

HAP zayıf mekanik özellikleri nedeni ile implant imalatında doğrudan kullanılamaz ancak biyouyumu, biyoaktifliği ve üzerinde kemik dokusu oluşumuna uyarıcı etkisi (oseintegrasyon) nedeniyle kaplama filmi olarak ilgi noktası olmayı sürdürmektedir.

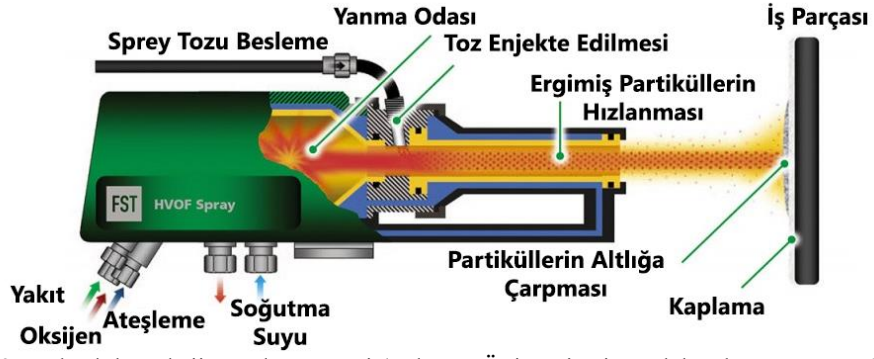
İmplantların HAP ile kaplanmasında; plazma püskürtme, yüksek hız oksijen yakıt prosesi, lazer çöktürme, iyon ışını saçılımı, sol-jel, elektroforetik, elektrokimyasal çöktürme, biyomimetik çöktürme vs. gibi yöntemler kullanılmaktadır (LeGeros, 1991).

Plazma püskürtme (farklı kaynaklarda plazma sprey olarak da anılmaktadır) ile özellikle Ti implant yüzeylerinin HAP ile kaplanması uzun zamandır ticari olarak uygulanmaktadır ancak plazma püskürtme tekniğine bağlı olarak, kararlı ve kristalli HAP tabakasının gözenekli ve amorf yapıları diğer CaP yapıları ile birlikte bulunması ve yüzeye kuvvetli yapışmaması uygulamada karşılaşılan en önemli sorun olmaya devam etmektedir (Sridhar, 2001). Şekil 1’de plazma püskürtme yönteminin çalışma prensibi verilmiştir.



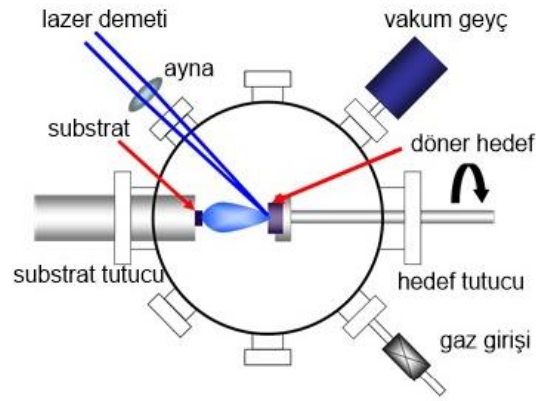
Şekil 1. Plazma püskürtme (sprey) işlemi (Bozkurt ve arkadaşları, 2017)

Yüksek hız oksijen yakıt prosesi (HVOF); yüksek kaliteli metal, karbür ve çeşitli spesifik kaplamaları üretmede geliştirilmiştir. HVOF temel olarak alevli toz püskürtme prosesine benzemektedir fakat bu teknikte tozlar aşırı derecede yüksek hızlarda püskürtülmektedir. Yüksek sıcaklık uygulaması bu prosesin büyük dezavantajıdır. Şekil 2’de bu yöntem şematik olarak verilmiştir.



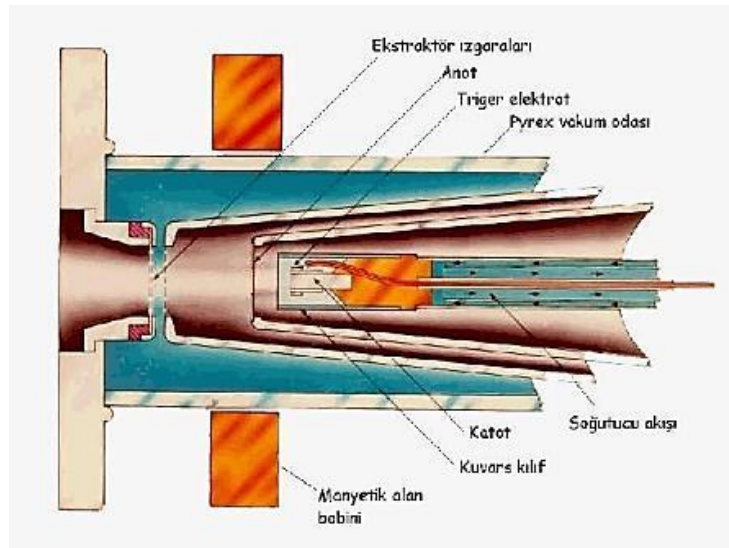
Şekil 2. Yüksek hız oksijen yakıt prosesi (Sakarya Üniversitesi, Teslab, Plazma Sprey, 2023)

Lazer çöktürme, pahalı ancak oda sıcaklığında çok çeşitli malzemeler üzerinde çöktürmede etkili bir tekniktir (Şekil 3).



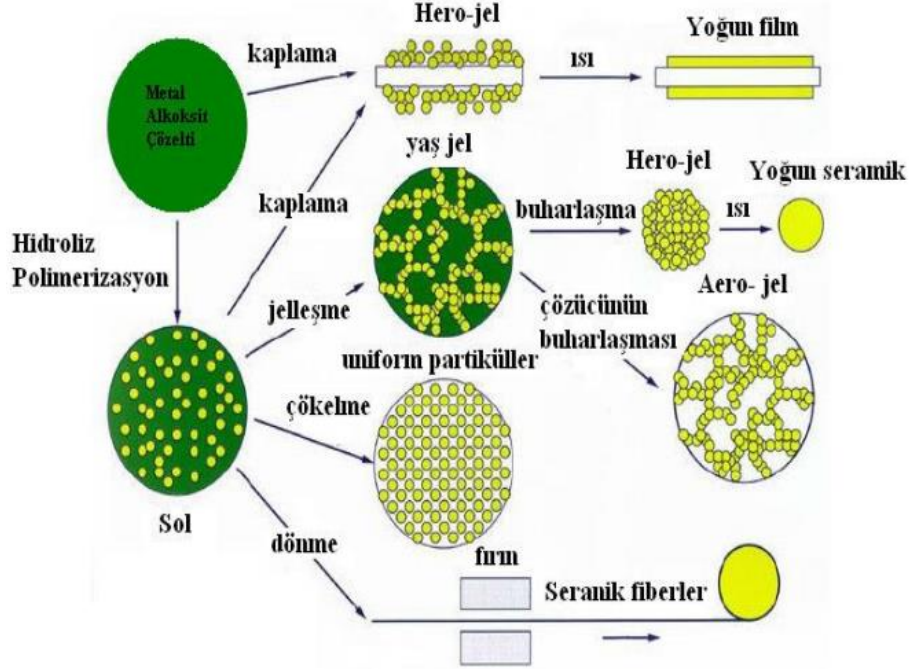
Şekil 3. Lazer çöktürme işlemi (Beşergil, 2023)

İyon ışını saçılımı tekniğinde, yüksek enerjili iyon kaynağı metal ya da dielektrik oksit hedef malzemesini yüksek hızlı iyonlarla bombardıman etmek amacıyla kullanılmaktadır. Hedef metalden fiziksel olarak koparılan ya da saçılan elektronlar kaplama altlık malzemesinin üzerine çökerek ince film tabakası elde edilir (Şekil 4).



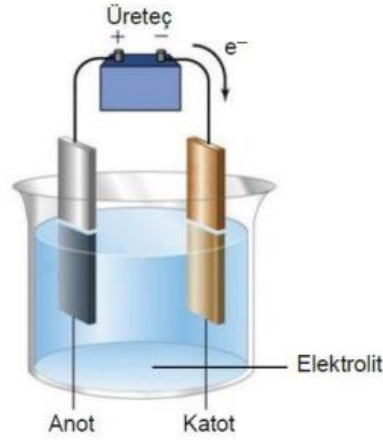
Şekil 4. İyon ışını saçılımı işlemi (Akkurt, 2023)

Sol-jel, seramik ve cam malzeme üretiminde kullanılan çok yönlü bir solüsyon prosesidir. Genel olarak sol-jel prosesi “sol” sıvı sisteminden (çoğunlukla heterojen) jel fazına geçişi içermektedir. Çeşitli formlardaki seramik veya cam malzemeleri sol-jel prosesi ile üretmek mümkündür (Şekil 5).



Şekil 5. Sol-jel üretim şeması (Nanoteknoloji, 2023)

Yeterli miktarda elektrik akımının elektrolitten geçmesi sonucunda, katyonlar katı halde kaplama oluştururlar. Bu proses elektrokimyasal çöktürme olarak adlandırılır. Elektrokimyasal çöktürme başlangıçta elektrik akımı iletebilen bir altlık üzerine yine elektrik akımını iletebilen metal ya da alaşımların yoğun ve altlığa sıkı tutunmuş bir şekilde kaplanabildiği ekonomik ve etkili bir yüzey modifikasyon tekniği olarak ele alınmış ancak teknolojinin gelişmesi ile metal veya alaşımların performansı bazı uygulamalarda yeterli olamamıştır. Bu durumu geliştirmek adına metal veya alaşımların dayanımını daha üst seviyelere ulaştırmak için seramik parçacıklarla takviye edilmesi ile elektrokimyasal çöktürme tekniği kompozit kaplamaların üretilebilmesinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Sistem, basit bir elektroliz devresinde yer alan; anot, katot, elektrolit ve güç ünitesi (üreteç) mantığında çalışmaktadır (Şekil 6). Günümüzde bu yöntem geleneksel olarak kaplamaların çöktürülmesinin yanında metalik ve yarı iletken nano tellerin üretiminde de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır



Şekil 6. Elektrokimyasal çöktürme yöntemi (Beşergil, 2023)

Mevcut üretim yöntemleri ve bu yöntemlerin dezavantajları Tablo 2’de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Bu verilere göre yüksek sıcaklık prosesleri dezavantajlı görünürken zayıf mekanik özellikleri de bertaraf etmektedir. Oda sıcaklığında gerçekleştirilen elektrokimyasal kaplamaların zayıf mekanik özelliklerinin artan elektrolit sıcaklığına bağlı olarak artış gösterdiği literatür araştırmalarında tespit edilmiştir (Özkan, 2006).

Tablo 2. Mevcut kaplama yöntemleri ve bu yöntemlerin dezavantajları (Özkan, 2006)

Mevcut Kaplama Yöntemleri	Dezavantajları
Plazma Püskürtme	Heterojen yapı Zayıf adezyon Mikroyapı kontrolünün zorluğu Yüksek sıcaklık uygulaması
Lazer Çöktürme	Çatlak oluşumu Birleşik karbonat yapısı OH yetersizliği Arayüzey gerilmesi Yüksek sıcaklık uygulaması
Yüksek Hız Oksijen Yakıt (HVOF)	OH yetersizliği Zayıf adezyon Delaminasyon Yüksek sıcaklık uygulaması
Sol-Jel	Değişken kompozisyon Kırılma hasarı Delaminasyon Bakteriyel enfeksiyon
Elektrokimyasal Çöktürme	Düşük adezyon HAP empüriteleri Zayıf mekanik özellikler Kinetiği hakkında yetersiz bilgi Parametre çeşitliliği

Titanyum ve alaşımları, korozyona karşı dirençli ve vücut dokuları tarafından kolaylıkla kabul edilebilen malzemeler sınıfındadır. Üstün biyouyumluluk ve yüksek korozyon direnci göstermeleri sebebiyle tıp ve dişçilik gibi çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmıştır. Bu yaygın kullanım sebebiyle literatürde elektrokimyasal çöktürme yöntemi ile HAP kaplamaların neredeyse tamamı

Ti6Al4V malzeme sınıfında gerçekleştirilmiştir. Bu malzemelerin korozyon dirençleri ne kadar yüksek olursa olsun insan vücudunun ılık tuzlu ortamında korozyona uğrarlar (Davis, 2003).

Altın dışındaki tüm elementler, Gibbs serbest enerjilerini azaltmak için çözeltiler içerisinde, basit ve karmaşık iyonlar şeklinde çözünürler ve korozyon ürünleri olarak ayrışırlar. Kendilerine özgü üstün dayanımları, toklukları, işlenebilirlikleri ve düşük korozyon hızlarından dolayı cerrahi alaşımlar, ortopedik ve diş protezlerinin yapımında kullanılırlar (Özkan, 2006). Metalik protezler korozyona uğrarken protezlerin yapıldığı özel cerrahi alaşımlardan bazı elementler ve bunların bileşikleri yerel dokulara geçerler ve büyük bir olasılıkla vücudun diğer kısımlarına dolaşım yolu ile taşınırlar. Bunlar; demir, krom, nikel, kobalt, molibden, titanyum, alüminyum ve vanadyumdur. Bu elementlerin çoğu cerrahi 316L paslanmaz çelik malzemenin ana alaşım elemanlarıdır. Günümüzde halen kullanılmakta olan klasik implantların çoğu tipik 316L paslanmaz çelik malzemeden yapılmaktadır. Protezlerin imalinde kullanılan paslanmaz çeliklerden; ortopedik vida, ortopedik plaka ve ameliyat araç gereçlerinde yararlanılmaktadır. Ancak Ti6Al4V'ye göre daha düşük olan biyouyumlulukları sebebiyle HAP kaplamalar üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda 316L malzemeler çok tercih edilmemektedir. Ti6Al4V'ye alternatif olarak sunulan 316L malzemelerle gerçekleştirilen çalışmalarda ise çoğunlukla sol-jel gibi ucuz ancak uzun ve zahmetli, HVOF gibi yatırım maliyeti yüksek ve yapı kontrolü zor yöntemler tercih edilmiştir (Chen, 2022). Elektrokimyasal çöktürme yönteminin genellikle düşük sıcaklıklarda yetersiz olduğu kanısı sebebiyle bu yöntemle gerçekleştirilen HAP kaplama çalışmaları sınırlı sayıda kalmıştır. Li (2020), gerçekleştirdiği çalışmada elektrokimyasal çöktürme yöntemi ile HAP sentezlenmesinin diğer yöntemler ile karşılaştırmasını yapmış ancak bu yöntemin avantajlarını net bir şekilde 316L paslanmaz çelikler için sunamamıştır. Bu sebeple 70'li yılların ortalarından itibaren HAP ile ilgili çalışmalar sadece doğrudan kullanım üzerine gerçekleştirilmiştir.

70'li yılların ortalarında üç grup: Jacho ve arkadaşları ABD'de, deGroot, Denissen ve arkadaşları Avrupa'da, Aoki ve arkadaşları Japonya'da eşzamanlı ancak birbirlerinden bağımsız olarak HAP'ın kemik tedavisinde, kemikte büyümesinde ve kemik hücresi ile yer değişiminde bir biyomalzeme olarak kullanımının gelişmesi ve ticarileşmesi amacıyla çalışmalar yapmışlar ve bu çalışmalardan HAP'ın zayıf mekanik özellikleri nedeni ile implant uygulamalarında doğrudan kullanımın sınırlı olduğu sonucunu çıkartarak genel olarak metalik implantları kaplama malzemesi olarak kullanılabileceği sonucuna varmışlardır ancak vücudun mekanik etkilere maruz kalmayan bölgelerinde HAP implantlar kullanılabilir. Şekil 7'de farklı türde yapay HAP gözler gösterilmektedir (Jordan ve ark., 1998; Daculsi ve ark., 1991; Rössler ve ark., 2002., Chen ve ark., 2022).



Şekil 7. Çeşitli HAP göz implantları (Chen ve ark., 2022)

Bu çalışmada yüksek biyouyumluluk ve farklı yöntemlerle üretilebilme avantajına sahip olan HAP kaplamaların; düşük yatırım maliyeti, hızlı üretim ve parametrelere göre özelliklerinin kontrol edilebileceği bir yöntem olan elektrokimyasal çöktürme yöntemi ile sentezi, karakterizasyonu, korozyon ve aşınma davranışları hakkında detaylı bir çalışma okuyucular ile paylaşılmıştır. HAP kristal yapılı ve 1100 °C gibi yüksek erime sıcaklığına sahip olmanın yanı sıra düşük aşınma ve korozyon direnci sebebiyle yaygın bir kullanım alanında kendisine yer edinmemiştir. Bu çalışmayı başlatan motivasyon; elektrokimyasal çöktürme işlem parametreleri ile üretilen HAP kaplamaların yüzeyindeki korozyon ve aşınma direncini arttırmak ve homojen bir kaplama elde etmektir. Bu amaçla yaygın olarak kullanılan implant malzeme olan 316L paslanmaz çelik yüzeylerinde sırasıyla; 25 °C oda sıcaklığı, 37 °C ideal vücut sıcaklığı ile 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklardaki elektrolitlerde elde edilen kaplamaların karakterizasyonları gerçekleştirilmiş olup aşınma ve korozyon davranışları hakkında detaylı bilgiler okuyuculara sunulmuştur. Tüm sonuçların detaylı olarak irdelenmesi neticesinde 50 °C sıcaklık seviyesinin optimum HAP üretimi için kritik bir sıcaklık olduğu tespit edilmiş ve bu sıcaklıkta sentezlenen kaplamaların korozyon ve aşınma değerlerinin de diğer kaplamalara eşdeğer özellikler sergilediği gözlenmiştir.

Materyal ve Metot

HAP kaplamalar, elektrokimyasal çöktürme yöntemi kullanılarak Ø 20 mm 316 L paslanmaz çelik altlık malzeme yüzeyinde sentezlenmiştir. Kaplama işlemleri Gamry PC 750-4 Potansiyaostat/Galvanostat ile gerçekleştirilmiştir. Altlık malzemeler; yüzeylerindeki kir, pas, yağ gibi sentezlenmeyi olumsuz etkileyecek tabakaların temizlenmesi amacıyla kalından inceye doğru 220, 400, 600, 800, 1000, 1200 SiC zımpara kağıtları ile zımparalanmış daha sonra 1 µ elmas pasta kullanarak ayna yüzeyinde çiziksiz olacak şekilde parlatılmış daha sonra ultrasonik ortamda aseton ile 15 dakika temizlendikten sonra distile su ile yıkanmıştır. Şekil 8'de kaplamaların üretildiği elektrokimyasal hücre verilmiştir.



Şekil 8. Kaplamaların üretildiği elektrokimyasal hücre

Altlık malzemeler, sadece kaplama yapılacak yüzey açıkta kalacak şekilde soğuk kalıp akrilik reçineye alınarak elektrokimyasal çöktürme hücresi içerisine yerleştirilmiştir. 3 elektrot sistemi kaplama hücresi olarak kullanılmıştır. Doymuş kalomel elektrot (SCE) referans elektrot, grafit çubuk yardımcı elektrot ve 316 L paslanmaz çelik numuneler ise çalışma elektrodu olarak devreye alınmıştır. Kaplama aşamasında açık devre potansiyelinden başlayarak -3,0 V'a kadar katodik polarizasyon gerçekleştirilmiştir. SCE elektroduna karşı 25, 37, 50, 60 ve 70 °C olacak şekilde farklı sıcaklıklarda -0,5 mV/s hızında kaplamalar potansiyodinamik olarak üretilmiştir. Bu aşamada filmin kimyasal bileşimini oluşturacak stokiyo metrisine karşılık gelen Ca/P molar oranı 1.67 olan test solüsyonu hazırlanmıştır.

Elektrokimyasal çöktürme yöntemi ile sentezlenen kaplamaların kristal yapı karakterizasyonu ve içerdiği fazların tespiti Rigaku D/Max-2200/PC model X-ışınları difraktometresi, Cu-K α (dalga boyu, $\lambda=0.15418$ nm, 40 kV voltaj ve 20 mA akımda) radyasyonu ile gerçekleştirilmiştir.

HAP olduğu tespit edilen kaplamaların; yüzey morfolojileri, partiküllerin yapısı ve dağılımı, yüksek büyütmelelerdeki homojenlikleri JEOL JJM 6060 model taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile gözlemlenmiştir.

Kaplama yüzeylerinin X-ışınları ile noktasal ve bölgesel elementel analizleri 500D Digital Processing IXRF EDS Spektrometresi ile gerçekleştirilmiştir.

Kaplama kalınlıkları Nikon ECLIPSE ME600D mikroskobu ile tespit edilmiş, ölçümlerinde ise yazılımla desteklenen görüntü analiz programı Lucia kullanılmıştır.

Sentezlenen HAP kaplamaların korozyon deneyleri GAMRY PC4/750 potansiyostat/galvanostat ile gerçekleştirilmiştir. HAP kaplı 316 L paslanmaz çelik numuneler testten önce saf su içerisinde

ultrasonik olarak 15 dakika temizlenmiştir. 3 elektrot sistemi korozyon hücresi olarak kullanılmıştır. Doymuş kalomel elektrot referans elektrot, grafit çubuk yardımcı elektrot ve HAP kaplı 316 L paslanmaz çelik ise çalışma elektrodu olarak seçilmiştir. Tüm deneyler vücut ortamını simüle etmesi amacıyla Laktatlı Ringer Solüsyonu'nda ve 37 °C sıcaklıkta yapılmıştır.

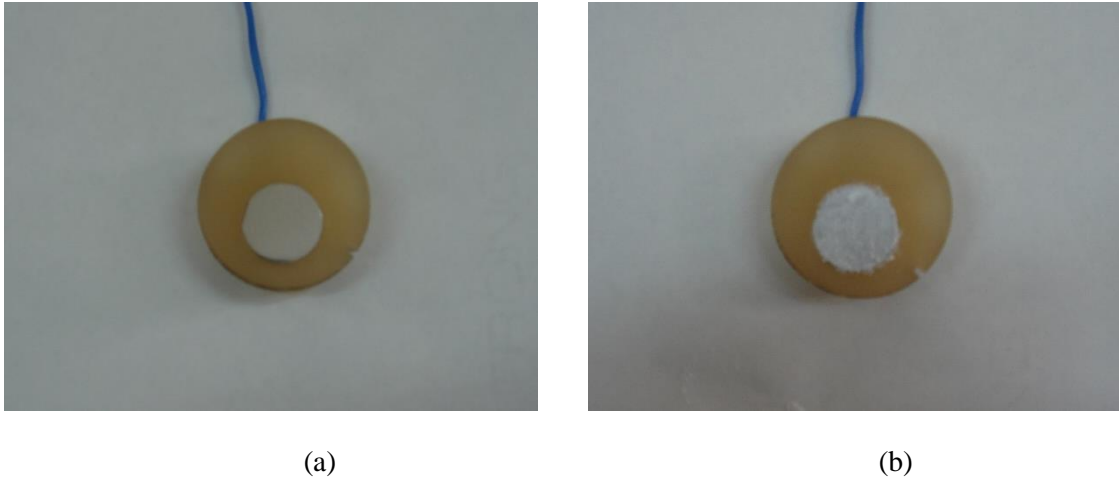
HAP kaplamaların aşınma ve sürtünme özellikleri PLINT&PARTNERS Model TE 88 Çok İstasyonlu Sürtünme-Aşınma Test Makinesi'nde 10 mN yük ve 0,5 Hz frekansında pin on plate modunda gerçekleştirilmiştir.

Kaplamaların poroziteleri elektrokimyasal olarak ölçülmüştür. Denklem 1'de bu ölçüm formülasyonu yer almaktadır (Oberlaender, 1992). Bu denklemde F kaplama yüzeyindeki porozite yüzdesini, $R_{p,m}$ altlık malzemesinin polarizasyon direncini, R_p kaplamanın polarizasyon direncini, ΔE_{cor} altlık malzemesi ve kaplama arasındaki korozyon potansiyeli farkını, β_a altlık malzemesi anodik Tafel eğimini ifade etmektedir.

$$F = \frac{R_{p,m}}{R_p} \log \left(\frac{-|\Delta E_{cor}|}{\beta_a} \right) \quad (1)$$

Bulgular ve Tartışma

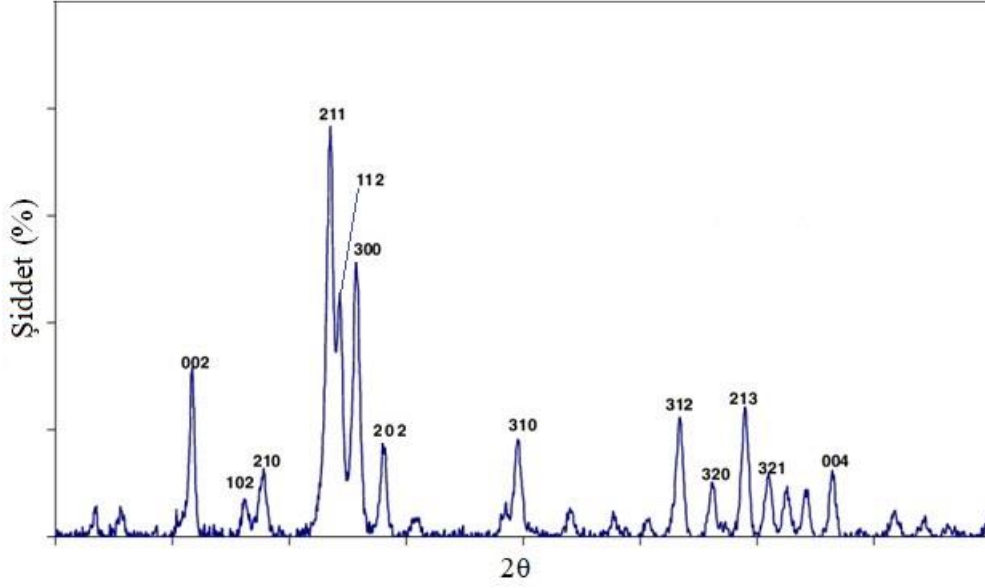
Oda sıcaklığından başlayarak artan sıcaklıklarda elektrokimyasal çöktürme yöntemi ile paslanmaz çelik yüzeyinde beyaz ve homojen bir çöküntü tabakası meydana gelmiştir. Şekil 9'da kaplamadan önceki paslanmaz çeliğin yüzeyi (a) ve elektrokimyasal çöktürme prosesinden sonra altlık malzeme yüzeyinde sentezlenmiş kaplamalar (b) yer almaktadır.



Şekil 9. (a) 316L paslanmaz çeliği (b) Yüzeyi kaplanmış paslanmaz çelik

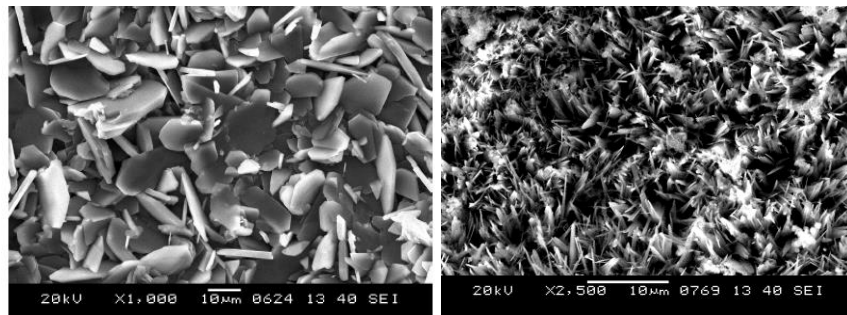
Paslanmaz çelik yüzeyine çöktürülen kaplamaların HAP yapısına sahip olup olmadığını tanımlamak için gerçekleştirilen XRD analizi neticesinde patern elde edilmiş ve piklerin tanımlanması gerçekleştirilmiştir. XRD sonuçlarına 25 °C ve 37 °C'de üretilen kaplamalarda HAP pikleri elde edilememiş, 50 °C'den itibaren HAP pikleri gözlenmiş, en temiz ve pürüzsüz piklerin 50 °C'de

gerçekleştirilen sentezlere ait olduğu tespit edilmiştir. XRD analizi sonucunda üretilen HAP'ın faz safsızlığı %99,05 ($\pm 0,5$), $a = 9,4263 (\pm 0,04)$ (9,4420 nm (Puajindanetr 1993)) ve $c = 6,8944 (\pm 0,04)$ nm (6,8800 nm (Puajindanetr 1993)) örgü parametreleri belirlenmiştir. Kaydedilen örgü parametre değerleri ile elde edilen XRD modelleri literatürde bulunan tipik HAP karakterizasyonları ile birebir uygun olduğu görülmüştür (Kweh ve ark.,1999., Turkoz ve ark., 2013) (Puajindanetr 1993, Smiçiklas ve ark., 2005). Şekil 10, 50 °C'de elektrokimyasal çöktürme yöntemi ile paslanmaz çelik üzerinde sentezlenmiş HAP kaplamanın XRD paternini göstermektedir.



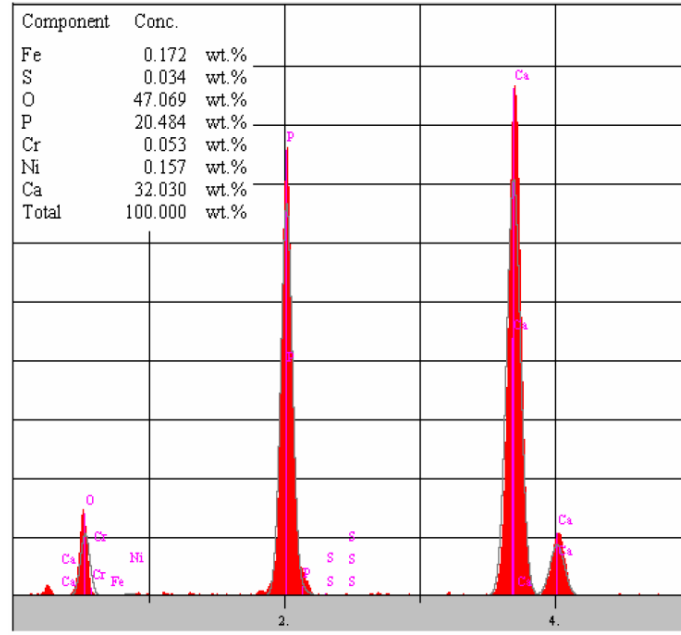
Şekil 10. Üretilen HAP kaplamanın XRD paterni (50 °C)

Şekil 11'deki SEM görüntülerinden de belli olduğu gibi kaplamada açık gözenekler ve gözenekler arası bağlantılar görülmektedir. HAP'ın yapısının morfolojik olarak çok pürüzlü ve gözenekli olması kemik üreten hücrelerin tercihi olarak buraları kullanması açısından oldukça önemlidir. Elektrokimyasal çökelti yüzeyinin bu şekilde morfoloji sunması kemik üreten hücrelerin oluşmasında nükleasyonların birikmesini olumlu yönde etkileyecektir. Mikroyapı tam olarak homojen bir yapı sergilememektedir. Kaplama mikroyapısının homojen olmaması kemik ile osteointegrasyonu kolaylaştırmanın yanında 316L'nin biyoyumunu artırıcı bir etki oluşturacaktır (Li, 2020).



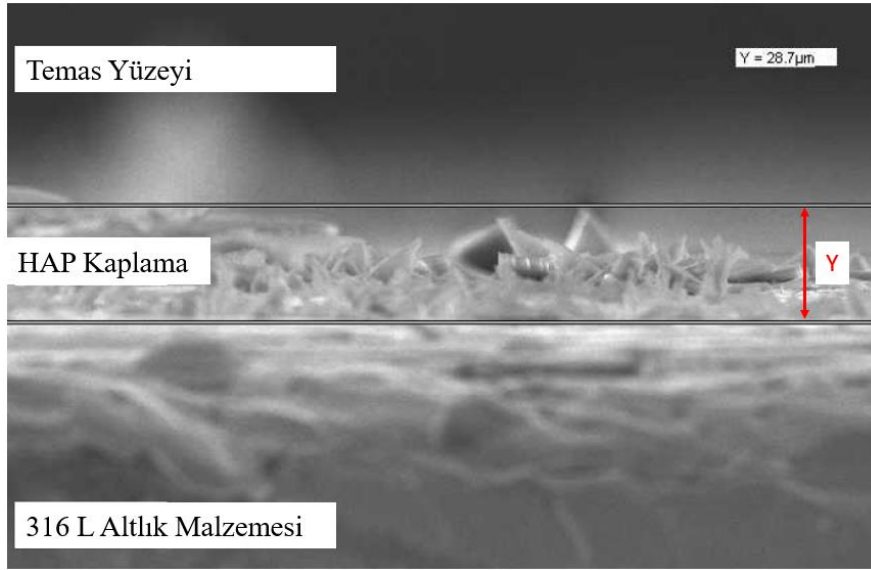
Şekil 11. HAP kaplamanın SEM görüntüsü (50 °C)

Şekil 12’de kaplama yüzeyinin EDS analizi yer almaktadır. Elektrokimyasal çöktürme için çözelti hazırlanırken sistemin %5 kayıplara göre çalışacağı ön görülmüş ve HAP’ın stokiyometrik analizini sağlayacak 1,57 oranına %5 fire oranı eklenerek Ca/P oranı 1,67 olacak şekilde çözelti hazırlanmıştır. EDS analizi neticesinde Ca/P 1,67 oranının 1,57 mertebelerine düştüğü gözlenmiş ve bu stokiyometrik oran ile HAP sentezinin başarıyla gerçekleştiği ve XRD sonuçlarıyla bire bir örtüştüğü tespit edilmiştir. Sridhar, 2001 yılında gerçekleştirdiği çalışmada HAP kimyasal formülündeki Ca ve P oranının %1,5 olması durumunda istenilen kimyasala sahip ürünün elde edilmesinin sağlanacağını belirtmiştir. EDS sonucunda elde edilen bulgular Sridhar’ın çalışma verilerini doğrulamaktadır.



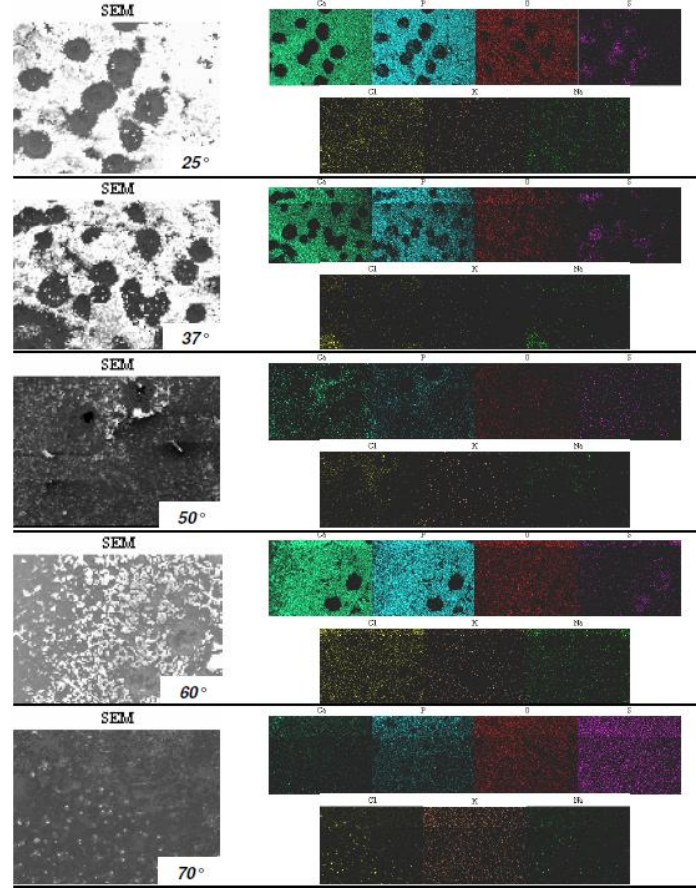
Şekil 12. HAP kaplamanın EDS analiz görüntüsü (50 °C)

Elektrokimyasal çöktürme yönteminin en önemli avantajlarından bir tanesi de kaplama kalınlıklarının homojen ve parametreler ile kontrol edilebilir olmasıdır. Parçacıkların çökmesi için belirlenen süre ne kadar az olursa kaplama kalınlığı çözelti ve altlık malzemesinin tam yapışmamasından kaynaklı olarak daha ince olacaktır (Giulietti ve ark., 2001). Eşit sürelerde fakat farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilen sentezler neticesinde, kaplama kalınlıklarının sıcaklıktan bağımsız bir şekilde büyüdüğü gözlenmiş olup gerçekleşen HAP kaplamaların 28,7-31,4 µm aralığında kalınlığa sahip olduğu tespit edilmiştir. Şekil 13’te kaplama kalınlık ölçümünün yapıldığı görüntü yer almaktadır.



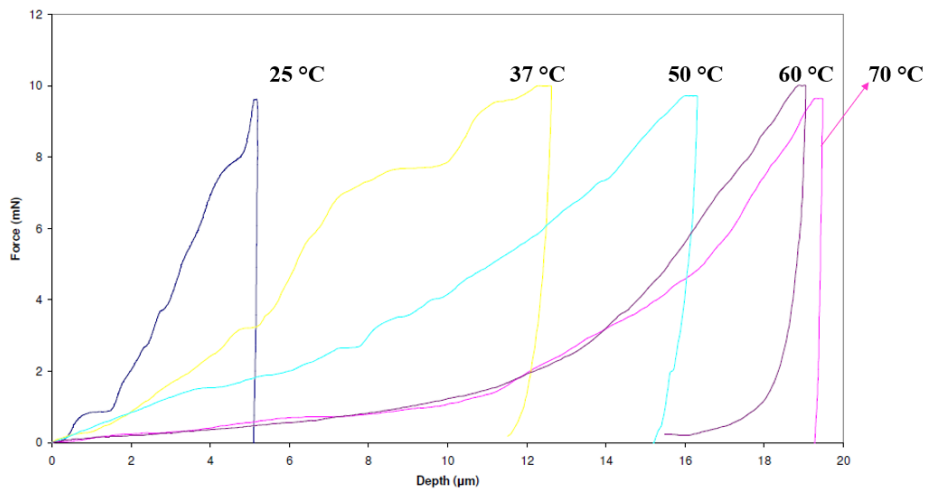
Şekil 13. HAP kaplamanın optik mikroskop kaplama kalınlığı ölçümü (50 °C)

Laktatlı Ringer Solüsyonu yüksek miktarda klor iyonları içermesi sebebiyle oyukçuk korozyonu oluşturmaya müsait bir ortamdır. Klor iyonları paslanmaz çeliklerdeki pasif film tabakasının kırılması ile yüzeyde yuvarlak şekilde çözümler meydana getirmektedir. Oyukçuk korozyonunun bir ileri aşaması pasif film tabakasının kırılıp yüzeyin tamamen korozyon hasarına uğramasıdır (Özkan, 2006). Bu sebeple elde edilen HAP kaplamaların Laktatlı Ringer Solüsyonu içerisinde paslanmaz çelik altlıkları ne kadar koruyabildiği, oyukçuk ve homojen korozyon eğilimlerinin analizi, korozyon testi sonrası yapıda meydana gelen değişimin gözlenmesi önem arz etmektedir. Gerçekleştirilen korozyon testi neticesinde 25 ve 37 °C’de sentezlenen kaplamalarda Ringer Solüsyonu’ndaki klor iyonlarından kaynaklanan oyukçuk korozyonu net bir şekilde gözlenmiş, HAP yapısındaki kalsiyum ve fosforun yuvarlak şekillerde oyulduğu tespit edilmiştir. 50 °C’de sentezlenen kaplama en iyi korozyon dayanımı göstermiştir. 60 °C’de ise yine oyukçuk korozyonu etkin bir şekilde ortaya çıkmıştır. 70 °C’deki kaplamalarda ise oyukçuk korozyonu yerine tüm yüzeyin eşit bir şekilde yenime uğradığı homojen korozyon tespit edilmiştir. Şekil 14’te tüm kaplamaların korozyon testi sonrasında elde edilen yüzeylerin SEM görüntüleri ve EDS dağılımı gösterilmektedir. 50 °C’deki kaplamaların avantajı ve diğer kaplamalarda meydana gelen korozyon değişimi net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 14. HAP kaplamanın 37 °C Ringer Solüsyonu'nda korozyon testi sonrasındaki yüzey görünümleri ve elementel EDS dağılımı

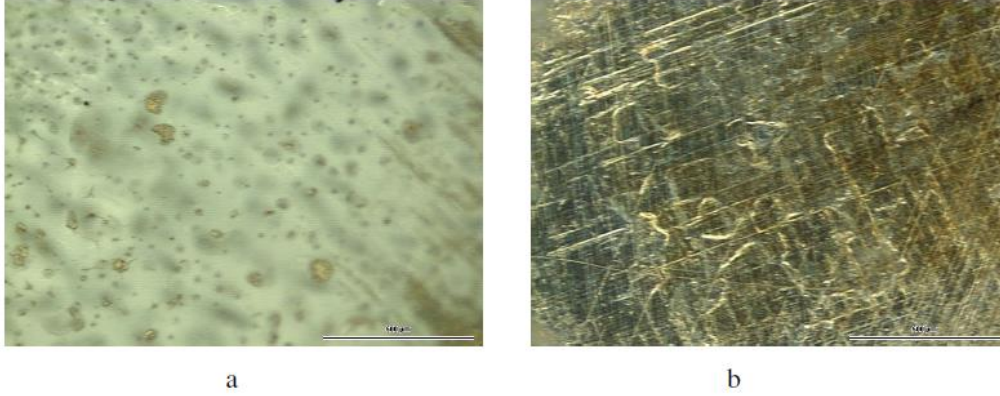
Korozyon testi bir tarafta ilerlerken kaplamaların mekanik özelliklerinin tanımlanması için korozyon testinden bağımsız bir şekilde ürünler aşınma testine tabi tutulmuştur. Şekil 15'te yük ve bu yüke karşılık gelen kaplama aşınma derinliği gösterilmiştir.



Şekil 15. HAP kaplamanın aşınma testi sonuçları

HAP çöktülerinin kaplanacak yüzeyde kaliteli ve temiz yapıda olması için sıcaklığın artırılması ile parçalardaki porozite oranı düşürülerek yüzeye tutunmada sorunlarla karşılaşıldığı ve yüzeyden kolaylıkla

aşınabileceğini belirtilmiştir (Rössler ve ark., 2002). Bu durum Şekil 15 ve Tablo 3'te net bir şekilde gözlenmiştir. Aşınma testleri neticesinde artan sentezleme sıcaklığına bağlı mekanik özelliklerin ters orantılı bir şekilde düştüğü, 70 °C'de gerçekleştirilen kaplamaların düşük aşınma direncine sahip olduğu tespit edilmiştir. En iyi aşınma direnci ve homojen yapıya sahip olan 50 C'de gerçekleştirilen kaplamanın aşınma testi sonrasında meydana gelen deformasyonun gözlenmesi için sürtünme testi yüzeyleri optik mikroskopta gözlenmiştir. Şekil 16'da verilen optik mikroskop görsellerinde aşınma sonrasında kaplama yüzeyinde meydana gelen deformasyon net bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 16. HAP kaplamanın aşınma testi öncesi (a) ve sonrası (b) yüzeylerinin optik mikroskop görüntüleri (50 °C)

Elektrokimyasal yöntemlerle tespit edilen porozite miktarları artan sıcaklığa göre düşüş göstermiştir. Artan sıcaklık ile çözeltilerin buharlaşması sebebiyle elektrolit pH'ının artması basit bir yaklaşımla bu sonuçları doğrulamaktadır. Artan sıcaklık ile porozitenin azalması ise sistemin akım yoğunluğunun ve difüzyonunun artması ile ilgilidir (Davis, 2003). Elektrokimyasal verilerden hesaplanan HAP kaplamaların % porozite oranları ile elektrolit pH'ları Tablo 3'te verilmiştir. Numuneler artan sıcaklığa göre sıralanmıştır.

Tablo 3. Farklı kaplamalara ait bazı fiziksel özellikler

Numune	Sıcaklık (°C)	Elektrolit pH'ı	Porozite (%)
1	25	3,99	2,60
2	37	3,63	2,53
3	50	3,47	1,15
4	60	3,33	0,96
5	70	3,23	0,55

Bu çalışma içerisinde elektrokimyasal çöktürme yöntemi ile sentezlenen HAP kaplamalarda; faz, mikro yapı, korozyon ve mekanik özelliklerin artan sıcaklığa bağlı değişimi açıklanmaya çalışılmıştır. Artan elektrolit sıcaklık değerleri sonucunda yükselen korozyon dayanımı biyolojik uygulamalar için kabul edilebilir bir sonuç olsa da azalan mekanik özelliklerle malzemenin bozunma olasılığının artması istenen bir durum değildir. Bu nedenle optimum bir korozyon ve mekanik değeri seçilmelidir. Sıcaklık değerlerindeki değişimler malzemelerin porozite ve morfolojisi üzerinde etkili olduğundan

HAP için ayırt edici temel özellikler olan mekanik eğilme mukavemeti, gerilme mukavemeti ve kırılma dayanıklılığı gibi değerler üzerinde de değişimlere sebep olacaktır (Turkoz ve ark., 2013). Özellikle ortopedi uygulamalarında mekanik özelliklerdeki değişimler dikkatle incelendiğinden bu değişimlerin bu tarz uygulamalar için değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Sonuç

Yüksek biyouyumluluğa sahip HAP biyoseramikler 316 L paslanmaz çelik yüzeylerinde elektrokimyasal çöktürme yöntemi sırasıyla; 25, 37, 50, 60 ve 70 °C'de başarıyla sentezlenmiştir. XRD sonuçlarına göre 25 ve 37 °C'de üretilen kaplamalarda HAP pikleri elde edilememiş, 50 °C'den itibaren HAP pikleri gözlenmiş, en temiz ve pürüzsüz piklerin 50 °C'de gerçekleştirilen sentezlere ait olduğu tespit edilmiştir. Sentezlenen kaplamaların yüzey morfolojileri ve mikro yapıları araştırıldığında en iyi yüzeye sahip olan kaplamanın yine XRD sonuçlarında olduğu gibi 50 °C'de sentezlenen kaplamaya ait olduğu gözlenmiştir ayrıca bu kaplamanın; az deformasyona uğramış, düzgün dağılımlı, küresel ve düzenli şekilli parçacıklara sahip olduğu görülmüştür. Korozyon testlerinde 25 ve 37 °C'de sentezlenen kaplamalarda yoğun oyukçuk (pitting) korozyonu gözlenmiş olup, 60 °C'de sentezlenen kaplamalarda kısmi oyukçuk korozyonu gözlenirken, 70 °C'de sentezlenen kaplamada ise homojen korozyon gözlenmiştir. 50 °C'de sentezlenen kaplama ise iyi bir oyukçuk ve homojen korozyon direnci göstermiştir. Gerçekleştirilen aşınma testleri neticesinde en iyi aşınma direncinin 25 °C'de gerçekleştirilen kaplamaya ait olduğu tespit edilmiştir. Bunu, 37 ve 50 °C'de sentezlenen kapmalar takip etmiştir. Kaplamalarda artan sıcaklığa bağlı olarak elektrolit pH'ı düşmektedir bu durum HAP'ın asidik ortamlardaki dayanım etkisi anlamında 70 °C'de sentezlenen kaplamaların en iyi sonucu verdiğini göstermektedir. Elektrokimyasal yöntemlerle tespit edilen porozite miktarları artan sıcaklığa göre düşüş göstermiştir. Bu durum korozyon direncinin artmasına sebep olurken aşınma yüzeylerinin daha kolay ayrılmasına neden olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen tüm sonuçlar irdelendiğinde 50 °C seviyesinin elektrokimyasal yöntemler ile HAP üretimi için kritik bir sıcaklık olduğu gözlenmiştir. 25 ve 37 °C'de üretilen kaplamalarda HAP yapısı oluşmazken bu yapıların HAP'a dönüşmesi için yüksek sıcaklıkta (minimum 500 °C) ısı işlem uygulanması gerekmektedir. 50 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda HAP oluşumunun başladığı tespit edilmiştir. 50 °C'nin üzerinde gerçekleştirilen sıcaklıklarda elektrolit pH'ının düşmesi nedeniyle heterojen kaplamalar elde edilmiştir. Elde edilen bu kaplamaların çok iyi korozyon direnci verdiği ancak kötü bir aşınma direncine sahip olduğu gözlenmiştir.

Sonuç olarak ülkemizde artan bir öneme sahip olan biyomalzemeler ve bu malzemelerden yaygın olarak kullanılan 316 L paslanmaz çeliklerin üzerinde HAP sentezlenmesi ile implant malzemelerin korozyon ve aşınma özelliklerinin düşük bir elektrokimyasal hücre yatırım maliyeti ile hızlı bir şekilde iyileştirilebildiği tespit edilmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazar makaleye %100 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

Kaynakça

- Bozkurt Y., Kaya ÖA., Çakır K. Plazma püskürtme yöntemiyle çelik levha üzerine farklı alaşımların kaplanması. Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi 2017; 9(3): 36-42.
- Brokesh M., Akhilesh K. Inorganic biomaterials for regenerative medicine. ACS Applied Materials & Interfaces 2020; 12(5): 5319-5344.
- Chen Y., Xue Y., Xing-Li F. The evolution of orbital implants and current breakthroughs in material design, selection, characterization, and clinical use. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology 2022; 9: 1528.
- Daculsi G., Le Geros RZ., Le Geros JP., Mitre D. Lattice defects in calcium phosphate ceramics; high resolution TEM ultrastructural study. J. Appl. Biomat. 1991; 2: 147-152.
- Davis JR. Handbook of materials for medical devices. ASM International; 2003.
- Engin NO., Tas AC. Manufacture of macroporous calcium hydroxyapatite bioceramics. Journal of the European Ceramic Society 1999; 19: 2569-2572
- Fiume E., Magnaterra G., Rahdar A., Verné E., Bairo F. Hydroxyapatite for biomedical applications. A short overview. Ceramics 2021; 4(4): 542-563.
- Giulietti M., Seckler M., Derenzo S., Ré I., Cekinski E. Industrial crystallization and precipitation from solutions: State of the Technique. Brazilian Journal of Chemical Engineering 2001; 18: 423-440.
- Hench LL., Wilson J. An Introduction to bioceramics, World Scientific; 1993.
- <https://teslab.sakarya.edu.tr/tr/icerik/10716/42049/hvof> (Alınma tarihi: 09.04.2023)
- <http://bilsenbesergil.blogspot.com/p/pulslu-lazer-depozisyon-pulsed-laser.html> (Alınma tarihi: 09.04.2023)
- <https://docplayer.biz.tr/105293779-Iyon-isini-ile-isleme-derleyen-prof-dr-adnan-akkurt.html> (Alınma tarihi: 09.04.2023)
- <https://nanoteknoloji.org/sol-jel/> (Alınma tarihi: 09.04.2023)
- Jordan R., Munro M., Brownstein S., Gilberg M., Grahovac SZ. A synthetic hydroxyapatite implant: the so-called counterfeit implant. Ophthalmic Plastic & Reconstructive Surgery 1998; 14(4): 244-249.
- LeGeros RZ. Calcium phosphates in oral biology and medicine. Monographs in Oral Sciences. ed. H. Myers (S. Karger, Basel); 1991(15).

- Li T., Ting L., Lin MC., Peng, HK., Ren HT., Lou CW., Lin JH. Recent advances in multifunctional hydroxyapatite coating by electrochemical deposition. *Journal of Materials Science* 2020; 55(15): 6352-6374.
- Kweh SWK., Khor K., Cheang P. The production and characterization of hydroxyapatite (HA) powders. *Journal of Materials Processing Technology* 1999; 89: 373–377.
- Montoya C., Du Y., Gianforcaro AL., Orrego S., Yang M., Lelkes PI. On the road to smart biomaterials for bone research: Definitions, concepts, advances, and outlook. *Bone Research* 2021; 9(1): 12.
- Oberlaender BC., Lugschneider E. *Mater. Sci. Technol.* 1992; 8: 657-665.
- Özkan E. Wear and corrosion behaviour of electrochemically deposited bioactive hydroxyapatite coatings on implant materials (Y.Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2006.
- Rodrigo A., Aleixandre A., Sankaran S., Dalby MJ., del Campo A., Salmeron-Sanchez M. Engineered living biomaterials. *Nature Reviews Materials* 2021; 6(12): 1175-1190.
- Roth Julien G., Huang MS., Li TL., Feig VR., Jiang Y., Cui B., Heilshorn SC. Advancing models of neural development with biomaterials. *Nature Reviews Neuroscience* 2021; 22(10): 593-615.
- Pasinli A. Hidroksiapatit biyoseramiklerin biyomedikal uygulamaları (Doktora Tezi). Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2004.
- Puajindanetr S. Characterisation and sintering of precipitated hydroxyapatite. Queen Mary and Westfield College London 1993.
- Rössler S., Sewing A., Stölzel M., Born R., Scharnweber D., Dard M., Worch, H. Electrochemically assisted deposition of thin calcium phosphate coatings at near-physiological pH and temperature. *Institute of Materials Science, Dresden University of Technology* 2002; 13.
- Smičiklas I., Antonije O., Slavica R. Experimental design approach in the synthesis of hydroxyapatite by neutralization method. *Separation and Purification Technology.* 2005.
- Sridhar TM. Synthesis, electrophoretic deposition and characterization of hydroxyapatite coatings on type 316L SS for orthopaedic applications. (PhD thesis), University of Madras, Chennai; 2001.
- Su L., Feng Y., Wei K., Xu X., Liu R., Chen G., Carbohydrate-based macromolecular biomaterials. *Chemical Reviews* 2021; 121(18): 10950-11029.
- Turkoz M., Aykan OA., Zafer E. Silver and fluoride doped hydroxyapatites: Investigation by Microstructure, Mechanical and Antibacterial Properties. *Ceramics International* 2013; 39(8): 8925–31.
- Wang L., Wang C., Wu S., Fan Y., Li X. Influence of the mechanical properties of biomaterials on degradability, cell behaviors and signaling pathways: current progress and challenges. *Biomaterials Science* 2020; 8(10): 2714-2733.

Kurşunla Kirlenmiş Topraklarda Soğanın (*Allium Cepa* L.) Şelat ve Mikrobiyal Gübre Destekli Fitoremediasyon Etkinliğinin Araştırılması

Aslıhan İPEK TANYILDIZ¹, Dudu Duygu KILIÇ^{2*}

^{1,2}Amasya University Science and Arts Faculty, Department of Biology, Amasya, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-0563-8874>

²<https://orcid.org/0000-0001-6425-6062>

*Corresponding author: duygu.kilic@amasya.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 30.05.2023

Kabul tarihi: 14.09.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Fitoremediasyon

Allium cepa L.

Şelat

EDTA

Hümkik Asit

ÖZ

Ağır metal kirliliği son yıllarda artan çevre kirliliğini oluşturan etmenlerin başında gelmektedir. Kurşun, sanayide en fazla kullanılan elementlerden biri olduğu için toprak kirliliğinde tespit edilmektedir. Toprak kirliliğinin giderilmesinde son yıllarda alternatif bir yöntem olarak fitoremediasyon tercih edilmektedir ve fitoremediasyon toprağın biyolojik özelliklerini ve fiziksel yapısını korumaktadır. Bu çalışmada, EDTA (etilendiamin tetraasetik asit) ve hümkik Asit şelatlayıcı ajanlarının ve mikrobiyal gübrelemenin kurşunla kirlenmiş topraklarda *Allium cepa* L. (soğan)'nın fitoremediasyon etkinliği ve bitki büyüme parametreleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Buna göre EDTA + mikrobiyal gübre kombinasyonu uygulanan saksılarda kök tolerans indeksi Tİ değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Hümkik asit uygulanan saksılarda ise kök Tİ değerleri daha yüksektir. Yine EDTA + mikrobiyal gübre kombinasyonu uygulanan saksılarda yaprak yaş ağırlık ve kuru ağırlık Tİ değerleri yüksektir. Araştırmada mikrobiyal gübrenin türün tolerans indeksini arttırdığı tespit edilmiştir. *A. cepa*'da Pb değerlerine göre 5 mmol kg⁻¹ EDTA ilaveli saksılarda sırası ile kök, soğan, yaprak ve toplam bitkide (28.93 mg kg⁻¹, 36.16 mg kg⁻¹, 262,56 mg kg⁻¹, 327.65 mg kg⁻¹) bulunmuştur. Hümkik asit ilaveli saksılarda toplam bitkide 10 mmol kg⁻¹'da yüksek akümülyasyon (16.19 mg kg⁻¹) bulunmuştur. Bitkinin Pb'yi yaprağında daha çok biriktirme eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. EDTA ve hümkik Asit şelatlarında BCF değerlerinin 1'den büyük olduğu tespit edilmiştir. Şelat+mikrobiyal gübre kombinasyonunda yetiştirilen *A. cepa* biyokonsantrasyon fakötürü (BCF) değerlerinin 1'den küçük olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak mikrobiyal gübre ilavesinin türün Pb alımını düşürdüğü söylenebilir.

Investigation of Chelate and Microbial Fertilizer Assisted Phytoremediation Efficiency of Onion (*Allium Cepa* L.) in Lead Contaminated Soils

Research Article

Article History:

Received: 30.05.2023

Accepted: 14.09.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Phytoremediation

Allium cepa

Chelate

EDTA

ABSTRACT

Heavy metal pollution is one of the leading environmental pollution increasing in recent years. Since lead is one of the most widely used elements in industry, it is detected in soil pollution. In recent years, phytoremediation has been preferred as an alternative method for the removal of soil pollution and phytoremediation protects the biological properties and physical structure of the soil. In this study, the effects of EDTA (ethylenediamine tetraacetic acid) and humic acid chelating agents and microbial fertilization on phytoremediation efficiency and plant

growth parameters of *Allium cepa* L. (onion) in lead contaminated soils were investigated. Accordingly, it was determined that root TI values were higher in the pots where EDTA+ microbial fertilizer combination was applied. In the pots where humic acid was applied, root) tolerance index (TI) values were higher. Again, leaf wet weight and dry weight TI values were higher in the pots where the EDTA+microbial fertilizer combination was applied. It was determined that microbial fertilizer increased the tolerance index of the species. According to Pb values in *A. cepa*, it was found in root, bulb, leaf and total plant (28.93 mg kg⁻¹, 36,16 mg kg⁻¹, 262.56 mg kg⁻¹, 327. 65 mg kg⁻¹) in pots with 5 mmol kg⁻¹ EDTA addition, respectively. High accumulation (16.19 mg kg⁻¹) was found at 10 mmol kg⁻¹ in total plant in pots with humic acid addition. It was found that the plant tended to accumulate Pb more in its leaves. BCF values of EDTA and humic acid chelates were found to be greater than 1. Bioconcentration factor (BCF) values of *Allium cepa* grown in chelate + microbial fertilizer combination was found to be less than 1. As a result, it can be said that the addition of microbial fertilizer decreased the Pb uptake of the species.

To Cite: Tanyıldız Aİ., Kılıç DD. Investigation of Chelate and Microbial Fertilizer Assisted Phytoremediation Efficiency of Onion (*Allium Cepa* L.) in Lead Contaminated Soils. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(Ek sayı): 263-277.

Introduction

With the development of industry, environmental pollution has become one of the most important problems of the last century. Chemical substances, petroleum products, thermal and nuclear power plants, solid wastes accumulated in the soil, metals, paper, leather, textile, cement, factory wastes, accumulation or burial of some solid wastes in inappropriate places, fertilizers and growth regulators (pesticides, fungicides, herbicides) are among the factors of soil pollution. Heavy metals are the leading cause of soil pollution. Heavy metals in the soil, in addition to reducing soil fertility, cause the microorganisms in the soil to be adversely affected and the yield and quality of the grown products to decrease. Moreover, heavy metals harm humans and animals through the food chain. Therefore, it has become inevitable to conduct studies and research for the elimination of heavy metal pollution in the ecosystem (Pinto et al., 2011; Lu et al., 2012; Zhou et al., 2020). Heavy metals cause inadequate development of vegetative and generative organs of plants, disruption of physiological activities such as photosynthesis, germination, stomatal functions, enzyme, protein synthesis, production and activity of hormones. Lead is a group IV A element of the periodic table with atomic number 82, atomic weight 207.19 g/mol and symbol Pb. Lead is the most widespread of the heavy metals, widely used in industry and easily processed. Above 550 °C, it evaporates in the ambient air and the condensed lead is emitted as lead oxide particles. Lead is one of the leading heavy metals that cause environmental pollution. Lead can be transferred to plants through air, water and soil and to other living organisms through the nutrient cycle (Wang et al., 2009). Pb, which is naturally present in all soils, poses a potential problem for plant and human health when its concentration exceeds 100 mg kg⁻¹ and its extractable amount exceeds 4 mg kg⁻¹ in agricultural areas (Chapman, 1971; Pak, 2011).

In recent years, phytoremediation has been preferred as an alternative method for the removal of soil pollution and phytoremediation protects the biological properties and physical structure of the soil (Khan et al., 2000; Kılıç and İpek, 2019, Tanyıldız et al., 2022, İpek 2019). Phytoremediation is the

removal of contaminants from contaminated areas using plants. Phytoremediation of contaminated areas helps to clean and protect the soil from pollution. It prevents the spread of pollution and enables soil recovery (Nair et al., 2019). Phytoremediation is classified as phytoextraction, phytostabilization, phytovolatilization, rhizodegradation, phytodegradation, rhizofiltration according to the way the pollution is separated (Er et al., 2021). Plants are called hyperaccumulators when they can accumulate 50 to 500 times more heavy metals in their organs (Elkiran, 2016; Clemens, 2006; Baker and Brooks, 1989). Although these plants accumulate 100 to 1000 times heavy metals in their organs, they do not show toxicity (Elkiran, 2016; Özay and Mammadov, 2013). The use of chelates to increase the accumulation efficiency of plants has been an increasing practice in recent years (Romkens et al., 2002; Zhang et al., 2016). Among the most widely used chelating agents in the literature, ethylenediaminetetraacetic acid, ethylenegluaric acid, diethyltriaminepentaacetic acid, sodium dodecyl sulfate, nitrilotriacetate, humic acid, boric acid, etc. can be given as examples (Ladillas, 2012). Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) forms strong complexes with metal ions and is an effective chelate that affects and increases the solubility, mobility and bioavailability of heavy metals in soil (Shahid et al., 2014; Oh and Yoon, 2014; Guo et al., 2020). In various studies, EDTA application to soil has been reported to increase phytoextraction and bioaccumulation of Cd, Zn and Pb in plants (Farid et al., 2013; Hadi et al., 2014; Ali et al., 2020). However, there are also some disadvantages of applying different chemicals to soil and plants. Applied chemicals can leach into groundwater, causing toxicity to plants and disrupting of translocation of heavy metals. In addition, these chemicals may not biodegrade and may form complexes with other heavy metals, which can cause a secondary source of pollution (Nowack et al., 2006; Ali et al., 2020). Humic acids are macromolecules containing humic substances, which are organic substances distributed in nature (Haworth, 1971). Due to their amphiphilic character, humic acids form micelle-like structures under neutral or acidic conditions. Due to these properties, they are used in many fields such as agriculture, phytoremediation, medicine and pharmaceuticals (de Melo et al., 2016). Humic acids can retain pollutants and promote the natural breakdown of these substances by promoting the activity of microorganisms. The most important issue in the phytoremediation method is to select fast-growing hyperaccumulator plants that can accumulate heavy metals without being affected by specific soil contamination conditions (Sheoran et al., 2016). However, the immobility of some metals in the soil creates a limitation in the uptake of the metal by the roots of the species even if suitable hyperaccumulator species are selected (Kayser et al., 2000; Padmavathiamma and Li, 2007; Park and Sung, 2020).

Allium cepa is a widely cultivated vegetable species. Onion contains three different phytochemicals: organosulfur, flavonoids and fructan. In addition to vitamins C, E, B6, B2 and B1, it contains proteins such as lectin, pectin adenosine, fatty acids, essential amino acids, glycolipids and phospholipids (Pareek et al., 2017).

Research on phytoremediation has been conducted on the genus *Allium*. One of them is the study on *Allium sativum* L. species (Liu et al., 2009). It was reported that this species gave successful results on Cd uptake from soil. No other study on the hyperaccumulator property of *A. cepa* was found in the literature. The fact that this plant grows well and fast in Amasya conditions was an important factor in its selection for phytoremediation study.

In this study; *Allium cepa* L. (onion), an agricultural plant, was used in soils synthetically contaminated with Pb ions;

1. Effect of EDTA (Ethylenediamine tetraacetic acid) and Humic Acid on plant growth and development
2. The ability of onion plant to accumulate Pb heavy metal and chelate effect on heavy metal uptake
3. The hyperaccumulator property of the onion plant was investigated.

Materials and Method

Characteristics of the Experimental Area

The experimental greenhouse was established in the Merzifon district of Amasya province. The synthetically contaminated soil was taken at a depth of 20 cm from the rural area of Akören Village, 37 km away from Merzifon district, where there is no industry and traffic.

Soil Preparation and Lead Used in the Experiment

Based on the literature information, lead was added to the soil in the form of $Pb(NO_3)_2$; 100 mg kg^{-1} and the soil was homogenized and kept for one month. The soil was then placed in 20 cm diameter plastic pots at a rate of 3000 g/pot. The experiment was carried out according to the factorial experimental design in randomized blocks with three replications. The experiment was conducted under greenhouse conditions with natural light, 14 h (24.2 °C) / 10 h (16.7 °C) day/night cycle and about 50% relative humidity. The moisture content of the soil in the pots was maintained at about 75% of the field capacity. The pots were watered twice a week according to the soil water holding capacity. The chemical properties of the soil used in the experiment and the methods were as follows. Saturation 62, pH 7.76, EC 572 ds/cm (Richards, 1954); lime 14% (Çağlar, 1949); organic matter 7.99% (Walkley and Black, 1934); phosphorus 6.726 kg/da (Olsen et al., 1954); potassium 7.116 kg/da (Bower and Gschwend, 1952).

Plant cultivation and chelate addition

Shallots of *A. cepa* of equal size and weight were used in the experiment. Shallots were previously sterilized with a 10% sodium hypochlorite solution. They were then immersed in sterile distilled water for 2 hours and then immersed in 3.5% hydrogen peroxide solution for 5 minutes and finally rinsed with sterile distilled water. Experimental pots were grouped as chelate and chelate+microbial fertilizer combinations. Shallots were planted in 20 pieces per pot. Then, BM-MegaFlu branded fertilizer,

which is a mixed microbial fertilizer prepared as 1 liter per 100 mL, was added to the experimental pots selected as chelate + microbial fertilizer. After the vegetative growth of the plants (8 weeks), EDTA and humic acid chelates were added to the soil at doses of 0-2.5-5.0-10 mmol kg⁻¹. Plants were harvested four weeks after chelate addition. The pots without the addition of heavy metal, chelate, chelate + microbial fertilizer were determined as the control group. After harvesting, all plants were washed to remove sludge and other objects from the root zone and rinsed three times with deionized water.

Chemical Analyses

The plants were divided into three parts: root, bulb and leaf and all plant parts were dried in an oven at 110 °C for 30 minutes and then at 70 °C for 96 hours until constant weight. Lead heavy metal analyses were carried out using a microwave analysis system for mineralization. For this purpose, the sample was placed in a glass container, added enough 65% nitric acid and disintegrated by stirring at 50 °C for 2 hours. Metal amounts were determined by the Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) method. For leaf dry matter content, the leaves of 4 plants selected during harvesting were weighed on a precision balance and their wet weights were determined in grams then dried in an oven at 65 °C for 72 hours and their dry weights were determined in g (Kacar and İnal, 2008).

Calculations and Statistical Analyses

Tolerance index (TI) as plant growth index is based on plant growth parameters such as root and green parts length, root and green parts wet and dry matter and is calculated as follows (Wilkins, 1978). Root and leaf lengths were measured with a ruler.

$TI(\%) = (\text{Metal treated plant growth parameters} / \text{Control plant growth parameters}) \times 100$

The Bioconcentration factor (BCF) used in the selection of plants to be grown for phytoremediation was calculated as follows (Padmavathiamma and Li, 2007).

$\text{Bioconcentration factor (BCF)} = \text{Heavy metal concentration in harvested plant} / \text{Soil heavy metal concentration}$

The translocation factor (TF) of each metal in plants was calculated as the total metal content in shoots divided by the total metal content in roots. Both factors were calculated on a dry mass basis (Brooks, 1994; Gurajala et al., 2019). In this study, root and green leaf parts were used as plant growth parameters.

Heavy metal concentrations in each sample were determined by making 5 series of measurements with 3 repetitions and statistical analysis of the data was performed using SPSS (Version 18) package.

Results and Discussions

Plant growth parameters of *A. cepa* species are given in Table 1. According to this, higher root TI values (120%, 100%, 120%) were obtained in pots applied with EDTA + microbial fertilizer combination. In the pots where humic acid was applied, root TI values were higher. Again, leaf wet weight and dry weight TI values were higher in the pots where the EDTA + microbial fertilizer combination was applied. Thanks to the microbial fertilizer, the tolerance index of the species has increased. In the study, it was found that EDTA and humic acid decreased the negative effects of Pb on the growth factors of onion plants and increased lead accumulation. Mousavi et al., (2021) reported that EDTA increased the tolerance index and alleviated the harmful effects of Cd on okra plants in their experiments with *Abelmoschus esculentus*. Gul et al., (2020) reported that EDTA increased Pb concentration in shoots, roots and uptake of *Pelargonium × hortorum* L.H. Bailey (synonym of *Pelargonium × hybridum* (L.) L'Hér.) but showed phytotoxicity by decreasing biomass and tolerance index. In a study conducted on *Brassica napus* L. species, it was reported that humic acid application caused an increase in shoot and root TI values (Canal et al., 2022). Contrasting results were obtained in studies with chelate application. The increase in heavy metal intake together with the intake of beneficial nutrients in chelated soils causes a decrease in the amount of root, onion and leaf dry matter (Nascimento et al., 2006). The addition of chelating agents increases the availability of Pb in the soil, thus negatively affecting plant growth (Yang et al., 2022). In another study, it was found that EDTA inhibited plant growth in EDTA treated soils (Ali and Chaudhury, 2016; Tanyıldız et al., 2022; İpek, 2019). In the study, *A. cepa* species exposed to high EDTA levels showed toxic effects manifested as necrosis and chlorosis. A similar situation was reported in a study with *Zea mays* (Hovsepyan and Greipsson, 2005).

Table 1. Plant parameters, root and leaf data and tolerance index (TI) values for chelate and chelate + microbial fertilizer doses used in the experiment

	Chelate Dose	Root Length (cm)	Root (Tİ)	Leaf Length (cm)	Leaf (%Tİ)	Leaf Wet weight (g)	Leaf Wet weight (%Tİ)	Leaf Dry weight (g)	Leaf Dry weight (%Tİ)
EDTA	0*	6±0.08		31±0.12		10.59±0.4		2.2±0.1	
(mmol kg ⁻¹)	2.5	5±0.07	83	30±0.11	91	10.45±0.1	99	2.0±0.1	91
	5	5±0.07	83	32±0.13	109	8.80±0.3	83	1.11±0.1	50
	10	6±0.08	100	30±0.12	91	20.69±0.8	195	6.2±0.6	282
EDTA	0	5±0.10	100	42±0.16	100	10.30±0.4		2.5±0.3	
+ Microbial Fertiliser	2.5	6±0.11	120	40±0.15	83	10.80±0.1	105	3.3±0.4	132
	5	5±0.10	100	40±0.15	83	20.12±0.9	195	4.2±0.4	168
	10	6±0.11	120	41±0.14	92	20.85±0.9	202	5.7±0.5	228
Humic acid	0	6±0.08		31±0.13		20.83±0.5		2.5±0.5	
(mmol kg ⁻¹)	2.5	7±0.08	117	32±0.13	109	20.46±0.5	98	4.8±0.5	83

	5	8±0.10	133	32±0.13	109	10.08±0.1	48	2.5±0.3	43
	10	5±0.07	83	30±0.13	91	10.03±0.1	48	2.2±0.3	38
Humic acid	0	7±0.12		40±0.11		10.37±0.4		2.3±0.2	
+ Microbial	2.5	7±0.12	100	41±0.11	110	20.07±0.6	194	4.3±0.5	187
Fertiliser	5	5±0.10	71	41±0.12	110	20.11±0.4	194	4.4±0.5	191
	10	6±0.10	86	40±0.11	100	20.17±0.5	195	3.9±0.4	170

* Control group

The root length of the species did not show a significant difference in the trials ($p>1$). Leaf length was lower in EDTA trials and higher in EDTA+microbial fertilizer combinations. Leaf dry weight was higher in EDTA and EDTA+microbial fertilizer combinations with a TI value of 10 mmol kg⁻¹. Humic acid increased at a dose of 2.5 mmol kg⁻¹, while other doses were not affected. Humic acid and microbial fertilizer combination increased the amount of leaf dry matter. Angin et al., (2008) reported that humic acid positively affected leaf dry matter weight and increased Pb uptake.

In *Allium cepa*, Pb values were found in root, bulb, leaf and total plant (28.93 mg kg⁻¹, 36.16 mg kg⁻¹, 262.56 mg kg⁻¹, 327.65 mg kg⁻¹) in pots with 5 mmol kg⁻¹ EDTA addition, respectively (Figure 1 A,B,C,D).

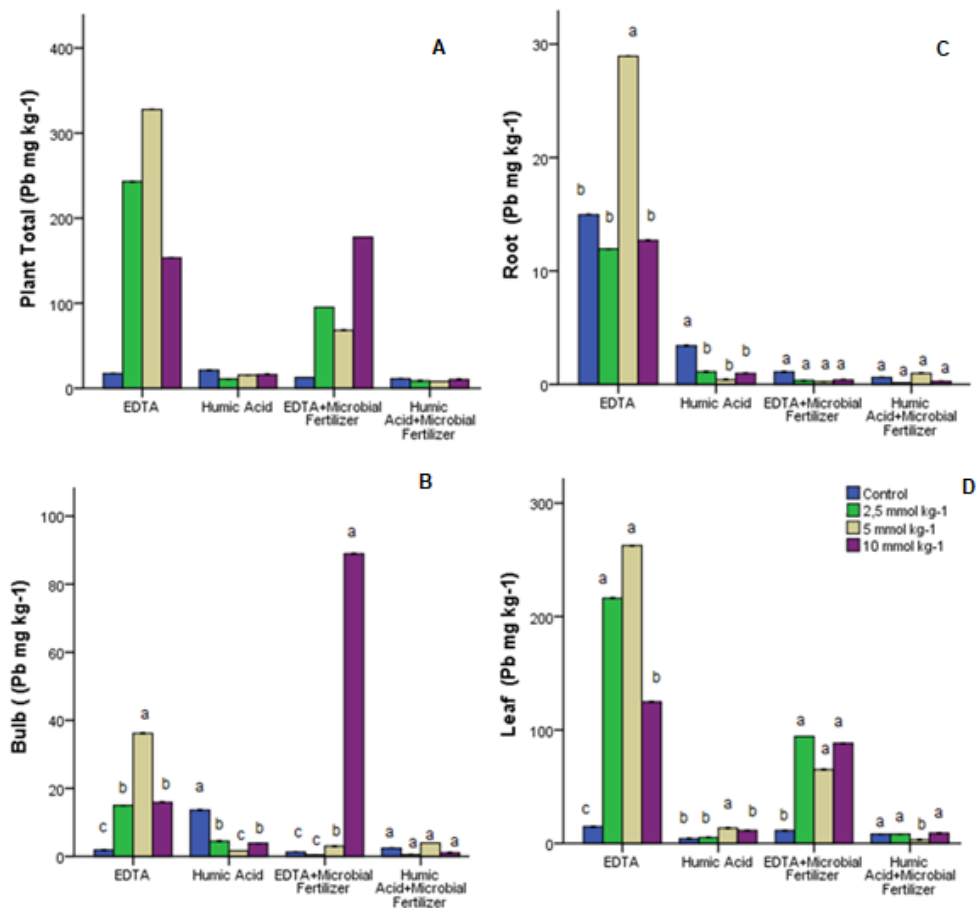


Figure 1. Pb uptake in plant organs and total plant of *A. cepa* species at chelate and chelate + microbial fertilizer combination doses (A; Pb uptake in the total plant, B; Pb uptake in the root, C; Pb uptake in the bulb, D; Pb uptake in leaf)

High accumulation (16.19 mg kg⁻¹) was found at 10 mmol kg⁻¹ in total plant in pots with humic acid addition. It was found that the plant tended to accumulate Pb more in its leaves (Table 2). In both chelates, Pb was found to be accumulated in lower amounts in pots with microbial fertilizer addition. Biochar was reported to increase Pb uptake by *Brassica juncea* L. species in a study (Rathika et al., 2021). Humic acid increased plant growth parameters in trials with *Brassica napus* L. species (Canal et al., 2022).

Hovsepyan and Greipsson (2005) reported that plant species exposed to moderate levels of EDTA showed the highest level of heavy metal transport from roots to leaves in their study with lead heavy metal. High doses of EDTA have been found to cause the dissolution of mineral components in the soil, degrading soil properties and increasing heavy metal uptake by plants (Guan et al., 2022). In *A. cepa*, Pb uptake was found to be high in pots treated with 5 mmol kg⁻¹ EDTA. In pots with humic acid addition, Pb uptake was lower than in pots with EDTA addition. In a study conducted with *Allium sativum* species, it was found that Cd-treated soil was able to accumulate approximately 1.826 times more Cd than the control group (Jiang et al., 2001). Many studies have also suggested that the addition of EDTA to soil increases the translocation of Pb in plants (Huang et al., 1997; Gleba et al., 1999; Deram et al., 2000; Hovsepyan and Greipsson, 2005, Miao et al., 2012; Shahid et al., 2014). The effect of EDTA on heavy metal uptake ranges from 200-fold higher accumulations depending on plant, metal and soil type (Evangelou et al., 2007). When applied with NPK fertilizer, EDTA has been reported to increase Cd uptake by *Amaranthus hypochondriacus* L. (Li et al., 2012; Shahid et al., 2014). De La Rosa et al. (2007) showed that EDTA application had a negative effect on Pb uptake by *Salsola tragus* L. plants. It has been reported that heavy metal accumulation in plant roots decreases as a result of the binding of metals in the soil with EDTA chelate, but this increases metal translocation in the above-ground parts (Zhivotovsky et al., 2011; Shahid, et al., 2014).

BCF value is used to determine the phytoremediation potential of plants. The higher the BCF value, the higher the accumulation capacity of the species. In *A. cepa*, BCF values were found to be greater than 1 for EDTA and humic acid chelates. In *A. cepa* in the soil to which EDTA chelate was added, the value at the dose of 5 mmol kg⁻¹ was high. In humic acid, 10 mmol kg⁻¹ dose was found to be the highest value (Table 2).

BCF values of *A. cepa* grown in chelate + microbial fertilizer combination were found to be less than 1 (Table 2). BCF value is used to determine the phytoremediation potential of plants. The higher the BCF value, the higher the accumulation capacity of the species. In *A. cepa*, BCF values were found to be greater than 1 for EDTA and humic acid chelates. In *A. cepa* in the soil to which EDTA chelate was added, the value at the dose of 5 mmol kg⁻¹ was high. In humic acid, 10 mmol kg⁻¹ dose was found to be the highest value (Table 2). BCF values of *A. cepa* grown in chelate + microbial fertilizer combination were found to be less than 1 (Table 2).

Table 2. BCF and TF values in *Allium cepa*

		BCF	TF
	0	0.89±0.02	9.28±0.34
EDTA (mmol kg ⁻¹)	2.5	4.86±0.02	15.48±0.19
	5	5.25±0.01	8.26±0.08
	10	2.38±0.01	88.32±0.76
EDTA + Microbial Fertiliser	0	3.24±0.06	5.23±0.01
	2.5	0.15±0.01	8.65±0.09
	5	0.25±0.01	37.20±0.64
	10	0.27±0.01	15.69±0.26
Humic acid (mmol kg ⁻¹)	0	0.60±0.09	9.00±0.51
	2.5	3.54±0.02	10.53±0.05
	5	2.10±0.06	24.47±8.27
	10	8.17±0.09	19.92±0.01
Humic acid+ Microbial Fertiliser	0	3.73±0.08	1.39±0.15
	2.5	0.31±0.01	64.44±1.02
	5	0.21±0.01	7.28±0.01
	10	0.10±0.01	37.64±0.32

As a result, it can be said that the addition of microbial fertilizer decreased the Pb uptake of the species. Table 2 shows that $TF > 1$ in *A. cepa* at all chelate doses. Zayed et al., (1998) classified BCF as < 0.01 non-accumulator plants, 0.01-0.1 low accumulator plants, 0.1-1.0 medium accumulator plants, 1-10 high accumulator or hyperaccumulator plants. By using this ratio, the absorption of elements in the soil by the plant can be shown and the magnitude of elemental transfer from soil to plant can be quantitatively estimated (Kalender and Alçiçek, 2016). Accordingly, it can be said that *A. cepa* is a high accumulator in all chelates. In *A. cepa*, $TF > 1$ was found at all doses of all chelates and chelates added to the species. Plants with TF values > 1 were classified as highly efficient plants for metal translocation. In addition, EDTA has been found to have a high binding capacity for Pb in many studies (Blaylock et al., 1997; Tai et al., 2007; Najeep et al., 2017; García et al., 2017). It was determined that EDTA chelate increased Pb uptake with increasing application doses (Lai and Chen, 2005). The addition of humic acids to soil has been reported to increase the uptake of heavy metals from soil by plants (Li and Shuman, 1996; Halim et al., 2003; Evangelou et al., 2004). Similar results were obtained in this study. It is thought that humic acid improves the ability of plants to accumulate heavy metals because it decreases soil pH. Humic acid application has been reported to increase the BCF value of plants (Rasouli-Sadaghiani et al. 2019, Canal et al., (2022)). In trials with *Zea mays* L., humic acid and microbial fertilizer application was found to increase Cu, Zn and Pb uptake and humic

acid and bacterial fertilizer application has been reported as a way to increase heavy metal uptake (Li et al., 2014).

Conclusion

In this study, the lead heavy metal removal performance of *A. cepa* species from the soil with the help of EDTA and humic acid chelating agents of Pb heavy metal ions was investigated. The sensitivity and resistance of *A. cepa* species to heavy metals were determined by measuring the biomass of these plants and in general, the species showed resistance to heavy metals and there was no significant change in their biomass. It was found that the hyperaccumulator properties of the species increased when EDTA and humic acid chelates were used, while the BCF value decreased when microbial fertilizer was added. It is thought that the onion plant can be used in biogas production after heavy metal uptake in the soil is ensured.

Acknowledgments

Amasya University BAP unit (FMB-BAP 17-0246) has supported this study

Conflict of Interest Declaration: There is no conflict of interest between the authors.

Contributions of the researchers are equal.

Contribution Rate Statement Summary of Researchers

The authors declare that they contributed to the article to a similar extent.

References

- Ali S., Abbas Z., Rizwan M., Zaheer IE., Yavaş İ., Ünay A., Daim MMA., Jumah MB., Hasanuzzaman M., Kalderis D. Application of floating aquatic plants in phytoremediation of heavy metals polluted water: A review. *Sustainability* 2020; 12(5): 1927.
- Ali SY., Chaudhury S. EDTA-enhanced phytoextraction by *Tagetes* sp. and effect on bioconcentration and translocation of heavy metals. *Environmental Processes* 2016; 3(4): 735-746.
- Angin I., Turan M., Ketterings QM., Cakici A. Humic acid addition enhances B and Pb phytoextraction by vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash. *Water, Air, and Soil Pollution* 2008; 188: 335-343.
- Baker AJM., Brooks RR. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements – a review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery* 1989; 1: 81–126.
- Blaylock MJ., Salt DE., Dushenkov S., Zakharova O., Gussman C., Kapulnik Y., Ensley BD., Raskin I. Enhanced accumulation of Pb in Indian mustard by soil-applied chelating agents. *Environmental Science and Technology* 1997; 31(3): 860-865.

- Bower CA., Gschwend FB. Ethylene glycol retention by soils as a measure of surface area and interlayer swelling. *Soil Science Society of America Journal*, 1952; 16(4): 342-345.
- Brooks RR. Plants that hyperaccumulate heavy metals. *Plants and the chemical elements: biochemistry, uptake, tolerance and toxicity*, 1994; 87-105.
- Canal SB., Bozkurt MA., Yılmaz H. The effect of humic acid on rapeseed (*Brassica napus* L.) plant growth, heavy metal uptake, phytoremediation parameters (BCF, TF and TI), and antioxidant activity in heavy metal polluted soil. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences* 2022; 32(2): 237-248.
- Chapman HD. Evaluation of the micronutrient status of soil. In *Int Symp Soil Fert Eval New Delhi Proc* 1971; (1): 927-947.
- Clemens S. Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants. *Biochimie* 2006; 88(11): 1707-1719.
- Çağlar KÖ. Toprak Bilgisi. A.Ü.Yayın1949; No:10
- De la Rosa G., Peralta-Videa JR., Cruz-Jimenez, G., Duarte-Gardea M., Martinez-Martinez A., Cano-Aguilera I., Sharma NC., Sahi SV., Gardea-Torresdey JL. Role of ethylenediaminetetraacetic acid on lead uptake and translocation by tumbleweed (*Salsola kali* L.). *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal* 2007; 26(5): 1033-1039.
- de Melo BAG., Motta FL., Santana MHA. Humic acids: Structural properties and multiple functionalities for novel technological developments. *Materials Science and Engineering* 2016; (62): 967-974.
- Deram A., Petit, D., Robinson B., Brooks R., Gregg P., Van Halluwyn C. Natural and induced heavy-metal accumulation by *Arrhenatherum elatius*: Implications for phytoremediation. *Communications in soil science and plant analysis* 2000; 31(3-4): 413-421.
- Elkıran Ö. Removal of heavy metals from the environment via phytoremediation green reclamation method. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry* 2016; 44(4): 525-533
- Er H., Meral R., Kuşlu Y. Tuzlu toprakların halofit bitkiler kullanarak fitoremediasyon yöntemiyle iyileştirilmesi olanaklarının değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Scientific Reviews* 2021; 14(2): 101-110.
- Evangelou MW., Ebel M., Schaeffer A. Chelate assisted phytoextraction of heavy metals from soil. Effect, mechanism, toxicity, and fate of chelating agents. *Chemosphere* 2007; 68(6): 989-1003.
- Farid M., Ali S., Shakoor MB., Bharwana SA., Rizvi H., Ehsan S., Hannan F. EDTA assisted phytoremediation of cadmium, lead and zinc. *Int J Agron Plant Prod* 2013; 4(11): 2833-2846.
- García S., Zornoza P., Hernández LE., Esteban E., Carpena RO. Response of *Lupinus albus* to Pb-EDTA indicates relatively high tolerance. *Toxicological & Environmental Chemistry* 2017; 99(9-10): 1378-1388.

- Gleba D., Borisjuk NV., Borisjuk LG., Kneer R., Poulev A., Skarzhinskaya M., Dushenkov S., Logendra S., Gleba YY., Raskin I. Use of plant roots for phytoremediation and molecular farming. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 1999; 96(11): 5973-5977.
- Guan H., Dong L., Zhang Y., Bai S., Yan L. GLDA and EDTA assisted phytoremediation potential of *Sedum hybridum* 'Immergrunchen' for Cd and Pb contaminated soil. *International Journal of Phytoremediation* 2022; 24(13): 1395-1404.
- Gul I., Manzoor M., Kallerhoff J., Arshad M. Enhanced phytoremediation of lead by soil applied organic and inorganic amendments: Pb phytoavailability, accumulation and metal recovery. *Chemosphere* 2020; 258: 127405.
- Guo J., Lv X., Jia H., Hua L., Ren X., Muhammad H., Wei T., Ding Y. Effects of EDTA and plant growth-promoting rhizobacteria on plant growth and heavy metal uptake of hyperaccumulator *Sedum alfredii* Hance. *Journal of Environmental Sciences* 2020; 88: 361-369.
- Gurajala HK., Cao X., Tang L., Ramesh TM., Lu M., Yang X. Comparative assessment of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) genotypes for phytoremediation of Cd and Pb contaminated soils. *Environmental Pollution* 2019; 254: 113085.
- Hadi F., Ali N., Ahmad A. Enhanced phytoremediation of cadmium-contaminated soil by *Parthenium hysterophorus* plant: effect of gibberellic acid (GA3) and synthetic chelator, alone and in combinations. *Bioremediation Journal* 2014; 18(1): 46-55.
- Halim M., Conte P., Piccolo A. Potential availability of heavy metals to phytoextraction from contaminated soils induced by exogenous humic substances. *Chemosphere* 2003; 52(1): 265-275.
- Haworth RD. The chemical nature of humic acid. *Soil Science* 1971; 111(1): 71-79.
- Hovsepyan A., Greipsson S. EDTA-enhanced phytoremediation of lead-contaminated soil by corn. *Journal of Plant Nutrition* 2005; 28(11): 2037-2048.
- Huang JW., Chen J., Berti WR., Cunningham SD. Phytoremediation of lead-contaminated soils: role of synthetic chelates in lead phytoextraction. *Environmental Science and Technology* 1997; 31(3): 800-805.
- İpek A. Bazı tarım bitkileri kullanılarak kurşun kirliliğinin şelat destekli fitoremediasyon yöntemiyle giderilmesi. Amasya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Amasya, Türkiye, 2019
- Jiang W., Liu D., Hou W. Hyperaccumulation of cadmium by roots, bulbs and shoots of garlic (*Allium sativum* L.). *Bioresource Technology* 2001; 76(1): 9-13.
- Kacar B., İnal A. Bitki Analizleri. Nobel Yayınları, Yayın No: 1241, Fen Bilimleri, 892. Nobel Yayın 2008; 892 s. Ankara, Türkiye.
- Kalender L., Alçiçek Ö. *Astragalus angustifolius*, *Artemisia* sp. ve *Juncus effusus* uranyum ve toryum için biyoakümülatör özellikleri, Fırat Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi 2016; 28(2): 267-273.

- Kayser A., Wenger K., Keller A., Attinger W., Felix HR., Gupta SK., Schulin R. Enhancement of phytoextraction of Zn, Cd, and Cu from calcareous soil: The use of NTA and sulfur amendments. *Environmental Science and Technology* 2000; (34): 1778–1783.
- Khan AG., Kuek C., Chaudhry TM., Khoo CS., Hayes WJ. Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation. *Chemosphere* 2000; 41(1-2): 197-207.
- Kılıç DD., İpek A. Bazı tarım bitkileri kullanılarak arıtma çamurundan kurşun kirliliğinin şelat destekli fitoremediasyon yöntemiyle giderilmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology* 2019; 9(1): 458-467.
- Ladillas S., El-Mufleh A., Gerente C., Chazarenc F., Andres Y., Bechet B. Potential of aquatic macrophytes as bioindicators of heavy metal pollution in urban stormwater runoff. *Water Air and Soil Pollution* 2012; 223(2): 877–888.
- Lai HY., Chen, ZS. The EDTA effect on phytoextraction of single and combined metals-contaminated soils using rainbow pink (*Dianthus chinensis*). *Chemosphere* 2005; 60(8): 1062-1071.
- Li NY., Fu QL., Zhuang P., Guo B., Zou B., Li ZA. Effect of fertilizers on Cd uptake of *Amaranthus hypochondriacus*, a high biomass, fast growing and easily cultivated potential Cd hyperaccumulator. *International journal of phytoremediation* 2012; 14(2): 162-173.
- Li T., Cheng H., Oh K., Hosono S. Effect of humic acid and bacterial manure on distribution of heavy metals in different organs of maize. *International Journal of Environmental Science and Development* 2014; 5(4): 393.
- Li Z., Shuman LM. Redistribution of forms of zinc, cadmium and nickel in soils treated with EDTA. *Science of the Total Environment* 1996; 191(1-2): 95-107.
- Liu D., Zou J., Meng Q., Zou J., Jiang W. Uptake and accumulation and oxidative stress in garlic (*Allium sativum* L.) under lead phytotoxicity. *Ecotoxicology* 2009; 18: 134-143.
- Lu S., Du Y., Zhong D., Zhao B., Li X., Xu M., Wu L. Comparison of trace element emissions from thermal treatments of heavy metal hyperaccumulators. *Environmental Science and Technology* 2012; 46(9): 5025-5031.
- Miao YANG., Xiao XY., Miao XF., Guo ZH., Wang FY. Effect of amendments on growth and metal uptake of giant reed (*Arundo donax* L.) grown on soil contaminated by arsenic, cadmium and lead. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China* 2012; 22(6): 1462-1469.
- Mousavi A., Pourakbar L., Moghaddam SS., Popović-Djordjević J. The effect of the exogenous application of EDTA and maleic acid on tolerance, phenolic compounds, and cadmium phytoextraction by okra (*Abelmoschus esculentus* L.) exposed to Cd stress. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 2021; 9(4): 105456.
- Nair AS., Machiavelli S., Babita K. Phytoremediation of heavy metals contaminated soil using tegetes patula. *Annals of Biology* 2019; 35(2): 181-185.

- Najeeb U., Ahmad W., Zia MH., Zaffar M., Zhou W. Enhancing the lead phytostabilization in wetland plant *Juncus effusus* L. through somaclonal manipulation and EDTA enrichment. *Arabian Journal of Chemistry*, 2017; 10, S3310-S3317.
- Nascimento CW., Amarasiriwardena D., Xing B. Comparison of natural organic acids and synthetic chelates at enhancing phytoextraction of metals from a multi-metal contaminated soil, *Environmental Pollution* 2006;140: 114-123
- Nowack B., Schulin R., Robinson BH. Critical assessment of chelant-enhanced metal phytoextraction. *Environmental Science and Technology* 2006; 40(17): 5225-5232.
- Oh SY., Yoon MK. Chemical extraction of arsenic from contaminated soils in the vicinity of abandoned mines and a smelting plant under subcritical conditions. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 2014; 23(2): 166-179.
- Olsen SR. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Department of Agriculture, 1954.
- Özay C., Mammadov R. Ağır metaller ve süs bitkilerinin fitoremediasyonda kullanılabilirliği. *BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi* 2013; 15(1): 67-76
- Padmavathiamma PK., Li LY. Phytoremediation technology: hyper-accumulation metals in plants. *Water Air and Soil Pollution* 2007; 184(1-4): 105-126.
- Pak O. Kırklareli sınırları içerisindeki otoban kenarlarında bulunan tarım arazilerinde bazı ağır metal kirliliğinin araştırılması. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme ABD, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, Türkiye, 2011
- Pareek S., Sagar NA., Sharma S., Kumar V. *Onion (Allium cepa L.) Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health*, 2nd Edition 2017; 1145-1162.
- Park S., Sung K. Leaching potential of multi-metal-contaminated soil in chelate-aided remediation. *Water, Air, Soil Pollution*, 2020; 231(2): 40.
- Pinto PX., Al-Abed SR., Reisman DJ. Biosorption of heavy metals from mining influenced water onto chitin products. *Chemical Engineering Journal* 2011; 166(3): 1002-1009.
- Rasouli-Sadaghiani MH., Karimi H., Ashrafi Saeidlou S., Khodaverdiloo H. The effect of humic acid on the phytoremediation efficiency of Pb in the contaminated soils by wormwood plant (*Artemisia absantium*). *JWSS-Isfahan University of Technology* 2019; 22(4): 261-278.
- Rathika R., Srinivasan P., Alkahtani J., Al-Humaid LA., Alwahibi MS., Mythili R., Selvankumar T. Influence of biochar and EDTA on enhanced phytoremediation of lead contaminated soil by *Brassica juncea*. *Chemosphere* 2021; 271, 129513.
- Richards LA. (Ed.). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils* (No. 60). US Government Printing Office 1954.
- Romkens P., Bouwman L., Japenga J., Draaisma C. Potentials and drawbacks of chelate-enhanced phytoremediation of soils. *Environmental Pollution* 2002; 116(1): 109-121.

- Shahid M., Austruy A., Echevarria G., Arshad M., Sanaullah M., Aslam M., Nadeem M., Nasim W., Dumat C. EDTA-enhanced phytoremediation of heavy metals: a review. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal* 2014; 23(4): 389-416.
- Sheoran V., Sheoran AS., Poonia P. Factors affecting phytoextraction: a review. *Pedosphere* 2016; 26(2): 148-166.
- Tai Y, Yang Y, Li Z, Yang Y, Wang J, Zhuang P, Zou B. Phytoextraction of 55-year-old wastewater-irrigated soil in a Zn–Pb mine district: effect of plant species and chelators. *Environmental Technology* 2017; 1-13.
- Tanyıldız İpek A., Kılıç DD., Sürmen B. Phytoremediation efficiencies of *Brassica napus* and *Chenopodium quinoa* in soils contaminated with Pb using chelator complexes. *Anatolian Journal of Botany* 2022; 6(1): 13-17.
- Walkley A., Black IA. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 1934; 37(1): 29-38.
- Wang X., Wang Y., Mahmood Q., Islam E., Jin X., Li T., et al. The effect of EDDS addition on the phytoextraction efficiency from Pb contaminated soil by *Sedum alfredii* Hance. *J Hazard Mater.* 2009;168, 530–535.
- Wilkins DA. The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth. *New Phytologist* 1978; 80(3): 623-633.
- Yang Y., Jiang M., Liao J., Luo Z., Gao Y., Yu W., He R., Feng S. Effects of simultaneous application of double chelating agents to pb-contaminated soil on the phytoremediation efficiency of *Indocalamus decorus* QH Dai and the soil environment. *Toxics* 2022; 10(12): 713.
- Zayed A., Gowthaman S., Terry N. Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants: I. Duckweed. *Journal of Environmental Quality* 1998; 27(3): 715-721.
- Zhang H., Guo Q., Yang J., Ma J., Chen G., Chen T., Zhu G., Wang J., Zhang G., Wang X., Shao C. Comparison of chelates for enhancing *Ricinus communis* L. phytoremediation of Cd and Pb contaminated soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 2016; 133, 57-62.
- Zhivotovsky OP., Kuzovkina YA., Schulthess CP., Morris T., Pettinelli, D. Lead uptake and translocation by willows in pot and field experiments. *International journal of phytoremediation* 2011; 13(8): 731-749.
- Zhou J., Chen LH., Peng L., Luo S., Zeng QR. Phytoremediation of heavy metals under an oil crop rotation and treatment of biochar from contaminated biomass for safe use. *Chemosphere* 2020; 125856.

Eriyik Yığıma Modelleme ile Üretilen Kafes Yapılı Parçaların Bağlı Mukavemetinin İncelenmesi

Mevlüt Yunus KAYACAN¹, Arda Çağatay AKÇAY², Emre YILMAZ³, Ahmet ÜZÜN^{4*}

^{1,2,3,4}İsparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Merkez/İsparta

¹<https://orcid.org/0000-0003-3557-9537>

²<https://orcid.org/0000-0003-1030-6479>

³<https://orcid.org/0000-0001-5354-4317>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-4478-8253>

*Sorumlu yazar: ahmetuz077@gmail.com

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 21.11.2022

Kabul tarihi:06.04.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Eklemeli imalat

PLA

TPU

Basma testi

Özgül mukavemet

Eriyik yığıma modelleme

ÖZ

Geniş kullanım alanına sahip Eklemeli İmalat yöntemlerinden Eriyik Yığıma Modellemenin (EYM) tercih edilirliliği gittikçe artmaktadır. Genellikle, yüksek mekanik özelliklere ihtiyaç duyulmayan, fonksiyonellik yerine kozmetik unsurların ön planda olduğu ürünlere yönelik uygulamalarda tercih edilmektedir. EYM yöntemi için geliştirilen yeni malzemelerin, elastomer ve kompozitlerle zenginleşmesi sonucunda farklı uygulama alanları da karşımıza çıkmaya başlamıştır. Bu çalışma kapsamında, standart PLA filamentlerin yanı sıra, elastomer özellikteki TPU (Termoplastik Poliüretan) ve kompozit yapıdaki karbon elyaf takviyeli TPU malzemelerin mekanik özelliklerine odaklanılmıştır. Farklı üretim stratejileri ve kafes yapıların kullanılması sonucunda elde edilen ürünlerin basma dayanımı ve bağlı mukavemeti araştırılmıştır. Böylece kafes yapılar ve imalat stratejileri ile düşük maliyetli ve bağlı mukavemeti yüksek yapılar daha kısa imalat sürelerinde elde edilebilmiştir. Ayrıca, özellikle TPU ve karbon elyaf katkılı TPU malzemelerin basma testleri sonucunda geri yaylanma “spring back” ile başlangıç geometrisine dönme davranışı sergilediği tespit edilmiştir.

Investigations of The Relative Strength of Lattice Infilled Parts Manufactured by Fused Deposition Modelling

Research Article

Article History:

Received: 21.11.2022

Accepted: 06.04.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Additive manufacturing

PLA

TPU

Compression testing

Specific strength

Fused deposition modeling

ABSTRACT

Fused deposition modeling (EYM), one of the most common methods of additive manufacturing, has been widely used in recent years. It is generally preferred in applications for products where high mechanical properties are not required and where visuality is at the forefront instead of functionality. However, as a result of the enrichment of new materials developed for the EYM method with elastomers and composites, different application areas have emerged. This study focuses on the mechanical properties of elastomeric TPU (Thermoplastic Polyurethane) and carbon fiber-reinforced TPU materials in addition to the traditionally used PLA filaments. The compressive strength and relative strength values resulting from the use of different processing strategies and lattice structures were investigated. Thus, lightweight, low-cost, and high-relative strength structures that can be produced in a shorter time with lattice structures and processing strategies have been obtained. Furthermore, compression tests revealed that TPU and carbon fiber-reinforced TPU materials, in particular, returned to their initial geometry with spring back.

To Cite: Kayacan MY., Akçay AÇ., Yılmaz E., Üzün A. Eriyik Yığıma Modelleme ile Üretilen Kafes Yapılı Parçaların Bağlı Mukavemetinin İncelenmesi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 278-300.

Giriş

Teknolojik ürünlerin hafifletilmesi verimlilik ve maliyet açısından önem taşımaktadır. Günümüzde çoğu sanayi sektörünün hedefi ürünün mekanik özelliklerini kaybetmeden hafifletilmiş olarak tasarlayıp üretmektir. Bu etkenler göz önüne alındığında geleneksel imalat yöntemlerinin yerini yeni imalat yöntemleri almıştır. Eklemeli imalat yöntemleri geleneksel imalat yöntemlerinin aksine toplam kütleden eksiltilerek parça üretmek yerine en baştan katmanlar eklenerek parça üretmek esasına dayanmaktadır. Böylece eklemeli imalat ile geleneksel imalat yöntemleriyle üretilmeyecek veya zor ve yüksek maliyetli karmaşık geometrilere sahip parçaları üretme imkânı sağlanmıştır. Eklemeli imalat yöntemlerinden Eriyik Yığılma Modelleme (EYM) diğer yöntemlere göre (stereolitografi {SLA}, seçici lazer ergitme {SLM} vb.) daha basit çalışma prensibi ve düşük imalat maliyeti sayesinde en çok tercih edilen yöntemlerdendir. EYM metodunun çalışma prensibi, filament adı verilen ham malzemenin makine kontrolünde ısıtılmış nozula iletilmesi ve nozul çıkışının boyutlarındaki iplikleri katmanlar halinde tabla üzerine sererek ürün imal edilir. Termoplastik malzemeler ile imalat yapan bu yöntem istenilen boyutlarda ve bu boyutlara uygun seçilen cihazlarda, karmaşık geometrilere ürünler imal etmek mümkündür. Her ürün kendine özgü özelliklerle sahiptir ve ihtiyaçlara göre üretilir. Bir mühendislik uygulamasında parçanın taşıyabileceği maksimum yük önemliyken insan vücudunda kullanılacak parçanın vücuda uyumluluğu daha fazla önem taşımaktadır. Bu nedenle eklemeli imalat, yüksek ürün kalitesi için en önemli adımlardan birisi kullanılacak ham madde seçimi olmaktadır (Popescu ve ark., 2018; Gordelier ve ark. 2019; Pereira ve ark., 2019; Solomon ve ark., 2021; Kristiawan ve ark., 2021). EYM eklemeli imalat yönteminde ham madde daire kesit alana sahiptir ve tel formundadır. EYM’de kullanılan bu ham maddelere filament adı verilmektedir. Bu filamentler genel olarak 1.75, 2.85 ve 3.00 mm çapındadır. PLA (Polilaktik asit), ABS (Akrilonitril Bütadien Stiren), TPU (Termoplastik Poliüretan), PETG (Polietilen Tereftalat Glikol) ve özel filamentler (karbon elyaf katkılı, ahşap katkılı vb.) yaygın olarak kullanılan filamentlere örnek olarak verilebilirler (Ergene ve Bolat, 2022; Ergene ve ark. 2023). Filamentler termoplastik malzemelerdir. Termoplastik (ısıyla yumuşayan plastik) malzemeler belirli sıcaklıklara kadar ısıtılınca malzeme özelliklerini kaybetmeyip kolay şekil verilebilen ve soğuyunca tekrardan katılaşarak formunu koruyan plastik polimer malzemelerdir. İmalat sonrası katılaşmış formdaki PLA’nın çekme gerilmesi 55–70 MPa arasındadır (Slapnik ve ark. 2021). TPU’nun çekme gerilmesi ise 50 MPa değerindedir (Alias ve ark. 2019).

Eklemeli imalatın sağladığı diğer bir önemli avantaj ise ürün verimliliğidir. Bu çalışmada bağıl mukavemet birim yoğunluk başına düşen gerçek gerilme olarak kullanılmıştır. Bağıl mukavemeti arttırmak için karmaşık kafes yapılarından yararlanılmıştır. Bu kafes yapıları sayesinde geleneksel yöntemlerle imal edilmiş ürünlere göre bağıl mukavemeti yüksek ürünler imal edilmiştir. Bu sayede geleneksel imalat ile imal edilen ürünlere göre daha hafif ancak daha dayanıklı ürünler imal edilmiştir (Liu ve ark., 2018; Anandkumar ve Babu; 2019; Pan ve ark., 2020).

Kafes yapılar yüksek dayanım ve ağırlık oranı özellikleri ile periyodik olarak düzenlenmiş üç boyutlu birim hücrelere sahip çoğunlukla içi boş yapılardır. Kafes yapıların özellikleri doğrudan birim hücrenin şekline ve yapısına bağlı olduğu için tasarımdan tasarıma farklı mekanik özellikler gösterebilmektedir. Biyomedikal, uzay araçları, uçak ve otomotiv gibi birçok alandaki çeşitli ihtiyaçlara uygun mekanik davranışlar sergileyecek biçimde düzenli veya düzensiz yapılarda kafes yapıları tasarlanabilmektedir. Kafes yapılar ihtiyaca uygun şekilde belirli bir kuralla göre veya kuralsız olarak tasarlanabilmektedir (Feng ve ark., 2018; Tamburrino ve ark., 2018; Kumar ve ark., 2020; Akdoğan ve Vanlı, 2020; Kummert ve ark., 2021).

Kafes yapılar birim hücre düzenine veya düzensiz tekrarlanabilme yapısına göre periyodik ve stokastik kafes yapılar olarak isimlendirilmektedir. Literatüre göre, kafes yapıların mekanik özellikleri dizilimlerine ve şekillerine göre değişiklik göstermektedir. Kafes yapılar mekanik davranışlarına göre ikiye ayrılır, çekme-etkin yapılar ve eğilme-etkin yapılar olarak isimlendirilir. Açık hücreli kafes yapılar eğilme-etkin davranış gösterirken kapalı hücreli yapılar çekme-etkin davranış sergilemektedir. Birim hücreler bir sıraya göre dizilmişse ağısı (stokastik olmayan) olarak isimlendirilirler. Deformasyon davranışı, birim hücrelerin sınırlarını belirlemektedir ve bu davranış ile birim hücrenin esneme veya bükülme özellikleri öğrenilir (Cheng ve ark., 2018; Yáñez ve ark., 2018; Ling ve ark., 2019; Nasrullah ve ark., 2020; Korshunova ve ark., 2021; Holmes ve ark., 2022). Octet-Truss kafes yapısı çubuk tipi kafes yapılardan bir tanesidir. Üç eksende eşit ya da yakın değerlerde mukavemet göstermektedir. Re-entrant kafes yapısı yüzey tipinde kafes yapılardandır. Re-entrant, bir eksende diğerlerinden daha fazla uzama göstermektedir. Gyroid, tüm eksenlerinde periyodik çoğaltılabilen, minimum yüzey alanına sahip kafes yapılardan biridir. Gyroid mekanik dayanımı ve fonksiyonel avantajları ile özellikle sağlık alanında hücre gelişimine yarar sağlamasıyla, implantlarda sıklıkla tercih edilen bir kafes yapısıdır (Korkmaz ve ark., 2022).

Bu çalışmada farklı malzemelerin aynı kafes yapılarında ne gibi mekanik davranışlar sergilediği incelenmiştir. Ayrıca çalışma kapsamında farklı kafes yapılar da kullanılarak, birbirleri arasında ne gibi farklı mekanik özellikler olacağı incelenmiştir. Literatürdeki diğer çalışmadan farklı olarak farklı malzemeler ve kafes yapı kombinasyonları ile imal edilen numunelerin bağlı mukavemetler bakımından karşılaştırmalarına yer verilmiştir. Karşılaştırmalarda, bağlı mukavemet ve bağlı yoğunluk önemli kriterler olarak belirlenmiştir.

Materyal ve Metot

Bu çalışmada malzeme olarak poliaktik asit (PLA), termoplastik poliüretan (TPU) ve karbon elyaf katkılı termoplastik poliüretan (TPU+%1,5 CF) filamentler kullanılmıştır. PLA, sert bir yapıya sahiptir (79,5 shore D) (Singh ve ark., 2020). Dayanıklısıdır ve darbelere karşı dirençlidir. Yaklaşık %6 uzama gerinimine sahiptir, ancak kırılğan bir davranış sergiler. Termoplastik Poliüretanlar (TPU), yüksek kimyasal dayanımı, yüksek yorulma direnci, yüksek aşınma direnci ve yüksek darbe dayanımına sahiptir. %500'ün üzerinde uzama kabiliyetine sahiptir. Yağlara, çözücülere, kimyasallara karşı

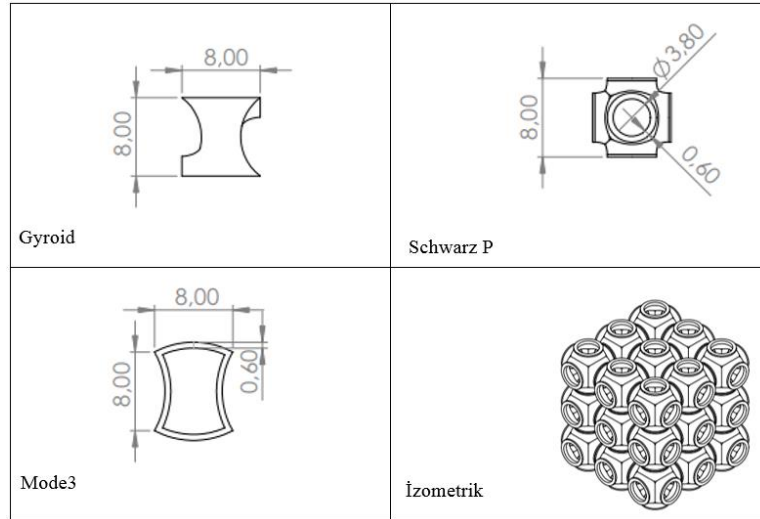
dirençlidir. Karbon elyaf katkılı termoplastik poliüretan (TPU+%1,5 CF), bileşimindeki karbon elyaf katkı malzemesi sayesinde, takviyesiz standart TPU'ya kıyasla, yüksek çekme mukavemeti, yüksek ısı toleransı ve daha yüksek kimyasal direnç sağlar. Bu malzemedeki karbon elyaf katkısı ile diğer iki malzemeye kıyasla elektriksel iletkenliği daha yüksektir. İmalatta kullanılan PLA, TPU ve TPU+1.5%CF filamentlerine ait teknik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir (Murariu ve ark., 2016; Sattar ve ark., 2015).

Tablo 1. Filamentlerin teknik özellikleri

	PLA	TPU	TPU+CF
Özgül Ağırlık (gr/cm³)	1,25	1,22	1,23
Shore Sertliği (D)	79.5	41.8	14
Aşınma Kaybı (mm³)	4,2	40	34
Gerilim Modülleri (N/mm²)			
%50	• N/A	• 3,1	• 5,2
%100	• 3,6	• 4,8	• 7,2
%300	• N/A	• 9,6	• 13,0
Kopma Uzaması (%)	10	810	520
Yırtılma Mukavemeti (N/mm²)	65	90	75

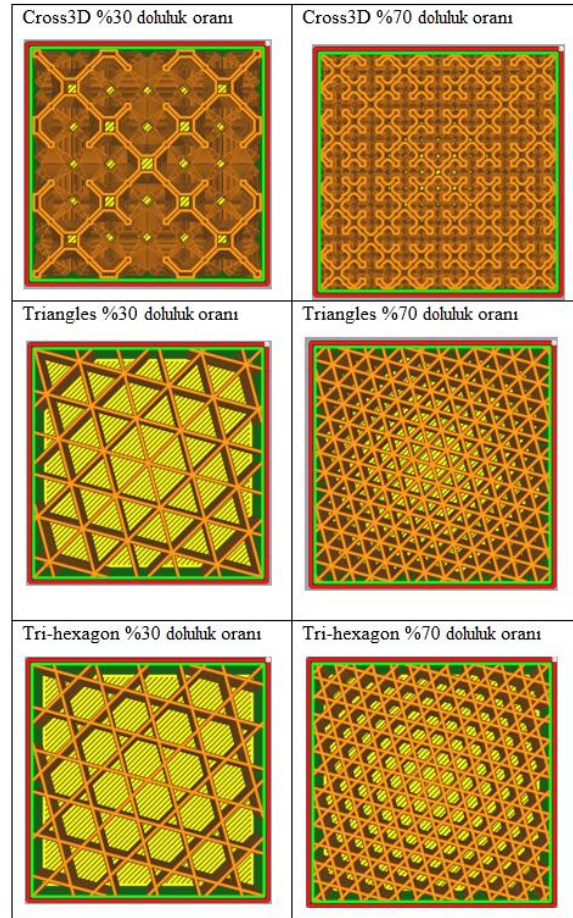
Literatürdeki kafes yapılar incelenerek en iyi mekanik özellikleri vereceği düşünülen 5 farklı kafes yapı ve 3 farklı dolgu deseni belirlenmiştir. Gyroid, Schwarz P ve Mode 3 kafes yapılar ele alınmıştır. Tam dolu numuneler ise tri-hexagon, triangles ve cross 3D dolgu desenleri ile imal edilmiştir. Dolu numuneler için %30 ve %70 doluluk oranı tercih edilmiştir (Helou ve ark., 2018; Nazir ve ark., 2019; Tao ve ark., 2021; Karkun ve Dharmalingam, 2022).

Gyroid ve Schwarz P, 8x8x8 mm boyutunda birim hücrelerden oluşturulmuştur. Kartezyen koordinat sistemine göre üç eksen (x, y ve z) üç adet birim hücre kullanılarak, toplam 27 adet geometri oluşturulmuştur. Mode 3, 8x8 mm boyutunda birim hücrelerden oluşturulmuştur. Birim hücreler 24 mm uzunluk boyunca yan yana ve üst üste getirilerek yapılar oluşturulmuştur. Kafes yapıların duvar kalınlıkları Gyroid, Schwarz P, Mode 3 için 0,6 mm olarak belirlenmiştir. Ayrıca bir destek yapı kullanılmaksızın imalat gerçekleştirilmiştir. Şekil 1’de kafes yapıları oluşturan birim hücre yapılarına yer verilmiştir. (Birimler “mm” cinsindedir.)



Şekil 1. Kafes Yapıları Oluşturan Birim Hücreler

Dolu numune parçası olarak seçilen Tri-hexagon, Triangles ve Cross 3D desenleri yüzde 30 ve yüzde 70 doluluk oranlarındaki kesitleri Şekil 2’de gösterilmiştir. Dolu numune parçalarının tasarımları Ultimaker Cura programında hazırlanmıştır.



Şekil 2. Tri-Hexagon, Triangles ve Cross 3D Desenleri, Yüzde 30 ve Yüzde 70 Doluluk Oranlarındaki Kesitleri

Kullanılan malzemelerin görsel olarak kolay ayırt edilebilmesi için farklı renkler tercih edilmiştir. Beyaz renk PLA filamentini, kırmızı renk TPU filamentini ve siyah renk Karbon elyaf katkılı TPU filamentini temsil etmektedir. Her filament ve her bir kafes yapı için 4'er adet numune imal edilmiştir. Mekanik özellikleri incelemek için 33 adet, deneyde yaşanabilecek olası hatalar için ise 11 adet ilave numune imal edilmiştir. Numunelerin imalat toleransı " $\pm 0,1$ mm" olarak elde edilmiştir. Creality CR-6 SE bowden tipli EYM eklemeli imalat makinesi kullanılmış ve Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Creality CR-6 SE teknik özellikleri

Baskı Boyutu	235x235x250 mm
Baskı Hızı	80-100 mm/sn
Nominal Gerilim	100v-240v AC 50/50 Hz
Nominal Güç	350 W
Çıkış Voltajı	DC 24 V
Katman kalınlığı	0,1-0,4 mm
XY Konum Hassasiyeti	$\pm 0,01$ mm
Baskı çözünürlüğü	$\pm 0,1$ mm
Nozul Sıcaklığı	≤ 260 °C
Nozul Çapı	0,4 mm
Nozul sayısı	1
Tabla Sıcaklığı	≤ 110 °C

İmalatı gerçekleştirilecek numunelerin, ASTM D1621 standardına uygun şekilde katı modelleri oluşturulmuştur. İmalat sonrası numunelerin ASTM D1621 standartlarına uygunlukları gerekli boyutsal ölçümler alınarak kontrol edilmiştir. Üretim sırasında sorunlarla karşılaşılması ve hassas numune elde edilmesi amacıyla deneme imalatları gerçekleştirilmiştir. Deneme imalatında 30 mm/s, 40 mm/s ve 50 mm/s hızları her malzeme için denenmiştir. Her malzeme özelinde hızlar tabladan ayrışma, imalatın süresi ve ipliklenme gibi parametreler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. PLA için 50 mm/s hız belirlenmiştir. PLA için üç farklı nozul sıcaklığı denenmiştir. 205 °C, 210 °C ve 215 °C nozul sıcaklığı denenmiştir. PLA'nın nozulda sıvanma ve ipliklenme gibi hataların olmadığı imalatı 205 °C'de gerçekleşmiştir. TPU ve karbon katkılı TPU içinde 230 °C, 235 °C ve 240 °C olarak üç farklı nozul sıcaklığı denenmiştir. TPU'da 230 °C ve karbon katkılı TPU'da ise 240 °C nozul sıcaklığı hatasız imalat için belirlenmiştir. Diğer parametreler literatürde göz önüne alınarak Cura yazılımının standart parametreleri olarak kullanılmıştır (Tao ve ark., 2021). Deneme imalatları sonucunda optimum imalat parametreleri elde edilerek imalat parametreleri belirlenmiştir. Elde edilen optimum imalat parametreleri aşağıdaki Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Optimum imalat parametreleri

Filament	PLA	TPU	Karbon Katkılı TPU
Nozul çapı	0,4 mm	0,4 mm	0,4 mm
Nozul sıcaklığı	205 °C	230 °C	240 °C
Katman kalınlığı	0,2	0,2	0,2
Tablaya tutunma biçimi	Tek katmanlı destek	Tek katmanlı destek	Tek katmanlı destek
Tabla sıcaklığı	60 °C	60 °C	60 °C
Duvar kalınlığı	0,4 mm	0,4 mm	0,4 mm
Üst kalınlık	0,8 mm	0,8 mm	0,8 mm
Alt kalınlık	0,8 mm	0,8 mm	0,8 mm
İmalat hızı	50 mm/sn	30 mm/sn	30 mm/sn
Geri çekme	Var	Yok	Var
Katman kalınlığı	0,2	0,2	0,2
Soğutma fan hızı	%100	%100	%100
Dolu numunelerin doluluk oranı	%100, %70, %30	%100, %70, %30	%100, %70, %30
Dolu numunelerin dolumunun deseni	Line, tri-hexagon, triangles, cross3d	Line, tri-hexagon, triangles, cross3d	Line, tri-hexagon, triangles, cross3d

İmal edilen numunelerden elde edilen test sonuçları ile gerçek gerilme, bağıl mukavemet, yüzde epsilon, elastisite modülü, akma dayanımı, basma ve kopma dayanımları hesaplanmıştır. Bağıl mukavemet, gerçek gerilmenin yüzde gerçek bağıl yoğunluğa bölünmesiyle elde edilmiştir. Denklem (1)'de bağıl mukavemetin formülü verilmiştir.

$$\text{Bağıl Mukavemet} = \frac{\text{Gerçek Gerilme}}{\% \text{Gerçek Bağıl Yoğunluk}} \quad (1)$$

Gerilme, birim yüzeye düşen yükleme miktarı olarak tanımlanır. Gerilmeler, incelenen kesit yüzeye dikey etkiyorsa, bu gerilmeler normal gerilme (σ) olarak tanımlanır. Bu çalışmada normal gerilme kullanılmıştır ve Denklem (2)'de Normal gerilmenin formülü verilmiştir. "A" kesit alanı ifade etmektedir. "F" yüzeye etki eden dik kuvveti ifade etmektedir.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Gerinim (ϵ), birim şekil değiştirme, yük altındaki bir malzemenin, yük uygulanmadan önceki duruma göre şeklinin ne oranda değiştirdiğini ifade eder. Denklem (3)'de birim gerinim formülü verilmiştir. " l_0 " numunenin ilk boyunu ifade etmektedir. "L" numunenin son boyunu ifade etmektedir. " ΔL " ilk boy ile son boy arasındaki farkı ifade etmektedir.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{l_0} = \frac{L - l_0}{l_0} \quad (3)$$

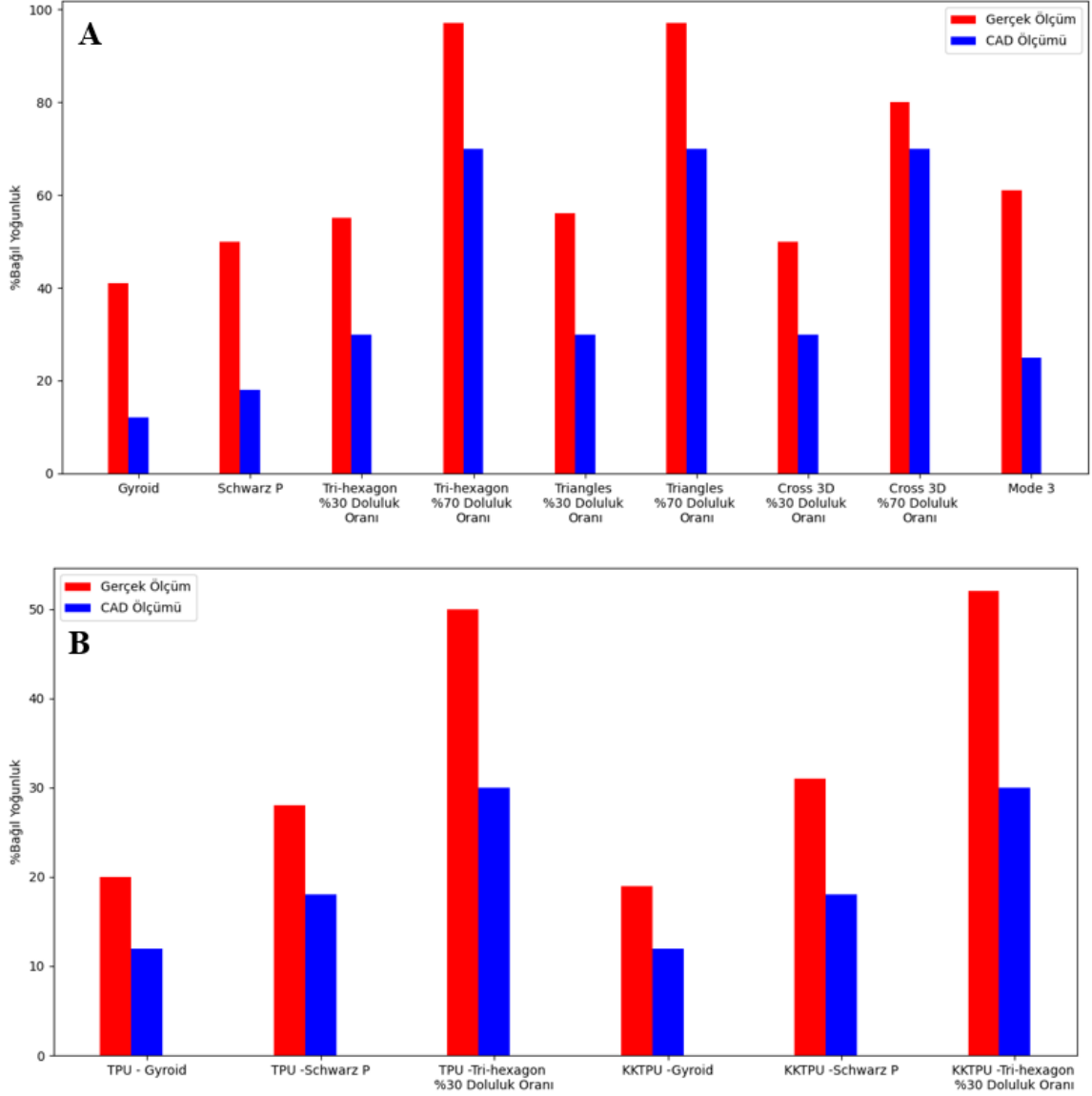
Elastisite modülü (E), malzemenin birim kesit alandaki birim boyu bir kat arttırmak için uygulanması gereken birim kuvveti gösterir. Aşağıda Denklem (4)'de elastisite modülünün formülü verilmiştir.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{\sigma l_0}{\Delta L} \quad (4)$$

Basma numunelerinin gerilme-şekil değiştirme eğrilerini belirlemek için kalibrasyonu doğrulanmış 100kN'luk yük uygulayabilen Hidrolik/Statik & Dinamik Deney Cihazı olan MTS 370.10 test cihazı kullanılmıştır. Testler 6mm/dk hız ile yapılmıştır. Her iki cihazda da PLA numunelerinin kafes yapılı olanları 18 mm deforme edilirken, dolum desenine sahip numuneler 16mm deforme edilmiştir. TPU numunelerinin kafes yapıları 18 mm deforme edildiğinde herhangi bir veriye ulaşamadı. Bu yüzden TPU numuneleri 25 mm deforme edilmiştir. Karbon elyaf katkılı TPU malzemesinde ise kafes yapılı numuneler 18mm deforme edilirken, dolum desenine sahip numuneler 16 mm deforme edilmiştir.

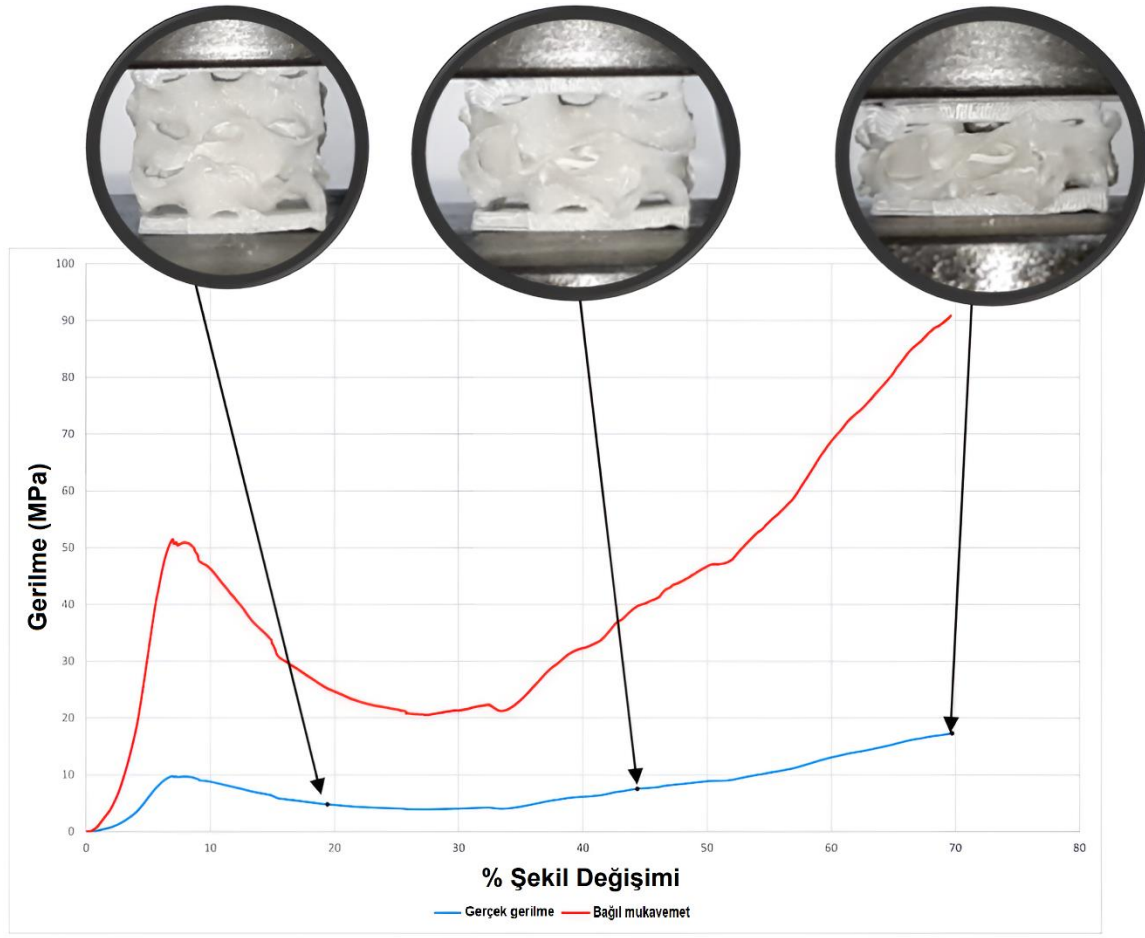
Bulgular ve Tartışma

Şekil 3'de tasarlanan modellerin ve üretilmiş olan numunelerin bağıl yoğunluklarının farklı olduğu anlaşılmaktadır. Kafes yapılı numunelerin mekanik testleri yaygın olarak bağıl yoğunluklar göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmektedir (Ergene ve Yalçın, 2022). Bu durum dilimleme programı ve makine hassasiyetinin yetersiz kalmasından dolayı oluşmuştur. PLA, TPU ve TPU+CF malzemeleri için yüzde bağıl yoğunluklar kendi içlerinde karşılaştırıldığında en düşük gerçek yoğunluğa sahip numuneler; PLA için %41 bağıl yoğunluk ile Gyroid birim hücreli numune, TPU için %20 bağıl yoğunluk ile Gyroid birim hücreli numune ve TPU+%1,5CF için %19 bağıl yoğunluk ile Gyroid birim hücreli numune olmuştur. Bu çıktılara göre her malzeme için kritik olan geometri türünün Gyroid olduğuna karar verilmiştir. Detay incelemeler her üç malzeme için de Gyroid birim hücreli numuneler üzerine yoğunlaştırılmıştır.



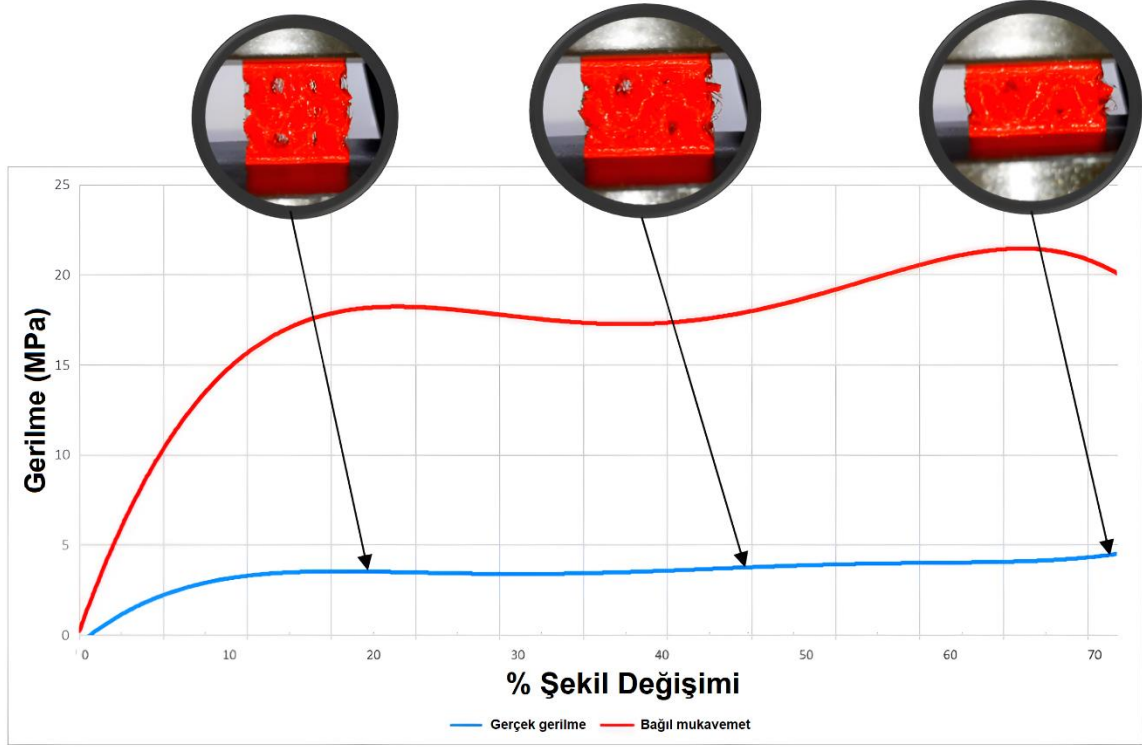
Şekil 3. A) PLA Numuneleri Bağlı Yoğunlukları, B) TPU ve Karbon Elyaf Katkılı TPU Numunelerinin Bağlı Yoğunlukları

Basma deneyi sırasında PLA malzemeden üretilmiş Gyroid birim kafes yapısına sahip numunenin gerçek gerilme değeri yaklaşık 10 MPa'a kadar artış göstermiştir ve akma noktasına ulaşmıştır. Elastik sınırdan sonra gerilme değerinde düşüş yaşanmıştır. Bu düşüş kafes yapıların deforme olarak geometrisinin bozulması nedeniyle mekanik dayanım gösterememesinden kaynaklanmıştır. Kuvvette artış devam ettikçe kafes yapılar sıkışmış ve yeniden mekanik dayanım artışı başlamıştır. Son anda numune yaklaşık 18MPa'a kadar bir gerçek gerilme oluşturmuştur. PLA malzemesinin gerçek gerilme grafiğinde gösterdiği düşüş ve yükselişlerden anlaşıldığı üzere sert ve tok polimerik özellik göstermiştir (Bergström ve Hayman, 2016). PLA malzemesinden üretilen Gyroid birim hücrelerine sahip numuneye ait gerilme-şekil değiştirme dayanımı grafiği Şekil 4'de gösterilmiştir.



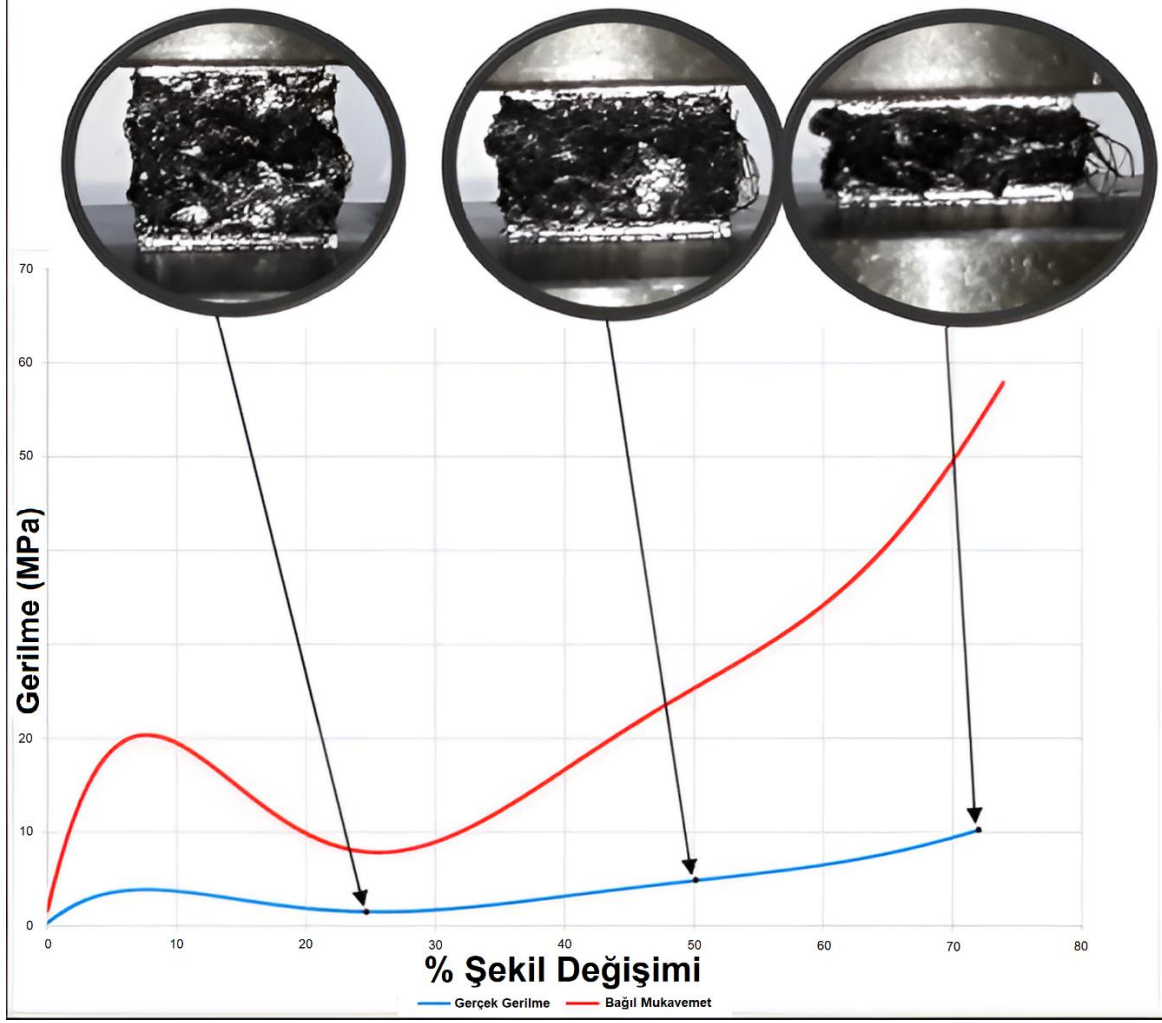
Şekil 4. PLA Malzemesi Gyroid Numunesine Ait Gerçek Gerilme ve Bağıl Mukavemet

Basma deneyi sonucunda oluşturulan gerilme-şekil değişimi incelenen TPU malzemesinden üretilen Gyroid birim hücrelerine sahip numunenin elastik sınırına ulaşamamıştır. Basma testi sonrası üzerindeki yüklemenin kaldırılması sonucunda numune başlangıç geometrisine tam olarak dönebilmiştir. Yaklaşık 4 MPa'a kadar bir gerçek gerilme göstermiş olmasına rağmen herhangi bir akma gözlemlenmemiştir. Ayrıca uygulanan deformasyon sonucunda numunede herhangi bir kırılma görülmemiştir. Numune 25 mm'ye kadar basılmış ve üzerindeki kuvvet kalktıktan sonra 24 saat içinde geri yaylanma göstererek ilk hali olan 28mm'ye geri dönmüştür. TPU malzemeden üretilen Gyroid numunesinde, PLA malzemesinden üretilen Gyroid numunesine göre %25 daha az bir gerçek gerilme olmuştur. TPU malzemesi gerçek gerilme grafiğinde gösterdiği sürekli artıştan anlaşıldığı üzere elastomer özelliği göstermiştir (Qi ve Boyce, 2005). TPU malzemesinden üretilen Gyroid birim hücrelerine sahip numuneye ait gerilme-şekil değiştirme dayanımı grafiği Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5. TPU Malzemesinin Gyroid Birim Hücreli Numunesine Ait Gerçek Gerilme ve Bağıl Mukavemet

Basma deneyi sonucunda oluşturulan gerilme-şekil değişimi incelenen karbon elyaf katkılı TPU filamentten üretilen Gyroid basma numunesi 4 MPa gerilme değerinde akma noktasına ulaşmıştır. Uygulanan deformasyon sonucunda numunede ezilmeler görülmüştür. Karbon elyaf katkısı nedeniyle malzemenin geri yaylanma özelliği %1,05 azalmıştır. Buna rağmen parça yaklaşık 24 saat içinde geri yaylanma etkisi göstererek 26,6 mm'ye geri dönmüştür. Karbon elyaf katkılı TPU malzemesi gerçek gerilme grafiğinde görülen sürekli artıştan anlaşıldığı üzere elastomer özelliği göstermiştir. Karbon elyaf katkılı TPU malzemesinden üretilen Gyroid birim hücreli numuneye ait gerilme-şekil değiştirme dayanımı grafiği Şekil 6'de gösterilmiştir.



Şekil 6. Karbon Elyaf Katkılı TPU Malzemedan Oluşan Gyroid Birim Hücreli Numunesine Ait Gerçek Gerilme ve Bağıl Mukavemet

%Bağıl yoğunluğa göre bakıldığında kritik olarak belirlenen Gyroid birim kafes yapısının farklı malzemelerdeki gerçek dayanımlarını ve bağıl mukavemetlerini değerlendirilmiştir. Test sonuçlarının farklı kafes yapılarına ve malzemelere göre farklılaştığı Tablo 4 ve Tablo 5'den anlaşılmaktadır. PLA numunelerin akma dayanımları ve %70 gerinim anındaki gerilmesi Tablo 4'de, TPU ve Karbon Katkılı TPU numunelerin akma dayanımları ve %70 gerinim anındaki gerilmesi Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 4. PLA Numunelerin Akma Dayanımları ve %70 Gerinim Anındaki Gerilmesi

No	PLA	Gerçek Akma Dayanımı (MPa)	Bağlı Akma dayanımı (MPa)	%70 gerinim anındaki gerçek gerilme (MPa)	%70 gerinim anındaki bağlı gerilme (MPa)
P1	Gyroid	10	52	18	91
P2	Schwarz P	7	24	18	65
P3	Tri-hexagon %30 doluluk oranı	42	75	43	76
P4	Tri-hexagon %70 doluluk oranı	49	51	81	85
P5	Triangles %30 doluluk oranı	31	56	52	87
P6	Triangles %70 doluluk oranı	47	50	81	86
P7	Cross 3D %30 doluluk oranı	18	38	32	61
P8	Cross 3D %70 doluluk oranı	22	27	82	94
P9	Mode 3	7	19	53	140

Tablo 5. TPU ve Karbon Katkılı TPU Numunelerin Akma Dayanımları ve %70 Gerinim Anındaki Gerilmesi

	TPU	Gerçek Akma Dayanımı (MPa)	Bağlı Akma dayanımı (MPa)	%70 gerinim anındaki gerçek gerilme (MPa)	%70 gerinim anındaki bağlı gerilme (MPa)
T1	Gyroid	4	17	5	20
T2	Schwarz P	1,5	5	3	12
T3	Tri-hexagon %30 doluluk oranı	3	7	8	15
	TPU+%1,5CF	Gerçek Akma Dayanımı (MPa)	Bağlı Akma dayanımı (MPa)	%70 gerinim anındaki gerçek gerilme (MPa)	%70 gerinim anındaki bağlı gerilme (MPa)
C1	Gyroid	4	21	10	58
C2	Schwarz P	2,5	7,5	12	40
C3	Tri-hexagon %30 doluluk oranı	21	39	25	45

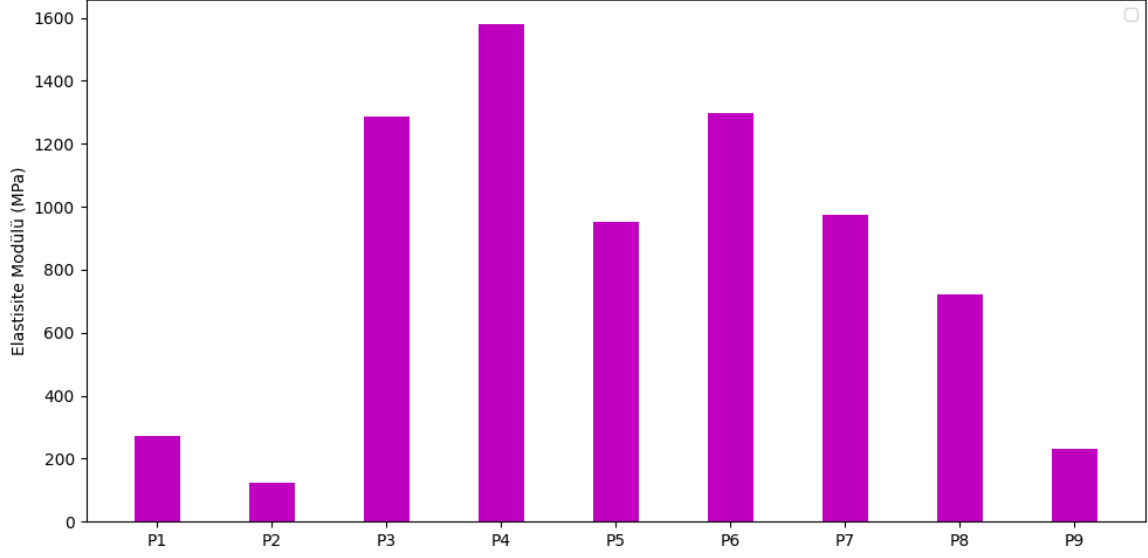
Kafes yapılar nedeniyle bağlı yoğunluğun ortaya çıktığı tasarımlarda çekme-basma gibi mekanik özellikler bağlı mukavemet ile ilişkilendirilmektedir (Ergene ve ark., 2021). PLA malzemeden üretilen numuneler içerisinde test sonuçlarına göre %70 doluluk oranına sahip Tri-hexagon numunenin gerçek akma dayanımı 49 MPa ile en yüksek değere sahiptir. PLA malzemesinden üretilen numuneler içerisinde %70 doluluk oranına sahip Tri-hexagon numune Gyroid'e göre 4,9 kat daha yüksek gerçek akma dayanımına sahiptir. PLA malzemeden üretilen numuneler içerisinde bağlı akma dayanımı 75

MPa ile en yüksek olan %30 doluluk oranına sahip tri-hexagon numunedir. PLA malzemeden üretilen numuneler içerisinde %30 doluluk oranına sahip Tri-hexagon numune Gyroid'den 1,44 kat daha yüksek bağıl akma dayanımına sahiptir. PLA ile üretilen numuneler içerisinde %70 gerinim anındaki gerçek gerilme incelendiğinde 82 MPa ile en yüksek sonucu %70 doluluk oranına sahip Cross 3D numune vermiştir. PLA malzemesinden üretilen numuneler içerisinde %70 doluluk oranına sahip Cross 3D numunenin %70 gerinim anındaki gerçek gerilmesi Gyroid numunesine göre 1,58 kat daha yüksek sonuç vermiştir. PLA'dan üretilen numuneler içinde %70 gerinim anındaki bağıl gerilmeler incelendiğinde 140 MPa ile en yüksek sonucu Mode 3 numune vermiştir. PLA malzemeden üretilen Mode 3 numunenin %70 gerinim anındaki bağıl gerilmesi Gyroid numuneye göre 1,54 kat yüksek çıkmıştır.

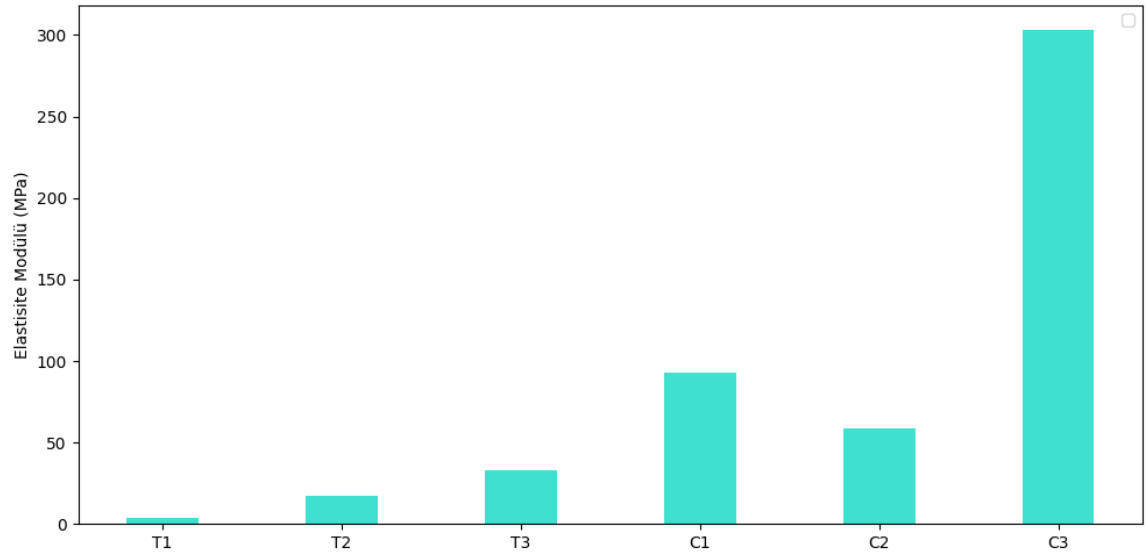
TPU malzemeden üretilen Gyroid numunenin gerçek akma dayanımı 4 MPa ile en yüksek değere sahiptir. TPU malzeme ile üretilen Gyroid numune 17 MPa bağıl akma dayanımı ile aynı malzeme türündeki numuneler arasında en yüksek değere ulaşmıştır. TPU malzemeden üretilen numunelerin %70 gerinim anındaki gerçek gerilmesi incelendiğinde 8 MPa ile en yüksek sonucu %30 doluluk oranına sahip Tri-hexagon numune vermiştir. TPU malzemeden üretilen numuneler arasında %70 doluluk oranına sahip Cross 3D numunenin %70 gerinim anındaki gerçek gerilmesi Gyroid numuneye göre 1,6 kat daha yüksek sonuç vermiştir. TPU malzemeden üretilen numunelerden Gyroid %70 gerinim anındaki bağıl gerilmeleri incelendiğinde, 20 MPa ile en yüksek değeri göstermiştir.

Karbon elyaf katkılı TPU malzemeden üretilen numuneler içerisinde %30 doluluk oranına sahip Tri-hexagon numune 21 MPa gerçek akma dayanımı ile en yüksek değere sahiptir. Karbon elyaf katkılı TPU malzemeden üretilen numunelerde %30 doluluk oranına sahip Tri-hexagon, Gyroid numuneye göre 5,25 kat daha yüksek gerçek akma dayanımı göstermiştir. Karbon elyaf katkılı TPU malzemeden üretilen numuneler içinde 39 MPa bağıl akma dayanımı ile %30 doluluk oranına sahip Tri-hexagon daha üstün özelliklere sahiptir. Karbon elyaf katkılı TPU malzemeden üretilen numuneler içerisinde 30 doluluk oranına sahip Tri-hexagon % numunesi Gyroid numuneye göre 1,86 kat daha yüksek bağıl akma dayanımına sahiptir. Karbon elyaf katkılı TPU malzemeden üretilen numuneler içerisinde %70 gerinim anındaki gerçek gerilmesi incelendiğinde 25 MPa ile en yüksek sonucu Tri-hexagon %30 doluluk oranına sahip numune vermiştir. Karbon elyaf katkılı TPU malzemeden üretilen numunelerde %30 doluluk oranına sahip Tri-hexagon numunenin %70 gerinim anındaki gerçek gerilmesi Gyroid numunesine göre 2,5 kat daha yüksek performansı vermiştir. Karbon elyaf katkılı TPU malzemeden üretilen numunelerden Gyroid %70 gerinim anında, 58 MPa ile en yüksek sonucu vermiştir.

Elastisite modülü yüksek olan polimer malzeme gevrek bir davranış sergilemektedir. Aksine elastisite modülü düşük çıkan bir plastik malzeme ise elastomerik bir davranış sergileyebilmektedir. Deneyle sonucunda elde edilen elastisite modülleri Şekil 7 ve Şekil 8'de verilmiştir. (Şekil 7 ve Şekil 8'deki "X" ekseninde yer alan ifadeler Tablo 4 referans alınarak hazırlanmıştır.)



Şekil 7. PLA Numunelerinin Elastisite Modülleri

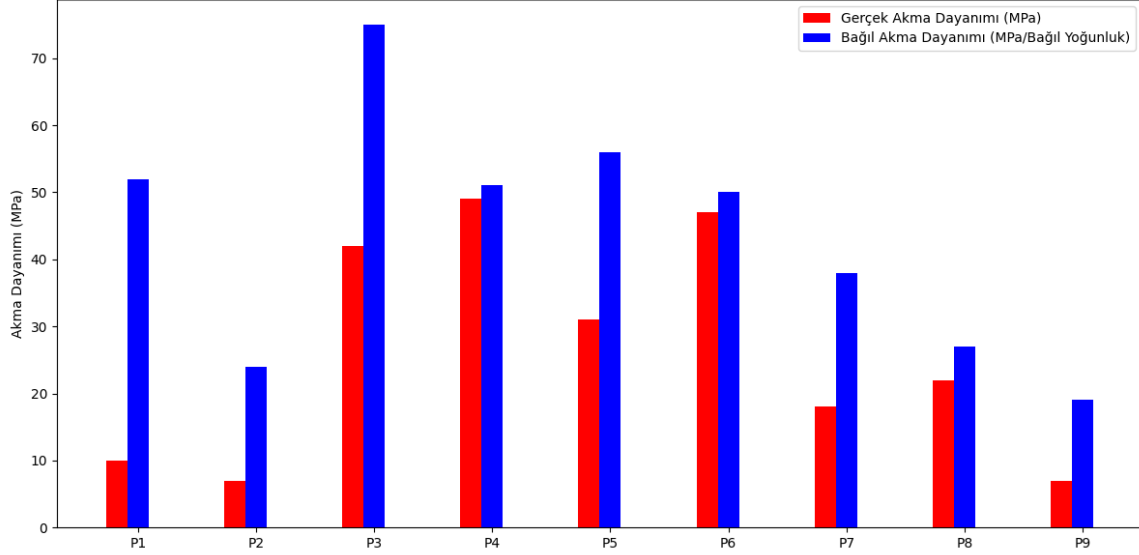


Şekil 8. TPU ve Karbon Katkılı TPU Numunelerinin Elastisite Modülleri

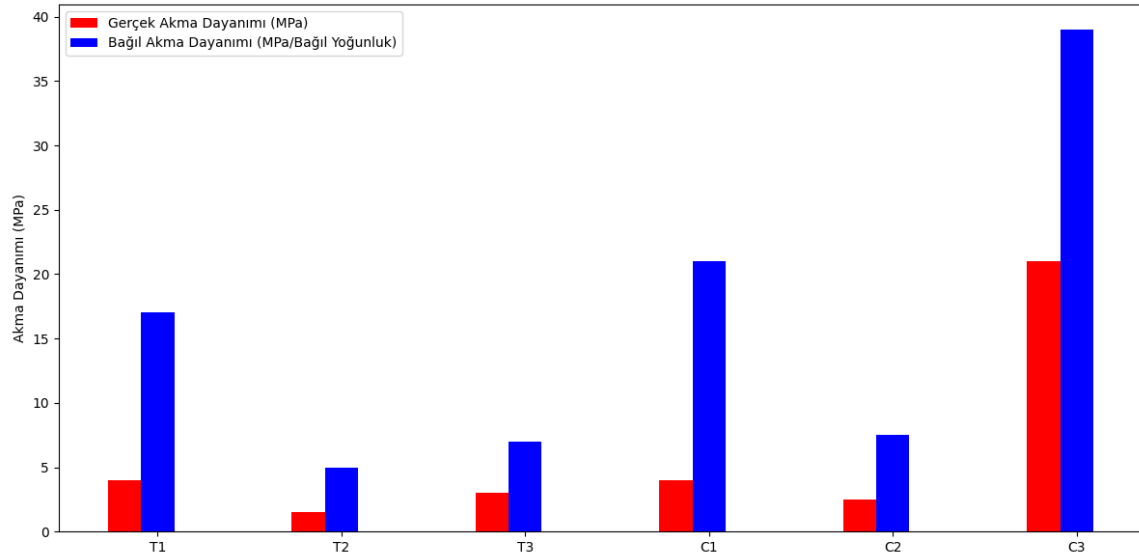
Anlaşılacağı üzere PLA malzemesinden üretilen numuneler genel olarak sert ve tok plastik özelliği göstermiştir. PLA malzemedan üretilen numunelerden %70 doluluk oranına sahip Tri-hexagon (P4) 1579 MPa elastisite modülüne erişmiştir.

TPU numunelerinin elastisite modülleri incelendiğinde numunelerin elastomer davranış sergilediğini görülmüştür. TPU malzemedan üretilen tüm numunelerde geri yaylanma ve yapılarında bozulma meydana gelmediği gözlemlenmiştir. TPU ile üretilen Gyroid numunenin (T1) Elastisite modülü 4 MPa ile en düşük seviyeye ulaşmıştır. Karbon elyaf katkı TPU numunelerinin elastisite modülleri PLA numunelerine göre düşüktür ancak TPU numunelere göre yüksektir. Karbon elyaf katkısı, TPU'nun elastomerik davranışlarının azalmasına neden olmuştur. Karbon elyaf katkı TPU malzemedan üretilen

numunelerden Schwarz P (C2) 59 MPa ile en düşük elastisite modülüne sahip ve tüm karbon elyaf katkılı TPU numuneler arasında elastomer davranış göstermişlerdir. Farklı malzeme ve farklı kafes yapıları kullanılarak elde edilen numunelerin gerçek akma dayanımı ve bağıl akma dayanımı Şekil 9 ve Şekil 10’da verilmiştir. (Şekil 9 ve Şekil 10’daki “X” ekseninde yer alan ifadeler Tablo 4 referans alınarak hazırlanmıştır.)



Şekil 9. PLA Numunelerinin Akma Dayanımları

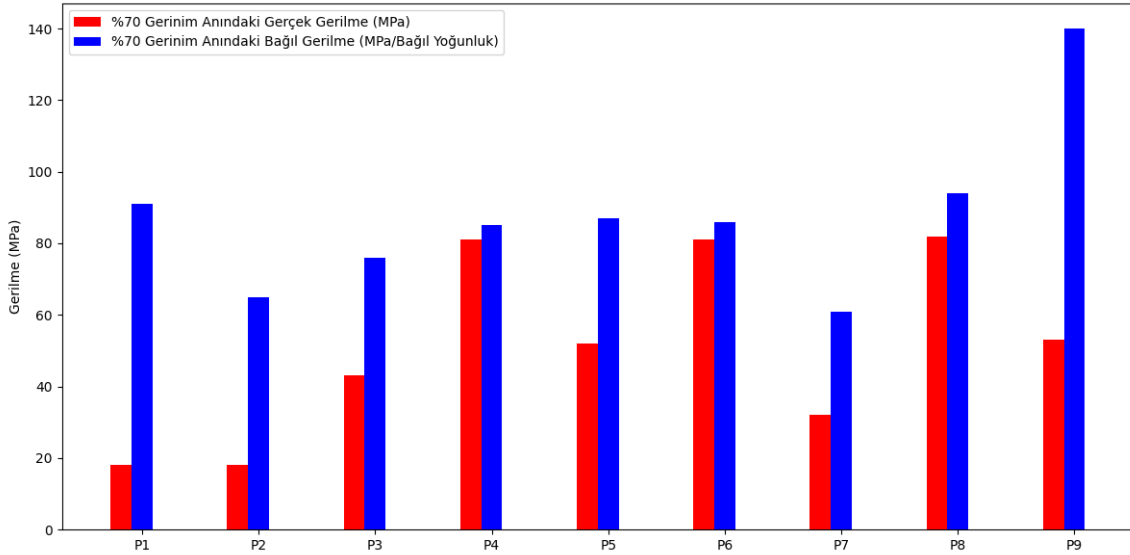


Şekil 10. TPU Numunelerinin Akma Dayanımları

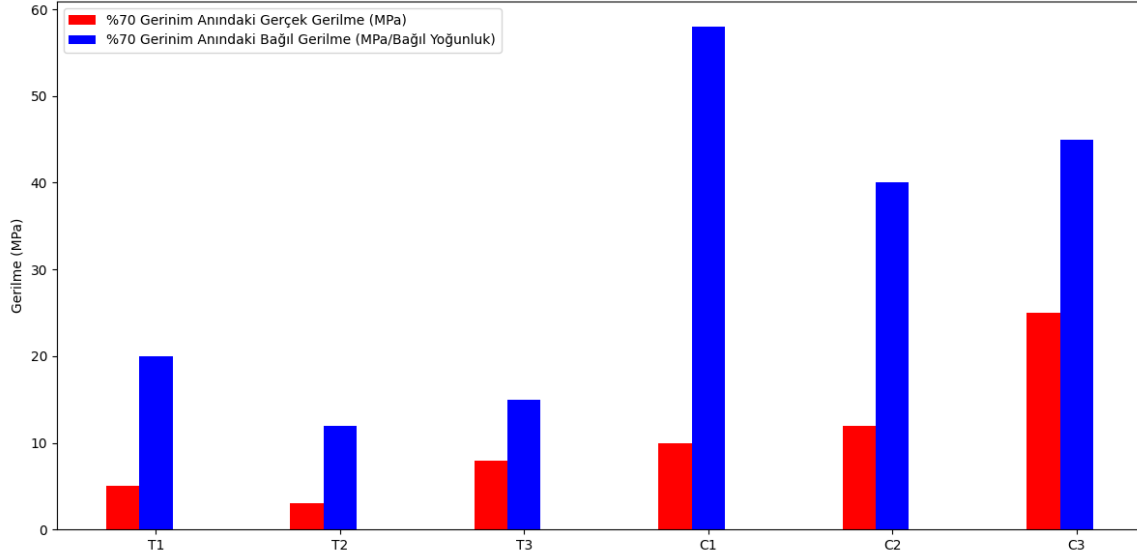
Gerçek akma dayanımı en yüksek PLA numune %70 doluluk oranına sahip numunesi Tri-hexagon (P4) olmuştur. Ancak PLA numunelerden 30% doluluk oranına sahip Tri-hexagon (P3) en iyi bağıl akma dayanımını göstermiştir. Ağırlığın önemli olduğu durumlarda %30 doluluk oranına sahip Tri-

hexagon diğer kafes yapılar göre daha yüksek akma dayanımı sağlamıştır. Yüksek akma dayanımı gereken durumlarda 70% doluluk oranına sahip Tri-hexagon numunesi ile hedeflenen özellikler sağlanabilir. PLA ile üretilen Gyroid (P1) 5 kat yüksek bağıl akma dayanımı sağlamıştır.

TPU malzemeden üretilmiş Gyroid (T1) en yüksek gerçek akma dayanımına ve en yüksek bağıl akma dayanımına sahiptir. Bu durum kafes yapının narin unsurlar ve keskin köşe/radyus gibi unsurlara sahip olmamasından oluşmuştur. TPU'dan üretilmiş Gyroid numunesinin gerçek akma dayanımı bağıl akma dayanımına göre yaklaşık 4 kat fazladır. Karbon elyaf katkılı TPU malzemeden üretilmiş %30 doluluk oranına sahip Tri-hexagon (C3) en yüksek gerçek akma dayanımı ve bağıl akma dayanımını göstermiştir. Ancak karbon elyaf katkılı TPU'dan üretilmiş Gyroid (C1) 5 kat daha yüksek bağıl akma dayanımı vermiştir. Farklı malzeme ve farklı kafes yapıları kullanılarak elde edilen numunelerin %70 gerçek ve bağıl gerinimi Şekil 11 ve Şekil 12'de verilmiştir. (Şekil 11 ve Şekil 12'deki "X" ekseninde yer alan ifadeler Tablo 4 referans alınarak hazırlanmıştır.)



Şekil 11. PLA numunelerinin maksimum gerinim değerleri



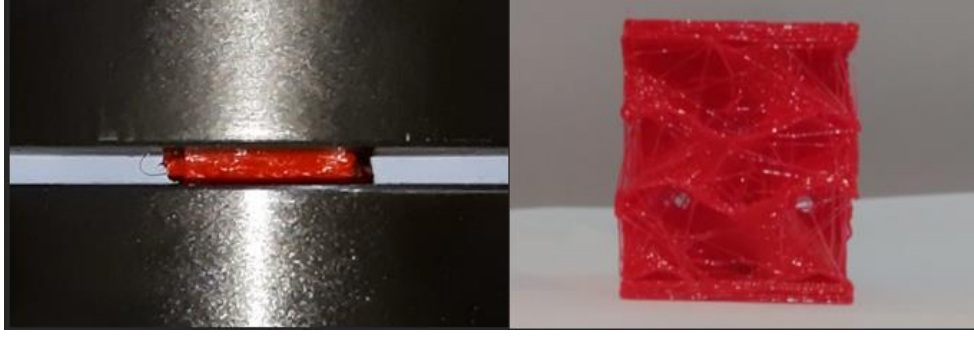
Şekil 12. TPU numunelerinin maksimum gerinim değerleri

PLA'dan üretilen en iyi gerinme değeri doluluk oranına sahip numunesidir (P8). PLA numuneler arasında en yüksek %70 bağıl gerinimi Mode 3 numunesi (P9) göstermiştir. Bağıl ve gerçek %70 gerinim dayanımı arasındaki en yüksek fark 87 MPa ile Mode 3 numunesinde olmuştur. Bağıl ve gerçek %70 gerinim dayanımı arasındaki en yüksek oransal fark ise yaklaşık 5 kat farkla Gyroid (P1) olmuştur.

TPU'dan imal edilen numunelerden, en yüksek %70 gerçek gerinim %30 doluluk oranına sahip geometri Tri-hexagon (T3) olarak belirlenmiştir. %70 bağıl dayanımın en yüksek olduğu numune ise Gyroid numunesi olmuştur. Karbon elyaf katkılı TPU numunelerden en yüksek gerçek %70 gerinimi %30 doluluk oranına sahip Tri-hexagon (C3) göstermiştir. En yüksek %70 bağıl gerinim Gyroid (C1) numunede görülmüştür. Gerçek ve bağıl gerinim arasındaki en yüksek oransal fark 5,8 ile Gyroid numunede olmuştur.

Geri yaylanma

Parçalara uygulanan basma yükünün kalkmasından sonra parça orijinal boyuna geri dönebilir. Geri yaylanma olarak tanımlanan bu durum akma dayanımı, elastik modül ve malzeme geometrisi özelliklerinden etkilenmektedir (Atul ve Babu, 2019). Malzeme üzerindeki yüklemenin kalkması ile kalıcı deformasyonunun olmadığı elastik bölge 1dk-2 saat içinde başlangıç durumuna ulaşmaktadır. TPU ile üretilen Gyroid kafes numunenin basma esnasında ve basmadan 24 saat sonra oluşan geometri Şekil 10'de verilmiştir.



Şekil 13. Gyroid Numunenin Basma Anı ve 24 Saat Sonrası

TPU ile üretilen Gyroid numune boyu 28 mm'dir. Numune basma işleminde 25 mm basılarak boyu 3 mm'ye kadar kısaltılmıştır. Basma işlemi sonrasında ise numune elastomer davranış gösterip geri yaylanmıştır. Geri yaylanma sonucu malzeme yaklaşık 24 saat sonra ilk boyu olan 27,95 mm'ye erişmiştir. Kafes yapıları ile elde edilen mekanik özellikleri ve malzemelerin elastomerik davranışları bir araya geldiğinde bağlı mukavemeti yüksek ve deformasyon oluşmadan fonksiyonel kullanılabilen parçaların elde edilebilmesi mümkündür. (Öteyaka ve ark., 2022)

Sonuç

EYM yöntemi ile PLA, TPU, %1,5 karbon elyaf katkılı TPU malzemelerden elde edilen kafes yapıları basma numuneleri imal edilmiştir. Mekanik özelliklerden bağlı mukavemet, elastisite modülü, akma dayanımı ve maksimum basma dayanımı incelenmiştir.

- 1) Tablo 4'deki verilere göre en yüksek bağlı akma dayanımı değeri %30 doluluk oranına sahip tri-hexagon numunede görülmüştür. Bağlı mukavemet değeri yüksek olan numuneler parça hafifletmede etkin bir rol oynar. Homojen iç yapılarla %70 oranında hafifletilmiş parçaların fonksiyonel uygulamalarda kullanılması ile istenen mekanik özellikler daha az malzeme sarfiyatıyla sağlanabilir.
- 2) TPU ile üretilmiş numuneler kuvvet kaldırıldıktan sonra geri yaylanma etkisi göstererek ilk hallerine geri dönmüştür. Ayrıca, karbon elyaf katkılı TPU ile üretilmiş numunelerde kuvvet kaldırıldıktan sonra yine geri yaylanma etkisi görülmüştür. Ancak karbon elyaf katkısı nedeniyle numunelerin elastisite modülleri yükselmiş ve başlangıç geometrilerine tamamen ulaşmamıştır. %30 doluluk oranına sahip tri-hexagon numuneler kıyaslandığında, %1,5 karbon elyaf katkılı TPU'nun elastik modülü 9 kat, akma dayanımı 4 kat, maksimum basma dayanımında 3 kat artış göstermiştir.
- 3) Malzemenin elastisite modülü yükseldikçe bağlı mukavemetin arttığı gözlemlenmiştir. %1,5 karbon elyaf katkılı TPU malzemelerde bağlı mukavemet, TPU malzemenin daha yüksektir. Yapılan deneyde Tablo 5'deki sonuçlara göre TPU ve karbon elyaf katkılı TPU'da %70 gerinim anındaki bağlı gerilme değeri diğerlerine göre Gyroid numunede daha yüksek

görülmüştür. Bu sebeple iki malzeme için en iyi mekanik özellikleri Gyroid numune göstermiştir.

- 4) Sonraki çalışmalarda Gyroid birim kafes yapısı kullanılarak farklı filament malzemeleri üzerinde denemeler yapılarak daha iyi sonuçlar elde edilmesi hedeflenebilir. Fonksiyonel olarak kullanılan parçaya Gyroid kafes yapı ve TPU malzeme kullanılarak incelenebilir.

Etik Kurul Onayı ve Çıkar Çatışması Beyanı

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur. Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Gerçekleştirilen çalışmada Yazar 1 fikrin oluşması, tasarımın yapılması, literatür taraması ve sonuçların incelenmesi başlıklarında; Yazar 2 ve Yazar 3 elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ve kullanılan malzemelerin temin edilmesi başlıklarında; Yazar 4 yazım denetimi, içerik açısından makalenin kontrol edilmesi ve sonuçların incelenmesi başlıklarında katkı sunmuşlardır.

Kaynakça

- Akdoğan A., Vanlı AS. Natural fiber thermoplastic composites in terms of new production technologies: A review. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2020; 26(1): 30-36.
- Alias NF., Ismail H. An overview of toughening polylactic acid by an elastomer. Polymer-Plastics Technology and Materials 2019; 58(13): 1399-1422.
- Anandkumar R., Babu SR. EYM filaments with unique segmentation since evolution: a critical review. Progress in Additive Manufacturing 2019; 4(2): 185-193.
- Atul ST., Babu ML. A review on effect of thinning, wrinkling and spring-back on deep drawing process. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture 2019; 233(4): 1011-1036.
- Bergström JS., Hayman D. An overview of mechanical properties and material modeling of polylactide (PLA) for medical applications. Annals of Biomedical Engineering 2016; 44(2): 330-340.
- Cheng L., Liang X., Belski E., Wang X., Sietins JM., Ludwick S., To A. Natural frequency optimization of variable-density additive manufactured lattice structure: theory and experimental validation. Journal of Manufacturing Science and Engineering 2018; 140(10): 1-16.

- Ergene B., Bolat Ç. An experimental investigation on the effect of test speed on the tensile properties of the PETG produced by additive manufacturing. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry* 2022; 6(2): 250-260.
- Ergene B., Yalçın B. Eriyik yığma modelleme (EYM) ile üretilen çeşitli hücreli yapıların mekanik performanslarının incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 2022; 38(1): 201-218.
- Ergene B., Ispartalı H., Karakılınç U. Üç boyutlu baskı ile çeşitli katman yüksekliklerinde üretilen PET-G parçaların farklı sıcaklıklardaki ağırlık düşürme darbe yanıtı. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 2023; 38(3): 1345-1360.
- Ergene B., Şekeroğlu İ., Bolat Ç., Yalçın B. An experimental investigation on mechanical performances of 3D printed lightweight ABS pipes with different cellular wall thickness. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences* 2021; 15(2): 8169–8177.
- Feng J., Fu J., Lin Z., Shang C., Li B. A review of the design methods of complex topology structures for 3D printing. *Visual Computing for Industry, Biomedicine, and Art* 2018; 1(1): 1-16.
- Gordelier TJ., Thies PR., Turner L., Johanning L. Optimising the EYM additive manufacturing process to achieve maximum tensile strength: a state-of-the-art review. *Rapid Prototyping Journal* 2019; 25(6): 953-971.
- Helou M., Kara S. Design, analysis and manufacturing of lattice structures: an overview. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 2018; 31(3): 243-261.
- Holmes DW., Singh D., Lamont R., Daley R., Forrestal DP., Slattery P., Pickering E., Paxton NC., Powell SK., Woodruff MA. Mechanical behaviour of flexible 3D printed gyroid structures as a tuneable replacement for soft padding foam. *Additive Manufacturing* 2022; 50: 102555.
- Karkun MS., Dharmalingam S. 3D printing technology in aerospace industry—A review. *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace* 2022; 9(2): 4.
- Korkmaz ME., Gupta MK., Robak G., Moj K., Krolczyk GM., Kuntoğlu M. Development of lattice structure with selective laser melting process: A state of the art on properties, future trends and challenges. *Journal of Manufacturing Processes* 2022; 81: 1040-1063.
- Korshunova N., Alaimo G., Hosseini SB., Carraturo M., Reali A., Niiranen J., Auricchio F., Rank E., Kollmannsberger S. Image-based numerical characterization and experimental validation of tensile behavior of octet-truss lattice structures. *Additive Manufacturing* 2021; 41: 101949.
- Kristiawan RB., Imaduddin F., Ariawan D., Arifin Z. A review on the fused deposition modeling (EYM) 3D printing: Filament processing, materials, and printing parameters. *Open Engineering* 2021; 11(1): 639-649.
- Kumar A., Collini L., Daurel A., Jeng JY. Design and additive manufacturing of closed cells from supportless lattice structure. *Additive Manufacturing* 2020; 33: 101168.
- Kummert C., Schmid HJ., Risse L., Kullmer G. Mechanical characterization and numerical modeling of laser-sintered TPE lattice structures. *Journal of Materials Research* 2021; 36(16): 3182-3193.

- Ling C., Cernicchi A., Gilchrist MD., Cardiff P. Mechanical behaviour of additively-manufactured polymeric octet-truss lattice structures under quasi-static and dynamic compressive loading. *Materials & Design* 2019; 162: 106-118.
- Liu J., Gaynor AT., Chen S., Kang Z., Suresh K., Takezawa A., Li L., Kato J., Tang J., Wang CCL., Cheng L., Liang X., To AC. Current and future trends in topology optimization for additive manufacturing. *Structural and Multidisciplinary Optimization* 2018; 57(6): 2457-2483.
- Murariu M., Dubois P. PLA composites: From production to properties. *Advanced Drug Delivery Reviews* 2016; 107: 17-46.
- Nasrullah AIH., Santosa SP., Dirgantara T. Design and optimization of crashworthy components based on lattice structure configuration. In *Structures* 2020; 26: 969-981.
- Nazir A., Abate KM., Kumar A., Jeng JY. A state-of-the-art review on types, design, optimization, and additive manufacturing of cellular structures. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2019; 104(9): 3489-3510.
- Öteyaka MÖ., Aybar K., Öteyaka HC. A comparative study of the effect of polyurethane nanofiber and powders filler on the mechanical properties of carbon fiber and glass fiber composites. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2022; 28(1): 51-57.
- Pan C., Han Y., Lu J. Design and optimization of lattice structures: A review. *Applied Sciences* 2020; 10(18): 6374.
- Pereira T., Kennedy JV., Potgieter J. A comparison of traditional manufacturing vs additive manufacturing, the best method for the job. *Procedia Manufacturing* 2019; 30: 11-18.
- Popescu D., Zapciu A., Amza C., Baciuc F., Marinescu R. EYM process parameters influence over the mechanical properties of polymer specimens: A review. *Polymer Testing* 2018; 69: 157-166.
- Qi HJ., Boyce MC. Stress-strain behavior of thermoplastic polyurethanes. *Mechanics of Materials* 2005; 37(8): 817-839.
- Sattar R., Kausar A., & Siddiq M. Advances in thermoplastic polyurethane composites reinforced with carbon nanotubes and carbon nanofibers: A review. *Journal of Plastic Film & Sheeting* 2015; 31(2): 186-224.
- Singh R., Kumar R., Singh M, Preet P. On compressive and morphological features of 3D printed almond skin powder reinforced PLA matrix. *Materials Research Express* 2020; 7(2): 025311.
- Slapnik J., Pulko I., Rudolf R., Anžel I., Brunčko M. Fused filament fabrication of Nd-Fe-B bonded magnets: Comparison of PA12 and TPU matrices. *Additive Manufacturing* 2021; 38: 101745.
- Solomon IJ., Sevel P., Gunasekaran J. A review on the various processing parameters in EYM. *Materials Today: Proceedings* 2021; 37: 509-514.
- Tamburrino F., Graziosi S., Bordegoni M. The design process of additively manufactured mesoscale lattice structures: a review. *Journal of Computing and Information Science in Engineering* 2018; 18(4): 040801.

Tao Y., Kong F., Li Z., Zhang J., Zhao X., Yin Q., Xing D., Li P. A review on voids of 3D printed parts by fused filament fabrication. *Journal of Materials Research and Technology* 2021; 15: 4860-4879.

Yáñez A., Cuadrado A., Martel O., Afonso H., Monopoli D. Gyroid porous titanium structures: a versatile solution to be used as scaffolds in bone defect reconstruction. *Materials & Design* 2018; 140: 21-29.

Yumurta Tavuklarında Rasyona Fitobiyotik ve Probiyotik İlavesinin Performans ve Yumurta Kalite Özelliklerine Etkisi

Seyit Ahmet GÖKMEN^{1*}, Yusuf CUFADAR², Barışcan CURABAY³

^{1,2,3}Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı, Konya

¹<https://orcid.org/0000-0003-2309-2473>

²<https://orcid.org/0000-0001-9606-791X>

³<https://orcid.org/0000-0003-2605-5835>

*Sorumlu yazar: sagu_012@hotmail.com

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 16.03.2023

Kabul tarihi: 18.07.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Yumurta tavuğu

Fitobiyotik

Probiyotik

Performans

Yumurta kalitesi

ÖZ

Bu çalışmada yumurtacı tavuk rasyonlarına fitobiyotik ve probiyotik ayrı ayrı ve birlikte ilavesinin performans, yumurta iç ve dış kalite parametreleri üzerine etkilerini belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma 41 haftalık yaşta toplam 108 adet yumurta tavuğunda (Tinted) 12 hafta süreyle yürütülmüştür. Denemede kontrol, 500 mg/kg seviyesinde fitobiyotik, 500 mg/kg seviyesinde probiyotik ve 250 mg/kg seviyesinde fitobiyotik +250 mg/kg seviyesinde probiyotik ilave edilen 4 farklı rasyon, 9 tekerrürlü olarak her bir alt grupta 3 tavuk olacak şekilde toplam 36 alt grupta denenmiştir. Rasyona fitobiyotik, probiyotik ve kombinasyonlarının ilavesi performans parametrelerini istatistiki açıdan önemli olarak etkilememiştir ($P>0,05$). Çalışmada fitobiyotik, probiyotik ve karışımlarını içeren muamelelerin yumurta sarı rengi a^* değeri dışındaki diğer yumurta iç ve dış kalite parametrelerine etkisi önemsiz olmuştur ($P>0,05$). Rasyona tek başına probiyotik ilavesi yumurta sarı rengi a^* değerini diğer muamelelere göre önemli derecede arttırmıştır ($P<0,01$). Bu sonuçlara göre yumurtacı tavuk rasyonlarına 500 mg/kg seviyelerinde fitobiyotik, probiyotik ve bunların kombinasyonlarının ilavesinin performans, yumurta iç kalite ve dış kalite parametrelerine önemli seviyede bir etkisinin olmadığı, fakat rasyona probiyotik ilavesinin sarı rengi a^* değerini arttırdığı sonucuna varılmıştır.

The Effect of Addition of Phytobiotic and Probiotics to Laying Hens Diets on Performance and Egg Quality Parameters

Research Article

Article History:

Received: 16.03.2023

Accepted: 18.07.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Laying hens

Phytobiotic

Probiotic

Performance

Egg quality

ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the effects of adding a mixture of phytobiotics and probiotics separately or together in laying hen diets on performance, egg internal and external quality parameters. The study was carried out on a total of 108 laying hens (Tinted) aged 41 weeks for 12 weeks. In the experiment, 4 different diets with 500 mg/kg phytobiotic, 500 mg/kg probiotic and 250 mg/kg phytobiotic + 250 mg/kg probiotic were added in 9 replications, 3 chickens in each subgroup; in total 36 subgroups tested. Adding phytobiotics and probiotics and their combinations to the diets did not affect the performance parameters statistically ($P>0.05$). In the study, the effects of treatments containing phytobiotics, probiotics and their mixtures were insignificant on other egg internal and external quality parameters except egg yolk color a^* value ($P>0.05$). Adding probiotics alone to the diet significantly increased the egg yolk color a^* value compared to other treatments ($P<0.01$). According

to these results, it was concluded that the addition of phytobiotics, probiotics and their combinations at the level of 500 mg/kg to the laying hen diets did not have a significant effect on performance, egg internal quality and external quality parameters, but the addition of probiotics to the diet increased the egg yolk color a* value.

To Cite: Gökmen SA., Cufadar Y., Curabay B. Yumurta Tavuklarında Rasyona Fitobiyotik ve Probiyotik İlavesinin Performans ve Yumurta Kalite Özelliklerine Etkisi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 301-314.

Giriş

Kanatlı rasyonlarına antibiyotik ilavesi, hayvanların sindirim sistemindeki bazı patojenik mikroorganizmaların popülasyonunu baskıladığından performansı olumlu yönde etkilemektedir. Fakat kanatlı rasyonlarında antibiyotik kullanımının olumsuz etkileri nedeniyle yasaklanması sonucu kanatlı endüstrisinde antibiyotiklere alternatif olabilecek yem katkı maddeleri konusunda arayışa girilmiştir. Bu amaçla kanatlı rasyonlarında probiyotik ve fitobiyotiklerin kullanımına olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır (Yakhkeshi ve ark., 2011; Khoobani ve ark., 2019).

Fitobiyotikler ya da diğer adıyla fitojenikler aromatik bitkilerden elde edilen ürünler olup içerdiği fenolikler, terpenoidler, saponinler, flavonoidler ve tanenler gibi bileşikler sayesinde kanatlı hayvanların performansını iyileştirici etkisi vardır ve bu yüzden kanatlılarda antibiyotiklere alternatif olabilecek yem katkı maddesi olarak görülmektedir (Windisch ve ark., 2008). Bazı araştırmacılar, fitobiyotiklerin performansı iyileştirici etkilerinin yanında bağırsak mikroflorasını modüle etmek ve bağırsak patojen basıncını azaltmak gibi antimikrobiyal etkisinin de olduğu bildirilmektedir (Panghal ve ark., 2011; Giannenas ve ark., 2013). Bununla birlikte, mevcut fitojenik ürünlerin çok çeşitli olması nedeniyle, önerilen etkili doz önemli ölçüde farklılık göstermektedir (Gheisar ve Kim, 2018). Ayrıca, bazı çalışmalar fitobiyotiklerin sindirim enzimi aktivitesini ve emilim kapasitesini artırabileceğini göstermiştir (Jang ve ark. 2004; 2007). Yapılan bir çalışmadan elde edilen sonuçlar, fitojenik ürünlerin bağırsak mukus üretimini uyarabildiğini ve bunun da mukozaya yapışmayı engelleyerek patojen baskısından kurtulmaya daha fazla katkıda bulunabileceğini göstermiştir (Jamroz ve ark., 2006). Fitojenik yem katkı maddelerinin yumurtacı tavuklarda yumurtlama performansını ve yumurta kalitesini iyileştirmede etkili oldukları bulunmuş ve bununla beraber güvenli, kullanımı kolay ve çevre dostu olarak kabul edildiği bildirilmiştir (Applegate ve ark., 2010; Akdemir ve ark., 2012).

Probiyotikler ise yine antibiyotiklere alternatif alabilecek ve hayvanlarda doğal ve faydalı bir mikrobiyotanın desteklenmesine yardımcı olan, hayvanların sağlığını olumlu yönde etkileyebilen yararlı bakterilerdir (Pan ve ark., 2022). Probiyotikler kanatlı hayvanlarda büyüme performansı, yumurta verimi ve yumurta kalitesini (Khan ve ark., 2011; Mikulski ve ark., 2012) iyileştirici ve sindirim sisteminde simbiyotik bakterilerin kolonizasyonunu düzenleyici (Bai ve ark., 2013) etkiye sahiptir. Probiyotik olarak son yıllarda en çok üzerinde durulan *Bacillus sp.* bakterileri sporlanma yeteneğine sahip olduklarından olumsuz çevre şartlarında (sıcaklık, pH ve yetersiz substrat) yüksek toleransa ve hayatta kalma kabiliyetine sahiptirler (Jezewska-Frackowiak ve ark., 2017). Aerobik bir probiyotik olan *Bacillus licheniformis*, besinlerin parçalanmasını, emilimini ve kullanımını iyileştirmekte (Rozs ve ark., 2001) ve *Bacillus licheniformis* ile fermente edilmiş ürünler, bağırsak

sağlığını destekleyerek patojenlerin çoğalmasını baskılayabilmektedir (Chen ve Yu, 2020). Araştırmalar kanatlı rasyonlarında *Bacillus licheniformis* kullanımının yumurta verimi ve yumurta kalitesini artırabileceğini, sıcaklık stresi gibi durumların yumurta verim ve kalitesi üzerindeki olumsuz etkisini azaltabileceğini (Deng ve ark., 2012) ve yumurta tavuklarının üreme hormonu salgılarının düzenlenmesine yardımcı olabileceğini (Wang ve ark., 2017) göstermiştir.

Bazı yem katkı maddelerinin tek uygulamalarına nazaran bireysel etkilerini birleştirerek daha üstün bir etkiye (sinerjik etki) yol açtığı düşünülmektedir (Deep ve ark., 2012). Yumurtlayan hayvanlarda rasyona tek başına ilave edilen fitobiyotiklerin (Kaya ve ark., 2013; Li ve ark., 2016; Moraleco ve ark., 2019; Vardar ve ark., 2020; Gül ve ark., 2022) ve probiyotiklerin (Upadhaya ve ark., 2019; Xiang ve ark., 2019; Mikulski ve ark., 2020; Ceylan ve ark., 2022) performans ve bazı yumurta kalite parametrelerine etkisini inceleyen çok sayıda çalışma olmasına rağmen fitobiyotik ve probiyotik kombine edilerek (karıştırılarak) kullanıldığı sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Hidayat ve ark. (2021) rasyona ilave edilen probiyotik (*Lactobacillus. acidophilus*; 10^8 CFU/mL) ve fitobiyotik (defne yaprağı, soğan ve sarımsak kabuğu tozları) karışımının, 72 haftalık yaştaki yumurta tavuklarında yemden yararlanmayı iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Genç yumurtacı tavuklarda (22 haftalık yaş) yapılan diğer bir çalışmada (Putri ve ark., 2019) *Lactobacillus* sp.-*Bacillus* sp. karışımı ve bilimbi bitkisi ekstraktı kombinasyonu içeren rasyonların, yumurta sarı rengini ve kabuk kalınlığını artırdığı tespit edilmiştir. Öte yandan yumurta tavuklarında rasyona Siyah Cincau bitkisinin yaprakları ile *Lactobacillus* sp. ($5,4 \times 10^7$ CFU/g) ve *Bacillus* sp. ($2,4 \times 10^8$ CFU/g) karışımı kombinasyonu ilavesinin yem tüketimi, yemden yararlanma, yumurta ağırlığı ve kitlesi gibi performans parametrelerini etkilemediğini (Natsir ve ark., 2018) veya probiyotik ve yarpuz bitkisi tozu kombinasyonu ilavesinin olumsuz yönde etkilediğini (Arjomandi ve ark., 2011) bildiren çalışmalar da mevcuttur.

Bu çalışmada rasyona ilave edilen bitkisel ekstrakt ve probiyotik tek başına ve bunların birlikte kullanımının yumurtacı tavuklarda performans, yumurta iç ve kabuk kalitesi parametreleri üzerine etkisi incelenmiştir.

Materyal ve Metot

Materyal

Bu çalışma, çevre kontrollü bir kümeste, 3 katlı, iki yönlü ve her katında 50x50x45 cm boyutlarında 6 göz ihtiva eden (3*2*6=36) tavuk kafesinde yürütülmüştür. Araştırmada 41 haftalık yaşta 108 adet Tinted ırkı yumurta tavuğu kullanılmış ve hayvanlar her bir göze 3 adet olacak şekilde rastgele bölmelere yerleştirilmiştir. Bazal rasyon, NRC (1994) tarafından yumurtacı tavuklar için tavsiye edilen seviyelerde besin maddesi içerecek şekilde hazırlanmıştır. Araştırmada kullanılan bazal rasyonun hammadde ve hesaplanmış besin maddesi kompozisyonu Tablo 1'de verilmiştir. Deneme, bazal rasyon (kontrol), bazal rasyona toz formunda 500 mg/kg seviyesinde fitobiyotik (Huverb®; kapsaisin, glikozinolat, saponin, terpen, kurkumin), 500 mg/kg seviyesinde probiyotik (*Bacillus*

licheniformis, DSM 28710, $3,2 \times 10^9$ CFU/g) ve 500 mg/kg seviyesinde fitobiyotik (250 mg/kg) + probiyotik (250 mg/kg) karışımı içeren toplam 4 adet muamele grubundan oluşmuştur. Kullanılan fitobiyotik ve probiyotik üreticinin önerdiği seviyelere göre rasyonlara ilave edilmiş ve deneme rasyonlarına homojen karışımını sağlayabilmek için probiyotik ve fitobiyotik numuneleri nişasta ile seyreltilerek 500 mg/kg seviyelerinde içerek şekilde rasyonlara karıştırılmıştır. Ürünlerin stabilitesinin korunması için deneme süresinde yemler serin, kuru ortamda ve ağız kapaklı plastik kovalarda muhafaza edilmiştir. Her muamele 9 tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme planında 36 alt grupta yürütülmüştür. Araştırma 84 gün sürmüş ve tüm deneme dönemi boyunca yem ve su *ad-libitum* olarak verilmiştir. Deneme süresince günlük 16 saat aydınlatma programı uygulanmıştır.

Tablo 1. Araştırmada kullanılan bazal rasyonun hammadde ve hesaplanmış besin maddesi kompozisyonu

Hammadde	%
Mısır	48,80
Buğday	8,00
Soya Küspesi (%47 HP)	22,70
Ayçiçeği Tohumu Küspesi (%28 HP)	6,00
Bitkisel Yağ (8800 ME/kg)	3,30
Mermer Tozu	9,20
Dikalsiyum fosfat	1,50
Tuz	0,25
Premiks ¹	0,10
DL-Metiyonin	0,15
Toplam	100
Hesaplanmış Besin Maddesi Değerleri	
Metabolik Enerji, kcal/kg	2748
Ham protein, %	16,51
Kalsiyum, %	3,92
Kullanılabilir fosfor, %	0,39
Lisin, %	0,76
Metiyonin, %	0,38
Metiyonin + Sistin, %	0,69

¹Premiks kg rasyonda sağlanan değerler: Retinyl asetat, 4,0 mg; kolekalsiferol, 0,055 mg; DL-a-tokoferil asetat, 11 mg; nikotik asit, 44 mg; kalsiyum-D-pantotenat, 8,8 mg; riboflavin sodyum fosfat 5,8 mg; tiamin hidroklorür 2,8 mg; siyanokobalamin, 0,66 mg; folik asit, 1 mg; biotin, 0,11 mg; kolin, 220 mg; Zn, 60 mg; Mn, 60 mg; Fe, 30 mg; Cu, 5 mg; I, 1 mg; Se, 0,1 mg.

Metot

Çalışmada hayvanların canlı ağırlıkları grup şeklinde, denemenin başında ve sonunda tartılarak tespit edilmiş ve bu verilerden canlı ağırlık değişimi (g/tavuk) hesaplanmıştır. Deneme süresince günlük olarak toplanan yumurtalar kaydedilmiş ve yumurta verimi (%) bu verilerden hesaplanmıştır. Performans ve yumurta kalite özellikleri denemenin 28 günlük her dönemin son iki gününde toplanan (her bir alt gruptan 5' er adet yumurta olmak üzere her muameleden deneme süresince toplam 135 adet yumurta) yumurtalarda tespit edilmiştir. Her alt gruptan toplanan yumurtaların ağırlığı belirlendikten sonra, yumurta kitlesi; $(\text{yumurta verimi} \times \text{yumurta ağırlığı}) / 100$ formülüyle hesaplanmıştır. Tavuklar gruplar şeklinde yemlenmiş ve yem tüketimleri her periyot sonu ortalamasına göre g/gün/tavuk olarak hesaplanmıştır. Yem değerlendirme katsayısı ise aynı periyottaki $\text{yem tüketimi} / \text{yumurta kitlesi}$ formülüyle hesaplanmıştır.

Deneme süresince tüm alt guruplardan toplanan yumurtalarda kusurlu yumurtalar (kırık, çatlak, yumuşak kabuklu ve kabuksuz) tespit edilmiş ve günlük olarak kaydedildikten sonra yumurta sayısının %'si olarak hesaplanmıştır. Yumurta kabuk kırılma direnci yumurtanın küt kısmına destekli sistemli basınç uygulanarak kg olarak tespit edilmiştir (Egg Force Reader, Orka Food Technology, Israel). Kırılan yumurtaların kabuk içerisindeki yumurta kalıntıları temizlendikten sonra kabuklar oda sıcaklığında üç gün kurutulup tartılarak yumurta ağırlığına oranı (%'si) olarak kabuk oranı hesaplanmıştır. Kabuk kalınlığı ise 0,001 mm hassasiyetindeki mikrometre ile tespit edilmiştir. Yine bu yumurtaların ak uzunluğu, ak genişliği ve sarı genişliği dijital kumpas ile ak yüksekliği ve sarı yüksekliği ise yükseklik mihengiri ile ölçülmüştür. Bu ölçümler kullanılarak ak indeksi; $(\text{ak uzunluğu} / (\text{ak genişliği} + \text{ak yüksekliği}) / 2) \times 100$ formülüyle, sarı indeksi $(\text{sarı yüksekliği} / \text{sarı genişliği}) \times 100$ formülüyle ve Haugh birimi ise; $100 \times \log(\text{ak yüksekliği} + 7,57 - 1,7 \times \text{yumurta ağırlığı}^{0,37})$ formülüyle (Haugh, 1937) hesaplanmıştır. Yumurta sarısı rengi ise Minolta kolorimetre (CR-200, Minolta Co., Osaka, Japonya) ile L*, a* ve b* değerleri olarak ölçülmüştür. L*, a* ve b* renk değerlerine göre; L*: Açıklık (lightness), L*=0 siyahı ve L*=100 beyazı; a*: Kırmızı/yeşil, +a* kırmızıyı, -a* ise yeşili; b*: Sarı/mavi, +b* sarıyı, -b* ise maviyi belirlemektedir (Sevim ve ark., 2020)

Deneme sonunda elde edilen verilerin istatistiksel analizleri istatistik paket programı (Minitab, 2000) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ortalamalar arası farklılıkların belirlenmesinde Duncan çoklu karşılaştırma testi (Duncan, 1955) kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Deneme sonu itibarıyla yumurta tavuklarında rasyona fitobiyotik, probiyotik ve bunların eşit miktarda karışımının ilavesi incelenen performans parametrelerini istatistiki bakımından önemli derecede etkilememiştir ($P > 0.05$; Tablo 2).

Tablo 2. Yumurtacı tavuk rasyonlarına ilave edilen fitobiyotik, probiyotik ve kombinasyonlarının performans parametrelerine etkisi

Performans Parametreleri	KON	FTB	PRB	FTB +PRB	SEM	P-Değeri
Deneme başı canlı ağırlık (g)	1722,78	1701,78	1746,44	1734,11	18,100	0,856
Deneme sonu canlı ağırlık (g)	1807,22	1789,67	1845,56	1841,67	20,943	0,756
Canlı ağırlık değişimi (g)	84,44	87,89	99,22	107,56	12,943	0,925
Yumurta verimi (%)	92,26	94,75	94,42	92,78	0,553	0,312
Yem tüketimi (g)	103,60	106,37	103,96	105,09	0,891	0,706
Yumurta kitlesi (g)	59,67	61,00	61,24	60,20	0,476	0,643
Yumurta ağırlığı (g)	64,69	64,39	64,92	64,89	0,415	0,971
Yem değerlendirme katsayısı	1,74	1,74	1,70	1,75	0,009	0,217

KON: Kontrol; FTB: Fitobiyotik (500 mg/kg); PRB: Probiyotik (500 mg/kg); FTB+PRB: Fitobiyotik+Probiyotik (250 mg/kg+250 mg/kg)
SEM: Standart hata ortalaması

Önceki yıllarda yapılmış ve mevcut çalışma sonuçlarını destekler nitelikteki bazı çalışmalarda, rasyona tek başına probiyotik ilavesinin genel performans parametreleri üzerinde önemli seviyede bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Mahdavi ve ark., 2005; Forte ve ark., 2016; Upadhaya ve ark., 2019). Bununla birlikte diğer bazı çalışmalarda ise rasyona probiyotik ilavesinin performans parametrelerinden bazılarını olumlu yönde etkilediğine dair sonuçlar bildirilmiştir. Ceylan ve ark. (2022) tarafından yumurta tavuklarında yapılan çalışmada rasyona probiyotik (*Bacillus licheniformis*) ilavesinin hayvanların canlı ağırlık değişimi yanında yumurta verimi, yumurta ağırlığı ve yem tüketimi gibi bazı performans parametrelerine etkisi önemsiz olurken, yumurta kitlesi ve yem değerlendirmeyi önemli derecede iyileştirdiği bildirilmiştir.

Yapılan diğer çalışmalarda yumurta tavuklarında rasyona probiyotik ilavesinin yumurta verimi ve yem değerlendirmeyi olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir (Lei ve ark., 2013; Park ve ark., 2016; Mikulski ve ark., 2020). Kanatlılarda rasyona probiyotik ilavesiyle rasyonun enerji ve N kullanılabilirliğinin arttığı (Park ve ark., 2016) ve sindirim sistemi mikrobiyotasının olumlu yönde etkilendiği (Xiang ve ark., 2019) ayrıca probiyotiğin rasyon NOP (nişasta olmayan polisakkaritler) fraksiyonlarının olumsuz etkisini azaltarak (Ceylan ve ark., 2022) performansı iyileştirdiği belirtilmiştir. Bu çalışmaların sonuçları ile mevcut çalışmanın sonuçlarının aynı doğrultuda olmamasının sebepleri arasında farklı bakteri suşlarının (*Bacillus subtilis* ve *Bacillus licheniformis*) kullanımı ve çalışmalardaki deneme planlarının aynı olmaması sayılabilir. Ayrıca rasyonun bileşimi, denenen katkı maddelerinin rasyondaki seviyeleri ve çevresel faktörlerdeki farklılıklar da sonuçlardaki değişimin temel sebeplerinden olabilir.

Yumurta tavuklarında fitobiyotik olarak bitkisel ekstraktların kullanıldığı çalışmalarda ekstraktın içerdiği etkili maddeye göre farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bununla ilgili yapılan bir çalışmada (Kaya

ve ark., 2013) yumurta tavuklarında rasyona ilave edilen bitkisel ekstrakt karışımının (kekik, sarımsak, anason ve rezene yağları) yumurta verimi, yumurta ağırlığı, yem tüketimi ve yem değerlendirme katsayısını önemli derecede etkilemediği bildirilmiştir. Benzer şekilde yumurta tavuklarında kekik esansiyel yağı (Florou-Paneri ve ark.,2005), bergamot yağı (Bölükbaşı ve ark., 2010) ve kekik, defne yaprağı, adaçayı yaprağı, mersin yaprağı, rezene tohumu ve narenciye kabuğu yağlarının karışımı (Bozkurt ve ark., 2012) ile yapılmış çalışmalarda yumurta verimi, yumurta ağırlığı, yem tüketimi ve yem değerlendirme katsayısında önemli bir farklılığa sebep olmadığı bildirilmiştir. Ancak daha önce yapılan başka bir çalışmada (Radwan ve ark., 2008) ise yumurta tavuğu rasyonlarına %1 seviyesinde kekik ve %0,5 seviyesinde zerdeçal ilavesinin yumurta verimi, yumurta ağırlığı, yumurta kitlesi ve yemden yararlanmayı önemli ölçüde iyileştirdiği belirtilmiştir.

Mevcut çalışma ile benzer şekilde Natsir ve ark. (2018) yumurtlayan tavuk rasyonlarına fitobiyotik (Siyah Cincau yaprakları) ve probiyotik (*Lactobacillus* sp. $5,4 \times 10^7$ CFU/g ve *Bacillus* sp. $2,4 \times 10^8$ CFU/g) karışımı ilavesinin tavukların yem tüketimi, yemden yararlanma, yumurta ağırlığı ve yumurta kitlesi gibi performans parametrelerini etkilemediğini bildirmişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada (Behnamifar ve ark., 2015) kekik, sarımsak ve kimyon tozları ile probiyotik içeren rasyonların kontrol rasyonuna göre performans parametrelerini etkilemediği gözlemlenmiştir. Ancak rasyonda probiyotik (*L. acidophilus*; 10^8 CFU/mL) ve fitobiyotiklerin (defne yaprağı, soğan ve sarımsak kabuğu tozları) tekli ve kombine halinde kullanılmasının yumurta tavukları üzerindeki etkisinin araştırıldığı başka bir çalışmada (Hidayat ve ark., 2021), muamelelerin yem tüketimi ve yumurta kitlesini etkilemese de yemden yararlanmayı iyileştirdiği bildirilmiştir.

Çalışmada deneme rasyonları kusurlu yumurta oranı (%), kabuk kırılma direnci (kg), kabuk ağırlığı (g), kabuk kalınlığı (mm), ak indeksi, sarı indeksi ve Haugh birimini istatistiki açıdan önemli olarak etkilememiştir ($P>0,05$; Tablo 3).

Tablo 3. Yumurtacı tavuk rasyonlarına ilave edilen fitobiyotik, probiyotik ve kombinasyonlarının yumurta kalite parametrelerine etkisi

Yumurta Kalite Parametreleri	KON	FTB	PRB	FTB +PRB	SEM	P-Değeri
Kusurlu yumurta oranı (%)	7,87	6,42	6,57	6,10	0,566	0,721
Kabuk kırılma direnci (kg)	4,20	4,16	4,29	4,16	0,047	0,728
Kabuk ağırlığı (g)	6,20	6,20	6,24	6,19	0,046	0,986
Kabuk kalınlığı (mm)	0,366	0,368	0,369	0,362	0,003	0,842
Ak indeksi	9,89	9,28	9,32	9,01	0,180	0,377
Sarı indeksi	42,24	42,16	42,06	42,10	0,166	0,984
Haugh birimi	85,68	83,65	83,36	83,53	0,662	0,583
Yumurta sarısı renk özellikleri						
L*	46,56	47,02	46,35	46,60	0,148	0,466
a*	4,58 ^B	3,90 ^B	5,80 ^A	3,96 ^B	0,206	0,001
b*	28,07	28,61	28,87	27,52	0,201	0,076

KON: Kontrol; FTB: Fitobiyotik (500 mg/kg); PRB: Probiyotik (500 mg/kg); FTB+PRB: Fitobiyotik+Probiyotik (250 mg/kg+250 mg/kg)

SEM: Standart hata ortalaması

^{A, B}: Aynı satırdaki farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P<0.01$).

Yumurtacı tavuklarda yapılan daha önceki çalışmalarda da mevcut çalışmaya benzer şekilde rasyona *Bacillus licheniformis* (Mahdavi ve ark., 2005; Yang ve ark., 2020) ve *Bacillus subtilis* (Chen ve ark., 2019; Forte ve ark., 2016) türlerinde probiyotik ilavesinin yumurta kabuk kırılma direnci, kabuk kalınlığı ve Haugh birimini etkilemediği bildirilmiştir. Ancak mevcut çalışmanın aksine Ceylan ve ark. (2022) yumurtacı tavuklarda yaptıkları çalışmada 0,5 g/kg seviyesinde probiyotik (*Bacillus licheniformis*) içeren rasyonların yumurta kabuk kalınlığı ve Haugh birimini iyileştirdiği halde 1,0 g/kg seviyesinde bu parametreleri etkilemediğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar probiyotik sayesinde kalsiyum dahil olmak üzere birçok besin maddesinin kullanılabilirliğinin artmış olabileceği ve yumurta kabuk kalınlığındaki iyileşmenin bu duruma atfedilebileceğini ifade etmişlerdir. Benzer şekilde Lei ve ark. (2013), yumurtacı tavuklarda rasyona %0,01, 0,02, 0,03, 0,06 ve 0,09 seviyesinde *Bacillus licheniformis* bazlı probiyotik ilave ettikleri çalışmada, rasyona ilave edilen probiyotik bütünü seviyelerinde yumurta kabuk kırılma direncinin ve yumurta kabuk kalınlığının iyileştiğini ancak Haugh biriminin ise sadece %0,06 seviyesinde probiyotik içeren rasyonlarla yemlenen grupta iyileştiğini tespit etmişlerdir.

Mevcut çalışmayı destekler nitelikte yumurtacı tavuklarda yapılan daha önceki çalışmalarda rasyona çam iğnesi ve yavşan otu tozu karışımı ilavesiyle yumurta kabuk kırılma direnci, yumurta kabuk kalınlığı ve Haugh biriminin (Li ve ark., 2016), kadife çiçeği ve kırmızı biber ekstraktı ilavesiyle yumurta kabuk ağırlığı ve Haugh biriminin (Moraleco ve ark., 2019) etkilenmediği bildirilmiştir. Bununla beraber Kaya ve ark. (2013) rasyona ilave edilen bitkisel ekstrakt karışımının bitkisel ekstrakt karışımının (kekik, sarımsak, anason ve rezene yağları) yumurtacı tavuklarda yumurta kabuk ağırlığı, yumurta sarı ve ak indeksi, Haugh birimini etkilemediğini ancak yumurta kabuk kırılma direncini ve yumurta kabuk kalınlığını ise iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar kanatlıların beslenmesinde kullanılan fitobiyotiklerin sindirim enzimlerinin üretimini artırması nedeniyle yem tüketimi ve yemden yararlanmayı arttırdığını ve bu durumun kabuk oluşumu sırasında bağırsaklardan besinlerin daha iyi emilim sağlayarak yumurta kabuk kırılma direnci ve yumurta kabuk kalınlığındaki iyileşmenin muhtemel sebebi olabileceğini ifade etmişlerdir.

Yumurtacı tavuklarda rasyona probiyotik (*Bacillus subtilis*), fitobiyotik (Hint leylağı, zerdeçal, yeşil kreat ve tarçın ekstraktları karışımı), bütirik asit (Vishwanath ve ark., 2020) veya kekik, sarımsak, kimyon özütleri ve probiyotik (*Lactobacillus* sp.) tekli şekilde (Behnamifar ve ark., 2015) ilavesinin kabuk ağırlığı, kalınlığı, kırılma direnci ve Haugh birimi gibi yumurta kalite parametrelerini etkilemediği bildirilmiştir. Benzer şekilde Khalifa ve Noseer (2019) bıldırcın rasyonlarına zencefil ve içme sularına probiyotik (*Lactobacillus acidophilus* ve *Saccharomyces cerevisiae* karışımı) ilave etmişler ve muamelelerin yumurta kabuk kalite parametrelerini etkilemediğini bildirmişlerdir. Ancak yumurtacı tavuk rasyonlarına mikroenkapsüle probiyotik (*Enterococcus faecalis*) ve kamelya bitki ekstraktı kombinasyonunun ilavesiyle kabuk kırılma direncinin (Song ve ark., 2019), *Lactobacillus* sp.-*Bacillus* sp. karışımı ve bilimbi bitkisi ekstraktı kombinasyonu ilavesiyle ise kabuk kalınlığının (Putri ve ark., 2019) arttığını bildiren çalışmalar da mevcuttur. Song ve ark. (2019) mikroenkapsüle

probiyotik (*Enterococcus faecalis*) ve kamelya bitki ekstraktı kombinasyonunun kalsiyum ile birlikte diğer besin maddelerinin emilimini artırdığını ve bunun da yumurta kabuk kalitesini olumlu etkileyebileceğini rapor etmişlerdir.

Tüketiciler için diğer önemli bir yumurta kalite kriteri de yumurta sarısının rengidir. Bazı Güney Avrupa ülkelerinde (Almanya, İngiltere, İtalya, Fransa, Polonya) tüketicilerin daha çok koyu yumurta sarısına sahip yumurtaları tercih ettiği ve bu durumun sarı rengi daha koyu olan yumurtaların besin özellikleri ve sağlık açısından daha iyi olduğuna inanıldığından kaynaklandığı bildirilmiştir (Nys, 2000). Ülkemizde de tüketicilerin tercihi bu yöndedir. Mevcut çalışmada rasyona probiyotik ilavesi yumurta sarı rengi L* ve b* değerlerini istatistiki açıdan önemli olarak etkilememiştir (P>0,05). Ancak probiyotik içeren rasyonlarla beslenen grupların kırmızılığı ifade eden yumurta sarı rengi a* değeri diğer bütün gruplara göre önemli derecede artmıştır (P<0,01). Literatürde, Roche skalası ile Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun (CIE) L*a*b* sistemi arasındaki ilişki belirlenmiş ve Roche skalası sayısı arttıkça parlaklığın (L*) azalır, kırmızılığın (a*) arttığı, sarılık göstergesinin (b*) ise Roche skalasında 9'a kadar arttığı ve daha sonra azaldığı bildirilmiştir (Grashorn, 2016). Yumurtacı tavuklarda yapılan daha önceki çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiş rasyona ilave edilen *Bacillus subtilis* (Upadhaya ve ark., 2019), *Bacillus velezensis* (Ye ve ark., 2020) ve *Enterococcus faecium* (Macit ve ark., 2021) gibi probiyotikler ile yumurta sarı renginin arttığı bildirilmiştir. Sobczak ve Kozłowski (2015) rasyona ilave edilen probiyotik (*Bacillus subtilis*) yemlerdeki karotenoidlerin emilimini artırabileceğini ve bu sebeple yumurta sarı rengini artırdığını ifade etmişlerdir. Literatürde mevcut çalışmanın aksine yumurtacı tavuklarda rasyona probiyotik ve bitkisel ekstrakt ilavesi ile yumurta sarı renginin değişmediğini veya etkilenmediğini bildiren çalışmalar da mevcuttur (Chung ve ark., 2015; Song ve ark., 2019; Cristina ve ark., 2022).

Sonuç

Sonuç olarak yumurtacı tavuk rasyonlarına 500 mg/kg bitkisel ekstrakt, probiyotik ve bunların karışımlarının ilavesi performans ve yumurta iç ve dış kalite parametrelerini etkilememekle birlikte yumurta sarı rengini iyileştirme potansiyeline sahiptir. Bununla beraber yumurtacı tavuk rasyonlarına fitobiyotik, probiyotik ve kombinasyonlarının ilavesinin performans ve yumurta kalitesine etkisiyle ilgili bundan sonra yapılacak çalışmalara ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Çalışma Türkiye Cumhuriyeti 5996 sayılı kanununun 9. maddesinde belirtilen hayvan refahı kurallarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın yürütülmesi ve sonuçların yazılması esnasında araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Herhangi bir “Çıkar Çatışması” bulunmamaktadır. Makalede yazarlar eşit oranda katkı sağlamıştır.

Kaynakça

- Akdemir F., Orhan C., Sahin N., Sahin K., Hayirli A. Tomato powder in laying hen diets: effects on concentrations of yolk carotenoids and lipid peroxidation. *British Poultry Science* 2012; 53(5): 675-680.
- Applegate TJ., Klose V., Steiner T., Ganner A., Schatzmayr G. Probiotics and phytochemicals for poultry: Myth or reality? *Journal of Applied Poultry Research* 2010; 19(2): 194-210.
- Arjomandi M., Nobakht A., Pishchang J., Mehmannaavaz Y., Chekaniazar S. Evaluation the effects of using of probiotic, and pennyroyal (*Mentha pulegium L.*) medicinal plant on performance of laying hens. *Journal of Applied Biobehavioral Research* 2011; 1: 164-167.
- Bai SP., Wu AM., Ding XM., Lei Y., Bai J., Zhang KY., Chio JS. Effects of probiotic-supplemented diets on growth performance and intestinal immune characteristics of broiler chickens. *Poultry Science* 2013; 92(3): 663-670.
- Behnamifar A., Rahimi S., Karimi TMA. Effect of probiotic, thyme, garlic and caraway herbal extracts on the quality and quantity of eggs, blood parameters, intestinal bacterial population and histomorphology in laying hens. *Journal of Medicinal Plants and By-Products* 2015; 1: 121-128.
- Bozkurt M., Küçükylmaz K., Catli AU., Çınar M., Bintaş E., Çöven F. Performance, egg quality, and immune response of laying hens fed diets supplemented with mannan-oligosaccharide or an essential oil mixture under moderate and hot environmental conditions. *Poultry Science* 2012; 91(6): 1379-1386.
- Bölükbaşı ŞC., Ürüşan H., Erhan MK., Kızıltunç A. Effect of dietary supplementation with bergamot oil (*Citrus bergamia*) on performance and serum metabolic profile of hens, egg quality and yolk fatty acid composition during the late laying period. *Archive Geflugelkd* 2010; 74: 172-177.
- Ceylan N., Evrenkaya E., Lanckriet A. Efficacy of the probiotic *Bacillus licheniformis* DSM 28710 in laying hens fed barley-sunflower meal-based diets on performance egg quality and excreta composition. *Journal of Animal and Feed Sciences* 2022; 31(3): 241-248.
- Chen JF., Kuang YH., Qu XY., Guo SC., Kang KL., He CQ. The effects and combinational effects of *Bacillus subtilis* and montmorillonite supplementation on performance, egg quality, oxidation status, and immune response in laying hens. *Livestock Science* 2019; 227: 114-119.
- Chen YC., Yu YH. *Bacillus licheniformis*-fermented products improve growth performance and the fecal microbiota community in broilers. *Poultry Science* 2020; 99: 1432-43.
- Chung SH., Lee J., Kong C. Effects of multi strain probiotics on egg production and quality in laying hens fed diets containing food waste product. *International Journal of Poultry Science* 2015; 14(1): 19.
- Cristina BPD., Fabiola CGD., Cesar O., Maribel JF., Cesar AS., Robles EFF. Effect of probiotic *Bifidobacterium animalis* as an alternative to growth-promoting antibiotics on performance, egg

- quality, and health parameters in young laying hens. *Research Square* 2022; [<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1204725/v1>].
- Deep S., Karmakar S., Khare RS., Ojha S., Kundu K., Kundu S. Development of probiotic candidate in combination with essential oils from medicinal plant and their effect on enteric pathogens: A review. *Gastroenterology Research and Practise* 2012; 457150: 6.
- Deng W., Dong XF., Tong JM., Zhang Q. The probiotic bacillus licheniformis ameliorates heat stress-induced impairment of egg production, gut morphology, and intestinal mucosal immunity in laying hens. *Poultry Science* 2012; 91(3): 575-582.
- Duncan DB. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 1955; 11(1), 1-42.
- Florou-Paneri P., Nikolakakis I., Giannenas I., Koidis A., Botsoglou E., Dotas V., Mitsopoulos I. Hen performance and egg quality as affected by dietary oregano essential oil and tocopheryl acetate supplementation. *International Journal of Poultry Science* 2005; 4(7): 449-454.
- Forte C., Moscati L., Acuti G., Mugnai C., Franciosini MP., Costarelli S., Cobellis G., Trabalza-Marinucci M. Effects of dietary *Lactobacillus acidophilus* and *Bacillus subtilis* on laying performance, egg quality, blood biochemistry and immune response of organic laying hens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2016; 100(5): 977-987.
- Giannenas I., Bonos E., Christaki E., Florou-Paneri P. Essential oils and their applications in animal nutrition. *Medicinal and Aromatic Plants* 2013; 2(140): 2167-0412.
- Gheisar MM., Kim IH. Phytobiotics in poultry and swine nutrition—a review. *Italian Journal of Animal Science* 2018; 17(1): 92-99.
- Grashorn M. Feed additives for influencing chicken meat and egg yolk color. In *Handbook on natural pigments in food and beverages*. Woodhead Publishing 2016; 283-302.
- Gül ET., Olgun O., Yıldız A., Tüzün AE., Sarmiento-García A. Use of maca powder (*Lepidium meyenii*) as feed additive in diets of laying quails at different ages: Its effect on performance, eggshell quality, serum, ileum, and bone properties. *Veterinary Sciences* 2022; 9(8): 418.
- Haugh RR. The Haugh unit for measuring egg quality. *United States Egg and Poultry Magazine* 1937; 43: 522-555.
- Hidayat R., Yunianto VD., Sukamto B., Sugiharto S. Effect of dietary supplementation of probiotic, phytobiotics or their combination on performance, blood indices and jejunal morphology of laying hens during post peak production. *Online Journal of Animal and Feed Research* 2021; 11(1): 8-12.
- Jamroz D., Wertelecki T., Houszka M., Kamel C. Influence of diet type on the inclusion of plant origin active substances on morphological and histochemical characteristics of the stomach and jejunum walls in chicken. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2006; 90: 255–268.

- Jang IS., Ko YH., Kang SY., Lee CY. Effect of commercial essential oils on growth performance, digestive enzyme activity and intestinal microflora population in broiler chickens. *Animal Feed Science Technology* 2007; 134: 304–315.
- Jang IS., Ko YH., Yang HY., Ha JS., Kim JY., Kang SY., Yoo DH., Nam DS., Kim DH., Lee CY. Influence of essential oil components on growth performance and the functional activity of the pancreas and small intestine in broiler chickens. *Asian-Australia Journal Animal Science* 2004; 17: 394–400.
- Jezewska-Frackowiak J., Seroczynska K., Banaszczyk J., Wozniak D., Skowron M., Ozog A., Zylicz-Stachula A., Ossowski T., Skowron PM. Detection of endospore producing *Bacillus* species from commercial probiotics and their preliminary microbiological characterization. *Journal of Environmental Biology* 2017; 38(6): 1435-1440.
- Kaya A., Kaya H., Macit M., Çelebi Ş., Esenbuğa N., Yörük MA., Karaoğlu M. Effects of dietary inclusion of plant extract mixture and copper into layer diets on egg yield and quality, yolk cholesterol and fatty acid composition. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 2013; 19(4): 673-679.
- Khalifa MI., Noseer EA. Cholesterol quality of edible eggs produced by quail fed diets containing probiotic and/or ginger (*Zingiber officinale*). *Livestock Research for Rural Development* 2019; 31(10).
- Khan SH., Atif M., Mukhtar N., Rehman A., Fareed G. Effects of supplementation of multi-enzyme and multi-species probiotic on production performance, egg quality, cholesterol level and immune system in laying hens. *Journal of Applied Animal Research* 2011; 39(4): 386-398.
- Khoobani M., Hasheminezhad SH., Javandel F., Nosrati M., Seidavi A., Kadim IT., Laudadio V., Tufarelli V. Effects of dietary chicory (*Chicorium intybus* L.) and probiotic blend as natural feed additives on performance traits, blood biochemistry, and gut microbiota of broiler chickens. *Antibiotics* 2019; 9(1): 5.
- Lei K., Li YL., Yu DY., Rajput, IR., Li WF. Influence of dietary inclusion of *Bacillus licheniformis* on laying performance, egg quality, antioxidant enzyme activities, and intestinal barrier function of laying hens. *Poultry science* 2013; 92(9): 2389-2395.
- Li XL., He WL., Wang ZB., Xu TS. Effects of Chinese herbal mixture on performance, egg quality and blood biochemical parameters of laying hens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 2016; 100(6): 1041-1049.
- Macit M., Karaoğlu M., Celebi S., Esenbuğa N., Yoruk MA., Kaya A. Effects of supplementation of dietary humate, probiotic, and their combination on performance, egg quality, and yolk fatty acid composition of laying hens. *Tropical Animal Health and Production* 2021; 53: 1-8.
- Mahdavi AH., Rahmani HR., Pourreza J. Effect of probiotic supplements on egg quality and laying hen's performance. *International Journal of Poultry Science* 2005; 4(7): 488-492.

- Mikulski D1., Jankowski J., Naczmanski J., Mikulska M., Demey V. Effects of dietary probiotic (*Pediococcus acidilactici*) supplementation on performance, nutrient digestibility, egg traits, egg yolk cholesterol, and fatty acid profile in laying hens. *Poultry Science* 2012; 91(10): 2691-2700.
- Mikulski D., Jankowski J., Mikulska M., Demey V. Effects of dietary probiotic (*Pediococcus acidilactici*) supplementation on productive performance, egg quality, and body composition in laying hens fed diets varying in energy density. *Poultry Science* 2020; 99(4): 2275-2285.
- Minitab. MINITAB I Statistical Software. Minitab Release 2000; 13,0.
- Moraleco DD., Valentim JK., Silva LG., Lima HJDÁ., Bitencourt TM., Dallago GM. Egg quality of laying hens fed diets with plant extracts. *Acta Scientiarum Animal Sciences* 2019; 41.
- Natsir MH., Sjojfan O., Ardiansah I., Khairani S. Effect of combination of encapsulated black cincau leaves (*Mesona palustris* BL) and probiotics on production performances, yolk cholesterol content and ammonia level of laying hen. *Journal of World's Poultry Research* 2018; 8(4): 105-110.
- NRC. Nutrient Requirements of Poultry. 9th Revision Edit NAS-NRC 1994; Washington, D.C.
- Nys Y. Dietary carotenoids and egg yolk coloration—a review. *Archive Geflugelk* 2000; 64: 45–54.
- Pan X., Cai Y., Kong L., Xiao C., Zhu Q., Song Z. Probiotic effects of *Bacillus licheniformis* DSM5749 on growth performance and intestinal microecological balance of laying hens. *Frontiers in Nutrition* 2022; 9.
- Panghal M., Kaushal V., Yadav JP. In vitro antimicrobial activity of ten medicinal plants against clinical isolates of oral cancer cases. *Annals of clinical Microbiology and Antimicrobials* 2011; 10(1): 1-11.
- Park YH., Hamidon F., Rajangan C., Soh KP., Gan CY., Lim TS., Abdullah WNW., Liong MT. Application of probiotics for the production of safe and high-quality poultry meat. *Food Science Animal Resource* 2016; 36: 567–576.
- Putri BAP., Sjojfan O., Djunaidi IH. The effect of a combination of probiotic and (*Averrhoa bilimbi*) powder extract on egg quality of laying hens. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science* 2019; 4(2): 300-303.
- Radwan N., Hassan RA., Qota EM., Fayek HM. effect of natural antioxidant on oxidative stability of eggs and productive and reproductive performance of laying hens. *International Journal of Poultry Science* 2008; 7: 134-150.
- Rozs M., Manczinger L., Vágvölgyi C., Kevei F. Secretion of a trypsin-like thiol protease by a new keratinolytic strain of *Bacillus licheniformis*. *FEMS Microbiology Letters* 2001; 205(2): 221-224.
- Sevim B., Cufadar Y., Curabay B. Effects of sodium butyrate addition to laying hens diets on performance, egg quality and some blood parameters. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 2020; 8(10): 2179-2183.

- Sobczak A., Kozłowski K. The effect of a probiotic preparation containing *Bacillus subtilis* ATCC PTA-6737 on egg production and physiological parameters of laying hens. *Annals of Animal Science* 2015; 15(3): 711-723.
- Song D., Wang YW., Lu ZX., Wang WW., Miao HJ., Zhou H., Wang L., Li AK. Effects of dietary supplementation of microencapsulated *Enterococcus faecalis* and the extract of *Camellia oleifera* seed on laying performance, egg quality, serum biochemical parameters, and cecal microflora diversity in laying hens. *Poultry Science* 2019; 98(7): 2880-2887.
- Upadhaya SD., Rudeaux F., Kim IH. Efficacy of dietary *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* supplementation continuously in pullet and lay period on egg production, excreta microflora, and egg quality of Hyline-Brown birds. *Poultry Science* 2019; 98(10): 4722-4728.
- Wang Y., Du W., Lei K., Wang B., Wang Y., Zhou Y., Li W. Effects of dietary *Bacillus licheniformis* on gut physical barrier, immunity, and reproductive hormones of laying hens. *Probiotics and Antimicrobial Proteins* 2017; 9: 292-299.
- Windisch W., Schedle K., Plitzner C., Kroismayr A. Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science* 2008; 86(suppl_14): E140-E148.
- Xiang Q., Wang C., Zhang H., Lai W., Wei H., Peng J. Effects of different probiotics on laying performance, egg quality, oxidative status, and gut health in laying hens. *Animals* 2019; 9(12): 1110.
- Vardar Y., Gökmen SA., Bahtiyarca Y. Damızlık Japon bildircin rasyonlarına anason tohumu (*pimpinella anisum* l.) İlavesinin performans, yumurta kalitesi, kemik mineralizasyonu, kan ve üreme parametrelerine etkisi. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi* 2020; 9(2): 119-132.
- Vishwanath BG., Ellusamy B., Paramesh R., Nagalakshmi D., Srilatha T., Rao SVR. Effect of supplementing probiotic, organic acid and herbal extract (phytogrow) on performance, egg quality and gut microbiota in White Leghorn layers. *International Journal of Veterinary Science* 2020; 6(3): 1-6.
- Yakhkeshi S., Rahimi S., Gharib NK. The effects of comparison of herbal extracts, antibiotic, probiotic and organic acid on serum lipids, immune response, GIT microbial population, intestinal morphology and performance of broilers. *Journal of Medicinal Plants* 2011; 10(37): 80-95.
- Yang J., Zhan K., Zhang M. Effects of the use of a combination of two *Bacillus* species on performance, egg quality, small intestinal mucosal morphology, and cecal microbiota profile in aging laying hens. *Probiotics and Antimicrobial Proteins* 2020; 12: 204-213.
- Ye M., Wei C., Khalid A., Hu Q., Yang R., Dai B., Cheng H., Wang Z. Effect of *Bacillus velezensis* to substitute in-feed antibiotics on the production, blood biochemistry and egg quality indices of laying hens. *BMC Veterinary Research* 2020; 16: 1-8.

Mechanical Properties of ZTA-Cr₂O₃ Ceramic Composites Prepared with Nano and Micron Sized of Cr₂O₃ Powder on Different Ratios

Uğur USTA¹, Betül KAFKASLIOĞLU YILDIZ^{2*}

¹Sivas University of Science and Technology, Institute of Graduate Studies, Defense Technology Program, 58000, Sivas

²Sivas University of Science and Technology, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Metallurgical and Materials Engineering Department, 58000, Sivas

¹<https://orcid.org/0000-0002-8140-0916>

²<https://orcid.org/0000-0002-6527-2918>

* Corresponding author: bkyildiz@sivas.edu.tr

Research Article

Article History:

Received: 27.03.2023

Accepted: 19.07.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

ZTA

Cr₂O₃

Mechanical properties

Pressureless sintering

ABSTRACT

In this study, the effect of Cr₂O₃ addition in different powder sizes on the densification and mechanical properties (elastic modulus, hardness and flexural strength) of ZTA composites were investigated. Nano and micron sized of Cr₂O₃ powder were added to the ZTA composite separately in different weight ratios (0.3, 0.6 and 1.0%) and uniaxially dry pressing right after pressureless sintering at 1650°C/2 h in the air used as processing procedure. X-ray diffraction method was used to verify the crystal structures and formed phases in the sintered samples. SEM and SEM-EDS analysis were carried out to evaluate the microstructures and identify the existence of elements after the solid solution formation of Al₂O₃-Cr₂O₃, respectively. The monotonic equibiaxial flexural strength test was performed to obtain fracture strength values and Vickers indentation method was used to measure the hardness. The relative density values of all the composites were close to each other for the Cr₂O₃ containing composites. A slight decrease in both densification and elastic modulus was observed with the addition of Cr₂O₃ due to the evaporation problem. Also, the addition of Cr₂O₃ did not have a serious effect on the hardness of the ZTA composites. The main effect of Cr₂O₃ addition on ZTA composites was seen for flexural strength. Compared to the ZTA, a nearly 7% increase in strength was obtained for 0.6% Cr₂O₃ containing composite prepared with micron sized Cr₂O₃ powder due to the generated compressive stresses in the grain boundary caused by solid solution formation. ZTA composites containing 0.6% Cr₂O₃ with high strength value can be used as an alternative material to ZTA composites for structural applications.

Farklı Oranlarda Nano ve Mikron Boyutlu Cr₂O₃ Tozu İle Hazırlanan ZTA-Cr₂O₃ Seramik Kompozitlerin Mekanik Özellikleri

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 27.03.2023

Kabul tarihi: 19.07.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

ZTA

Cr₂O₃

Mekanik özellikler

Basınçsız sinterleme

ÖZ

Bu çalışmada, farklı toz boyutlarında Cr₂O₃ ilavesinin ZTA kompozitlerinin yoğunlaştırma ve mekanik özelliklerine (elastik modülü, sertlik ve eğilme mukavemeti) etkisi incelenmiştir. Üretim prosedürü olarak nano ve mikron boyutunda Cr₂O₃ tozu farklı ağırlık oranlarında (% 0,3, 0,6 ve 1,0) ZTA kompozite ayrı ayrı ilave edilmiştir ve tek eksenli kuru preslemekten hemen sonra havada 1650°C/2 saat basınçsız sinterleme yapılmıştır. Sinterlenmiş numunelerde kristal yapıları ve oluşan fazları doğrulamak için X-ışını kırınım yöntemi kullanılmıştır. Al₂O₃-Cr₂O₃ katı çözelti oluşumundan sonra mikroyapıları değerlendirmek ve elementlerin

varlığını belirlemek için sırasıyla SEM ve SEM-EDS analizleri yapılmıştır. Kırılma mukavemet değerlerini elde etmek için monotonik eşikieksenli eğilme mukavemet testi, sertliği ölçmek için Vickers iz yöntemi kullanılmıştır. Cr_2O_3 içeren kompozitler için tüm kompozitlerin relatif yoğunluk değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Cr_2O_3 ilavesi ile buharlaşma probleminde dolayı hem yoğunlaştırma hem de elastisite modülünde hafif bir düşüş gözlenmiştir. Ayrıca Cr_2O_3 ilavesinin ZTA kompozitlerinin sertliği üzerinde ciddi bir etkisi olmamıştır. Cr_2O_3 ilavesinin ZTA kompozitler üzerindeki ana etkisi eğilme mukavemeti için görülmüştür. Mikron boyutunda Cr_2O_3 tozu ile hazırlanan % 0,6 Cr_2O_3 içeren kompozitte, katı çözelti oluşumundan dolayı tane sınırlarında oluşan basma gerilmeleri nedeniyle ZTA'ya göre yaklaşık %7'lik mukavemet artışı elde edilmiştir. Yüksek mukavemet değeri ile %0,6 Cr_2O_3 içeren ZTA kompozitleri yapısal uygulamalar için ZTA kompozitlere alternatif bir malzeme olarak kullanılabilir.

To Cite: Usta U., Kafkaslıoğlu Yıldız B. Mechanical Properties of ZTA- Cr_2O_3 Ceramic Composites Prepared with Nano and Micron Sized of Cr_2O_3 Powder on Different Ratios. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 315-327.

Introduction

Zirconia toughened alumina (ZTA) composite is a very popular material where zirconia particles are distributed in the alumina matrix as a second distinct phase (Weimin et al., 2008; Hassan et al., 2015). Zirconia has three crystallographic structures, monoclinic (m), tetragonal (t) and cubic (c) up to temperature. The transformation of pure zirconia from a tetragonal to a monoclinic structure occurs at around 950°C that results in 4% volume expansion (Tuan et al., 2002). Destructive phase transformation should be hindered for technological applications at the same time as the high-temperature forms of ZrO_2 , tetragonal (t) and cubic (c) be supposed to become stable at room temperature (Moradkhani and Baharvandi, 2018). It is performed by adding appropriate oxide additives such as CaO, Y_2O_3 , MgO, CeO_2 and lanthanide oxides (Hassan et al., 2015). Y^{3+} in Y_2O_3 can restrain $c \rightarrow t \rightarrow m$ transformation and lower transformation temperature as the most used stabilizer of ZrO_2 (Azhar et al., 2010). Also, the content of Y_2O_3 has a distinct inhibition effect on transformation, which allows the metastable t- ZrO_2 phase to be present (Chevalier et al., 2009). As an important toughening mechanism, stress-induced $t \rightarrow m$ phase transformation leads to an increase in fracture toughness in ZTA composites named transformation toughening (Weimin et al., 2008). Additionally, the ZrO_2 phase allows for to restriction of abnormal grain growth of the Al_2O_3 matrix through the pinning effect (Tuan et al., 2008). The pinning effect can result in the reduction of flaw size in the composite which can cause fracture strength enhancement. These improvements in the physical properties make ZTA materials favourable for critical structural applications that necessitate high mechanical properties such as armour (Kafkaslıoğlu Yıldız and Tür, 2021).

Chromia (Cr_2O_3) is also an additive possibly able to increase the mechanical properties of Al_2O_3 ceramics (Manshor et al., 2017). After the addition of Cr_2O_3 into an Al_2O_3 , a complete substitutional solid solution forms on the full range of compositions at high temperatures ($T > 1000^\circ\text{C}$), as a result of Al_2O_3 and Cr_2O_3 are sesquioxides with the same corundum structure. Nevertheless, Cr_2O_3 ceramics are not stable in a sintering atmosphere with high oxygen partial pressure that vapors of gaseous species

for instance Cr_2O_3 appear above 1000°C (Nath et al., 2016). The solid solution formation promotes high chemical stability and refractoriness (Li et al., 1999). The hardness, fracture toughness and fracture strength of Al_2O_3 could increase after Cr_2O_3 addition (Azhar et al., 2012). It is stated that the matrix grains turn larger with bimodal size distribution in a specific content up to the production method therefore the fracture toughness is improved (Riu et al., 2000).

Although the research about Al_2O_3 - Cr_2O_3 and ZTA has been done comprehensively for more than 20 years, the investigations were evaluated separately and the studies about mechanical properties of Cr_2O_3 containing ZTA composites are less (Manshor et al., 2016; Xia et al., 2016; Azhar et al., 2012; Arahori and Whitney, 1988). Considering the positive effects of both ZrO_2 and Cr_2O_3 on the mechanical properties of Al_2O_3 materials, it is remarkable to look at the simultaneous effect of these two additives. By combining the characteristic properties of different ceramic components, a specific composite with better properties can be produced. Azhar et al. studied the effects of Cr_2O_3 addition on the mechanical properties, microstructure and wear performance of ZTA cutting inserts. They obtained an increase in the fracture toughness from $4.41 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ to $4.73 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ and the highest Vickers hardness as 16.06 GPa for 0.6 wt% Cr_2O_3 addition among all the compositions (0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 wt% Cr_2O_3) (Azhar et al., 2012). Arahori and Whitney studied the hardness, toughness and bending strength of $(\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Cr}_2\text{O}_3) - 10 \text{ vol}\% \text{ ZrO}_2$ composites prepared with hot pressing and the maximum hardness was obtained for 10 wt% Cr_2O_3 as nearly 16.5 GPa (Arahori and Whitney, 1988).

The purpose of this research is to investigate the elastic modulus, hardness and flexural strength of ZTA- Cr_2O_3 ceramic composites prepared separately with nano and micron sizes of Cr_2O_3 powder on different weight ratios (0.3, 0.6, 1 wt%). It is stated that the distribution of the Cr_2O_3 dopant into the matrix before dissolving will be beneficial to make it play a positive role in the solid solution formation and densification (Xia et al., 2016). Unlike the literature studies, the effect of Cr_2O_3 powder size on the relevant mechanical properties of ZTA composites is in the foreground.

Material and Method

α - Al_2O_3 (99.8%, 0.5 μm , Almatix CT3000 LS SG, Germany), YSZ (3 mol% Y_2O_3 stabilized ZrO_2 , <0.5 μm , MSE Tech Co. Ltd, Turkey), micron-sized Cr_2O_3 (99%, 1 μm , Nanografi, Turkey), nano-sized Cr_2O_3 (99.5%, 55 nm, Nanografi, Turkey), polyacrylic acid as a dispersant (MSE Tech Co. Ltd., Turkey), polyvinyl alcohol as a binder (Sigma Aldrich) and glycerol as plasticizer (Sigma Aldrich) are the raw materials. α - Al_2O_3 , YSZ and Cr_2O_3 powder (micron and nano-sized, separately) were weighed in proper quantities as 5 wt% YSZ in every composite and 0.3, 0.6, and 1 wt% for Cr_2O_3 , respectively. The Cr_2O_3 ratios were determined by considering the literature studies (Azhar et al., 2012; Kafkaslıoğlu Yıldız et al., 2019). The weighted powders and polyacrylic acid (0.5% of total weight) were ball milled in distilled water for 24 h. Before the drying procedure, 3 wt% binder solution was poured into the ball-milled slurry and dried while stirring on a hot plate. The dried composite powder was crushed and sieved to 90 μm for granulation. Green pellets were pressed in a 35 mm diameter of

cylindrical mould uniaxially at 50 MPa. The binder burn-out process was completed at 600°C/1 h at the beginning of the sintering. All the prepared green pellets were pressureless sintered at 1650°C for 2 h in the air atmosphere in a Lenton[®] furnace. ZTA composite without Cr₂O₃ additive was also prepared under the same conditions for comparison.

The sintered specimens were firstly ground by using a lapping machine for both smoothing the surfaces and equalizing the thicknesses of the specimens then again ground with 1200 and 2000 grit SiC abrasive papers for mechanical tests. The bulk densities of the specimens were calculated as a volumetric density by the direct measurement of weight and dimensions. Theoretical densities of the composites were found by using the rule of mixtures to estimate the relative densities from the theoretical densities of the pure Al₂O₃, Cr₂O₃, and YSZ which are 3.98, 5.22, and 6.10, respectively. X-ray Diffraction (XRD) (Bruker[®] D8 Advance) was used at a scanning rate of 4°/min from 10° to 90° using Cu-K α (λ =1.5406 Å, 40 kV, 40 mA) in order to identify the present phases and crystal structures of the ceramic composites. The sintered specimens were thermally etched at 1550°C for 90 min in the air for microstructural observation and the analysis was carried out by using scanning electron microscopy (SEM, TESCAN Mira3 XMU) at accelerating voltage of 15 kV equipped with Energy Dispersive Spectroscopy (EDS). The matrix grain size of the composites was estimated by using the linear intercept method by counting more than 100 intercepts. The elastic modulus values were found by using an impulse excitation technique to disc ceramic specimens according to ASTM E 1876 standard in GrindoSonic[®] Mk5 machine with software. The monotonic equibiaxial flexural test method according to ASTM C 1499 standard was used to measure the bending strength of the ceramic composites with the Instron[®] 5569 device and twelve specimens of each composite was tested. In the strength tests, the displacement rate was set as 0.3 mm/min. The Vickers indentation method was used to measure the hardness of the composites under a 5 kg load for 10 s with an Instron[®] Wolpert Testor 2100 machine fitted with a diamond pyramid indenter.

Results and Discussion

X-ray diffraction patterns of the ZTA and ZTA-Cr₂O₃ composites after sintering prepared with 1 μ m Cr₂O₃ powder are shown in Figure 1. Both the α -Al₂O₃ corundum phase and t-YSZ (tetragonal yttria-stabilized ZrO₂) phase were detected. The names of the composites are abbreviated as given in the Figure. In short, A5Z means Al₂O₃ containing 5 wt% ZrO₂ and A5Z0.3C means Al₂O₃ containing 5wt% ZrO₂ and 0.3 wt% Cr₂O₃. The presence of monoclinic ZrO₂ was not detected in the patterns. Al₂O₃ and Cr₂O₃ have the same corundum crystal structure, no separate phase was identified after Cr₂O₃ addition to the composite due to the solid solution formation. The formation of complete substitutional solid solution in corundum structure makes challenging to recognize the peak of Cr₂O₃ as a distinct phase (Manshor et al., 2016). Also, XRD patterns of the pure ZTA and ZTA-Cr₂O₃ composites after sintering prepared with nano Cr₂O₃ powder are seen in Figure 2. There was no other

phase different from the phases in the XRD pattern of the composite prepared with micron powder. The letter “N” used in the abbreviation means prepared from nano Cr_2O_3 powder.

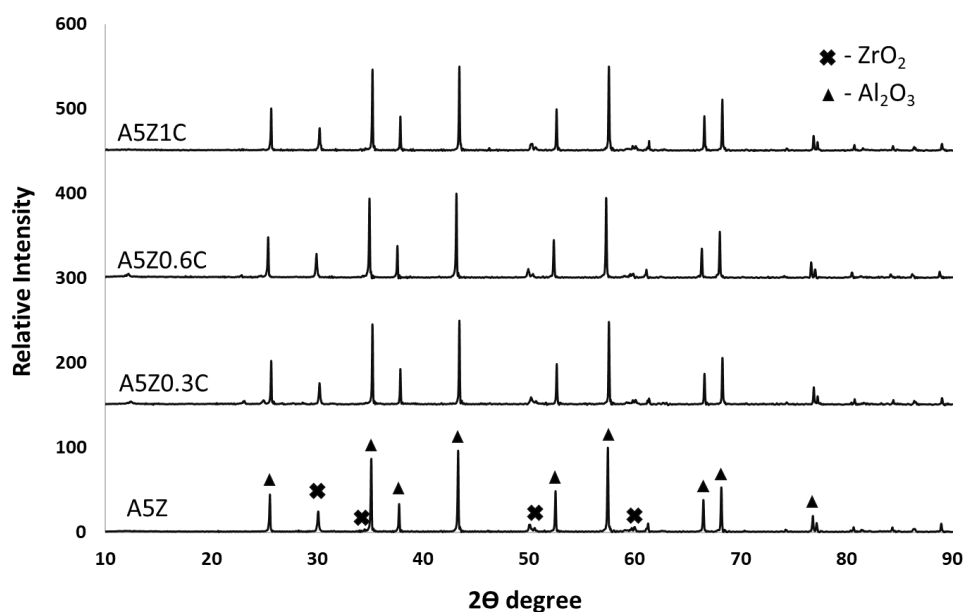


Figure 1. XRD patterns of the ZTA and ZTA- Cr_2O_3 composites after sintering prepared with 1 μm Cr_2O_3 .

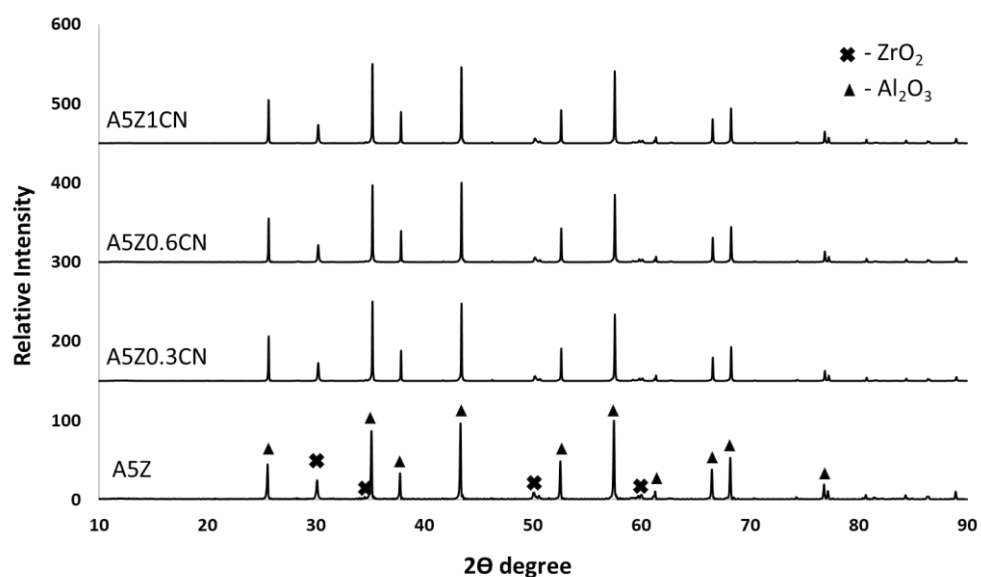


Figure 2. XRD patterns of the ZTA and ZTA- Cr_2O_3 composites after sintering prepared with nano Cr_2O_3 .

Table 1 shows the relative density values and mechanical properties of the ZTA and ZTA- Cr_2O_3 composites. Due to the vaporization-condensation sintering character of Cr_2O_3 , it is challenging to determine the exact relative density values of Cr_2O_3 containing composites (Zhao et al., 2018). Therefore, in this study, the relative densities of ZTA- Cr_2O_3 composites were calculated using the rule

of mixtures for comparison purposes only. The relative densities decreased slightly with the addition of Cr_2O_3 to the ZTA composite except for the composite containing 0.3 Cr_2O_3 prepared with micron powder. This situation is thought to be within the experimental error that in general, all relative density values were close to each other for the Cr_2O_3 containing composites. This situation is also reflected in the elastic modulus values. In general, higher densification results in higher elastic modulus for the same material (Kafkaslıoğlu Yıldız et al., 2019; Wanner, 1998; Feng et al., 2019). In this case, the relative elastic modulus values must be considered. The elastic modulus is around 200 GPa for the tetragonal phase in zirconia ceramics, 400 GPa for pure Al_2O_3 and 280 GPa for Cr_2O_3 (Broniszewski et al., 2013; Lu et al., 2003). Adding a component with a lower elastic modulus to the ceramic body will lower the overall elastic modulus. Since there is the same amount of ZrO_2 in all the composites and they are close to each other at the point of densification, the elastic modulus values are slightly lower than ZTA but close to each other for the Cr_2O_3 containing composites. Cr_2O_3 is not considered a separate phase as it is completely dissolved. Therefore, its effect on densification is also reflected in the elastic modulus.

Table 1. The mechanical properties of the ZTA and ZTA- Cr_2O_3 composites

Composition	Relative Density (%)	Elastic Modulus (GPa)	Al_2O_3 Grain Size (μm)	Hardness (GPa)	Flexural Strength (MPa)
A5Z	97.0 ± 1.2	370 ± 9	3.23	19.5 ± 1.2	317 ± 77
A5Z0.3C	97.3 ± 1.0	368 ± 9	3.31	18.9 ± 0.5	281 ± 57
A5Z0.6C	96.7 ± 1.2	364 ± 16	3.56	19.6 ± 1.6	339 ± 76
A5Z1C	96.5 ± 1.4	357 ± 16	3.35	18.9 ± 1.1	327 ± 93
A5Z0.3CN	96.4 ± 1.0	361 ± 13	3.06	19.3 ± 2.2	240 ± 37
A5Z0.6CN	96.7 ± 1.0	361 ± 12	3.02	20.0 ± 0.8	299 ± 37
A5Z1CN	96.8 ± 0.9	363 ± 10	2.82	20.7 ± 0.5	299 ± 54

Figure 3 shows the thermally etched SEM images of ZTA and ZTA- Cr_2O_3 composites both prepared with nano and micron-sized Cr_2O_3 powder. YSZ grains are represented by the white areas, and Al_2O_3 grains are represented by the grey areas. Also, the Al_2O_3 matrix grain sizes are given in Table 1. ZrO_2 particles are well distributed in the matrix mainly at grain boundaries and triple junctions and almost no agglomeration was observed. The mean particle size of ZrO_2 particles was measured as $\sim 0.80 \mu\text{m}$ in all the composites by using ImageJ software. In parallel with the densification, the matrix grain sizes were also very close to each other and no exaggerated grain growth was detected. The presence of the Cr_2O_3 phase cannot be seen individually due to the solid solution formation. Because the complete solid solution of Al_2O_3 and Cr_2O_3 without the occurrence of any eutectic have a crystal structure resembling corundum (Zhao et al., 2018). Nonetheless, the SEM-EDX mapping data in Figure 4 can be used to demonstrate the existence of Cr^{3+} . Dark black areas are oxygen, turquoise areas are aluminum, yellow point areas are zirconium, and pink areas are chromium in the figure. The mapping results roughly prove that Cr_2O_3 dissolved in the Al_2O_3 matrix.

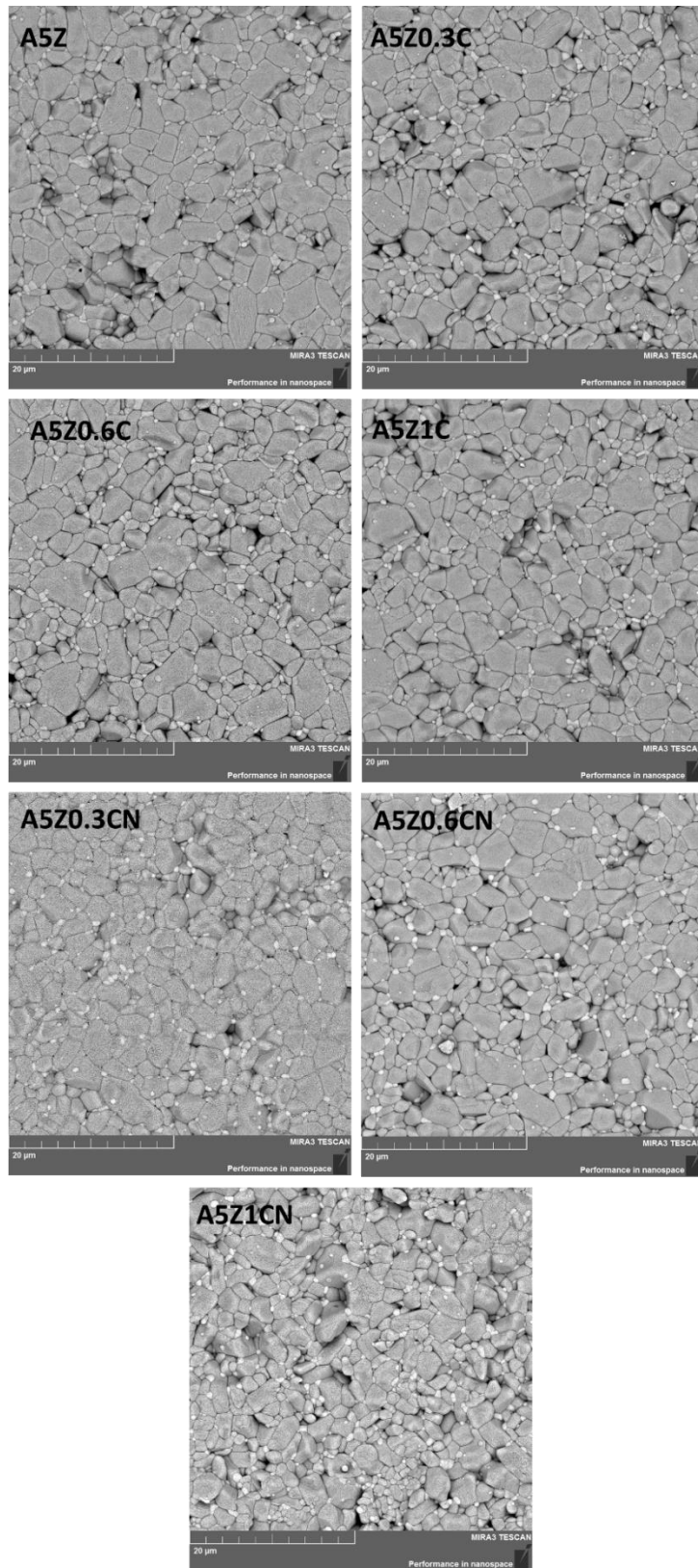


Figure 3. SEM images of thermally etched ZTA and ZTA-Cr₂O₃ composites (the scale is 20 μm)

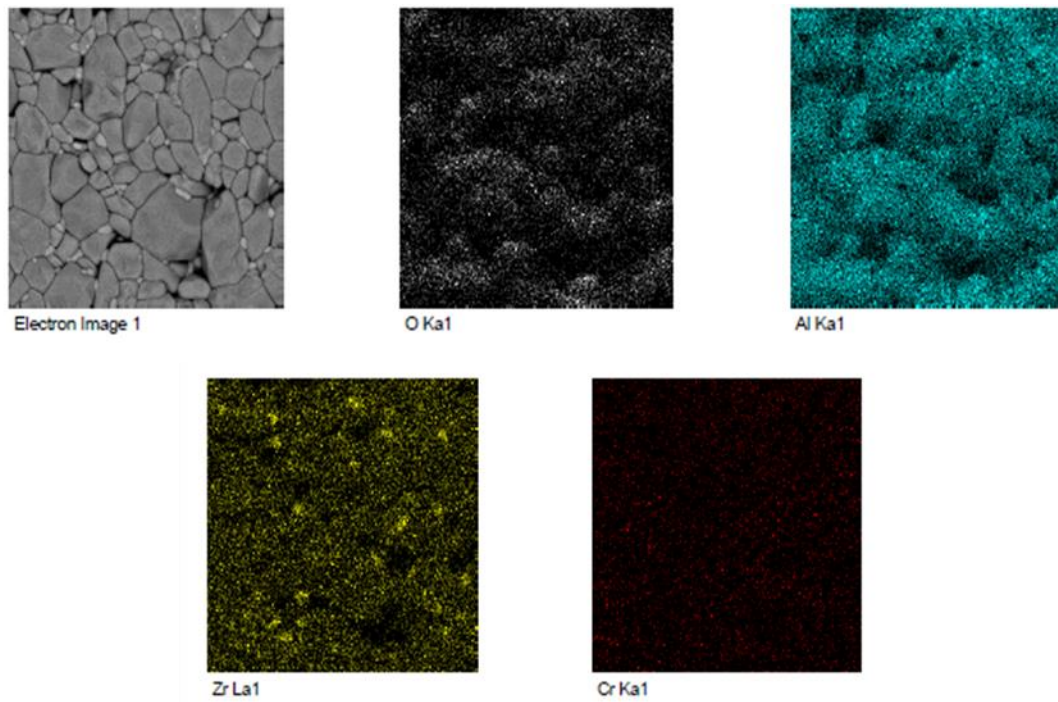


Figure 4. SEM-EDS mapping images of ZTA-Cr₂O₃ composites

In Figure 5 and Table 1, Vickers hardness values are also given. It was observed that the addition of Cr₂O₃ did not have a serious effect on the hardness of ZTA composites by taking into account the standard deviations. This closeness in hardness values can be explained by the similar-sized Al₂O₃ grains, the same ZrO₂ content and the similar densification for all the composites. On the other hand, a hardness increase was seen in ZTA-Cr₂O₃ composites prepared with nano-sized Cr₂O₃ powder by increasing Cr₂O₃ content. Again, considering the standard deviations and low relative densities, it is thought that this increase is not very significant. On the other hand, an increase in hardness could be expected after the solid solution formation due to the grain boundary strengthening that generates the hardening of the matrix by inhibiting the permanent deformation and microcracking (Riu et al., 2000; Azhar et al., 2012; Kafkaslıoğlu Yıldız et al., 2019; Rondinella et al., 2021). In order to see the exact effect of the Cr₂O₃ additive on hardness, it is necessary to examine the Cr₂O₃ content in different sintering conditions and a wider range of amounts.

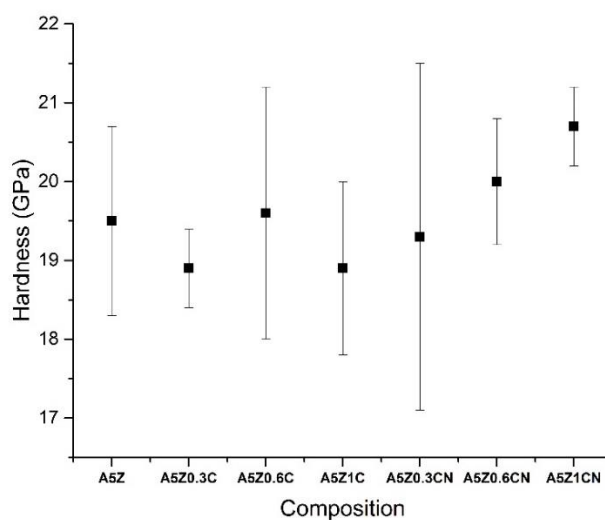


Figure 5. The Vickers hardness relation of the composites up to the composition

In this study, the main effect of Cr_2O_3 addition on ZTA composites was seen for flexural strength. The flexural strength values are given both in Table 1 and Figure 6. The highest strength value was obtained for A5Z0.6C at 339 MPa. Standard deviations were high in all composites due to the structural defects generated in processing. Compared to the ZTA, a nearly 7% increase is present for A5Z0.6C. Nevertheless, nano-sized Cr_2O_3 addition to the ZTA composite negatively affected the strength values. In composites prepared with nano-sized Cr_2O_3 powder, the strength values for all ratios are lower than ZTA. Normally, in composites prepared with nano-sized powder, it would be expected that the solid solution would show more positive effects on mechanical properties with more surface area and ultimately more solid solution formation. However, it is seen that the direct addition of nano-sized powder is not effective since the powder does not disperse homogeneously during the process by probable agglomeration, and does not create a homogeneous solid solution formation in the microstructure. Therefore, instead of using nanopowder directly, using a precursor such as $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ instead of nanopowder or a larger-sized powder seems appropriate while processing (Xia et al., 2016).

The increase of flexural strength in A5Z0.6C and A5Z1C composites compared to the A5Z composite can be based on the generated compressive stresses in the grain boundary leads to strengthening (Lin et al., 2012; Kafkaslıoğlu Yıldız et al., 2019; Li et al., 1999). In Li et al. study, an increase in flexural strength was also obtained after 0.4 mol% Cr_2O_3 addition to the pure Al_2O_3 and the increase was attributed to the grain boundary modification produced by the bigger size of the Cr^{3+} ions substituting Al^{3+} ions comes out localized compressive stresses (Li et al., 1999). On the other hand, localized compressive stresses caused by ion dimension misfit begin to overlap with rising Cr_2O_3 quantity and its positive effect reduces. The decrease in the strength value for A5Z1C compared to A5Z0.6C may be due to this effect.

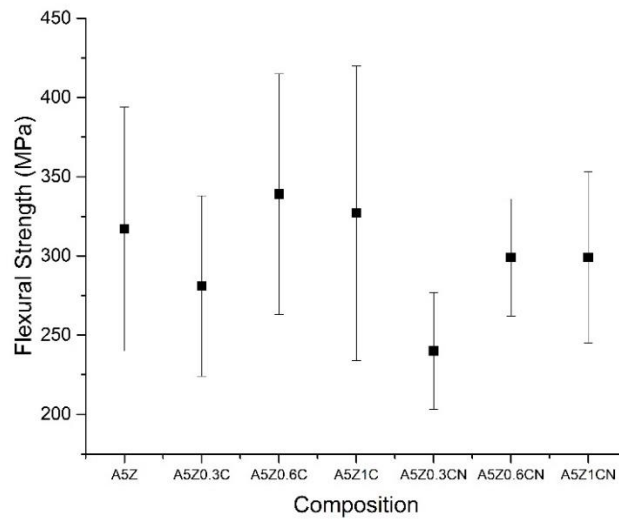


Figure 6. The flexural strength relation of the composites up to the composition

Figure 7 shows the photographs of ZTA and ZTA-Cr₂O₃ composites taken after the strength tests. ZTA composites seem white while ZTA-Cr₂O₃ composites seem pink in colour. The original colour of the Cr₂O₃ powder is green. Depending on the chromium level, colouring might range from green to red after sintering (Nguyen et al., 2017). Cr₂O₃ level must be higher than Al₂O₃ content in order to produce a green colouring pigment. Due to the lower ion size of Al³⁺ as compared to Cr³⁺, the crystal field expands as the aluminum concentration rises. This results in a shift in the absorption bands to higher energies and a pink colour, which is the case for rubies (Munoz et al., 2004). The colouration of Cr³⁺ alters with its amount from purple to purplish red in Al₂O₃ (Bernardi et al, 2004). The colour of the composite changed to darker pink with increasing Cr₂O₃ content in the ZTA-Cr₂O₃ composites as seen in Figure 6.

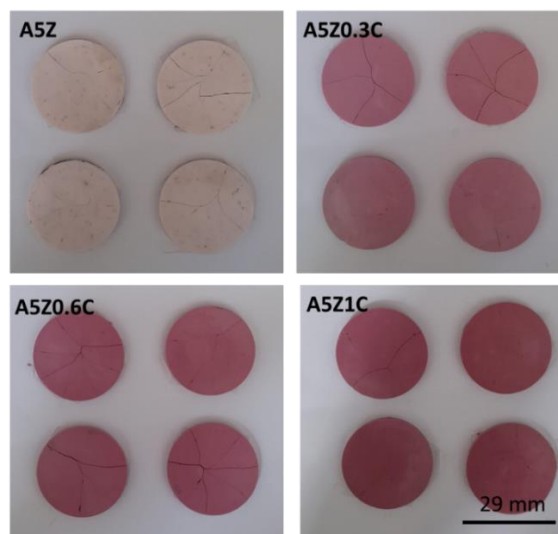


Figure 7. Photographs of ZTA and ZTA-Cr₂O₃ composites taken after strength testing.

Conclusion

In this study, the effects of Cr_2O_3 addition on densification and mechanical properties (elastic modulus, hardness, and flexural strength) of ZTA composites were investigated. Processing involved separately adding nano and micron-sized Cr_2O_3 powder to the ZTA composite in weight ratios of 0.3, 0.6, and 1%, followed by uniaxially dry pressing immediately after pressureless sintering at 1650°C for two hours in the air. ZrO_2 particles are well distributed in the matrix mainly at grain boundaries and triple junctions and almost no agglomeration was observed. Due to the solid solution formation, the Cr_2O_3 additive was not seen as a separate phase in both XRD and SEM results. For the composites containing Cr_2O_3 , the relative densities of all the materials were rather close to one another. Due to the evaporation problem, a small reduction in both densification and elastic modulus was seen with the addition of Cr_2O_3 . Moreover, the hardness of the ZTA composites was not significantly affected by the addition of Cr_2O_3 . The flexural strength of ZTA composites was the main outcome of Cr_2O_3 addition. The direct addition of nano-sized powder is ineffective as the powder does not distribute uniformly during the process, possibly due to agglomeration, and does not result in a homogeneous solid solution formation in the microstructure. Due to the generated compressive stresses in the grain boundary caused by solid solution formation, 0.6wt% Cr_2O_3 containing composite prepared with micron sized Cr_2O_3 powder showed a roughly 7% improvement in strength when compared to the ZTA. Eventually, ZTA composite containing 0.6wt% Cr_2O_3 additive with high strength value (339 MPa) can be possible used as an alternative material to ZTA composites for critical structural applications demanding high strength.

Acknowledgements

This article was prepared from the studies of Uğur Usta for his master's degree at Sivas University of Science and Technology, Defense Technology Program. The authors thank Dr Besim Gökçe Dara in Roketsan for his collaboration in the thesis. The authors also thank Halil İbrahim Çetintaş and Adem Şen for their assistance in the SEM and XRD analysis of this study, respectively.

Conflict of Interest Statement

The article's authors declare that there is no conflict of interest.

Contribution Rate Statement Summary of Researchers

UU carried out the experiments and the theoretical calculations with BKY. BKY wrote the article and UU contributed to the interpretation. All authors have read and agreed to the final version of the article.

References

- Arahoru T., Whitney ED. Microstructure and mechanical properties of $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ composites. *Journal of Materials Science* 1988; 23: 1605-1609.
- Azhar AZA., Choong LC., Mohamed HM., Ratnam MM., Ahmad ZA. Effects of Cr_2O_3 addition on the mechanical properties, microstructure and wear performance of zirconia-toughened-alumina (ZTA) cutting inserts. *Journal of Alloys and Compounds* 2012; 513: 91–96.
- Azhar AZA., Mohamad H., Ratnam MM., Ahmad ZA. The effects of MgO addition on microstructure, mechanical properties and wear performance of zirconia-toughened alumina cutting inserts. *Journal of Alloys and Compounds* 2010; 497: 316–320.
- Bernardi MIB., Crispim SCL., Maciel AP., Souza AG., Conceição MM., Leite ER., Longo E. Synthesis and characterization of $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Cr}_2\text{O}_3$ -based ceramic pigments. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 2004; 75: 475–480.
- Broniszewski K., Wozniak J., Czechowski K., Jaworska L., Olszyna A. $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Mo}$ cutting tools for machining hardened stainless steel. *Wear* 2013; 303: 87–91.
- Chevalier J., Gremillard L., Virkar AV., Clarke DR. The Tetragonal-monoclinic transformation in zirconia: Lessons learned and future trends. *Journal of the American Ceramic Society* 2009; 92: 1901–1920.
- Feng L., Fahrenholtz WG., Hilmas GE., Watts J., Zhou Y. Densification, microstructure, and mechanical properties of ZrC–SiC ceramics. *Journal of the American Ceramic Society* 2019; 102: 5786–5795.
- Hassan AM., Naga SM., Awaad M. Toughening and strengthening of Nb_2O_5 doped zirconia/alumina (ZTA) composites. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials* 2015; 48: 338–345.
- Kafkaslioglu Yıldız B., Tür YK. Effect of ZrO_2 content on the microstructure and flexural strength of $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ composites with the stored failure energy-fragmentation relations. *Ceramics International* 2021; 47: 34199–34206.
- Kafkaslioglu Yıldız B., Yılmaz H., Tür YK. Evaluation of mechanical properties of $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$ ceramic system prepared in different Cr_2O_3 ratios for ceramic armour components, *Ceramics International* 2019; 45: 20575–20582.
- Li CL., Riu DH., Sekino T. Niihara K. Fabrication and mechanical properties of Al_2O_3 solid solution with low addition of Cr_2O_3 . *Key Engineering Materials* 1999; 161–163.
- Lin HT., Nayak PK., Liu BZ., Chen WH., Huang JL. Mechanical properties of $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3/\text{Cr}_3\text{C}_2$ nanocomposite fabricated by spark plasma sintering. *Journal of the European Ceramic Society* 2012; 32: 77–83
- Lu FH., Chen HY., Hung CH. Degradation of CrN films at high temperature under controlled atmosphere. *Journal of Vacuum Science and Technology A* 2003; 21: 671-675.

- Manshor H., Abdullah EC., Azhar AZA., Sing YW., Ahmad ZA. Microwave sintering of zirconia-toughened alumina (ZTA)-TiO₂-Cr₂O₃ ceramic composite: The effects on microstructure and properties. *Journal of Alloys and Compounds* 2017; 722: 458-466.
- Manshor H., Azhar AZA., Rashid RA., Sulaiman S., Abdullah EC., Ahmad ZA. Effects of Cr₂O₃ addition on the phase, mechanical properties, and microstructure of zirconia-toughened alumina added with TiO₂ (ZTA-TiO₂) ceramic composite. *Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials* 2016; 61: 40-45.
- Moradkhani A., Baharvandi H. Effects of additive amount, testing method, fabrication process and sintering temperature on the mechanical properties of Al₂O₃/3Y-TZP composites. *Engineering Fracture Mechanics* 2018; 19: 446-460.
- Munoz R., Maso N., Julian B., Marquez F., Beltran H., Escribano P., Cordoncillo E. Environmental study of Cr₂O₃-Al₂O₃ green ceramic pigment synthesis. *Journal of the European Ceramic Society* 2004; 24: 2087-2094.
- Nath M., Kumar P., Maldhure AV., Sinhamahapatra S., Dana K., Ghosha A., Tripathi HS. Anomalous densification behavior of Al₂O₃-Cr₂O₃ system. *Materials Characterization* 2016; 111: 8-13.
- Nguyen DK., Lee H., Kim IT. Synthesis and thermochromic properties of Cr-Doped Al₂O₃ for a reversible thermochromic sensor. *Materials* 2017; 10: 476.
- Rondinella A., Furlani E., Magnan M., Scagnetto F., Driussi S., Marin E., Maschio S. Synthesis, crystallographic characterization, and mechanical behavior of alumina chromia alloys. 2021; 47: 24494-24500.
- Tuan WH., Chen JR., Ho CJ. Critical zirconia amount to enhance the strength of alumina. *Ceramics International* 2008; 34: 2129-2135.
- Tuan WH., Chen RZ., Wang TC., Cheng CH., Kuo PS. Mechanical properties of Al₂O₃/ZrO₂ composites. *Journal of the European Ceramic Society* 2002; 22: 2827-2833.
- Wanner A. Elastic modulus measurements of extremely porous ceramic materials by ultrasonic phase spectroscopy. *Materials Science and Engineering: A* 1998; 248: 35-43.
- Weimin M., Lei W., Renguo G., Xudong S., Xikun L. Sintering densification, microstructure and transformation behavior of Al₂O₃/ZrO₂(Y₂O₃) composites. *Materials Science and Engineering A*; 2008: 477: 100-106.
- Xia JF., Nian HQ., Liu W., Wang XG., Jiang DY. Effect of Cr₂O₃ derived from Cr(NO₃)₃·9H₂O precursor on the densification and mechanical properties of zirconia-toughened alumina (ZTA) composites. *Ceramics International* 2016; 42: 9116-9124.
- Zhao P., Zhao H., Yu J., Zhang H., Gao H., Qi Chen. Crystal structure and properties of Al₂O₃-Cr₂O₃ solid solutions with different Cr₂O₃ contents. *Ceramics International* 2018; 44: 1356-1361.

Titreşimli İnce Film Kaplama Sistemi Tasarımı ve Yüzey Kaplamasının Test Edilmesi

Mustafa DOĞAN^{1*}, Salih ÖKTEN²

¹Kırıkkale Üniversitesi, Bilimsel Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi, 71450, Kırıkkale

²Kırıkkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Bölümü, 71450, Kırıkkale

¹<https://orcid.org/0000-0002-4437-566X>

²<https://orcid.org/0000-0001-9656-1803>

*Sorumlu yazar: mustafadoga@gmail.com

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 18.04.2023

Kabul tarihi: 23.08.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Titreşim kaplama

Spin kaplama

İnce film

UV-VIS

SEM

Hidroksikinolin

ÖZ

Yüzey ince film kaplama sistemleri elektronik sensörler, yarıiletken cihazlar, gözlük camları, gözlem teleskopları gibi birçok alanda kullanılır. İnce film kalınlığı, kalitesi ve kaplanacak yüzeyin çeşidine göre birçok kaplama yöntemi geliştirilmiştir. Spin kaplama en yaygın olarak kullanılan ve maliyeti düşük olan kaplama yöntemlerinden birisidir. Yaklaşık olarak 2000-3000 devir/dakika hızla dönen yüzeye, uçucu organik çözücü ve kaplanacak kimyasal bileşik çözeltisi damlatılarak kaplama işlemi gerçekleştirilir. Buharlaşma ve merkezkaç kuvvetinin etkisiyle yüzeyde ince bir film tabakası oluşur. Bu yöntem vakum veya buharlaştırma sistemleri gerektirmez ve motor dönme hızı ayarlanarak farklı kalınlıklarda ince filmler oluşturulabilir. Bu çalışmada, sık kullanılan bu spin kaplama yöntemine alternatif olarak, uygun fiyatlı bir titreşimli yüzey kaplama sistemi tasarlanmıştır. Uçucu organik bileşenin buharlaşma hızına bağlı olarak farklı kalınlıklarda ince filmler üretilebilir. Kaplama verimliliği, kaplanan yüzeyin SEM ve UV-VIS yöntemleriyle incelenerek değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, titreşimli yüzey kaplama sistemi ile kaplanan yüzeyin homojen ve düzgün olduğunu, ince film kalitesinin spin kaplama yöntemiyle benzer olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, titreşimli yüzey kaplama sistemi, spin kaplama yöntemlerine alternatif olarak düşük maliyetli bir seçenek sunacaktır ve çeşitli kaplama uygulamalarında kullanılabilir. Bu yöntem güvenilir ve uygun fiyatlı bir yüzey ince film kaplama çözümü sunar.

Design of Vibrating Thin Film Coating System and Testing of Coated Surface

Research Article

Article History:

Received: 18.04.2023

Accepted: 23.08.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Vibration coating

Spin coating

Thin film

UV-VIS

SEM

Hydroxyquinoline

ABSTRACT

Coating systems for thin surfaces are used in many applications, such as electronic sensors, semiconductor devices, spectacle lenses, and observation telescopes. Numerous coating methods have been developed, depending on the thickness, quality of the thin film, and type of surface to be coated. Spin coating is one of the most commonly used and cost-effective coating methods. The coating process is carried out by dropping volatile organic solvents and the chemical compound to be coated onto the surface, which rotates at a speed of about 2000-3000 cycles/minute. Under the influence of evaporation and centrifugal force, a thin film layer is formed on the surface. This method does not require vacuum or evaporation systems, and thin films of different thicknesses can be produced by adjusting the rotating speed of motor. In this study, an affordable vibrating surface coating system was developed as an alternative to commonly used spin coating method. Depending on the evaporation rate of the volatile organic compound, thin films with different thickness can be prepared. The efficiency of the coating was evaluated by examining the coated surface using the SEM and UV-VIS

methods. The results showed that the surface coated with the vibrating surface coating system is homogenous and smooth, and the quality of the thin film is similar to that of the spin coating method. Thus, the vibrating surface coating system is a cost-effective alternative to spin coating methods and can be used for a wide range of coating applications. This method offers a reliable and affordable solution for thin film surface coating.

To Cite: Doğan M., Ökten S. Titreşimli İnce Film Kaplama Sistemi Tasarımı ve Yüzey Kaplamasının Test Edilmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(Ek Sayı): 328-338.

Giriş

Polimer ince filmlerinin düz yüzeyler üzerinde uygulanması, mikroelektronik katmanlı yapıların oluşturulması ve elektronik cihazların üretilmesi aşamalarında büyük öneme sahiptir (Sukanek, 1991). Bu filmlerden üretilebilecek cihazlara örnek olarak gaz sensörleri, organik ışık yayan diyot (OLED), fotovoltaik (PV) hücreleri ve giyilebilir elektrik jeneratörleri gibi elektronik aygıtlar verilebilir (Doğan, 2021; Dissanayeke ve ark., 2020; Khan ve ark., 2019).

Alternatif olarak, bu kaplama sistemi yerine kullanılan kimyasal buhar biriktirme (CVDP) ve püskürtme (sputter) gibi sistemlerin çok pahalı olduğu ve spin kaplama sisteminin basit imkanlarla dahi kurulabilecek bir yapıda olması nedeniyle bu yöntemin kolaylık, performans ve maliyet açısından çok avantajlı bir konuma sahip olduğu görülmektedir (Doğan, 2021; Doğan ve ark., 2021).

Bir örnek çalışmada, polistren ince filmler spin kaplama yöntemi kullanılarak silikon wafer üzerine 2500 devirde 60 saniye süre ile kaplanmıştır. Bu filmler 130 derece sıcaklıkta vakum altında 12 saat kurutuldu ve kalınlıkları 42 nm ile 48 nm arasında ölçüldü (Ellis ve ark., 2009).

Farklı çalışmalarda kullanılan diğer kaplama yöntemleri arasında gümüş kaplama, sol jel kaplama, daldırma ile kaplama, püskürtme ile kaplama, sülfatlama ile kaplama ve elektro-iletken kaplama benzeri yöntemler yer almaktadır. Gümüş kaplama (Sırlama), gümüş tuzunun kimyasal olarak indirgenmesi sonucu, cam yüzeyinde gümüş birikimi sağlayarak gerçekleştirilen bir kaplamadır. Bu kaplama çeşidi, yansıtıcılığı sebebiyle aynalar ve termos şişelerinin iç yüzeylerinin kaplanmasında kullanılır (Karasu ve ark., 2018).

Sol jel kaplama ise, sol-jel solüsyonu ile jelleşme kelimelerinin kısaltılmış hali kullanılarak isimlendirilen bir kaplama yöntemidir (Karasu ve ark., 2018; Pathak ve ark., 2012). Bu yöntem, dökme kaplamaların korozyon koruma özelliklerini ve nanoteknoloji uygulamalarında cam, seramik, metal oksit kaplamasında kullanılır, ayrıca polimer arayüz kimyasına uygunluğu nedeniyle de tercih edilir. Organik-inorganik hibrit kaplamalarda ve organik polimerlerin özelliklerini (hidrofobiklik, esneklik) birleştirdikleri için de özel bir ilgi de görür (Pathak ve ark., 2012; Sakka ve ark., 2005; Livage, 1997).

Daldırma ile kaplama yöntemi, kaplanacak yüzeyin alt-taban kaplama çözeltisine daldırılarak ve çıkarılarak kaplanması işlemidir. Kaplamanın özellikleri tamamen sıvı viskozitesi, yerçekimi kuvveti, yoğunluk ve buharlaşma hızına bağlı olarak belirlenir (Brinker, 2013; Brinker, 1994; Scriven, 1988).

Sprey kaplama yöntemi ise bir nozuldan püskürtülen tozların alt tabakaya püskürtülerek ve hızlandırılarak yapıştırılmasıdır. Bu yöntemde nano yapıları malzemeler de yüzeyde biriktirebilir. Bu

teknoloji içten yanmalı motorlardan güneş hücrelerine kadar birçok alanda kullanılmaktadır (Aziz, 2015; Moridi ve ark., 2014; Cao, 2000).

Sülfatlaşma ile kaplama yöntemi ise krom sülfat ve kobalt sülfat kullanılarak türbin kanatlarında korozyon önleme amaçlı kaplama yapımında kullanılır. Bu kaplama yöntemi, spreycaplama ve sol-jel yöntemi ile beraber yüzey kaplaması için uygulanır (Buelna ve ark., 2004; Aprigliano ve ark., 1989).

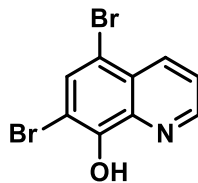
Bu çalışmada, daha önce literatürde yer almayan ve ilk defa kullanılan bir kaplama yöntemi geliştirilmeye çalışıldı. Ayrıntısı malzeme ve metot kısmında anlatılan; uçucu solvent ve içerisinde çözülebilen kinolin türevi bir malzeme bulunan bir kaplama solüsyonu hazırlandı. Titreşen yüzey üzerine, kaplama solüsyonu damlatıldığında yüzeyde buharlaşma sonucu oluşan ince kaplama filmleri incelendi.

Materyal ve Metot

OLED veya PV güneş hücresi üretiminde, cam üzerine spin kaplama yöntemi ile ince film kaplama yapılabilmektedir. İndiyum kalay oksit (ITO) kaplı camlar 50-100 Ω yüzey direncine sahiptir. ITO camları Sigma Aldrich'ten temin edildi. Kaplama için alttaş olarak cam veya ITO kaplı cam yüzeyler kullanılabilir. Yüzey kaplama özelliğini incelemek için yüzeyi boş olan camlar ve ITO kaplı camlar kullanıldı. Kaplamanın yüzey homojenitesi ve kalitesini anlamak için taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve ultraviyole ve görünür bölge spektrometresi (UV-VIS) yöntemleri kullanıldı.

Titreşimin yüzeydeki karakteristik frekans ve gücünü anlamak için Good Will Instek marka, GDS 1102A-U model, 100 MHz osiloskop kullanıldı ve piezoelektrik kristal titreşen yüzeyden ölçüm almak için titreşim yapan yüzeye yapıştırıldı. Bu şekilde bir deney düzeneği oluşturuldu. Cihaz üzerinde bulunan ayar düğmesi ile her titreşim modunda frekans ve voltaj ölçümleri yapıldı. Cihazın ölçümleri sonucunda, camların zarar görmeden kaplanabildiği 1. kademe titreşim modu kaplama işlemi için seçildi. Spin kaplama işlemi için ise 220 volt çalışma voltajına sahip bir bilgisayar fanı ile elde yapılan manuel bir kaplama sistemi kullanıldı.

Kaplama amaçlı olarak daha önce OLED devresinde başarıyla kullanılmış (Doğan ve ark., 2021) olan 5,7-dibromo-8-hidroksikinolin türevi bir kristal (Şekil 1), ve stiren içeren organik çözücü kullanıldı. 5,7-dibromo-8-hidroksikinolin türevinin üretimi daha önceki çalışmalarda ayrıntılı olarak açıklandı (Doğan ve ark., 2021, Ökten ve ark., 2016; Ökten ve ark., 2017). Stiren çözücü için 75 ml kloroform içinde 2745 mg stiren, oda sıcaklığında kapalı bir balon jöje içinde manyetik karıştırıcı ile 1 saat boyunca devamlı karıştırılarak homojen bir solüsyon haline getirildi.



Şekil 1. Kinolin türevi olan 5,7-dibromo-8-hidroksikinolin'in moleküler yapısı

Bulgular

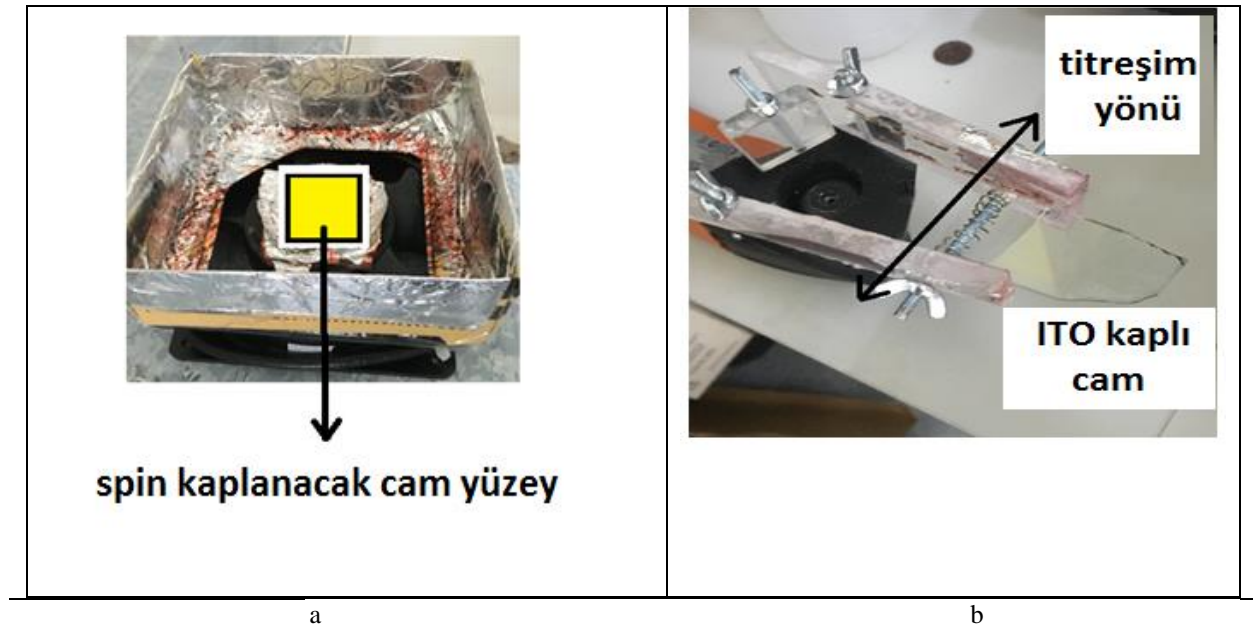
Titreşimli kaplama sistemi

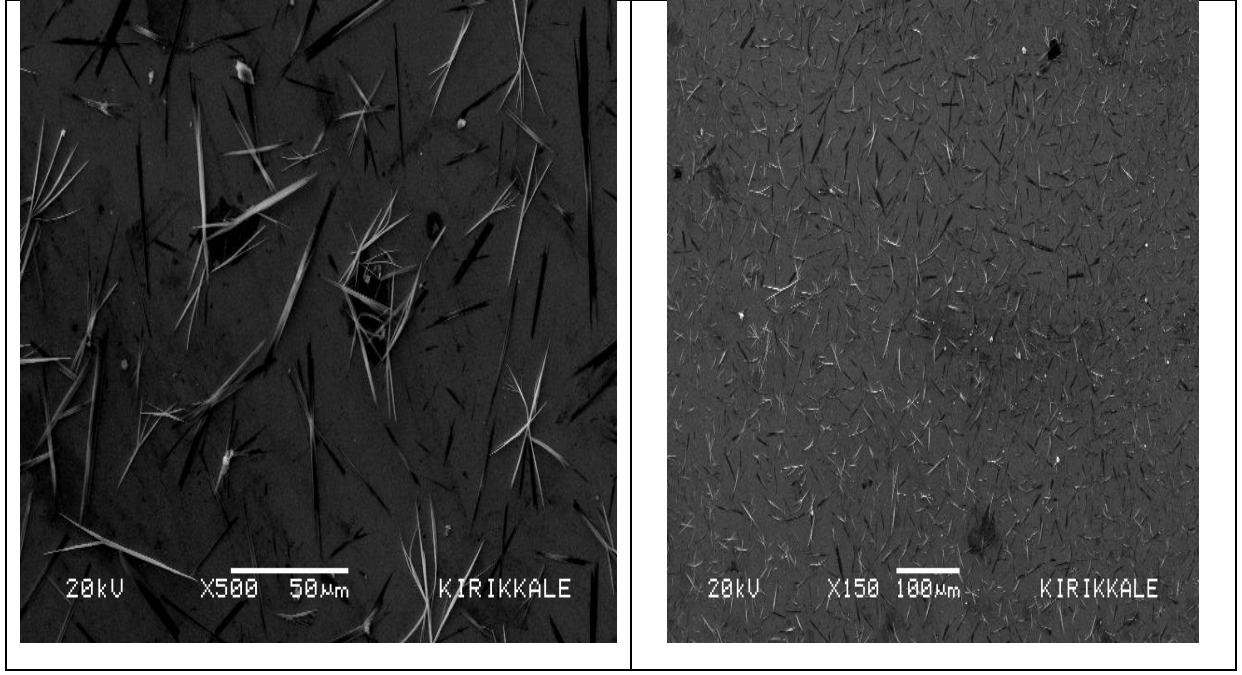
Titreşimli kaplama sistemi oluşturmak için titreşimli raspa aleti kullanıldı. Titreşim yapan cihaz Şekil 2b'de gösterildi. Raspa cihazının motoru, dakikada 11000-20000 devir/dakika arasında dönerek titreşebilen bir yüzey oluşturmaktadır. Cihaz, sağa ve sola 1,6 derecelik bir açı ile titreşim hareketi yaparak titreşim oluşturmaktadır. Titreşimli kaplama sistemi kullanılarak oldukça verimli bir kaplama çalışması yapıldı. Ancak cihaz kaplama amacı ile yapılmadığı ve çok kuvvetli titreştiği için yapılan deneylerde, ince 0,13 mm ve daha kalın 0,50 mm kalınlığındaki camların yüksek güçlü titreşim gücünün etkisiyle kolayca kırıldığı tespit edildi. Titreşimli kaplama cihazının titreşim frekansı ve voltaj genlikleri, osiloskop ve piezoelektrik kristal kullanılarak incelendi ve Tablo 1'deki veriler elde edildi. Çok güçlü titreşim modlarında, kaplama camı bu şiddete dayanamayarak parçalandı. Bu nedenle, cihazın en düşük titreşim kademesine (birinci kademe) alınması ve kaplama işleminin bu şekilde yapılması tercih edildi. Titreme hareketinin camı kırılmadan kaplama yapması için, cam lamel pleksiglass üzerine sabitlenen kauçuk tamponlarla sıkıştırıldı ve deney sırasında camın cihazdan çıkması engellendi. Bu da cam yüzeyin üzerine, cam kırılmadan kaplama yapılabilmesini sağladı. Pleksiglass'dan yapılan ve titreşim cihazına sabitlenen vidalı sistem, istenildiğinde gevşetilerek kaplama yapılacak camın kolayca yerleştirilebilmesini sağladı. Sistemde dikine olarak 3 adet pleksiglass duvar titreşen yüzeye dikine sabitlendi. 3 farklı boyutta pleksiglass prizma (110x25x5 mm, 110x25x5mm ve 20x20x5 mm) cam malzemeyi arasına sıkıştırılabilecek şekilde seçildi ve titreşen yüzeye sabitlendi. Çelik kulaklı somunla metrik 4 kısa sonsuz vida üzerinde bulunan çelik yay; pleksiglassların aralarındaki cam örnek tutucu aralığının kolayca ayarlanabilmesini sağladı. Pleksiglass prizmaların arasında kauçuk bantlar kullanılarak titreşimin camı dışarı atması engellendi. Spin kaplama sistemi de Şekil 2a'da görülmektedir. Bu sistem, 220 volt çalışma voltajı olan bilgisayar fanı kullanılarak tasarlandı. Dönen yüzeyin etrafına, malzemenin sıçramasını önlemek için belli bir yükseklikte alüminyum folyo kaplı bir duvar yapılmıştır. Henwee marka dijital göstergeli manyetik devir sayıcı kullanılarak; spin kaplama sisteminin devir sayısı ölçüldü. Dönme hızı sabit olan spin kaplama sisteminin devir sayısının 2277 devir/ dakika olduğu manyetik devir sayıcı ile tespit edildi.

Bu çalışmada farklı iki kaplama sistemi ve yüzey kaplama etkinliği incelendi. Titreşim yapan cihazın titreşim ile kesim ve zımparalama amaçlı olması ve güçlü titreşim modlarına sahip olması bu kaplama sistemi için bazı dezavantajlar oluşturmuştur. Dezavantajlı olan durumlar camın kırılması ve titreşim cihazından kaplanacak camın titreşim etkisi ile kolayca çıkabilmesidir. Bu sorunun çözümü titreşimle kaplama yapabilecek özel bir kaplama cihazı üretilmesidir. Ayrıca titreşim frekansları ve genlikleri ayarlanabilecek şekilde bir cihaz tasarlandığında yüzeye çok daha verimli bir kaplama yapılabilecektir. Titreşimli kaplama sistemi ile spin kaplama sisteminin yüzey kaplama etkinliği ve kaplamalar arasındaki farklar, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve UV-VIS spektrometre cihazları kullanılarak incelendi.

Tablo1. Titreşim raspaşının piezoelektrik kristal kullanılarak osiloskop üzerinden ölçülen titreşim frekansları ve titreşime bağı olarak oluşan voltaj genlikleri

Titreşim Raspaşısı Titreşim Değerinin Ölçümü	Raspa ayarı 1.kademe	Raspa ayarı 2.kademe	Raspa ayarı 3.kademe	Raspa ayarı 4.kademe
Ölçülen Frekans	115-120Hz	388-512 Hz	655 Hz	747 Hz
Ölçülen Voltaj	4,15V	4,07V	8,96V	6,15V
Açıklama	Kaplama için kullanılan titreşim frekansı			Sensör kristali titreşim şiddeti ile parçalandı





Şekil 3. Üretilen "5,7-dibromo-8-hidroksikinolin" malzemesinin 500X (a) ve 150X (b) büyütme altında çekilmiş ITO cam üzerine titreşimli kaplama ile kaplanmış örnek resimleri görülmektedir.

Tartışma

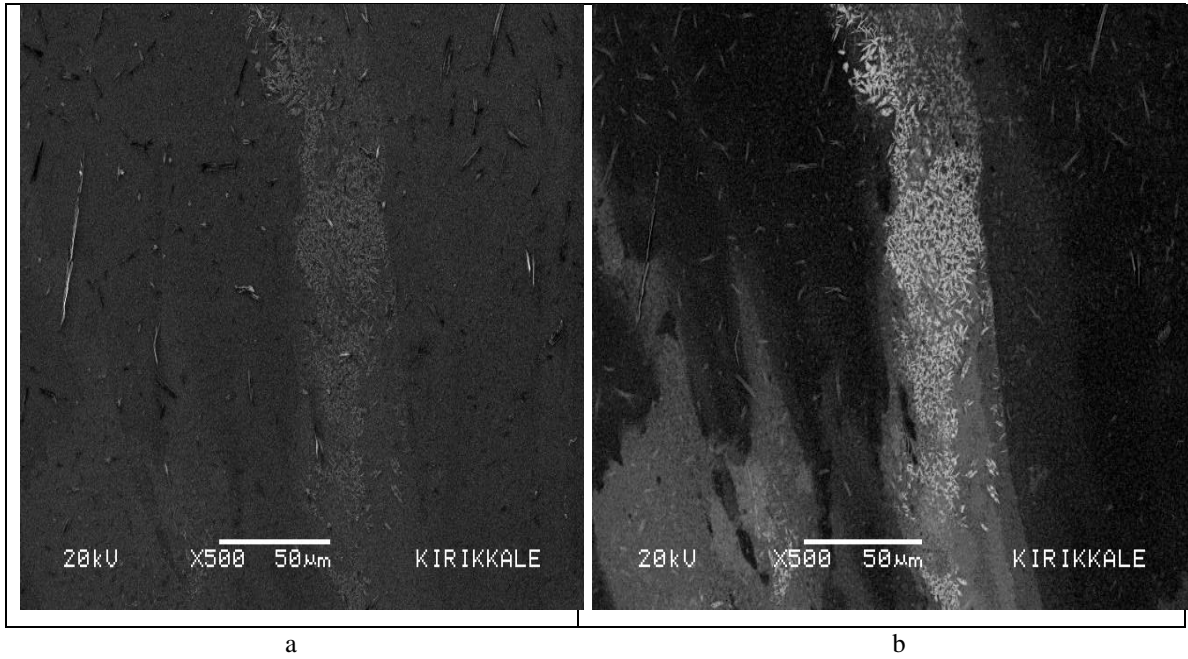
Kaplama Sistemlerinin Karşılaştırılması

Organik malzeme kaplama yapılan ITO yüzeyinin direnci multimetre cihazı ile ölçülmüş ve 36 Ω /cm olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde, spin kaplama sistemi kullanılarak kaplanmış organik kinolin türevi malzemenin direnci 40 Ω /cm olarak ölçülmüştür. Titreşimli kaplamada ise yüzeyin homojen ve düzgün bir dağılıma sahip olduğu, JEOL-3010 SEM cihazı kullanılarak yapılan inceleme sonucunda (Şekil 3a ve b) görüldü. Kaplanan kinolin türevinin kaplandıktan sonra oluşan çam iğnesi şeklindeki karakteristik kaplaması yüzey kaplamasının kaplama verimliliğini anlamamızı kolaylaştırdı. Bu kaplamada ise yüzey direnci 46 Ω /cm olarak ölçülmüştür. Kaplama yüzey kalitesi; yüzey direnci ölçülerek bazı çalışmalarda incelenmiştir. (Mazur ve ark.; 1966; Lee ve ark.;2016) Bu sonuçlar aynı zamanda titreşimli kaplama sisteminin yüzeyinin daha homojen olduğu ve kesintisiz kaplandığını da göstermiştir. Spin kaplama sisteminde ise, kaplanan malzemenin karakteristik özelliği merkezkaç kuvvetinin etkisiyle orta kısımlarda daha ince bir kaplama olmasıdır. Merkezden uzaklaştıkça kaplama kalınlığı artmaktadır. Bu durum Şekil 4'te gösterildi. Kaplama yapılan malzemenin yüzeyde tutunamadığı ve spin merkezkaç kuvveti sonucunda yüzeyden uzaklaştığı, bazı malzemenin ise hala yüzeyde kaplı olduğu Şekil 4a'da görüldü. Benzer çalışmalarda da kaplamanın homojen olmadığı bu durumla karşılaşıldı. (Britten ve ark., 1992; Vorotilov ve ark., 1995; Mandati ve ark., 2022).

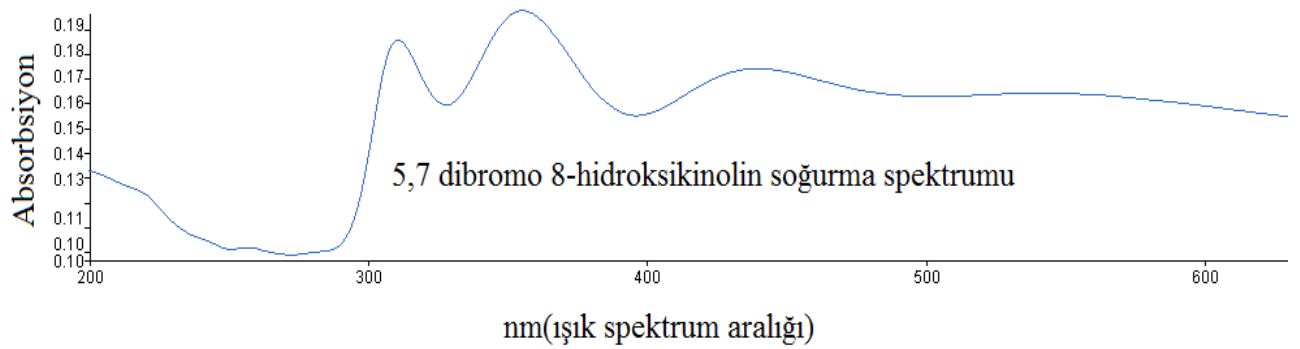
Parçacıklar ve kristaller küçük parçalara ayrılarak kaplamanın kesintili olarak yer aldığı gözlemlendi. Şekil 4b'deki geri saçılan elektron (BSE) görüntüsü, yüzeyin beyaz olan kısımlarının zayıf kaplanmış alanlar olduğunu ve yoğun siyah görülen kısımların ise düzensiz ve farklı kalınlıklarda

kaplanmış ITO alttaş tabakası olduğu görüldü. UV-VIS görünür bölge spektroskopi cihazı ile Şekil 5'te görülen kaplanacak olan kinolin türevinin karakteristik soğurma spektrumu elde edilmiştir. Bu kaplama yapıldığında bu spektrumun benzeri bir spektrum cam üzerinde alınan ölçümde ortaya çıkmalıdır.

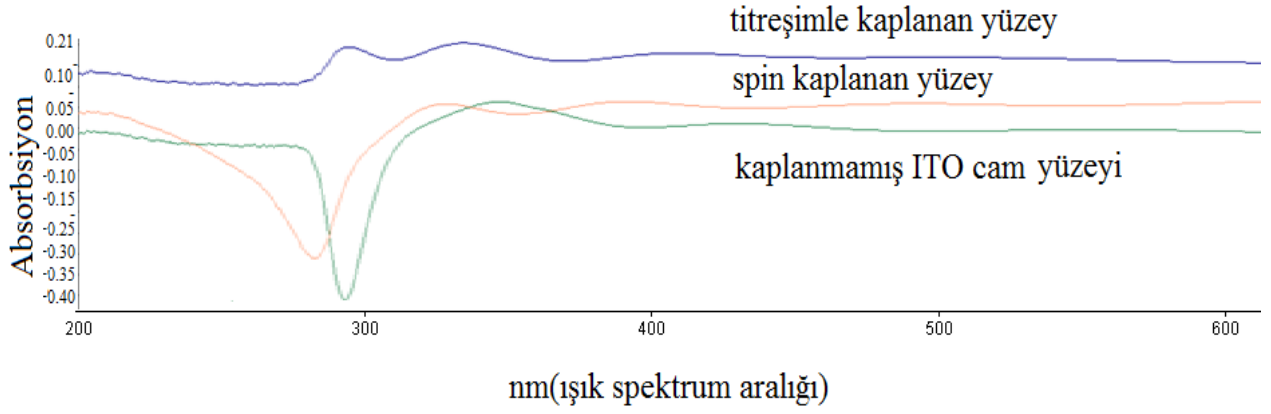
Kaplama spin kaplama yapıldığında SEM görüntülerinden elde edilen zayıf kaplama bilgisini destekleyecek şekilde kaplanmamış cam yüzey spektrumuna benzer bir spektrum vermiştir (Şekil 6). Titreşim ile yapılan kaplamanın spektrumu ise Şekil 5'te görülen kinolin türevine ait karakteristik pikle aynı özelliktedir. Spektrum yaklaşık olarak 310nm, 350nm ve 450nm seviyelerinde pik vermiştir.



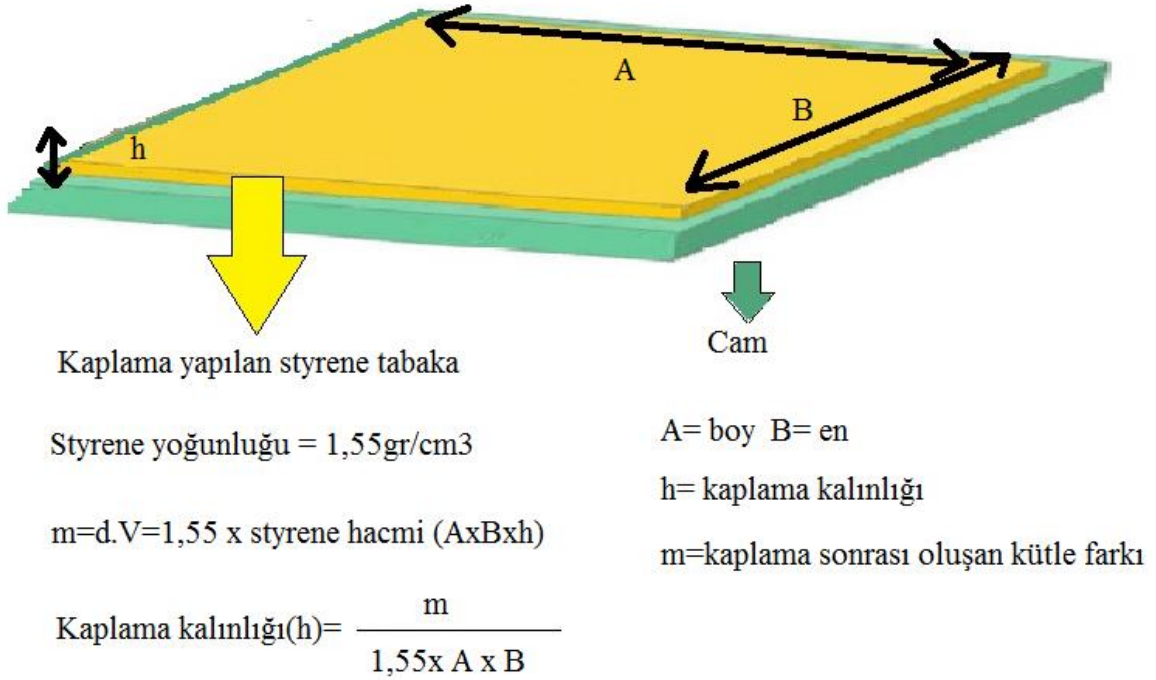
Şekil 4. Üretilen malzemenin 500X büyütme altında çekilmiş ITO cam üzerinde spin kaplama ile kaplanmış resimleri görülmektedir. (a) yüzey görüntüsü, (b) Backscatter görüntüsü görülmektedir.



Şekil 5. Burada 5,7-dibromo-8-hidroksikinolin organik malzemenin karakteristik UV-VIS soğurma spektrumu



Şekil 6. UV-VIS spektrumu ile kaplama yöntemlerinin karşılaştırılması



Şekil 7. Stiren kaplama kalınlığı hesaplamak için kütle farkından gidilerek yapılan hesap

Stiren plastik çözeltisi kullanılarak da titreşim ile kaplama yapıldı. Bu deneyde viskozitesi daha yüksek olan bir çözelti kullanılması ve çözünmüş bir plastiğin bu sistemle kaplanabileceği gösterildi. Kaplamanın kalınlığı kaplama öncesi ve sonrasında ağırlık ölçümleri yapılarak hesaplandı. Daha önceki kinolin kaplama sonuçlarının olumlu deneysel verileri ışığında kaplamanın tüm yüzeyde homojen olduğu kabul edildi. Kaplamanın kalınlığının hesaplaması Şekil 7’de gösterildiği gibi yapıldı. Kaplama kalınlığı, yüzeyin kütle farkından kaplama hacmi ve kalınlık ölçümünün hesabına geçilerek yaklaşık olarak yapıldı. Hesaplama sonucunda yüzeyde 1 mikron kalınlığında bir kaplama olduğu bulundu. Daha sonra kaplama kalınlığının tüm yüzeyde 1 mikron kalınlığında olduğu Dasqua model dijital mikrometre kullanılarak da doğrulanmıştır.

Sonuçlar

Titreşimli kaplama sistemi kullanılarak kaplanan yüzeyin UV/VIS spektrumu alındığında, Şekil 6'da görülen bir spektrum oluştu. Bu spektrumda, kaplamanın UV bölgesinde soğurma yaptığı görüldü. Kaplanan yüzey güneş ışığında belli bir açıda göz ile kontrol edildiğinde, mor ve mavi renk tonlarında kaplamanın yüzeyde olduğu görüldü. Yüzeydeki kaplanma etkinliğini görmek için, yüzey kaplama işlemi spin kaplama ve titreşimli kaplama yapılarak, alınan spektrumların sonuçları karşılaştırıldı. Şekil 6 incelendiğinde, titreşimli kaplanan yüzeyin spektrumu ile spin kaplama yapılan cam yüzey birbirine göre farklılık gösterdi. Kinolin türevi üzerinden alınan spektrum ile titreşim kaplama sistemi ile kaplanan ITO' nun spektrumları birbiri ile uyumlu çıktı. Buradan da spin kaplamanın spektrumu incelendiğinde (Şekil 6 turuncu renk); ITO tabakanın spektrumuna (Şekil 6 yeşil renk) daha benzer olduğu görüldü. Spin ile yapılan yüzey kaplamasının titreşimli kaplamaya göre zayıf bir şekilde kaplandığı sonucuna ulaşıldı. Titreşimli kaplama sisteminde ise yüzeyin homojen kaplandığı ve karakteristik olarak sentezlenen malzemenin ışık soğurma spektrumu ile bütün bölgelerde örtüştüğü sonucuna ulaşıldı (Şekil 5, Şekil 6). Ayrıca, kaplamanın SEM ve UV-VIS sonuçları ile titreşimli kaplamada daha iyi bir seviyede olduğu sonucuna da ulaşıldı. Titreşim frekansları ve güçleri, piezoelektrik kristal yardımı ile osiloskop kullanılarak da ölçüldü. Bu frekanslarda titreşimli yüzey tasarlanarak yüzey kaplama cihazı tasarlanabileceği anlaşıldı. Ancak, cihazın kaplama cihazı olarak kullanılması, titreşim şiddetinin fazla olduğu üst frekanslarda (>747Hz) camların sabit tutulması problemini de oluşturdu. Ayrıca yüksek titreşim frekansları camların titreşim şiddeti ile kırılmasına sebep oldu ve kaplama işleminin başarılı sonuçlanmasını da engelledi.

Teşekkür

Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğüne verdikleri destek ve yardımlar için teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar eşit oranda hak sahibidirler.

Kaynaklar

Aprigliano LF. Effect of sigma phase on CoCrAlY coating sulfation. In Corrosion and particle

erosion at high temperatures, 1989, David Taylor Research Center, Annapolis, MD (USA).

Aziz F., Ismail AF. Spray coating methods for polymer solar cells fabrication: A review. Materials Science in Semiconductor Processing, 2015; 39, 416-425.

Brinker CJ. Dip coating. In Chemical Solution Deposition of Functional Oxide Thin Films, 2013; 233-261, Springer, Vienna.

Brinker CJ., Hurd AJ. Fundamentals of sol-gel dip-coating. Journal de Physique III, 1994; 4(7): 1231-

- 1242.
- Britten JA., Thomas IM. Non-Newtonian flow effects during spin coating large-area optical coatings with colloidal suspensions. *Journal of Applied Physics*, 1992, 71(2): 972-979.
- Buelna G., Lin YS. Characteristics and desulfurization-regeneration properties of sol-gel-derived copper oxide on alumina sorbents. *Separation and purification technology*, 2004; 39(3): 167-179.
- Cao XQ., Vassen R., Schwartz S., Jungen W., Tietz F., Stöever D. Spray-drying of ceramics for plasma-spray coating. *Journal of the European Ceramic Society*, 2000; 20(14-15): 2433-2439.
- Doğan M. Polymer-layered oxygen sensor design and testing. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics* 2021; 32(17): 22506-22516.
- Doğan M., Erdem Ü., Ökten S. Production of organic light-emitting diode with fluorescence featured quinoline derivative . *International Journal of Chemistry and Technology* 2021; 5(2): 172-177.
- Dissanayake N., Abeysundara S., Wanasekara N. D. Investigating the feasibility of applying spin coating method for textiles. *Moratuwa Engineering Research Conference 2020*, 448-452, IEEE.
- Ellis JL., Coster HG., Chilcott TC., Tomasko DL., Dehghani F. Structure and characterization of polystyrene thin films. In *Proceedings of 9th International Symposium on Supercritical Fluids*. 2009.
- Karasu B., Sarıcaoğlu, B. Cam yüzey kaplama teknolojileri. *El-Cezeri* 2018; 5(2): 475-500.
- Khan SA., Rahman A. Efficiency of thin film photovoltaic paint: A brief review. *Int. J. Recent Technol. Eng.* 2019; 7, 163-169.
- Lee DY., Na SI., Kim SS. Graphene oxide/PEDOT: PSS composite hole transport layer for efficient and stable planar heterojunction perovskite solar cells. *Nanoscale* 2016, 8(3): 1513-1522.
- Livage J. Sol-gel processes. *Current Opinion in Solid State and Materials Science* 1997; 2(2): 132-138.
- Mandati S., Veerappan G., Ramasamy E. Large area bar coated TiO₂ electron transport layers for perovskite solar cells with excellent performance homogeneity. *Solar Energy* 2022, 240, 258-268.
- Mazur RG., Dickey DH. A spreading resistance technique for resistivity measurements on silicon. *Journal of the Electrochemical Society* 1966, 113(3): 255.
- Moridi A., Hassani-Gangaraj SM., Guagliano M., Dao M. Cold spray coating: review of material systems and future perspectives. *Surface Engineering*, 2014; 30(6): 369-395.
- Ökten S., Çakmak O., Saddıqa A., Keskin B., Özdemir S., İnal M. Reinvestigation of bromination of 8-substituted quinolines and synthesis of novel phthalonitriles. *Organic Communications* 2016; 9(4): 82-93.

- Ökten S., Çakmak O., Tekin Ş., Köprülü TK. A SAR Study: Evaluation of bromo derivatives of 8-substituted quinolines as novel anticancer agents. *Letters in Drug Design & Discovery* 2017; 14(12): 1415-1424
- Pathak SS., Khanna AS. Sol-gel nanocoatings for corrosion protection. In *Corrosion Protection and Control Using Nanomaterials* 2012 (pages. 304-329). Woodhead Publishing.
- Sakka S., Kozuka H. *Handbook of sol-gel science and technology*. 1. Sol-gel processing (Vol. 1), 2005; Springer Science & Business Media.
- Scriven LE. Physics and applications of dip coating and spin coating. *MRS Online Proceedings Library (OPL)* 1988; 121.
- Sukanek PC. Dependence of film thickness on speed in spin coating. *Journal of the Electrochemical Society* 1991; 138(6): 1712.
- Vorotilov K., Petrovsky V., Vasiljev, V. Spin coating process of sol-gel silicate films deposition: effect of spin speed and processing temperature. *Journal of Sol-Gel Science and Technology* 1995; 5, 173-183.

CuII-N,N'-bis(salisiliden)-2-aminobenzilaminin) Kompleksinin Poli(pirol-ko-o-anisidin)/kitosan Kompozit Filmlerinin Yüzeyine İmmobilizasyonu ve Hidrojen Peroksit TayiniSüleyman YALÇINKAYA^{1*}, Didem ÇAKMAK²^{1,2}Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, 31040, Hatay¹<https://orcid.org/0000-0003-3743-5932>²<https://orcid.org/0000-0003-1653-873X>

*sorumlu yazar: suleyman1444@hotmail.com

Araştırma Makalesi**Makale Tarihi:**

Geliş tarihi: 10.06.2023

Kabul tarihi: 15.09.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Pirrol,

o-anisidin

Kitosan

Kompozit

Elektrokimyasal sentez

ÖZ

Bu çalışmada, CuII-(N,N'-bis(salisiliden)-2-aminobenzilaminin) (CuL) kompleksinin pol(pirol-ko-o-anisidin)/kitosan kompozit (Kz) filmlerinin yüzeyine immobilizasyon işlemi 0,15 M asetonitril-LiClO₄ çözeltisinde 0,2-2,0 V potansiyel aralığında dönüşümlü voltametri tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Schiff bazı metal kompleksinin farklı monomer mol oranlarındaki çözeltilerde platin elektrota kaplanan kompozit filmlerin yüzeyine immobilizasyon işleminin gerçekleştiği SEM görüntüleri ile belirlenmiştir. Schiff bazı metal komplekslerinin kompozit filmlerin yüzeyine tutunduğu SEM görüntülerinde ortaya çıkan Schiff bazı metal komplekslerinin karakteristik şekilleri olan çiçek ve çubuk şeklindeki yapıların varlığından açık bir şekilde kanıtlanmıştır. Bunun yanında elektrokimyasal kararlılık çalışmaları kompozit filmlerinin immobilizasyon işlemi gerçekleştikten sonra herhangi bir bozulmaya uğramadığını ve oldukça elektroaktif olduklarını göstermiştir. Yapılan elektroanalitik çalışmalar peroksit tayini için hazırlanan elektrotlar arasında en iyi elektrotun Schiff bazı metal kompleksi tutturulmuş 9:1 oranındaki modifiye elektrot olduğu tespit edilmiştir.

Immobilization of CuII-(N,N'-bis(salicylidene)-2-aminobenzylamine) Complex on The Surface of Poly (pyrrole-co-o-anisidine)/chitosan Composite Films and Hydrogen Peroxide Determination**Research Article****Article History:**

Received: 10.06.2023

Accepted: 15.09.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Pyrrole

O-anisidine

Chitosan

Composite

Electrochemical synthesis

ABSTRACT

In this study, the immobilization of Cu II (N,N'-bis(salicylidene)-2-aminobenzylamine) (CuL) on the surface of poly(pyrrole-co-o-anisidine)/chitosan composite (Cs) films was carried out in a 0.15 M acetonitrile-LiClO₄ solution at the potential range of 0.2-2.0 V by cyclic voltammetry technique. It was determined by SEM images that the Schiff base metal complex was immobilized on the surface of the composite films coated on the platinum electrode in solutions with different monomer mole ratios. The presence of flower and rod-shaped structures, which are the characteristic shapes of Schiff base metal complexes, revealed in SEM images that Schiff base metal complexes are attached to the surface of composite films. In Addition, electrochemical stability studies have shown that composite films have not any degradation after immobilization and are quite electroactive. Electroanalytical studies have shown that the best electrode among the electrodes prepared for peroxide determination is the modified electrode with a Schiff base metal complex at a ratio of 9:1.

To Cite: Yalçinkaya S., Çakmak D. CuII-N,N'-bis(salisiliden)-2-aminobenzilaminin) Kompleksinin Poli (pirol-ko-o-anisidin) Kompozit Filmlerinin Yüzeyine İmmobilizasyonu ve Hidrojen Peroksit Tayini. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(Ek Sayı): 339-354.

Giriş

İletken polimerlerin katalitik uygulamalarda destek materyal olarak kullanımları ile ilgili çok sayıda çalışma mevcuttur (Komathi ve ark., 2013; Balint ve ark., 2014) Bu alanda iletken polimerlerin mekanik termal ve biyo-uyumluluk gibi özelliklerini geliştirme konusunda çalışmalar yapılmaya devam edilmektedir (Yalçinkaya ve Çakmak, 2021; Yalçinkaya ve Duran, 2022). Bu özelliklerin geliştirilmesi için en çok başvurulan yöntemler iletken polimerlerin yapılarının modifiye edilmesi (Yalçinkaya ve Çolak, 2012), kopolimer (Chen ve ark., 2009) ve kompozitlerinin (Yalçinkaya ve Duran, 2023) hazırlanmasıdır. Bilindiği gibi iletken polimerler kullanım amacına göre kimyasal yöntemle toz halinde üretilmekte ya da elektro-polimerizasyon yöntemiyle metallerin yüzeyine ince bir film şeklinde kaplanabilmektedir (Beaujuge ve ark., 2010; Cansu-Ergun, 2019; Çakal ve ark., 2021; Carbas ve Ergun, 2022). Son zamanlarda özellikle metal yüzeyine ince film olarak kaplanmış iletken polimerin katalitik uygulamalarda katı destek olarak kullanılması ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmaktadır (Ahikari ve ark., 2004; Yalçinkaya ve Çakmak, 2021). İletken polimerlerin güçlü elektronik özelliklerine ve biyo polimerlerin biyo-aktif özelliklerine sahip metallerin yüzeyinde elde edilecek kompozit filmlerin sentezlenmesi ile katalizör uygulamalarında katı destek olarak iyi bir alternatif malzeme olabilecek modifiye yüzeyler oluşturulabilir (Karthikiyan ve ark., 2011; Yalçinkaya ve Çakmak, 2017). Bu amaçla iletken polimerlerin kitosan gibi biyo polimerlerle kompozitlerinin hazırlanması yaygın bir şekilde araştırılmaktadır (Yavuz ve ark., 2009; Yavuz ve ark., 2010). Kitosan elektrokimyasal yolla tek başına film oluşturamamakla birlikte kimyasal yolla homojen ve mekanik dayanımı iyi filmler oluşturabilme özelliği vardır. Ayrıca bu filmler yüksek termal özelliklere de sahiptirler. Kimyasal yolla hazırlanan kitosan filmlerinin çok fazla uygulama alanı mevcuttur. Son yıllarda bunların katalizör uygulamalarında katı destek malzeme olarak kullanımıyla ilgili çalışmalar yoğun bir şekilde yapılmaktadır (Hu ve ark., 2001). Bilindiği gibi enzim immobilizasyonu gerçekleştirilmiş iletken polimer ve kompozit filmlerinin elektrokimyasal biyosensör uygulamaları oldukça ilgi gören bir araştırma konusudur (Yıldız ve ark., 2007; Dervisevic ve ark., 2016; Azak ve ark., 2018; Çevik ve ark., 2018a; Çevik ve ark., 2018b). Çoğunlukla, oluşturulan iletken polimer filmlere enzimler immobilize edilerek duyarlı elektrotlar hazırlanmaktadır (Bagyeri ve ark., 2014). Bu çalışmalar çok yoğun olmakla birlikte enzimlerin zor izole edilebiliyor olmaları ve kolay bozulmaya uğramaları nedeniyle bunlara alternatif malzemeler oluşturma konusu bu alanda oldukça ilgi çeken bir araştırma konusu haline gelmiştir. Son dönemlerde Schiff bazı metal komplekslerinin bir metal yüzeyinde polimerleştirilerek elde edilen ince filmlerinin yüksek termal kararlılık ve katalitik özellikler gösterdiğine dair çalışmalara sıkça rastlanılmaktadır. Bu anlamda Schiff bazı metal kompleksleri enzimler yerine polimer yüzeyine immobilize edilerek hazırlanacak yüzeylerin katalitik

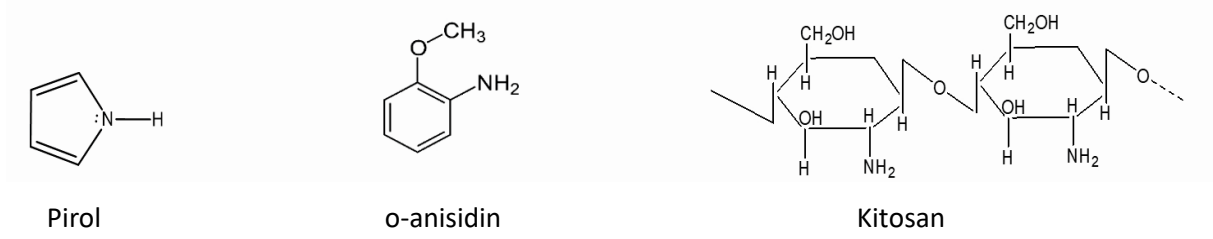
uygulamalarda iyi bir alternatif olabileceğine dair çalışmalar oldukça ilgi çekici hale gelmeye başlamıştır (Amiri ve ark., 2011; Uzun ve ark., 2015; Yalçınkaya ve ark., 2021).

Temel bir oksitleyici madde olan hidrojen peroksit (H_2O_2), çevre, biyoloji, klinik, gıda ve diğer birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında hidrojen peroksitin vücuttaki konsantrasyonu fizyolojik denge için de oldukça önemlidir. Bu anlamda fizyolojik dengeyi kontrol etmek için peroksit miktarının belirlenmesi önemli bir parametredir (Wu ve ark., 2013). Vücuttaki anormal bir H_2O_2 miktarı oluşumu bazı hastalıklara sebep olabilir. Hidrojen peroksitin hassas ve güvenilir bir şekilde belirlenmesi için bu güne kadar kemilüminesans, florometri ve titrimetri gibi birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler yaygın bir şekilde kullanılmış olsa da özellikle zaman alıcı oluşları, çalışma koşullarının karmaşık olması, pahalı malzemeler gerektirmesi ve uzun ön işlem sürecine sahip olmaları nedeniyle dezavantajlar göstermiştir. Bu yöntemlere alternatif olarak günümüzde, daha hassas ve daha hızlı sonuç vermesi, daha ekonomik ve daha kolay olması nedeniyle elektrokimyasal yöntemler giderek daha fazla uygulanmaya başlanmıştır (Saghatfroush, ve ark., 2011; Rong ve ark., 2012).

Bu çalışmada, hidrojen peroksit tayininde bu alanda enzimlere alternatif malzemeler olarak yüksek termal kararlılığa ve katalitik özelliklere sahip metal komplekslerinin kullanılması planlandı. Destek malzemesi olarak, önceki bir çalışmaya göre laboratuvarımızda sentezlenen poli (pirol-ko-o-anisidin) / kitosan kompozit filmler kullanıldı. Kompozit filmler farklı monomer oranları içeren çözeltilerde platin elektrot yüzeyine elektrokimyasal yöntemle kaplandı. Daha sonra Schiff bazı bakır kompleksinin (Cu^{II} -(N,N'-bis(salisiliden))-2-aminobenzilaminin) (CuL) elektrokimyasal yöntemle dönüşümlü voltametri tekniği kullanılarak kompozit filmlerin yüzeyine immobilizasyonu ile elektro katalitik yüzeyler hazırlandı. Son olarak kompozit filmlerine CuL Immobilizasyon işlemi ile hazırlanan elektrotların hidrojen peroksit üzerinde elektro katalitik aktivitesi yine dönüşümlü voltametri tekniği kullanılarak incelendi.

Materyal ve Metot

Kullanılan Pirol ve o-anisidin monomerleri Merck firmasından temin edildi. Ayrıca kullanmadan önce damıtma işlemi uygulandı. Kitosan biyopolimerinin ise Aldrich marka yüksek moleküler ağırlıklı (%75 deasetillenmiş) türü kullanıldı. (Şekil 1). Diğer bütün kimyasallar analitik saflıkta kullanıldı. Çalışmada dönüşümlü voltametri tekniği kullanılarak, üç elektrot yöntemi uygulandı. Çalışma elektrotu ve karşı elektrot olarak yüzey alanı 1 cm^2 olan platin elektrotlar, $Ag/AgCl$ elektrot ise referans elektrot olarak kullanıldı.



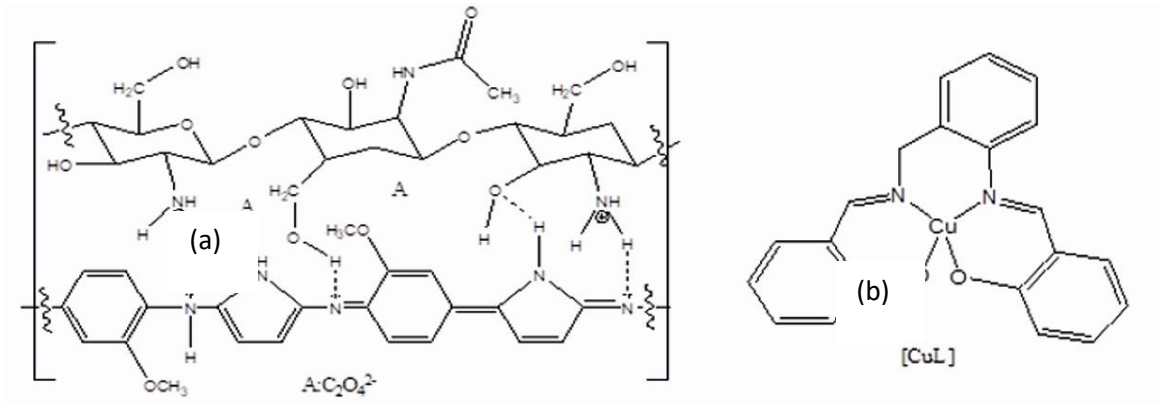
Şekil 1. Pirrol, o-anisidin monomerleri ve biyopolimerin kimyasal yapıları

Kompozit filmlerinin Sentezi

Daha önce ve literatürde yer alan çalışmalarda kullandığımız yöntemle (Yalçınkaya ve Çakmak, 2017) poli(pirrol-ko-o-anisidin)/kitosan kompozit (Şekil 2) filmleri farklı monomer mol oranları (pirrol:oanisidin: 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5, 4:6, 3:7, 2:8, 1:9) içeren 0.1 g kitosan katılmış toplam derişimi 0.1 M olan monomer çözeltilerinde dönüşümlü voltametri tekniği ile sentezlendi. Sentez üç elektrot yöntemi kullanılarak gerçekleştirildi. Bu yöntemde yüzey alanı 2x1 cm² olan platin elektrotlar hem karşı hem de çalışma elektrotu olarak kullanıldı. Referans elektrot olarak ise tüm elektrokimyasal işlemlerde aynı Ag/AgCl elektrot kullanıldı. Sentez ortamı olarak 0.3 M okzalik asitin sudaki çözeltisi kullanıldı. Bunun yanında bütün kompozit filmlerinin sentez işlemleri 50 mV/sn tarama hızı uygulanarak 0.2-1.4 V potansiyel aralığında gerçekleştirildi.

CuII-(N,N'-bis(salisiliden)-2-aminobenzilaminin) kompleksinin immobilizasyonu:

Hazır bir şekilde temin edilen ve literatürde bilinen yöntemle hazırlanan Schiff bazı metal kompleksinin (CuL) (Şekil 2) kompozit filmlerine immobilizasyonu elektrokimyasal olarak dönüşümlü voltametri tekniği ile gerçekleştirildi. Karşı elektrot olarak platin levha (1 cm²) ve referans elektrot olarak Ag/AgCl elektrotun kullanıldığı ile üç elektrot yöntemi uygulandı. İmmobilizasyon işlemine geçmeden önce monomer oranları farklı çözeltiler içerisinde Pt elektrotun yüzeyine kaplanan kompozit (Kz) filmleri etüvde kullanılarak 50 °C' de kurutuldu. İmmobilizasyon işlemi lityum perklorat içeren 50 ml asetonitril çözeltisine 0.05 g metal kompleksi çözülerek hazırlanan çözeltide gerçekleştirildi. 50 mV tarama hızı uygulanarak 0-2.0 V potansiyel aralığı seçildi ve 25 tam çevrim alındı. İmmobilizasyon işleminin ardından elektrotlar saf su kullanılarak yıkandı ve 50°C sıcaklıkta etüvde kurutuldu. Böylece immobilizasyon işlemi tamamlanmış olan modifiye elektrotlar katalitik uygulamalarda kullanılabilir hale getirilmiş oldu.



Şekil. 2 Poli(pirrol-ko-o-anisidin)/kitosan kompozitinin (a) ve Schiff Bazı metal kompleksinin (b) kimyasal yapısı

Peroksit (H₂O₂) tayini

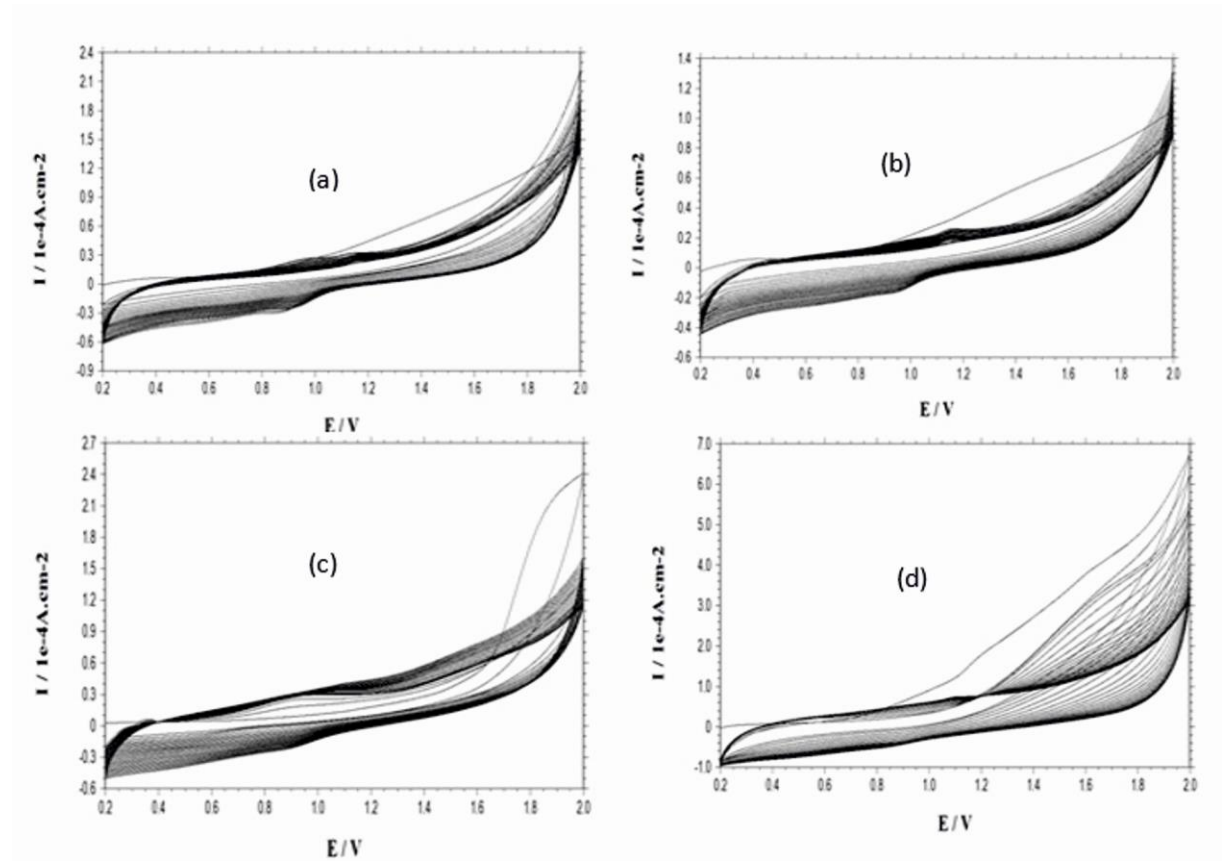
Çalışmada elektrokimyasal teknikler arasında bir takım üstünlükleri (çift yönlü potansiyel taramalı ile elektrokimyasal davranışların belirlenmesi gibi) olduğu için dönüşümlü voltametri tekniği uygulandı. Çalışma ortamı olarak biyolojik pH olmasından dolayı ve peroksit için analiz ortamının fizyolojik yapısı ile uyumlu olması sebebiyle literatürde ilk olarak tercih edilen pH=7 fosfat tamponu kullanıldı. Öncelikli olarak, Platin elektroda kaplanmış ve yüzeyinde CuL metal kompleksi immobilizasyonu gerçekleştirilmiş modifiye elektrotların peroksidin (H₂O₂) elektrokimyasal davranışları üzerindeki etkileri elde edilen voltamogramlar karşılaştırmalı olarak değerlendirildi. Deneysel çalışmalar için analit çözeltileri 0,1 M ; 0,01 M ve 0,001 M derişimlerde hazırlandı daha sonra bu çözeltiler pH değeri 7 olan destek elektrolit çözeltisi içine standart eklemeler şeklinde katıldı. Peroksidin elektrooksidasyonu için (metal kompleksi immobilizasyonu gerçekleştirilerek modifiye edilmiş kompozit kaplı) en iyi etkinliğe sahip elektrot tespit edildikten sonra, bu elektrot çalışma elektrotu olarak kullanıldı. Daha sonra analit konsantrasyonu ile akım değişimi incelenip duyarlılık grafikleri oluşturuldu. En sonunda LOD değerleri (doğrusal çalışma aralıkları) belirlendi.

Bulgular ve Tartışma

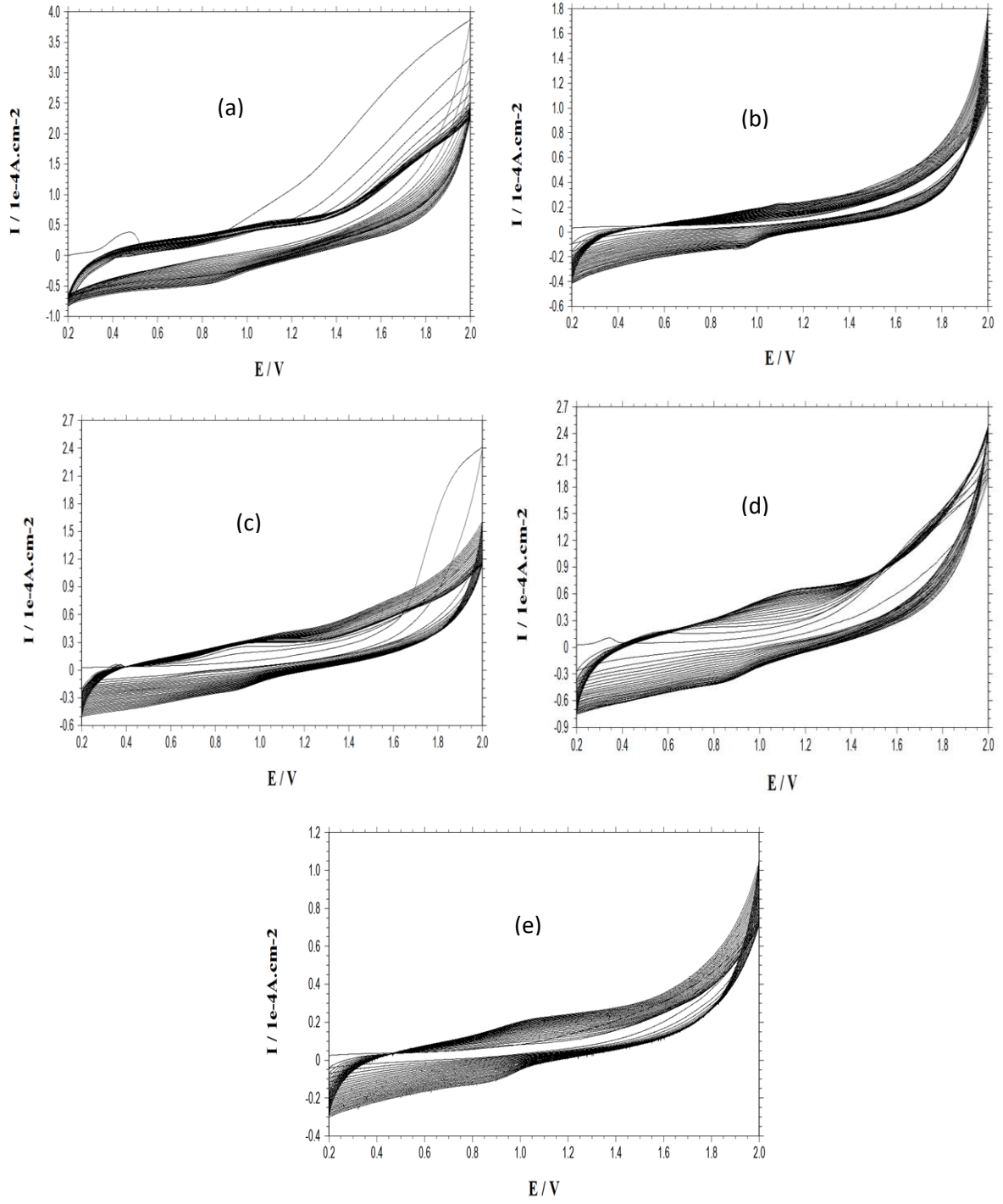
İmmobilizasyon işlemi

Platin elektrotlara farklı oranlarda monomer içeren çözeltilerde kaplanmış poli(pirrol-ko-o-anisidin)/kitosan kompozitlerinin yüzeylerine Schiff bazı bakır kompleksi immobilizasyonu sırasında Ag/AgCl referans elektrot kullanılarak alınan voltamogramlar sırasıyla Şekil 3 ve Şekil 4' te verildi. Voltamogramlar incelendiğinde birbiri ile oldukça benzer oldukları görülmektedir. En dikkat çekici noktalardan bir tanesi bütün voltamogramlarda anodik ve katodik yönde 0.8-1.2 V arasında metal kompleksi yapısında bulunan bakırın (Cu) yükseltgenme ve indirgenmesine ait olduğu düşünülen piklerin bütün voltamogramlarda gözlemlenmiş olmasıdır. Bu da metal kompleksinin kompozit filmlerinin yüzeylerine tutunduğunu gösteren önemli bir kanıt niteliğindedir. Ayrıca voltamogramlarda

0.2-0.4 V potansiyel aralığında yine anodik ve katodik yönlerde filmin yükseltgenme ve indirgenmesinden kaynaklanan akım değişimleri görülmektedir.

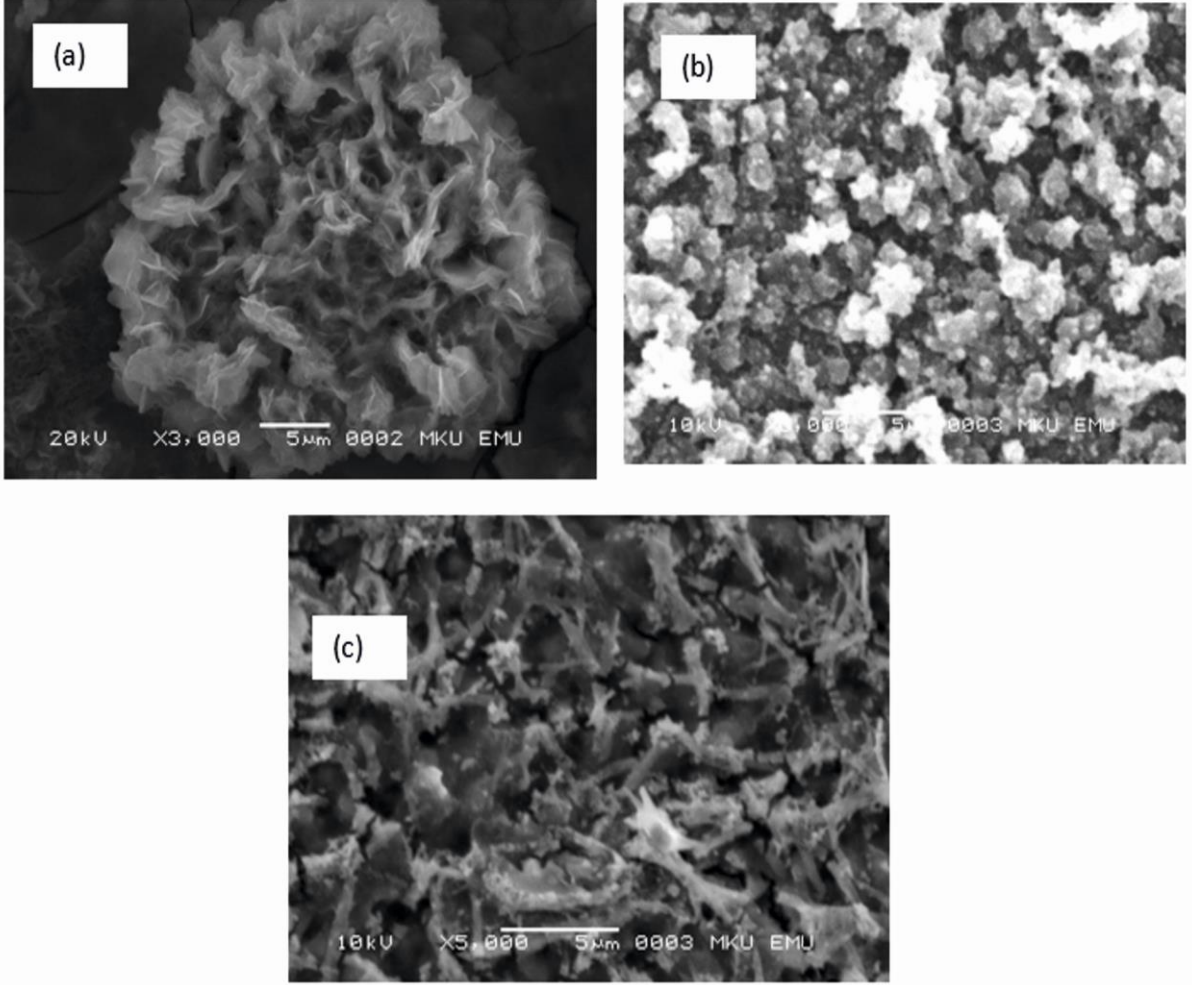


Şekil 3 (Pirrol:o-anisidin) 9:1(a) , 8:2(b), 7:3(c), 6:4(d), monomer mol oranlarındaki çözeltilerde Pt elektrot yüzeyine kaplanmış kompozit filmlerine CuL immobilizasyonu sırasında 0.15 M CH₃CN-LiClO₄ çözeltisinde 50 mV tarama hızında alınan voltamogramlar.



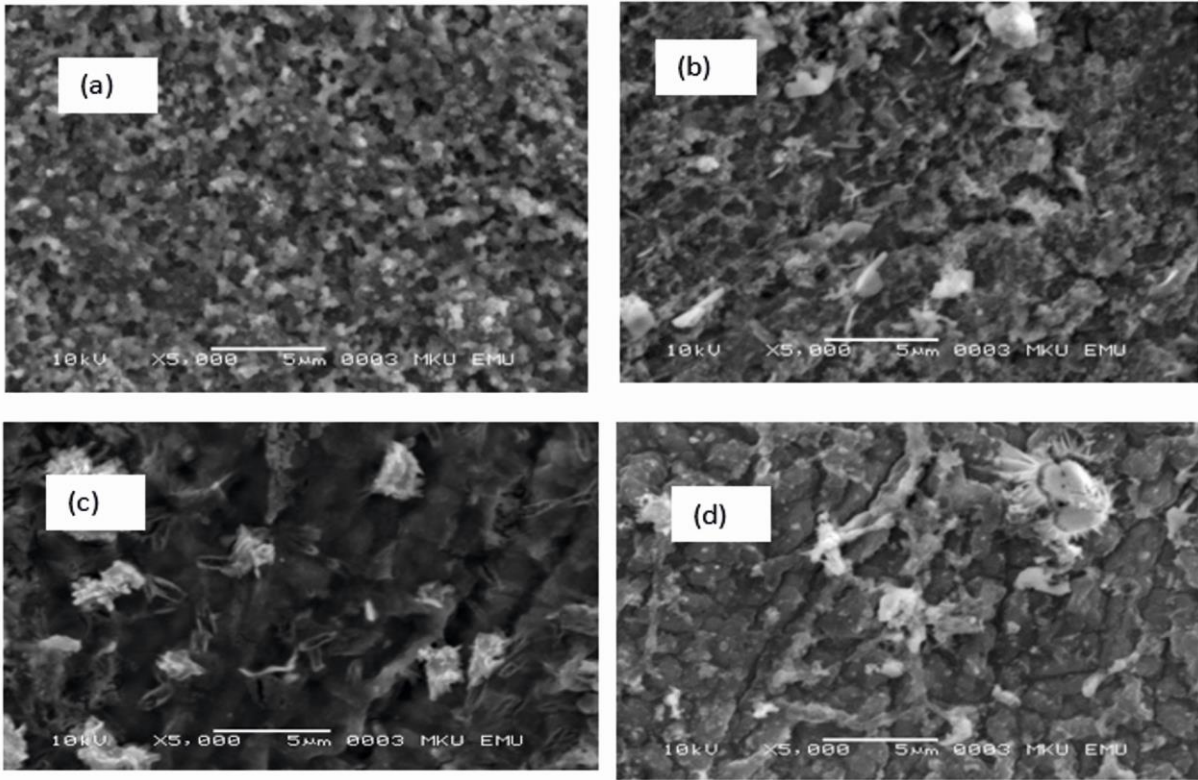
Şekil 4 (pirol:o-anisidin) 1:1(a) , 4:6(b), 3:7(c), 2:8(d), 1:9 (e) monomer mol oranlarındaki çözeltilerde Pt elektrot yüzeyine kaplanmış kompozit filmlerine CuL immobilizasyonu sırasında 0.15 M CH₃CN-LiClO₄ çözeltisinde 50 mV tarama hızında alınan voltamogramlar.

İmmobilizasyon İşleminde Sonra Kompozit Filmlerine Ait SEM Sonuçları

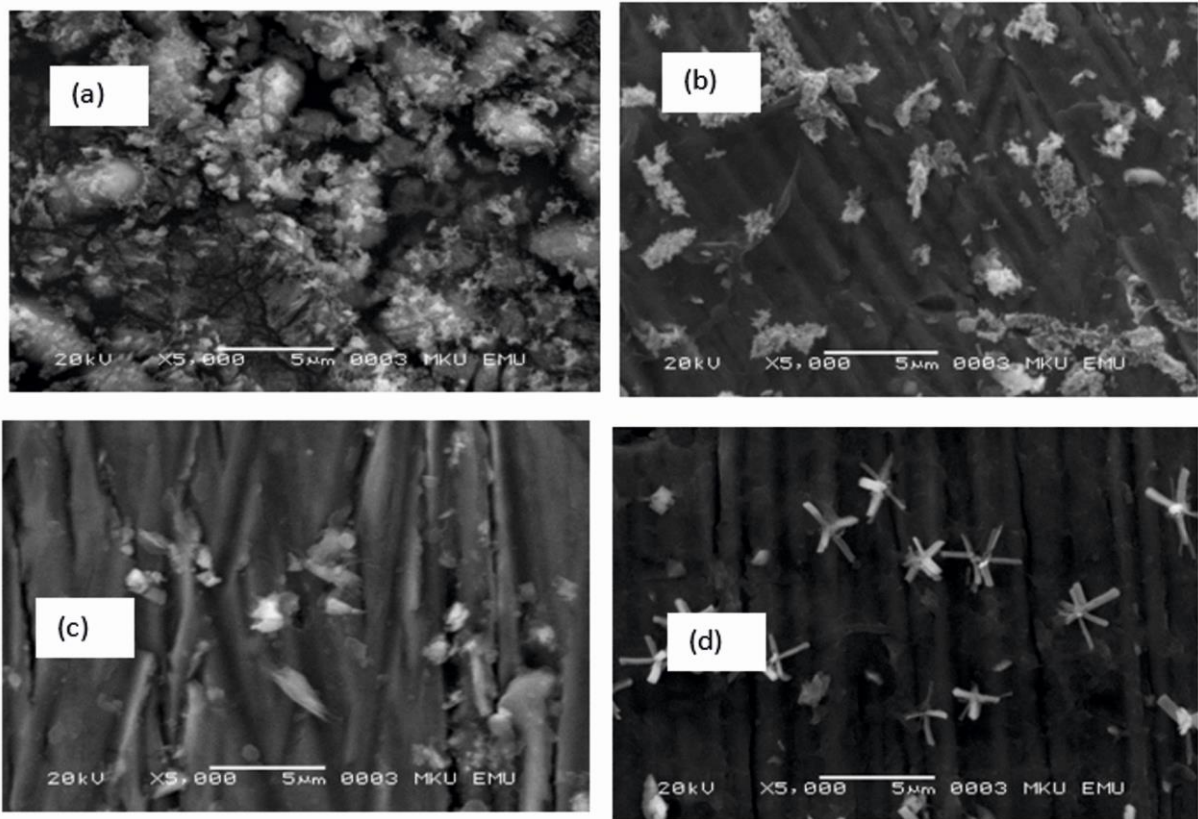


Şekil.5 CuL metal kompleksi filmi (a), 9/1 oranındaki kompozit filminin immonilizasyon işleminden önce (9/1 Kz) ve sonra (9/1 Kz-CuL) SEM görüntüleri.

CuL metal kompleksi filmi ve 9/1 oranındaki kompozit filminin immonilizasyon işleminden önce (9/1 Kz) ve sonrasına (9/1 Kz-CuL) ait SEM analiz sonuçları şekil 5' te verilmiştir. Elde edilen SEM görüntülerine bakıldığında metal kompleksinin yapısının çubuklardan oluşmuş bir çiçek şeklinde olduğu görülmektedir. İmmobilizasyon işleminden önce kompozit filminin yapısı ise istiflenmiş küresel yapılar şeklindedir. İmmobilizasyon işleminden sonra 9:1 kompozit filminin yüzeyinin çubuk şeklindeki metal kompleksi ile tamamen kaplandığı açıkça görülmektedir. Şekil 6' ve Şekil 7' de verilen farklı monomer mol oranlarındaki çözeltilerde hazırlanan ve immobilizasyon işlemi gerçekleştirilmiş kompozit filmlerine ait SEM görüntüleri incelendiğinde çubuk ve çiçek şeklindeki yapıların bütün oranlardaki kompozit filmlerinin yüzeylerinde farklı oranlarda ve şekillerde olduğu görülmektedir. Sonuç olarak SEM görüntüleri bütün kompozit oranlarındaki filmlerde metal komplekslerinin film yüzeylerine tutunduğunu kanıtlamaktadır.

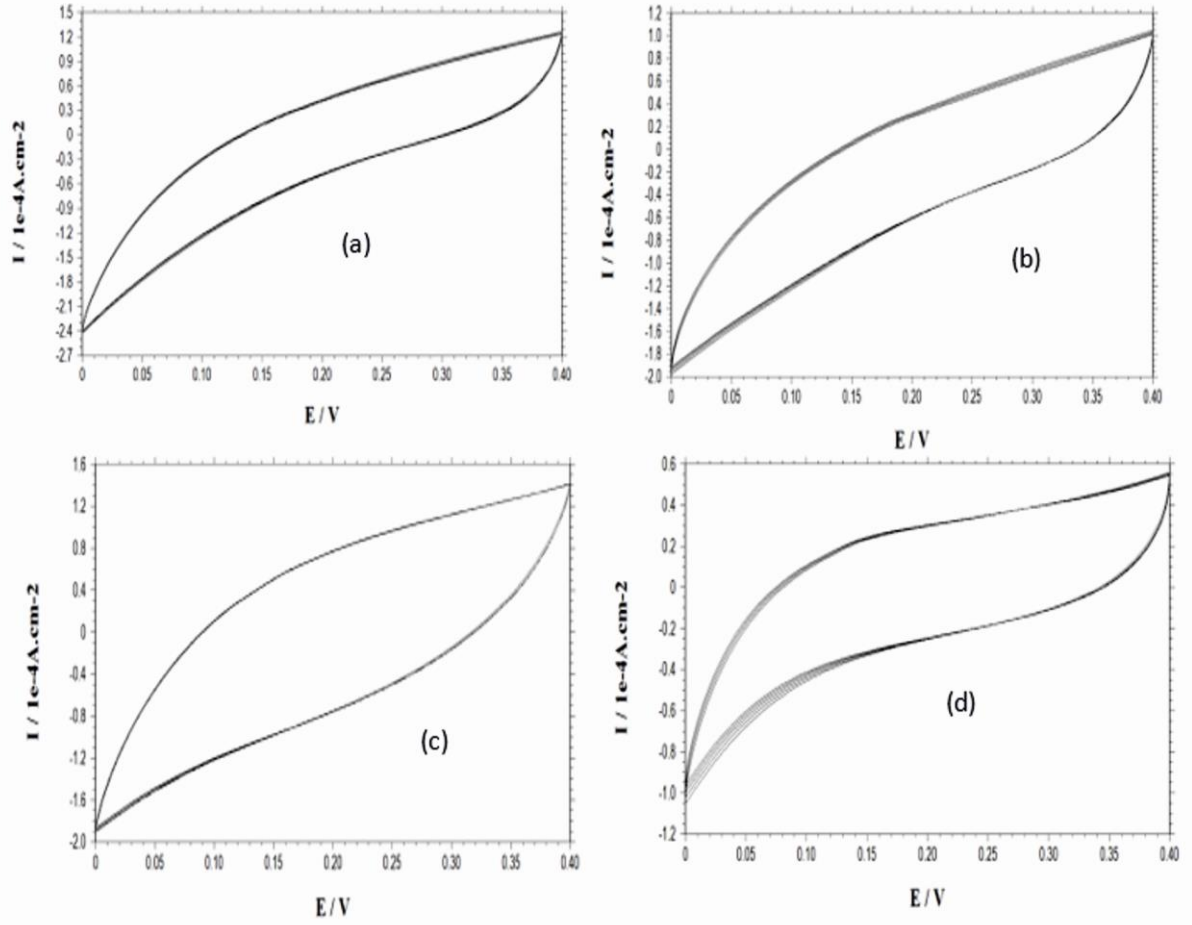


Şekil 6. İmmonilizasyon işleminden sonra farklı monomer mol oranlarındaki [pirol/o-anisidin; 8/2(a), 7/3 (b), 6/4(c), 5/5(d)] Kz-CuL filmlerine ait SEM görüntüleri.



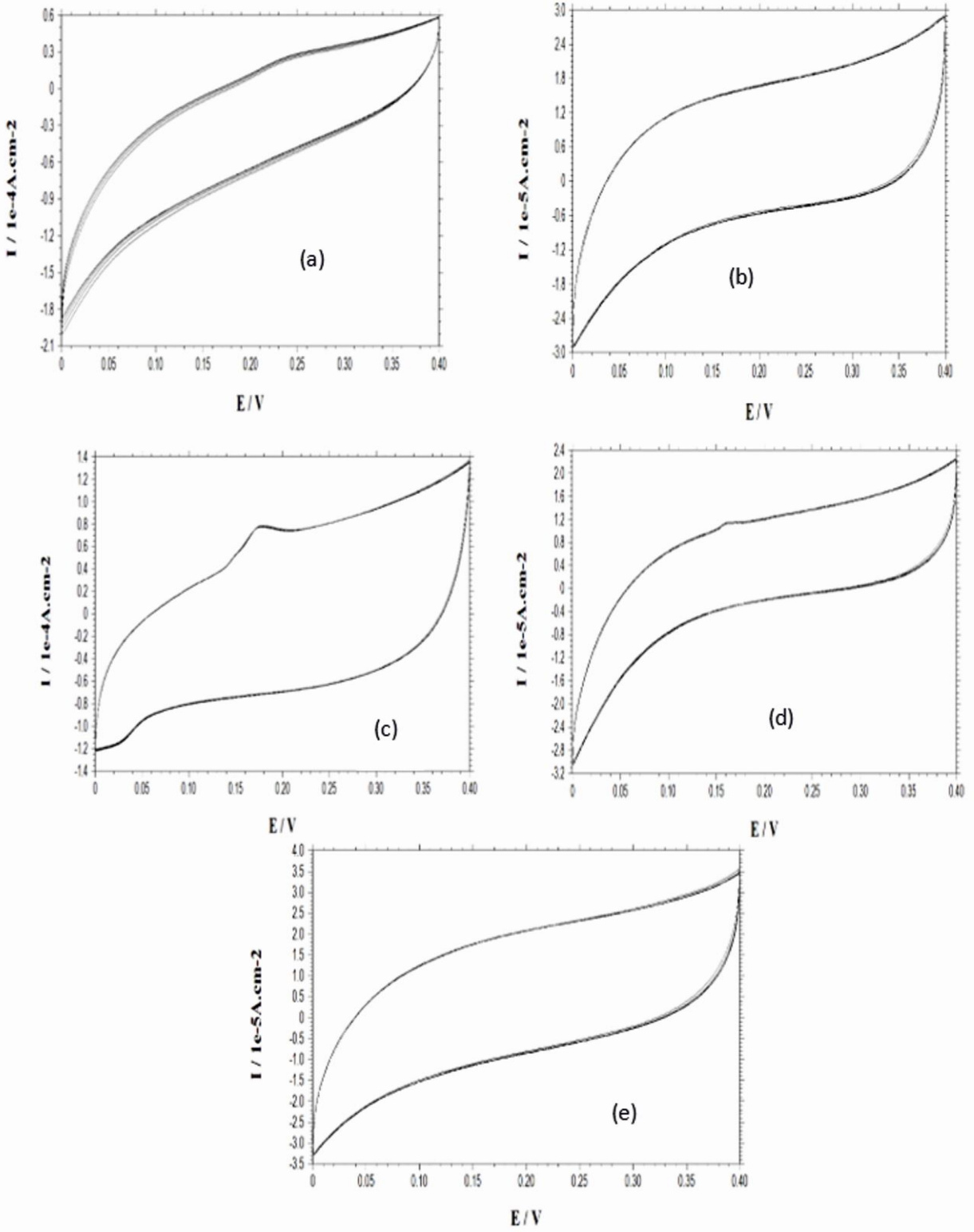
Şekil 7. İmmonilizasyon işleminden sonra farklı monomer mol oranlarındaki [pirol/o-anisidin; 4/6 (a), 3/7(b), 2/8(c), 1/9(d)] Kz-CuL filmlerine ait SEM görüntüleri.

İmmobilizasyon İşlemi Gerçekleştirilmiş Kompozit Filmlerin Elektrokimyasal Davranışları



Şekil 8. Yüzeyinde CuL İmmobilizasyon işlemi gerçekleştirilmiş farklı monomer mol oranlarındaki çözeltilerde [pirol:o-anisidin; 9/1(a), 8/2(b), 7/3(c), 6/4(d)] Pt elektrot yüzeyine sentezlenmiş Kompozit (Kz-CuL) filmlerinin % 3,5 KCl çözeltisinde elde edilen voltamogramları.

Farklı oranlarda monomer içeren sentez çözeltilerinde Pt elektrot yüzeyine sentezlenen kompozit (Kz) filmlerine CuL Metal kompleksi immobilizasyonu gerçekleştirildikten sonra elektrokimyasal kararlılıklarını belirlemek amacıyla 0.1 M KCl elektrolit çözeltisinde Ag/AgCl referans elektrot kullanılarak elde edilen voltamogramlar sırasıyla Şekil 8 ve Şekil. 9' da verilmiştir. Verilen voltamogramlara bakıldığında ileri ve geri dönüşümlerde akım değerlerinin oldukça kararlı olduğu görülmektedir. Bu da immobilizasyon işlemi gerçekleştirilmiş kompozit filmlerinin (Kz-CuL) elektrokimyasal olarak yüksek bir kararlılığa sahip olduklarını göstermektedir (Yalçınkaya ve ark., 2010). Akım değerlerindeki kararlılık ayrıca kompozit filmlerin immobilizasyon işlemi gerçekleştirildikten sonra herhangi bir bozulmaya uğramadığını da kanıtlamaktadır.

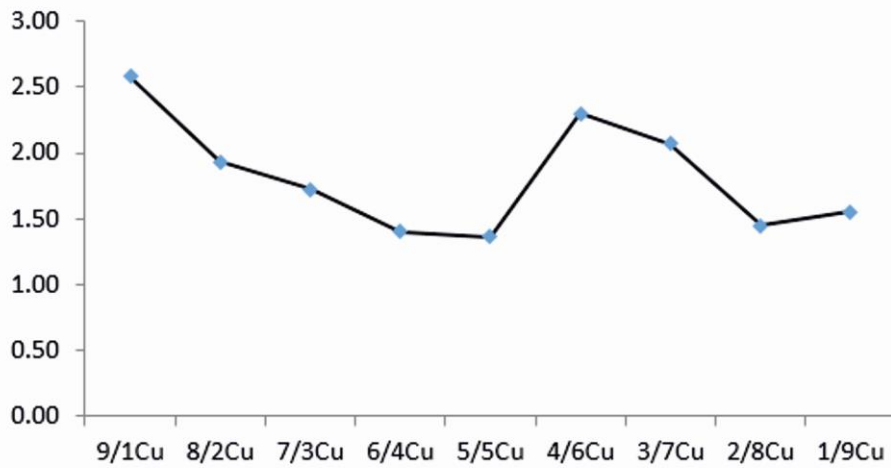
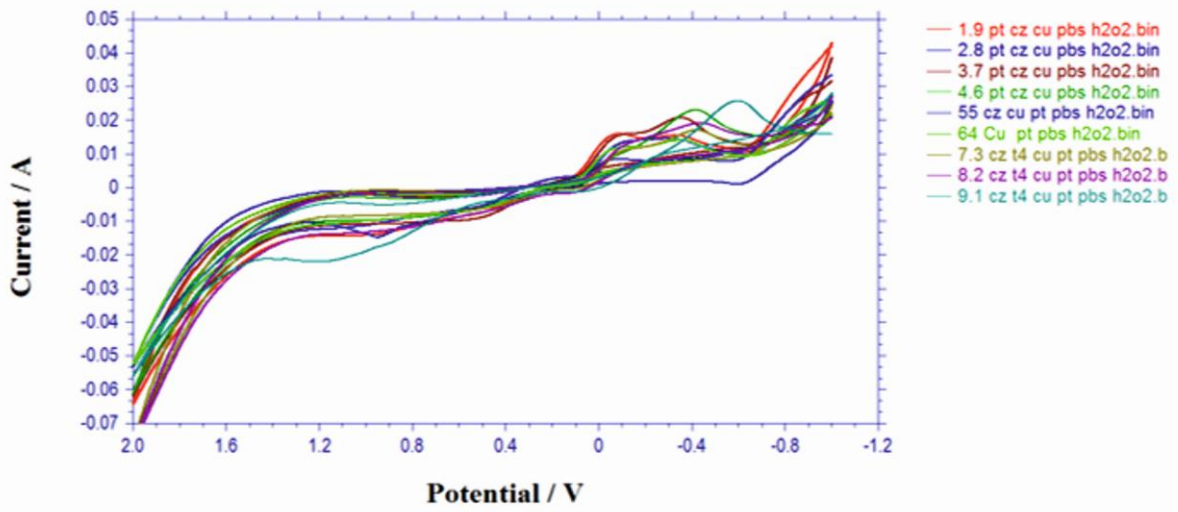


Şekil 9. Yüzeyinde CuL İmmobilizasyon işlemi gerçekleştirilmiş farklı monomer mol oranlarındaki çözeltilerde [pirol:o-anisidin; 5:5(a), 4:6(b), 3:7(c), 2:8(d), 1:9(e)] Pt elektrot yüzeyine sentezlenmiş Kompozit (Kz-Cu) filmlerinin % 3,5 KCl çözeltisinde elde edilen voltamogramları

Peroksit Tayini Sonuçları

Nötr (pH=7) fosfat tampon ortamı biyolojik ortam olduğundan genellikle literatürde en çok çalışılacak pH ortamı olarak seçilmektedir. Bu sebepten dolayı bu çalışmada H_2O_2 ' in belirlenmesinde pH değeri 7 olan elektrolit ortam kullanılmıştır.

Şekil 10' da karşılaştırılarak verilen voltamogramlarda kompozit monomer mol oranı değişiminin CuL kompleksi ile modifiye edilmiş elektrotların katalitik aktivitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Voltamogramlara bakıldığında CuL kompleksi ile modifiye edilmiş kompozit elektrotlarda monomer mol oranları değiştikçe katalitik etki, pik potansiyeli ve pik akımlarında belirgin değişiklikler görülmektedir.



Şekil 10 pH=7 fosfat tamponu ortamındaki Cu metal kompleksi immobilizasyonu ile hazırlanan modifiye elektrodun farklı kompozit oranlarında H_2O_2 üzerinde katalitik aktivitesinin incelenmesi (Grafik H_2O_2 indirgenme pik akım değerleri esas alınarak çizilmiştir).

Tablo 1. Bazı H₂O₂ biyosensör elektrotların analiz performanlarının mevcut çalışma ile karşılaştırılması

Elektrot	pH	Doğrusal Aralık(μ M)	LOD(μ M)	Ref.
Polianilin/Grafen-karbon (HRP)	4.3	0.5-100.0	0.17	Sheng Vd. (2008)
Polipirol/Alumina/Pt (HRP)	6.5	0.01- 15.0	-	Ekanayake Vd. (2008)
Karbon Pasta (Hemoglobin)	7.0	1.0- 500.0	0.32	Baghayeri Vd. (2014)
Poly(N-[3-(trimehoxyiy)propil]an)HRP	7.0	10-1000.0	0.06	Komathi Vd. (2013)
Poly(m-fenilendiamin)/GCE(Ag)	7.5	100-10000.0	0.88	Wu Vd. (2013)
9/1 Kz-CuL	7.0	2.0-17.7	0.54	Yapılan çalışma

LOD: Dedeksiyon Limiti; **HRP:** Horseradish peroksidaz; **GCE:** Camsı karbon elektrot

Şekil 10’ da verilen voltamogram değerlendirildiğinde 9:1 Kz-CuL modifiye elektrot ile H₂O₂ konsantrasyon artışı akım değişimi ilişkisi belirlenmiş, LOD değeri $5,4 \cdot 10^{-7}$ doğrusal çalışma aralığı $2 \cdot 10^{-6} - 1,77 \cdot 10^{-5}$ M olarak bulunmuştur. Elde edilen değerler tablo 1’ de verilen değerlerle kıyaslandığında değerlerin literatürle uyumlu olduğu ve dolayısıyla 9:1 Kz-CuL modifiye elektrotun uygulamada alternatif elektrot olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Sonuç

Pol(pirol-ko-o-anisidin)/kitosan kompozit filmleri elektrokimyasal yöntemle farklı oranlarda monomer içeren çözeltilerde dönüşümlü voltametri tekniği kullanılarak platin elektrot yüzeyine ince film şeklinde kaplandı. Platin elektrot yüzeyine kaplanan kompozit filmlerin yüzeyine CuII-(N,N’-bis(salisiliden)-2-aminobenzilaminin) kompleksi immobilizasyonu 0,15 M LiClO₄ içeren asetonitril çözeltisi içerisinde uygun bir potansiyel aralığında (0,2-2,0 V) dönüşümlü voltametri tekniğini uygulanarak başarılı bir şekilde gerçekleştirildi. Schiff bazı Cu kompleksinin platin elektrot yüzeyine kaplanan kompozit filmlere immobilizasyonunun gerçekleştiği SEM analizleri ile karakterize edildi. SEM görüntüleri Schiff bazı metal komplekslerinin karakteristik yapısı olan çubuk ve çiçek şeklindeki yapıların bütün oranlardaki kompozit filmlerinin yüzeylerinde farklı oranlarda ve şekillerde tutunduğunu gösterdi. Yüzeyinde metal kompleksi immobilizasyonu gerçekleştirilmiş farklı monomer oranlarındaki kompozit filmlerin elektrokimyasal kararlılık çalışmaları sonucunda kompozit filmlerin immobilizasyon işleminden sonra herhangi bir bozulmaya uğramadığı ve iyi bir elektrokimyasal kararlılık gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca yapılan elektroanalitik deneyler sonucunda peroksit tayininde etkin elektrotun Schiff bazı metal kompleksi immobilizasyonu gerçekleştirilmiş 9:1 oranındaki modifiye elektrot olduğu ve dolayısıyla bu elektrotun peroksit tayini uygulamalarında alternatif olabileceği tespit edilmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makalenin ikinci yazarı **Doç. Dr. Didem ÇAKMAK 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depreminde vefat etmiştir**. Makalenin birinci yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Bu çalışma Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Kimya Bölümünde yapılan 112T523 numaralı TÜBİTAK projesinden üretilmiştir.

Teşekkür

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depreminde vefat eden makalenin ikinci yazarı çok iyi bir bilim insanı ve bir anne olan değerli çalışma arkadaşım ve kıymetli dostum Doç. Dr. Didem ÇAKMAK' a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Kendisini kaybetmiş olmanın derin üzüntüsü içinde birlikte paylaştığım anılarla sonsuza kadar yaşatarak, bu makaleyi ona atfediyorum.

Çalışmanın finansal desteğini sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknoloji Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkür ederim (proje No:112T523). Bu çalışmada Schiff bazı metal kompleksini hazırlayıp kullanımımıza sunan Prof. Dr. Cahit DEMETGÜL'e (HMKÜ Kimya Bölümü) teşekkürlerimi sunarım.

Kaynakça

- Adhikari B., Majumdar S. Polymers in sensor application. Progress in Polymer Science 2004; 29(7): 699-766.
- Amiri M., Pakdel Z., Bezaatpour A., Shahrokhian S. Electrocatalytic determination of sumatriptan on the surface of carbon-paste electrode modified with a composite of cobalt/Schiff-base complex and carbon nanotube. Bioelectrochemistry 2011; 81(2): 81-85.
- Azak H., Yildiz HB., Carbas BB. Synthesis and characterization of a new poly (dithieno (3, 2-b: 2', 3'-d) pyrrole) derivative conjugated polymer: Its electrochromic and biosensing applications. Polymer 2018; 134: 44-52.
- Baghayeri M., Zare EN., Hasanzadeh R. Facile synthesis of PSMA-g-3 ABA/MWCNTs nanocomposite as a substrate for hemoglobin immobilization: Application to catalysis of H₂O₂. Materials Science and Engineering 2014; 39: 213-220.
- Balint R., Cassidy NJ., Cartmell SH. Conductive polymers: towards a smart biomaterial for tissue engineering. Acta Biomaterialia 2014; 10(6): 2341-2353.
- Beaujuge PM., Reynolds JR. Color control in π -conjugated organic polymers for use in electrochromic devices. Chemical Reviews 2010; 110(1): 268-320.

- Cansu-Ergun EG. Covering the more visible region by electrochemical copolymerization of carbazole and benzothiadiazole based donor-acceptor type monomers. *Chinese Journal of Polymer Science* 2019; 37: 28-35.
- Carbas BB., Ergun EGC. A classified and comparative review of Poly (2, 5-dithienyl-N-substituted-pyrrole) derivatives for electrochromic applications. *European Polymer Journal* 2022; 175: 111363.
- Chen C., Sun C., Gao Y. Application of electrosynthesized poly(aniline-co-p-aminophenol) as a catechol sensor. *Electrochimica Acta* 2009; 54(9): 2575-2580.
- Çakal D., Cihaner A., Önal AM. Synthesis and electropolymerization of donor-acceptor-donor type monomers based on azobenzene-substituted thieno [3, 4-c] pyrrole-4, 6-dione acceptors. *Electrochimica Acta* 2021; 398: 139325.
- Cevik E., Carbas BB., Senel M., Yildiz HB. Construction of conducting polymer/cytochrome C/thylakoid membrane based photo-bioelectrochemical fuel cells generating high photocurrent via photosynthesis. *Biosensors and Bioelectronics* 2018a; 113: 25-31.
- Cevik E., Cerit A., Gazel N., Yildiz HB. Construction of an amperometric cholesterol biosensor based on DTP (aryl) aniline conducting polymer bound cholesterol oxidase. *Electroanalysis* 2018b; 30 (10): 2445-2453.
- Dervisevic M., Dervisevic E., Azak H., Çevik E., Şenel M., Yildiz HB. Novel amperometric xanthine biosensor based on xanthine oxidase immobilized on electrochemically polymerized 10-[4H-dithieno (3, 2-b: 2', 3'-d) pyrrole-4-yl] decane-1-amine film. *Sensors and Actuators B: Chemical* 2016; 225: 181-187.
- Ekanayeke Mala EMI., Preethichandra DMG., Kaneto K. Bi-functional amperometric biosensor for low concentration hydrogen peroxide measurements using polypyrrole immobilizing matrix. *Sensors and Actuators* 2008; 132(1): 166-171.
- Hu DD., Sh QZ., Tang ZX., Fang Y., Kennedy JF. Co Salen immobilized on chitosan and its electrochemical behavior. *Carbohydrate Polymers* 2001; 45(4): 385-393.
- Karthikeyan M., Satheesh Kumar KK., Elango KP. Batch sorption studies on the removal of fluoride ions from water using eco-friendly conducting polymer/bio-polymer composites. *Desalination* 2011; 267(1): 49-56.
- Komathi S., Gopalan AI., Kim SK., Anand GS. Fabrication of horse radish peroxidase immobilized poly(N-[3-(trimethoxysilyl)propyl]aniline) gold nano rods film modified electrode and electrochemical hydrogen peroxide sensing. *Electrochimica Acta* 2013; 92(1): 71-78.
- Rong Li X., Liu J., Kong F., Liu X., Xu J. Chen H. Potassium-doped graphene for simultaneous determination of nitrite and sulfite in polluted water. *Electrochemistry Communications* 2012; 20(1): 109-112.
- Saghatforoush L., Hasanzadeh M., Shadjou N., Khalilzadeh B. Deposition of new thia-containing Schiff-base iron (III) complexes onto carbon nanotube-modified glassy carbon electrodes as a

- biosensor for electrooxidation and determination of amino acids. *Electrochimica Acta* 2011; 56 (3): 1051-1061.
- Sheng Q., Wang M., Zheng J. A novel hydrogen peroxide biosensor based on enzymatically induced deposition of polyaniline on the functionalized graphene-carbon nanotube hybrid materials. *Sensors and Actuators B: Chemical* 2011; 160(1): 1070-1077.
- Uzun D., Balaban Gündüzalp A., Hasdemir E. Selective determination of dopamine in the presence of üricacidand ascorbicacid by N,N'-bis(indole-3-carboxaldimine)-1,2-diaminocyclohexane thin film modified glassy carbon electrode by differential pulse voltammetry. *Journal of Electroanalytical Chemistry* 2015; 747(1): 68-76.
- Wu Z., Yang S., Chen Z., Zhang T., Guo, T., Wang Z. Synthesis of Ag nanoparticles-decorated poly(m-phenylenediamine) hollow spheres and the application for hydrogen peroxide dedection. *Electrochimica Acta* 2013; 98(1): 104-108.
- Yalçinkaya S., Demetgül C., Timur M., Çolak N. Electrochemical synthesis and characterization of polypyrrole chitosan composite on platinum electrode its electrochemical and thermal behaviors. *Carbohydrate Polymers* 2010; 79(4): 908-913.
- Yalçinkaya S., Çolak N. Synthesis and characterization of poly (Aniline-co-o-amino aniline). *Designed Monomers and Polymers* 2012; 15(2): 147–157.
- Yalçinkaya, S., Çakmak D. Electrochemical synthesis of poly (pyrrole-co-o-anisidine)/chitosan composite films. *Journal of Molecular Structure* 2017; 1135(1): 32-43.
- Yalçinkaya S., Çakmak D. N,N'-bis(salisiliden)-2-aminobenzilaminonikel(II) Kompleksinin poli(pirol-ko-o-anisidin) kompozit filmlerinin yüzeyine immobilizasyonu ve NO₂⁻ iyonu tayini. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2017; 21(6):1377-1388
- Yalçinkaya S., Çakmak D. Immobilization of CoII-(N,N'-bis(salicylidene)-2-aminobenzylamine) on Poly(pyrrole-co-o-anisidine)/chitosan composite films: Application to electrocatalytic oxidation of catechol. *Electroanalysis* 2021; 33(3): 755-765.
- Yalçinkaya S., Duran Ş. Chemical synthesis and characterization of poly (pyrrole co o aminophenol) / chitosan composite. *Polymer Bulletin* 2022; 79(1) : 10037–10052.
- Yavuz AG., Uygun A., Bhethanabotla VR. Substitued polyaniline/chitosan composites: Synthesis and characterization. *Carbohydrate Polymers* 2009; 75(3): 448-453.
- Yavuz AG., Uygun A., Bhethanabotla VR. Preperation of substitued polyaniline/chitosan composites by in situ electropolymerization and their application to glucose sensing. *Carbohydrate Polymers* 2010; 81(3): 712-719.
- Yildiz HB., Castillo J., Guschin DA., Toppare L., Schuhmann W. Phenol biosensor based on electrochemically controlled integration of tyrosinase in a redox polymer. *Microchimica Acta* 2007; 159: 27-34.



Üniversite Öğrencilerinin Hayvansal Protein Tüketim Eğilimlerinin Belirlenmesi

Dilek Şentürk DEMİREL^{1*}, Ali Murat TATAR², Ramazan DEMİREL³

^{1,2,3}Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, 21280, Diyarbakır

¹<https://orcid.org/0000-0003-4142-2632>

²<https://orcid.org/0000-0002-4993-2779>

³<https://orcid.org/0000-0003-0816-4125>

*Sorumlu yazar: e-mail senturk@dicle.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 19.12.2022

Kabul tarihi: 17.07.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Amino asidi

Besin tercihi

Gıda güvenliği

Protein tüketimi

ÖZ

İnsanların fiziksel ve mental gelişimleri için sağlıklı ve dengeli beslenme büyük öneme sahiptir. Sağlığın korunmasında bağışıklık sisteminde görev alan çeşitli amino asitlerinin rolü bulunmaktadır. Gelişmemiş ülkelerde ekonomik nedenlerden dolayı, kişi başına protein tüketimi düşüktür. Araştırma materyalini Dicle Üniversitesi'ne bağlı bazı Fakülte ve Meslek Yüksekokulu öğrencilerine yöneltilen, hayvansal protein kaynakları ile ilgili 27 soruluk anket verilerinden elde edilen anket sonuçları oluşturmuştur. Anket sonucu elde edilen veriler ki kare testi ile değerlendirilerek, sonuçlar yorumlanmıştır. Yapılan anketlerle, öğrencilerin tüketilen yumurta, et, süt ve mamulleri ile ailenin eğitim durumu, ebeveynlerinin maddi durumları ve beslenme tercihleri arasında istatistiksel bir ilişki olup olmadığı araştırılmıştır. Araştırmadan elde edilen verilerin Khi kare analizi sonuçlarına göre; öğrencilerin annelerinin eğitim seviyesi ile hindi eti ve tereyağ tercihleri arasında ($P<0.01$) ve öğrencilerin besin değeri farkındalığı ile tavuk eti, balık eti ($P<0.05$) ve süt ($P<0.01$) tercihleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde ilişki tespit edilmiştir.

Determination of Animal Protein Consumption Tendencies of University Students

Research Article

Article History:

Received: 19.12.2022

Accepted: 17.07.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Amino acid

Food preference

Food safety

Protein consumption

ABSTRACT

Healthy and good balanced nutrition have a great importance for the physical and mental capability in Humans. Amino acids are participating in the immune system in order to protect human health. Due to economic reasons, protein intake is low per capita in underdeveloped countries. This survey is administered to the students of the Dicle University, enrolled in various faculties and vocational high schools. The survey questionnaire contained 27 questions on animal protein sources. Collected data were analyzed by chi square test and the results were discussed. According to the Chi-square analysis of the obtained data from the study, there were statistically significant differences between the education level of the mother's and turkey meat and butter preferences ($P<0.01$) and the nutritional awareness of the students for chicken meat, fish meat ($P<0.05$) and milk ($P<0.01$).

To Cite: Demirel DŞ., Tatar AM., Demirel R. Üniversite Öğrencilerinin Hayvansal Protein Tüketim Eğilimlerinin Belirlenmesi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 355-371.

Giriş

Türkiye’deki sığır, koyun, keçi ve manda sayısının 2021 yılında bir önceki yıla göre yaklaşık 3.3 milyon baş artması sonucunda yıllık kırmızı et üretimi 1,95 milyon ton, beyaz et 2,3 milyon ton, süt ise 23 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Ülkemizde kişi başına yıllık kırmızı et tüketimi 2021 yılında 23 kg’a, tavuk eti tüketimi ise 27 kg civarına ulaşmıştır (TUIK, 2022). Yıllık süt ve süt ürünleri tüketimi ise 146 litre olup, ABD’deki 292 litre ve AB’deki 342,5 litreyle karşılaştırıldığında oldukça düşük kalmaktadır (SET-BİR, 2019).

Günümüzde hızlı nüfus artışı, artan turizm faaliyetleri, düzensiz göçler ve dış satım nedeniyle ülkemizde üretilen gıda kaynakları yetersiz kalmaktadır. Yakın zamana kadar gıda üretimi açısından kendine yeterli olan ülkemizin tarım ürünleri dış alımı yıllar itibarıyla artmaktadır. İnsanların yaşamlarının her dönemlerinde uygun protein kaynakları ile beslenmeleri gerekir. Proteinler hücrelerin esas yapısını oluşturması nedeniyle yapım - onarımı sağlar, vücut dokularını korur, çeşitli enzim ve hormonların üretiminde etkilidir, vücudun savunma sisteminin etkinliğini artırır ve fazlası enerji üretiminde kullanılır. Sağlık Bakanlığının hazırladığı “Türkiye Beslenme Rehberi”ne göre, üniversite öğrencilerinin yaş gruplarında günlük alınması gereken protein miktarı vücut ağırlığının her bir kilo gramı başına yaklaşık 0,7 g olup (TÜBER, 2015), sağlıklı ve dengeli beslenme için bu değer en az yarısının hayvansal kaynaklardan temin edilmesi gerekmektedir.

Gelişmiş ülkelerle en büyük farkımız insanlarımızın eğitim ve öğretimin her seviyesinde yeterli düzeyde etkili güncel düzeyde yapılamamasıdır. Bireylerin eğitim düzeyi düştükçe gelir düzeyi de azalmakta ve buna bağlı olarak aile bireyleri sağlıklı ve dengeli beslenememektedir. Toplumun oyalandığı TV programları, sanal ortamdaki sosyal medya takipçiliği gençlerimizin daha fazla ilgisini çekmekte, uykudan feragat edilerek, daha fazla mavi ışığa maruz kalmalarına ve dolayısı ile akşamları geç yatarak uyku süresinin daha az olmasına neden olmaktadır.

Ülkemizde bireylerin beslenmesinde günlük alınması gereken enerji düzeyi yeterli olmakla birlikte, hayvansal gıda tüketiminin yetersizliği nedeniyle dengesiz beslenme söz konusudur. Gıda güvencesinin dört koşulu; bulunabilirlik, erişilebilirlik, istikrar ve güvenilirliktir. Türkiye’de bireyler, yeterli ve dengeli beslenme için uygun miktar ve kalitede hayvansal gıda bulma ile gıdalara ulaşabilme sorunu yaşamaktadırlar. Hayvansal ürünlerin bulunabilirliği ve erişilebilirliği açısından kırmızı et sektöründe ciddi sorunlar yaşanmakta, özellikle düşük gelirli ailelerde tüketim giderek azalmaktadır. Ayrıca, uygulanan yanlış hayvancılık politikaları (et ve ürünleri ile damızlık hayvan dış alımı, desteklemelerin yetersizliği vb.) bugüne kadar üretimde büyük artışlar sağlayamadığı gibi hem üretici hem de tüketici refahının bozulmasına yol açmıştır (Gürer, 2013).

Ülkemizde özellikle son yıllarda hayvansal protein kaynağı fiyatlarının yüksek olması nedeniyle ekonomik durumu yeterli olmayan aileler protein ihtiyaçlarını bitkisel kaynaklardan karşılamak zorunda kalmaktadırlar. Bitkisel protein kaynakları genellikle ucuz olmakla birlikte, içerdiği yüksek selüloz nedeniyle sindirilebilirlikleri düşüktür. Ayrıca, amino asit profillerinin dengesiz olmasından dolayı mutlaka hayvansal proteinlerle desteklenmeleri gerekmektedir. Hayvansal proteinler yüksek

oranda sindirilir, çeşitli vücut bileşenlerinin yapısında bulunur, amino asit profilleri dengelidir, karbon iskeleti taşıyan amino asitlerinin fazlası enerji kaynağı olarak kullanılır. Ayrıca balık ve tavuk derileri; kolajen kaynağı, karaciğer ve kırmızı et; konjuge linoleik asit, B₁₂ vitamini ve en uygun formda Fe içerirken, balık; iyot, omega-3 ve vitamin D kaynağı, yumurta sarısı; karotenoid, lesitin ve omega-3, süt ise kalsiyumca zengin hayvansal protein kaynaklarıdır.

Gelir seviyesi düşük olan aileler protein kaynağı olarak fiyatı daha ucuz olan yumurta ile tavuk etini daha fazla tüketmektedirler. Ayrıca ailelerin ekonomik durumları kadar beslenme alışkanlıkları ve tedarik kolaylığı da tercihlerde etkili olmaktadır.

Okul çağındaki çocukların beslenmesinde aileler daha fazla özen göstermektedirler. Çoğu zaman ebeveynler kendileri fedakarlıkta bulunarak, çocuklarının daha iyi beslenmesine çalışmaktadırlar. Ekonomik durumu daha iyi olan aileler çocuklarına düzenli harçlık verebildikleri için bu ailelerin çocukları okul kantininden her zaman sağlıklı olmasa bile istediklerini satın alabilmektedirler. Gelir durumu daha düşük olan aileler ise genellikle düşük maliyetli fakat daha sağlıklı yiyecekleri evde hazırlayıp çocuğun okul çantasına yerleştirmektedirler. Ergenlik dönemiyle birlikte beslenme konusunda ailelerin zorlaması veya yönlendirmesi giderek etkisini kaybetmekte, çocuklarına düzenli kahvaltı yaptırabilen ailelerin sayısı azalmaktadır. Üniversite öğrencileri ise aile baskısı üzerlerinden kalktığı için genellikle gece geç yatıp, sabah geç kalktıklarından kahvaltıya zaman ayıramazlar. Kahvaltı yapmayan veya kantinden sağlıksız beslenen çocukların algıları ve derslere ilgisi düşük kalmaktadır.

Yüzüncü Yıl Üniversitesinde 362 lisans öğrencisiyle gerçekleştirilen bir anket çalışmasında, süt ürünlerini öğrencilerin %66,23'ünün hiper/süper marketlerden, %14,78'sinin bakkallardan ve %18,99'unun da pazar vb. yerlerden satın aldıkları belirlenmiştir. Yapılan bir diğer araştırmada ise Veteriner fakültesindeki intern öğrencilerin büyük çoğunluğunun (%95,1) içme sütü satın alırken süpermarketleri tercih ettiği tespit edilmiştir (Selçuk ve ark., 2003).

Bireylerin vücut ağırlığı, vücut gelişimi vb. sağlıkla ilgili veriler, gıda tüketim alışkanlıkları ve ürün satın alma tercihleri gibi beslenmeyle ilgili bilgilenme sürecinin, öğrencilik döneminde alınan eğitim ve kültür düzeyi ile yakından ilişkili olduğu tespit edilmiştir (Sakamaki ve ark., 2005).

Öğrencilerin beslenme eğilimlerinin saptanması ve erişkin dönemde beslenme alışkanlıklarının düzenlenmesi, yetersiz ve dengesiz beslenmenin yol açabileceği muhtemel bozuklukların önlenmesi açısından önemlidir (Erten, 2006). Çocukluk ve gençlik dönemlerinin sağlıklı yaşam tarzı ve beslenme alışkanlıklarının kazanılması ve geliştirilmesinde özel bir öneme sahip olduğu bildirilmiştir (Garibanoğlu ve ark., 2006).

Veteriner fakültesi öğrencilerinin; gelir düzeyi azaldıkça hayvansal gıda tüketimlerinin azaldığı, bazı ürünlerin tüketiminin ise cinsiyete göre değiştiği tespit edilmiştir. Sağlıklı nesiller yetiştirebilmek için hayvansal gıdalarda üretim maliyetlerinin düşürülüp, fiyatların denetlenmesi ve tüketimi teşvik edici tedbirlerin alınarak hayvansal protein tüketiminin artırılması gerekmektedir (Sarıözkan ve ark., 2007).

Trakya Üniversitesi MYO öğrencilerinin beslenme alışkanlıkları ve tercihlerinin belirlenmesi amacıyla

444 öğrenciyle yapılan çalışmada; öğrencilerin %34,0'ünün beslenme ile ilgili eğitim aldığı, %36,0'sının sağlıklı bir şekilde beslendiklerine inandıkları, kahvaltı ve öğle öğününü genellikle atladıkları, yemek seçerken yemeklerin sağlıklı olmasından ziyade doyurucu olmasına dikkat ettikleri, öğün aralarında en fazla çay ve kahve tükettikleri, beslenme konusunda en büyük bilgi kaynaklarının televizyon olduğu belirlenmiştir (Onurlubaş ve ark. 2015).

Kolej öğrencilerinin beslenme alışkanlıklarının incelendiği bir çalışmada; sağlıklı beslenmenin önündeki en önemli engellerin; zaman kısıtı, sağlıksız atıştırma, yüksek kalorili hazır gıdalar, stres, sağlıklı yiyeceklerin fiyatının yüksekliği ile abur cuburlara kolay erişim olarak belirlenmiştir. Sağlıklı beslenme davranışında ise gıda konusunda yeterli eğitim ve bilgi sahipliği, yemek planlaması, yemek hazırlığına bireylerin katılımı ve fiziksel olarak aktif olma hali belirlenmiştir. Ayrıca, ebeveyn yemek davranışı ve arkadaşların sosyal baskısının bireylerin tüketim alışkanlıkları üzerine hem olumlu ve hem de olumsuz etkilere sahip olduğu belirtilmiştir (Sogari ve ark. 2018).

Balıkesir Üniversite'sinde 10 farklı fakülte ve yüksekokulda öğrenim gören 405 öğrenciyle yapılan bir anket çalışması sonucunda; öğrencilerinin daha çok eğitim ve gelir düzeyi düşük ailelerden gelmeleri nedeniyle beslenmeye ayırdıkları harcama miktarının düşük olduğu ve bunun sonucunda beslenme sorunlarının arttığı, en fazla önem verdikleri öğünün akşam olduğu, öğün atlama oranının çok yüksek olduğu (%82,8) ve genellikle sabah geç kalkma nedeniyle kahvaltının atlandığı, karbonhidrat ağırlıklı beslendikleri, yemek seçiminde öncelikle doyuruculuk, damak tadı uygunluğu, fiyatı ile hijyen ve hammadde kalitesini dikkate aldıkları belirlenmiştir (Gül ve Gül, 2020).

Diyarbakır merkez ilçelerde öğrenim gören 478 ilköğretim öğrencisinin hayvansal protein tercihlerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada; öğrencilerin cinsiyeti, yaşı, bağlı olduğu ilçe, sınıfı, kardeş sayısı, ailenin eğitim durumu ve ebeveynlerinin maddi durumu ile hayvansal proteinle beslenme tercihleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde ilişki olduğu, Diyarbakır merkezdeki ilköğretim öğrencilerinin yeterli ve dengeli beslendikleri saptanmıştır (Demirel ve ark. 2021). Bu çalışmada Dicle Üniversitesi'nde öğrenim gören öğrencilerin kardeş sayısı, ekonomik durum, ailelerin eğitim durumu vb. faktörlere göre beslenme durumları, hayvansal protein kaynaklarına karşı ilgileri, protein kaynağı tercihlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Araştırmanın ana materyalini Dicle Üniversitesi'nde öğrenim gören öğrenciler ile yapılan anketlerden sağlanan veriler oluşturmuştur. Anket çalışması Veteriner, Diş Hekimliği, Eğitim Fakültesi ve Meslek Yüksekokulu'nda öğrenim gören 2. sınıf öğrencileriyle; eğitim, sağlık ve MYO düzeyinde her bir gruptan eşit sayıda 100'er kişiden, toplam 300 öğrenci ile yapılmıştır. Anket çalışması için okullara gidilerek, okul yönetimlerinden gerekli izinler alınmış, ders bitiminde anket hakkında kısa bilgi verildikten sonra öğrencilerden anket sorularını cevaplamaları istenilmiştir. Öğrencilerin cinsiyeti, ailelerinin eğitim düzeyleri ve maddi durumları (ücret, ev ve araba sahipliği) ile beslenme tercihleri, tüketilen et ve et mamulleri, süt ve süt mamulleri, yumurta tüketimleri arasında istatistiksel bir ilişki

olup olmadığı araştırılmıştır. Araştırma verileri SPSS 21.0 paket programıyla, istatistiksel analizler Khi kare yöntemine göre analiz edilerek değerlendirilmiştir. Gruplar arasındaki farklılığın belirlenmesinde Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Ebeveynlerin Eğitim Durumu

Ankete katılan öğrencilerin %44'ü erkek, %56'sı kız öğrencilerden oluşmuştur. Öğrencilerin annelerinin eğitim durumlarına bakıldığında büyük çoğunluğunun (%85,7) okuryazar olmayan ve sadece okuryazar bireylerden oluştuğu, babaların yarısından fazlasının (%51) okuryazar olduğu belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen verilerin khi kare analiz sonuçlarına göre; öğrencilerin annelerinin eğitim düzeyi ile hindi eti ve tereyağ tercihleri arasında istatistiki olarak önemli düzeyde ilişki tespit edilmiştir ($P < 0.01$), (Tablo 1). Anne ve babaları lisansüstü eğitim görmüş olan öğrencilerin sayısı çok düşük (%0,3-%1,3) bulunmuştur. Babaların eğitim durumlarının annelerden yüksek olmakla birlikte yine de düşük bulunması, öğrencilerin sağlıklı ve dengeli beslenme konusunda aile kaynaklı yeterli bilgiye sahip olmalarını güçleştirmektedir. Lise öğrencilerinin beslenme alışkanlıklarının gelişmesinde en önemli etkenin aile olduğu, besin tercihlerinde ve dengeli beslenmede ebeveyn eğitim ve gelir düzeyinin etkili olduğu belirtilmiştir (Ahraz, 2017).

Tablo 1. Anne eğitim durumuyla öğrencinin hindi eti ve tereyağ tüketim tercihi

Annenin eğitim Durumu	Hindi eti		Tereyağ	
	%	Frekans	%	Frekans
Okur-yazar	23,3	14	69,1	65
Okur-yazar değil	19,2	10	72,4	63
Lise	27,8	5	77,3	17
Üniversite	12,5	1	66,7	8
Lisans üstü	100,0	1	100,0	1
Toplam		31		154
P		0,000		0,001
SD		24		28
χ^2		63,039		58,039

Hindi eti n=139, Tereyağ n=216

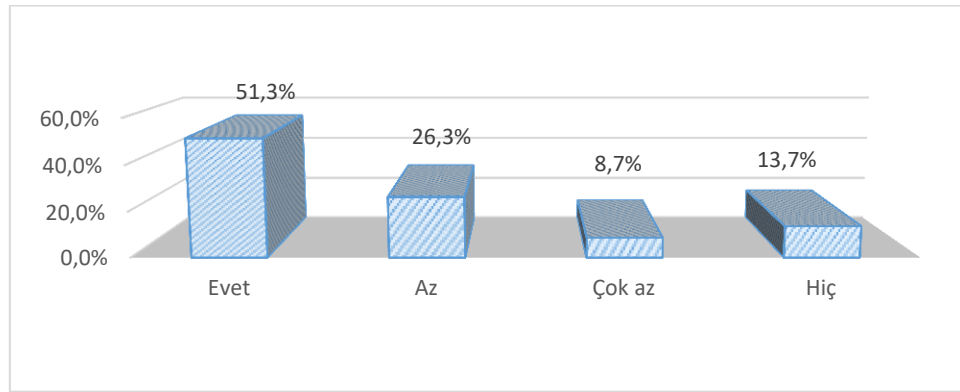
Ailelerin Gelir Durumu

Aile gelir durumu incelendiğinde; %53,6'sının asgari ücret üstü, %33,7'sinin asgari ücretli ve %12,7'sinin asgari ücretin altında düzenli hane gelirine sahip oldukları belirlenmiştir. Kendi evlerinde ikamet edenlerin oranı %80,7 gibi oldukça yüksek iken, %88,6'sının arabasının bulunmadığı belirlenmiştir. Öğrencilerin büyük çoğunluğunun ailelerine ait evlerde ikamet etmeleri ekonomik durumlarının çok kötü olmadığını, arabasız olmaları ise yeterince iyi olmadığını yansıtmaktadır. Düşük gelirli ailelerin üniversitedeki çocuklarının okulda geçirdikleri süre boyunca genellikle öğle öğünü atlayıp, çay ve kahve içerek günü tamamladıkları bildirilmiştir (Gül ve Gül, 2020). Ailelerin

gelir durumuyla ilköğretim öğrencilerinin beslenme, özellikle de hayvansal protein kaynağı tüketimi arasında önemli düzeyde ilişki bulunmaktadır (Demirel ve ark. 2021).

Hayvansal Ürünlerin Besin Değeri Hakkında Farkındalık Durumu

Öğrencilerden sağlıklı beslenmediğini düşünenlerin oranı %39,5 gibi oldukça yüksek bulunurken, %32,8'i emin olmadıklarını, %27,7'si ise sağlıklı beslendiklerini ifade etmişlerdir. Öğrencilerin sağlıklı ve dengeli beslenme konusunda yeterince bilgiye sahip olmamaları nedeniyle kafa karışıklığı içinde buldukları söylenebilir. Ankete katılan öğrencilerin yarıdan fazlası (%51,2) hayvansal ürünlerin besin değerleri hakkında bilgi sahibi olduklarını ifade etmişlerdir (Şekil 1). Araştırmadan elde edilen verilerin sonuçlarına göre; öğrencilerin hayvansal gıdaların besin değeri farkındalığı ile tavuk ve balık etleri ($P<0.05$) ile süt tercihleri ($P<0.01$) arasında istatistiki olarak önemli düzeyde ilişki tespit edilmiştir (Tablo 2, 3). Ankete katılan öğrencilerin sağlıklı ve dengeli beslenme konusunda bir miktar bilinçli olmakla birlikte, tercihen daha erken dönemde bu konuda mutlaka kapsamlı eğitim almaları gereğini ortaya koymaktadır.



Şekil 1. Öğrencilerin hayvansal ürünlerin besin değeri hakkında farkındalık durumları

Tablo 2. Hayvansal ürünlerin besin değeri farkındalığı ile et tercihleri ilişkisi

Hayvansal ürünlerin besin değerleri hakkında bilgi durumu	Tercih edilen et							
	Tavuk eti		Kırmızı et		Balık eti		Hindi eti	
	%	Frekans	%	Frekans	%	Frekans	%	Frekans
Evet	97,2	140	88,0	110	75,0	81	29,9	20
Az	95,9	70	83,9	52	75,8	11	23,7	9
Çok az	84,6	22	70,0	14	57,9	47	7,1	1
Hiç	83,8	31	86,5	32	64,3	18	5,0	1
		263		208		157		40
P		0,045		0,478		0,500		0,776
SD		27		30		30		18
χ^2		40,563		29,762		29,335		13,264

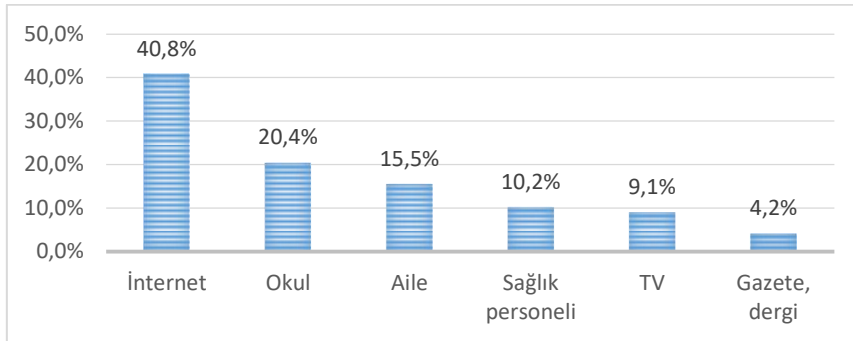
Tavuk eti n=280, Hindi eti n=139, Balık eti n=217, Kırmızı et n=244

Tablo 3. Hayvansal ürünlerin besin değeri farkındalığı ile süt ürünleri ve bal tercihleri ilişkisi

Hayvansal ürünlerin besin değerleri hakkında bilgi durumu	Tercih edilen süt ve ürünleri						Bal			
	Süt		Peynir		Yoğurt		Tereyağ			
	%	Frekans	%	Frekans	%	Frekans	%	Frekans	%	Frekans
Evet	79,1	87	94,3	132	93,1	121	74,6	85	76,5	78
Az	81,2	52	98,6	73	91,3	63	69,2	36	66,0	35
Çok az	85,0	17	87,0	20	82,6	19	65,0	13	55,6	10
Hiç	81,6	31	91,9	34	81,6	31	66,7	20	62,5	20
		187		259		234		154		143
P	0,001		0,403		0,066		0,358		0,776	
SD	27		24		27		21		18	
χ^2	54,944		25,050		38,814		22,739		13,264	

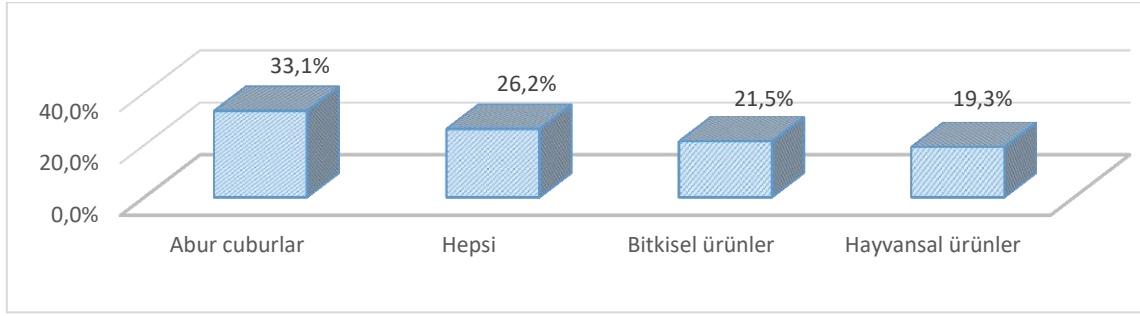
Süt n=232, Peynir n=274, Yoğurt n=260, Tereyağ n=216

Öğrencilerin beslenme ile ilgili bilgileri öğrenme kaynağının daha çok internet olduğu (%40,8), %20,4'ünün okuldan, %15,6'sının aileden, %10,2'sinin sağlık personelinden, %9,1'inin TV'den ve %4,2'sinin ise gazete ve dergilerden bilgi sağladığı belirlenmiştir (Şekil 2). Beslenme ile ilgili bilgilerin daha çok internette sağlanması, ortamdaki bilgi kirliliği nedeniyle, sağlıklı bilgiye ulaşmada sorun yaşanabileceğini düşündürmektedir. Bu nedenle beslenme ile ilgili temel bilgilerin okulda yeterince verilmesi önemli hale gelmektedir. Aileden sağlanan bilginin üçüncü bilgilendirme kaynağı olması, ailelerin bilinçlenmesi gereğinin önemini göstermektedir. Öğrencilerin beslenme konusunda en önemli bilgi kaynağının televizyon olduğunu bildiren Onurlubaş ve ark. (2015) bulgularıyla bu çalışmanın sonuçları benzerlik göstermemektedir.

**Şekil 2.** Öğrencilerin besleme konusunda bilgi kaynakları

Ankete katılan öğrencilere beslenmek için okulda buldukları sürede hangi ürünleri tercih ettikleri sorulduğunda; %33,1'i abur cubur, %26,2'si hepsi (hayvansal ürün, bitkisel ürün ve abur cubur), %21,5'i bitkisel, %19,3'ü hayvansal ürün ağırlıklı beslendiklerini belirtmişlerdir (Şekil 3). Bu bulgu öğrencilerin okulda buldukları sürede sağlıklı ve dengeli beslenemediklerini göstermektedir. Benzer bir çalışmada Elazığ'daki tüketicilerin %16'sının hayvansal gıda, %13'ünün bitkisel gıda, %71'inin ise her iki tür ürünü birlikte tükettikleri; %41 kırmızı et, %23 beyaz et, %3 balık ve %32'sinin ise her

üç et türünü de tükettikleri, %1'inin ise hiçbir hayvansal ürünü tüketmedikleri ifade edilmiştir (Çiçek ve ark., 2014).



Şekil 3. Gün içi ağırlıklı olarak tercih edilen gıda grupları

Ankete katılan öğrencilerin büyük çoğunluğu (%51) günde üç öğün yemek yediklerini, %45'i iki öğün ve %4'ü ise tek bir öğün yemek yediklerini, mümkün olduğunda üç öğünle sağlıklı ve dengeli beslenmek istediklerini beyan etmişlerdir. Ekonomik durumu yetersiz geleceğin teminatı olan gençlerin daha iyi beslenebilmeleri için maddi olanakları artırılmalıdır. Özellikle okul ve yurtlardaki yemeklerin kaliteleri artırılmalıdır.

Et çeşitlerinin haftalık tüketim sıklığı bakımından anketten elde edilen bulgulara göre; en sık tüketilen tavuk eti olmakla birlikte, diğer beyaz et türü olan hindi etinin en seyrek tüketildiği belirlenmiştir (Tablo 4). Diyarbakır'da yaygın olarak hindi yetiştirilip, tüketilmesine rağmen, ortalama tüketim ülkemiz düzeyinin (0,7kg) de altındadır (BESD-BİR, 2018). Beyaz etin daha sık tercih edilmesinin nedenleri ise sırasıyla lezzeti, ucuz olması, kolay temin edilebilirliği ve besin değerinin yüksekliğidir. Ankete katılanların %58,1'i haftada bir kez balık eti tükettiklerini, tezat olarak %77,1'i ise hiç hindi eti tüketmediklerini beyan etmişlerdir. Denizlere uzaklığı ve damak tadı alışkanlıkları nedeniyle balık tüketim kültürünün yeterince yerleşmediği Diyarbakır'da öğrencilerin haftada bir defa da olsa balık tüketmeleri sağlıklı ve dengeli beslenme açısından yetersiz olmakla birlikte, besin değeri hakkında bilgilendirme yapılırsa gelecek için umut vaat etmektedir. Diyarbakır'da hindi üretilmesine ve lezzetine rağmen çok az tüketilmesi ise düşündürücüdür. Et çeşitlerinden kanatlı ve balık etinin protein değerinin yüksekliği ve yağ içerikleri dikkate alındığında öğrencilerin sağlıklı ve dengeli beslenmeye çalıştığı söylenebilir. Ayrıca, balık etinin yüksek protein değerinin yanı sıra, çoklu doymamış yağ asitlerinden olan omega-3 yağ asitleri, iyot, fosfor, selenyum gibi çok önemli besin öğelerini içermesi nedeniyle mutlaka bu konuda bireylerin bilgilendirilerek balık tüketiminin artırılması gerekmektedir.

Tablo 4. Haftalık et ve ürünlerinin tüketim sıklığı

	Haftalık tüketim sıklığı (Defa/Hafta)							
	Tüketmeyen	1	2	3	4	5	6	7
Tavuk	%6,1	%21,4	%31,4	%21,8	%10,4	%4,3	%0,7	%3,9
Hindi	%77,1	%16,4	%2,1	%0,7	%1,4	%1,4	%0,7	-
Balık	%27,6	%58,1	%8,8	%1,4	%0,5	%0,9	%0,5	%2,3
K. Et	%14,8	%33,6	%21,7	%15,2	%4,5	%4,5	%2,0	%3,7

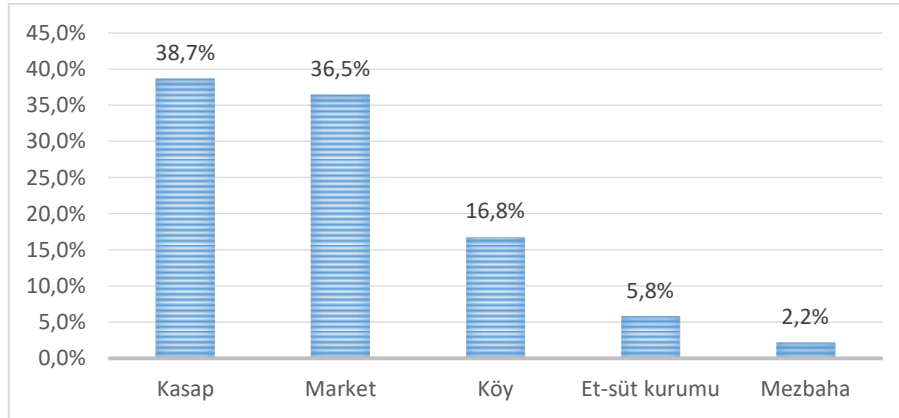
Bir haftalık sürede öğrencilerin en çok tükettikleri ürün süt olurken (%60,8), bunu peynir (%36,5), yoğurt (%19,6) ve tereyağının (%16,2) izlediği belirlenmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Haftalık süt ve ürünlerinin tüketim sıklığı
Haftalık tüketim sıklığı (Defa/Hafta)

	Tüketmeyen	1	2	3	4	5	6	7
Süt	%6,5	%6,5	%12,1	%9,5	%7,8	%12,1	%3,0	%60,8
Peynir	%9,5	%8,4	%10,2	%12,4	%7,3	%9,9	%0,7	%36,5
Yoğurt	%23,8	%11,9	%13,1	%5,8	%4,2	%3,5	%1,2	%19,6
Tereyağ	%28,7	%16,7	%17,6	%9,7	%1,9	%3,7	%0,5	%16,2

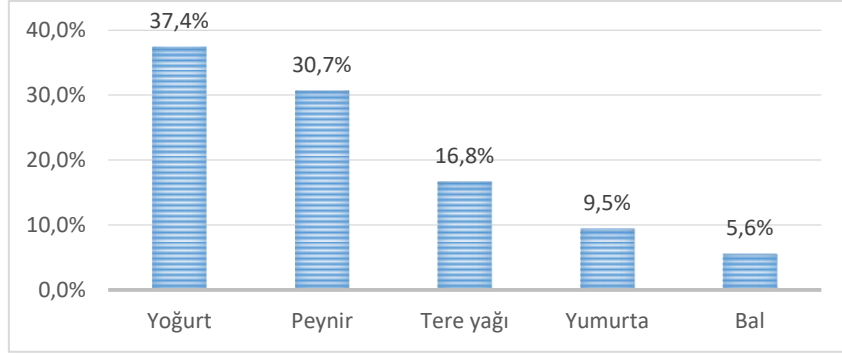
Hayvansal proteinlerin vücutta yeterli miktarda depolanmadığı için günlük olarak alınması gereği dikkate alındığında, öğrencilerin süte yoğun ilgi göstermeleri olumludur. Tereyağ ve yoğurdu tüketmeyenlerin oranlarının yüksekliği ise sağlıklı ve dengeli beslenme açısından handikap oluşturmaktadır. Veteriner fakültesi öğrencilerinin hayvansal ürün tüketim tercihlerinin belirlenmesi için yapılan bir çalışmada öncelik sırasının; yoğurt, yumurta, peynir ve tavuk gibi nispeten daha düşük fiyatlı ürünler şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir (Şentürk, 2011).

Hayvansal ürünlerin temin edildiği yerler sorulduğunda; en yüksek %38,7 oranında kasaptan, %36,5'inin marketten karşılanması gıda hijyeni açısından olumludur (Şekil 4). Köylerden hayvansal gıda getirenlerin oranının %16,8 gibi azımsanmayacak düzeyde bulunması, öğrencilerin ailelerinin köylerden tamamen kopmadıkları ve hala köylüleriyle etkileşim içerisinde olduklarını göstermektedir.



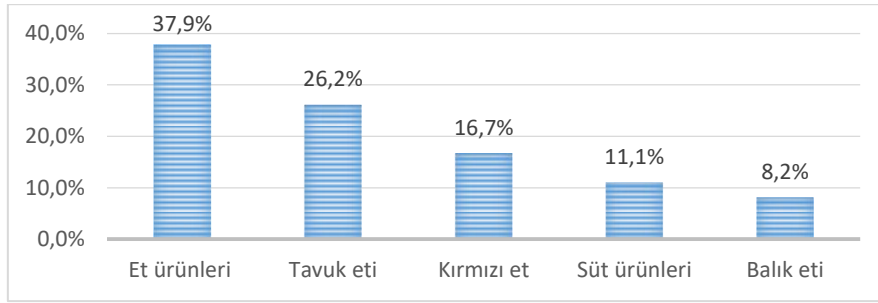
Şekil 4. Hayvansal ürünlerin temin yerleri

Şehirde yaşayan ailelerin kırsalla bağlantısı hakkında bilgi edinmek amacıyla köyden en çok temin edilen ürünlerin hangi gıda kaynakları olduğu sorulmuştur. Anket bulgularına göre öğrencilerin %37,4'ü köylerden yoğurt temin edildiğini belirtmişken; bunu sırasıyla %30,7 ile peynir, %16,8 ile tereyağ, %9,5 ile yumurta ve %5,6 ile balın izlediği tespit edilmiştir (Şekil 5). Şehirlerde yaşayan insanların köylerde aşına oldukları ürünlerin tadı ve kalitesinin yanı sıra ekonomikliği ve güçlü akrabalık bağları gibi sebeplerden dolayı bu ürünleri temin etmeye devam ettiklerini göstermektedir.



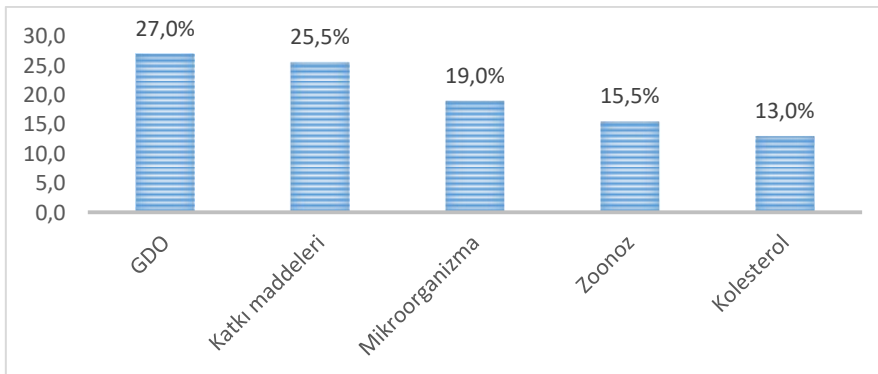
Şekil 5. Köyden en fazla temin edilen ürünler

Ankete katılan öğrencilerin %43,2'si tükettikleri hayvansal gıdaların hijyen ve kalitesine güvenmezken, %29,5'i güvendiğini, %27,4'ü ise bu konuda fikrinin olmadığını beyan etmiştir. Öğrencilerin önemli bir kısmının gıda güvenliği konusunda henüz yeterli bilgiye sahip olmadıkları söylenebilir. En çok risk taşıdığı düşünülen gıdanın %37,9 ile et ürünleri olduğu; bunu sırasıyla tavuk eti (%26,2), kırmızı et (%16,7), süt ürünleri (%11,1) ve balık etinin (%8,2) izlediği tespit edilmiştir (Şekil 6).



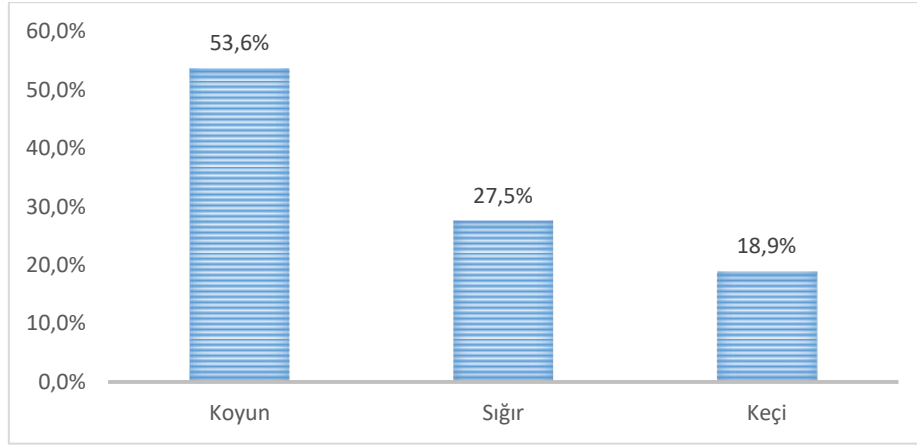
Şekil 6. Riski en yüksek hayvansal gıdalar

Öğrencilerin hayvansal gıdaların insan sağlığı üzerine risklerini belirtmeleri istendiğinde; ilk sırayı %27 düzeyinde GDO alırken, daha sonra katkı maddeleri (%25,5), mikroorganizmalar (%19), zoonoz hastalıklar (%15,5) ve hayvansal gıdaların kolesterol içeriği (%13) şeklinde sıralanmıştır (Şekil 7). Ziraat Fakültesi öğrencilerinin gıda güvenliği konusunda %75 oranında bilinçli olduğu, %79,92'sinin tükettikleri gıdaları sağlık açısından riskli bulduklarını ifade ettikleri çalışmanın (Güzener ve ark., 2009) bulgularıyla bu çalışmanın bulguları benzerlik göstermektedir.



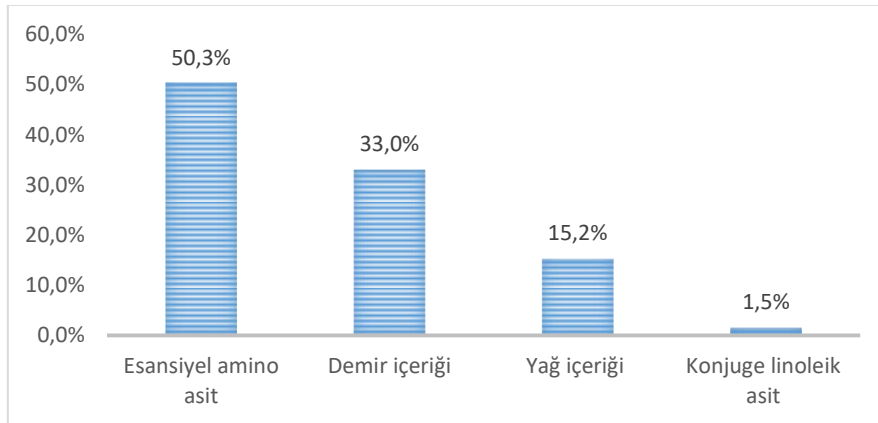
Şekil 7. Hayvansal gıdaların risk oranları

Ankete katılan öğrenciler en çok beyaz et (%60,7), daha sonra kırmızı et (%39,3) tükettiklerini ifade etmişlerdir. Beyaz etin daha çok tercih edilme nedeninin; sırasıyla lezzeti (%41,1), ekonomikliği (%30,3), kolay temin edilebilirliği (%17,4) ve besin değerinin yüksekliği (%11,2) olarak tespit edilmiştir. En çok tercih edilen kırmızı et türleri; sırasıyla koyun (%53,6), sığır (%27,5) ve keçi (%18,9) olarak tespit edilmiştir (Şekil 8). Bölgede koyun ve kuzu etinin kolay temini ve tüketim alışkanlığı tercihlerde etkili olmuştur. Çalışmamızdan elde edilen sonuçlarla, Cevger ve ark., (2008)'nın kırmızı et tüketim tercihleriyle (tercih edilmeyen et türleri sırasıyla; sığır eti için %4,1, koyun eti %42,6, keçi %92,6, diğer kanatlı etlerinde ise %2,4) et satın alırken: hijyen, kalite, marka ve fiyatını dikkate aldıkları sonuçlar uyumlu bulunmuştur.



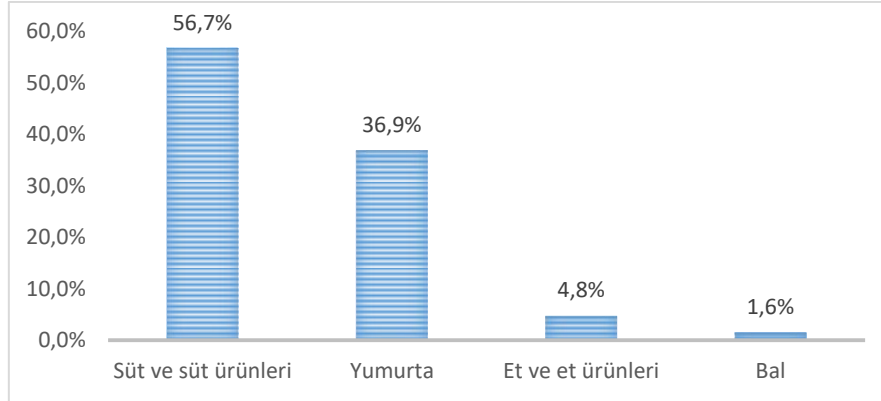
Şekil 8. Tercih edilen kırmızı et türü

Öğrencilerin kırmızı etin besin değerinden ne anladıkları sorulduğunda; %50,3'ü esansiyel amino asit içeriği, %33'ü demir içeriği, %15,2'si yağ içeriği ve %1,5'i konjuge linoleik asit içeriği olarak ifade etmişlerdir (Şekil 9). Bu bulgulara göre öğrencilerin kırmızı etin besin değeri hakkında yeterli bilgiye sahip oldukları söylenebilir.



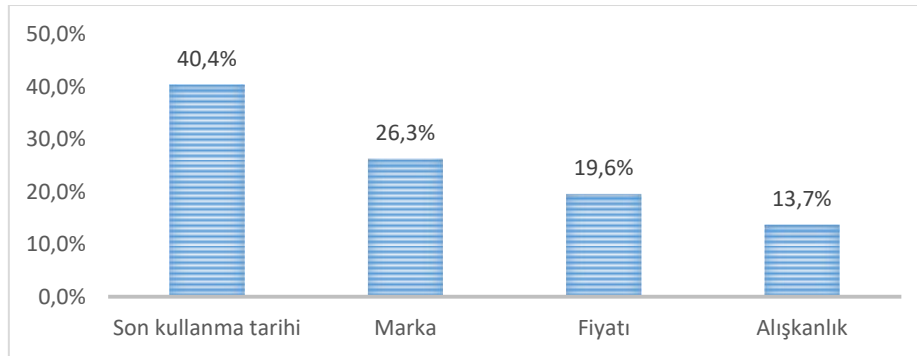
Şekil 9. Kırmızı etin besin değeri

Öğrencilerin kahvaltıda en çok tükettikleri hayvansal gıdalar sorulduğunda; süt ve süt ürünleri %56,7 ile ilk sırayı alırken; sırasıyla yumurta (%36,9), et ve ürünleri (%4,8) ve bal (%1,6) şeklinde gerçekleşmiştir (Şekil 10). Çalışmamızdan elde edilen kahvaltıda yüksek yumurta tüketim oranı ile İskender ve Kanbay (2014)'ün üniversite öğrencilerinin yumurta tüketim davranışlarını araştırdıkları çalışmalarından elde edilen haftalık kişi başına 3,4 adet yumurta tüketimi değeriyle benzer bulunmakla birlikte; Cevger ve ark., (2008)'nin öğrencilerin %18'inin aylık 20'den fazla yumurta tükettiklerini belirttikleri değerlere nazaran daha düşük olarak gerçekleşmiştir.



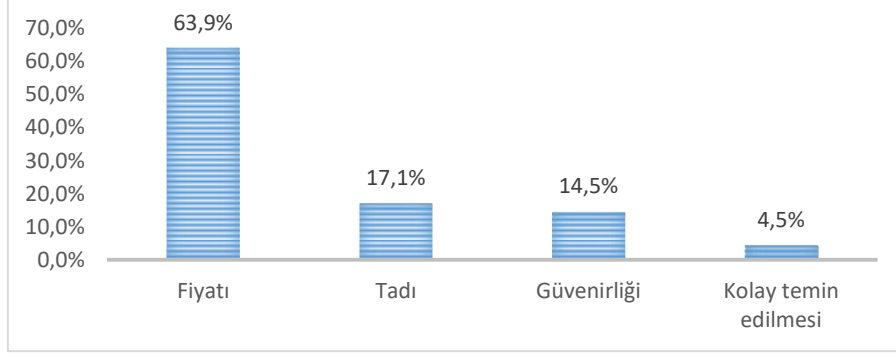
Şekil 10. Kahvaltıda tercih edilen gıdalar

Ankete katılan öğrencilere hayvansal ürünleri satın alırken öncelikle dikkat ettikleri unsurlar sorulduğunda; ankete katılan öğrencilerin en çok son kullanma tarihine (%40,4) göre ürünleri satın aldıkları, daha sonra marka (%26,3), satış fiyatı (%19,6) ve edinilen alışkanlıklar (%13,7) şeklinde sıralanmıştır (Şekil 11). Bu sonuçlara göre öğrencilerde tüketici bilincinin geliştiği söylenebilir.



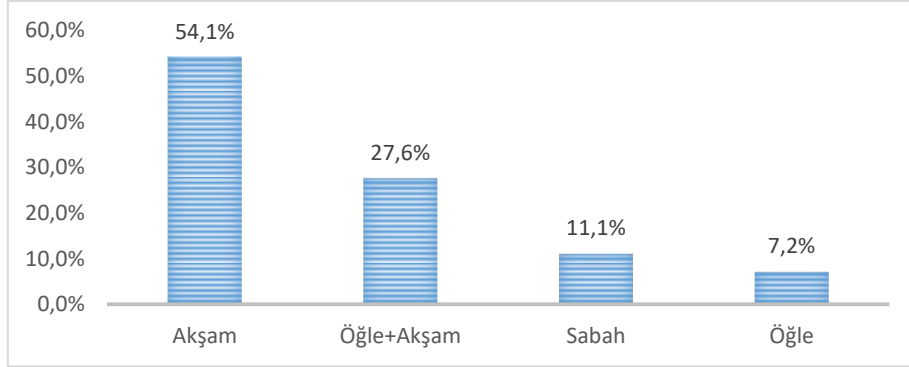
Şekil 11. Hayvansal ürünlerin tercih öncelikleri

Kırmızı etin az tüketilmesinin nedeni sorulduğunda; ilk sırayı %63,9 oranıyla fiyatı, daha sonra tadı (%17,1), güvenilirliği (%14,5) ve temin edilebilme gücü (%4,5) şeklinde öğrencilerin cevapları sıralanmıştır (Şekil 12). Ankete katılan öğrencilerin yaşları dikkate alındığında, son yıllarda kırmızı et fiyatının alım gücüne göre yükselişinin tüketim tercihinde etkili olduğu söylenebilir.



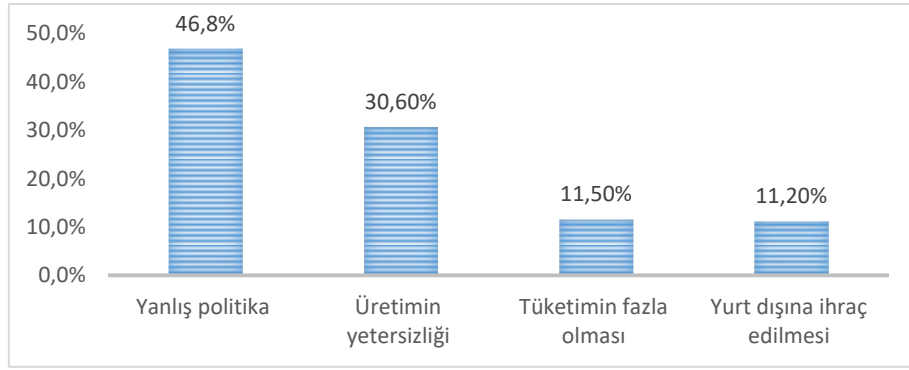
Şekil 12. Kırmızı et tüketimi tercih nedeni

Öğrencilerin hayvansal ürünleri daha çok tükettikleri öğünler sorulduğunda; ilk sırayı %54,1 oranında akşam öğünü alırken, daha sonra %27,6 öğle + akşam, %11,1 sabah ve %7,2 öğle öğününde tükettiklerini beyan etmişlerdir (Şekil 13). Hayvansal ürünlerin daha çok akşam öğününde tüketilmesi, öğle öğününün genellikle geçiştirildiğini, özellikle ailelerinin yanında kalan öğrencilerin akşamları evlerinde düzenli yemek yiyerek beslendiklerini ve ana öğünün akşam olduğunu göstermektedir. Et ve ürünleri fiyatlarının son yıllarda bireylerin gelirine göre çok yüksek seyretmesi, öğrencilerin et ve ürünlerini içeren öğle yemeğinden mahrum kalmalarına neden olmaktadır. Çocuklar büyüdükçe ebeveynlerin kahvaltı ısrarına karşı direnç geliştirmeleri nedeniyle genellikle bu öğünün geçiştirildiği veya atlandığı bilinmektedir. Bu sonuç beklentilerle uyumlu bulunmakla birlikte, gelişme çağındaki öğrencilerin fiziksel ve mental gelişimleri açısından uygun değildir.



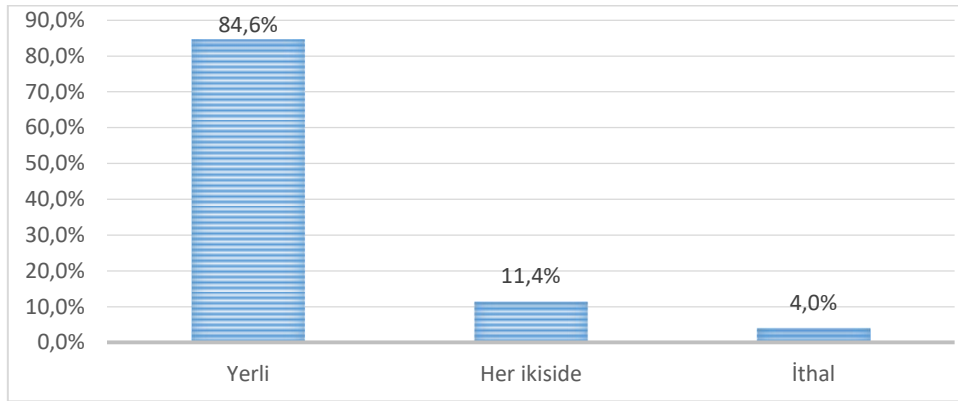
Şekil 13. Hayvansal ürünlerin en çok tüketildiği öğünler

Ülkemizde kırmızı et fiyatlarının sürekli artmasının nedenleri sorulduğunda alınan cevaplar sırasıyla; yanlış politika (%46,8), üretimin yetersizliği (%30,6), tüketimin fazla olması (%11,5) ve yurt dışına ihraç edilmesi (%11,2) şeklinde ifade edilmiştir (Şekil 14). Bu sonuç öğrencilerin uzun süredir kronikleşen ve ülke gündeminde yer alan konu hakkında büyük ölçüde yeterli bilgiye sahip olduklarını göstermektedir.



Şekil 14. Kırmızı et fiyatlarının sürekli artmasının nedeni

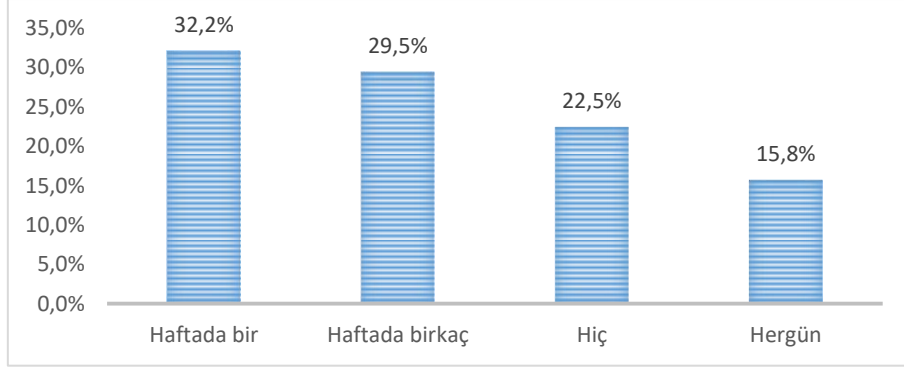
Öğrencilerin %74,3'ü et dış alımını desteklememekle beraber, %16,3'ü kısmen, %9,4'ü ise desteklediklerini ifade etmişlerdir. Bu sonuç yine öğrencilerin konu hakkında yeterli ulusal bilince eriştiklerini göstermektedir. Öğrenciler tükettikleri etin kaynağına göre %84,6'sı yerli eti tercih ederken, fark etmez diyenler %11,4, ithal eti tercih edenler ise %4 düzeyinde gerçekleşmiştir (Şekil 15). Öğrencilerin büyük çoğunluğunun yerli eti tercih ettiklerini beyan etmeleri ülkemiz hayvansal üretiminin geleceği için umut vericidir.



Şekil 15. Kaynağına göre et tercihi

Süt Tüketimiyle İlgili Verilerin Değerlendirilmesi

Ankete katılan öğrencilerin %65,7'si sütün besin değeri hakkında bilgi sahibi olduğunu ifade ederken, %21,2'si kısmen ve %13,1'i bilmediğini belirtirken; %71,1'i işlenmiş ve paketlenmiş sütü, %28,9'u ise açık çığ sütü tercih ettiklerini ifade etmişlerdir. Öğrencilerin bir haftalık sürede süt ve ürünlerini tüketim sıklığı sorulduğunda; %32,2'si haftada bir defa, %29,5'i haftada birkaç defa, %15,8'i her gün süt tükettiklerini belirtirken, %22,5' u ise hiç süt tüketmediklerini beyan etmişlerdir (Şekil 16). Bu sonuç Cevger ve ark., (2008)'nin süt içme alışkanlığı olmayan öğrencilerin oranının %8,3 olarak tespit ettikleri değerlerden oldukça yüksektir. Bu bulgu, süt ve ürünleri tüketimi bakımından gelişmiş ülkelerin çok gerisinde kaldığımızı gösteren istatistik verilerle de uyumlu gözükmektedir.



Şekil 16. Süt tüketim sıklığı

Sonuç

Gecenin geç saatlerine kadar sosyal medya içerikleriyle oyalanan öğrenciler sabahları erken kalkamadığı için güne zinde başlanması gereken sabah saatlerinde yorgun olmakta ve kahvaltı alışkanlıklarından yoksun kalmaktadır. Sabahları aç olarak derse giren öğrencilerin bir süre sonra kan şekerinin azalmasıyla, algılarının düşmesi ve dolayısı ile derslerine odaklanma problemleri yaşamaları kaçınılmaz hale gelmektedir. Ayrıca, öğle vakti gelir durumlarına göre yemekhanelerden veya kantinde besin değeri tartışmalı olan besinlerle beslenmek zorunda kalmaktadırlar. Geleceğin teminatı olarak ifade edilen, üniversitede öğrenim gören öğrencilerin fiziksel ve mental gelişimleri ile sağlıklarının korunması son derece önemlidir. Hayvansal protein kaynakları yapısal görevlerinin yanı sıra, vücudun korunmasında görev alan bağışıklık sistemi elemanlarının da yapısına girmeleri nedeniyle büyük öneme sahiptirler. Gençlerimizin hayvansal protein kaynaklarının üretiminden, işlenmesine ve tüketilmesine kadar geçen süreç konusunda bir miktar bilgi sahibi olmaları toplumumuzun geleceği açısından umut verici olmakla birlikte yeterli değildir.

Sonuç olarak, geleceğin aydınlarını oluşturacak, toplumu yönlendirip, yönetecek olan bugünkü üniversite öğrencilerinin hayvansal protein kaynağı olan gıdaların üretim süreci, besin değeri, kalitesi ile gıda güvenliği başta olmak üzere sektörle ilgili sorunların farkında oldukları söylenebilir. Genç nesiller tarafından sorunların bilinmesi ise ülkemizin giderek kronikleşen gıda sorunlarının çözümüne katkıda bulunması itibarıyla umutların canlı tutulmasını sağlamaktadır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye benzer oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynakça

- Ahraz S. Lise çağındaki öğrencilerin beslenme profili ile bunun üzerine etkili olan faktörlerin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2017; sayfa no: 49, Konya, Türkiye.
- BESD-BİR 2018. http://www.besd-bir.org/assets/documents/TR_KiAi_BaA_Kanatlı_eti_tyketimi-dynyAtyryldy_1.pdf (Erişim Tarihi: 08.04.2022).
- Cevger Y., Aral Y., Demir P., Sarıözkan S. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi intern öğrencilerinin hayvansal ürünlerin tüketim durumu ve tüketici tercihleri. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 2008; 55: 189-194.
- Çiçek E., Akgün H., İlhan S. Elazığ ili balık eti tüketim alışkanlığı ve tercihinin belirlenmesi. Yunus Araştırma Bülteni 2014; 1: 3-11.
- Demirel R., Tatar AM., Şentürk Demirel D. Diyarbakır'da ilköğretim öğrencilerinin hayvansal kaynaklı protein tercih ve tüketimlerinin belirlenmesi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2021; 4(3): 355-371.
- Erten M. Adıyaman ilinde eğitim gören üniversite öğrencilerinin beslenme bilgilerinin ve alışkanlıklarının araştırılması. T.C. Gazi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 2006; sayfa no: 129, Ankara, Türkiye.
- Garibağaoğlu M., Budak N., Öner N., Sağlam Ö., Nişli K. Üç farklı üniversitede eğitim gören kız öğrencilerin beslenme durumları ve vücut ağırlıklarının değerlendirilmesi. Sağlık Bilimleri Dergisi 2006; 15(3): 173-181.
- Gül K., Gül M. Üniversite öğrencilerinin yiyecek seçimi ve beslenme alışkanlıkları: Balıkesir Üniversitesi örneği. Journal of Recreation and Tourism Research 2020; 7(4): 551-574.
- Gürer B. Türkiye'de hayvansal ürünlerde gıda güvencesinin analizi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 2013; sayfa no: 191, Adana, Türkiye.
- Güzener B., Oruç Büyükbay E., Sayılı M. Gıda güvenliği konusunda öğrencilerin bilgi düzeylerinin incelenmesi. GOP Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2009; 26(2): 45-53.
- İskender H., Kanbay Y. Üniversite öğrencilerinin yumurta tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. YYU Veteriner Fakültesi Dergisi 2014; 25(3): 57-62.
- Onurlubaş E., Doğan HG., Demirkıran S. Üniversite öğrencilerinin beslenme alışkanlıkları. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2015; 32(3): 61-69.
- Sakamaki R., Amamoto R., Mochida Y., Shinfuku N., Toyama K. A comparative study of food habits and body shape perception of university students in Japan and Korea. Nutr J 2005; 4: 1-6.
- Sarıözkan S., Cevger Y., Demir P., Aral Y. Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi öğrencilerinin hayvansal ürün tüketim yapısı ve alışkanlıkları. Sağlık Bilimleri Dergisi 2007; 16(3): 171-179.
- Selçuk Ş., Tarakçı Z., Şahin K., Coşkun H. Yüzüncü Yıl Üniversitesi lisans öğrencilerinin süt ürünleri tüketim alışkanlıkları. Yüzüncü Yıl Üniv Zir Fak Tar Bil Derg, 2003; 13: 23-31.

- SET-BİR 2019. Türkiye süt, et ve gıda sanayicileri birliği, <http://www.setbir.org.tr/> (Erişim Tarihi: 04.04.2022).
- Sogari G., Velez-Argumedo C., Gómez MI., Mora C. College students and eating habits: A study using an ecological model for healthy behavior. *Nutrients* 2018; 10(12): 1823-1838.
- Şentürk B. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Veteriner Fakültesi öğrencilerinin hayvansal ürün tüketim harcamalarının analizi. *Vet Hekim Der Derg*, 2011; 82(2): 71-78.
- TÜİK. Hayvansal üretim istatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu. 2022. <https://www.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 06.03.2023).
- TÜBER. Türkiye beslenme rehberi. 2015. T.C. Sağlık Bakanlığı. <https://dosyasb.saglik.gov.tr/Eklenti/10915,tuber-turkiye-beslenme-rehberipdf.pdf> (Erişim Tarihi: 07.04.2022).

Çinko Metalinin Korozyon Davranışına Klorodimetil Silan Etkisinin Araştırılması

Goncagül AKSARAY^{1*}, İlyas DEHRİ²

^{1,2} Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, 01330, Adana-Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-4338-6049>

²<https://orcid.org/0000-0003-0916-6974>

*Sorumlu yazar: goncagulaksaray@gmail.com

Araştırma Makalesi

ÖZ

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 24.02.2023

Kabul tarihi: 18.06.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Çinko

Silan

Sol-jel

Doğrudan daldırma

Korozyon

Bu çalışmada çinko metali üzerinde alkol içerisinde klorodimetil silanın farklı derişimlerde (%5, %10 ve %20) oda koşullarında (25 °C) karışımları hazırlanarak doğrudan daldırma ile silan filmi oluşturulmuştur. Çinko metali yüzeyinde silan filmi oluşturulması için farklı süreler (15, 30, 45 ve 60 dakika) kullanılmıştır. En uygun silan filmi oluşturma koşulları belirlendikten sonra çinko metalinin korozyon davranışları yapay yağmur suyu içerisinde incelenmiştir. Bu amaçla alternatif akım (AC) impedans ölçümleri ve korozyon potansiyelleri belirlenmiştir. Oluşturulan silan filminin yüzey morfolojisi hakkında bilgi sahibi olabilmek amacıyla taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri ve temas açısı ölçümleri yapılmıştır. Sonuç olarak korozyona karşı en dayanıklı elektrotun %10 klorodimetil silan içeren karışıma 60 dakika doğrudan daldırma ile üretilen olduğu tespit edilmiştir.

Investigation of the Effect of Chlorodimethyl Silane on Corrosion Behavior of Zinc Metal

Research Article

ABSTRACT

Article History:

Received: 24.02.2023

Accepted: 18.06.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Zinc

Silane

Sol-gel

Direct dipping

Corrosion

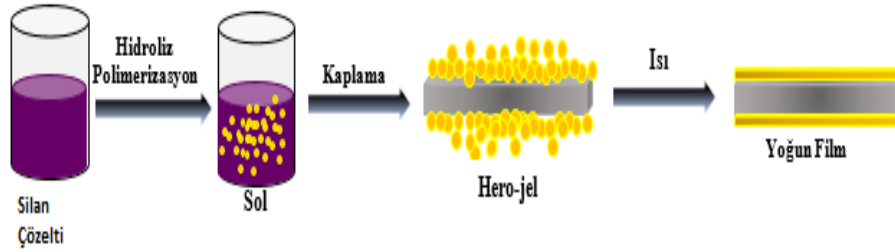
In this study, silane film was formed by direct dipping by preparing mixtures of chlorodimethyl silane in alcohol in different concentrations (5%, 10% and 20%) at room conditions (25 °C) on zinc metal. Different times (15, 30, 45 and 60 minutes) were used to form the silane film on the zinc metal surface. After determining the most suitable silane film formation conditions, the corrosion behaviour of zinc metal was investigated in artificial rain water. For this purpose, alternative current (AC) impedance measurements and corrosion potentials were determined. The scanning electron microscope (SEM) analyses and contact angle measurements were made in order to have information about the surface morphology of the formed silane film. As a result, the most stable silane film against corrosion was formed on the surface of the zinc electrode prepared by direct dipping in a mixture containing 10% chlorodimethyl silane for 60 minutes.

To Cite: Aksaray G., Dehri İ. Çinko Metalinin Korozyon Davranışına Klorodimetil Silan Etkisinin Araştırılması. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 372-383.

Giriş

Her geçen gün artan nüfus ile birlikte metallerin günlük hayatta kullanımı daha da artmaktadır. Metal aksamalı malzemeler barınmadan yeme içmeye kadar tüm alanlarda karşımıza çıkmaktadır. Kullanımı arttıkça doğada bulunan metal rezervlerinin azalması nedeniyle metallerin korunması elzem hale gelmiştir. Metaller doğada saf halde bulunmaz, kararlı bileşikler halinde bulunurlar (Erbil, 2012). Saf metali elde etmek için metal bileşiklerine çeşitli işlemler uygulanmaktadır. Uygulanan işlemler ile

metal kararlı halinden daha kararsız hale getirilmekte bu nedenle de metal doğada bulunduğu hale dönme isteği göstermekte ve korozyona uğramaktadır. Korozyon olayı, malzemenin çevre koşullarına bağlı olarak aşınmasına hatta zamanla yok olmasına yol açan bir olaydır (Doğru Mert, 2017; Özer, 2021). Korozyondan korunma için kullanılan yöntemler içerisinde en çok kullanılanı inhibitör kullanımıdır. İnhibitörler yapılarında bulunan N, O ve S gibi elementlerdeki ortaklanmamış elektron çiftleri ve π bağları sayesinde metal yüzeyini tamamen kapatmakta ve metalin çevre ile etkileşimi kesilmektedir (Sarı ve ark., 2017; Altunbaş Şahin ve ark., 2021). Son zamanlarda korozyondan korunma için inhibitör olarak organosilan bileşiklerinin kullanımı artmıştır. Organosilan bileşikleri Si atomuna bağlı en az bir C atomu içeren bileşiklerdir. Silanlar hem organik hem de inorganik malzemeler ile tepkimeye girebilmektedirler (Petrunin ve ark., 2019a; Gladkikh ve ark., 2020). Silanlar yüzeyde çapraz bağlama oluşturmada, kompozit polimer yapımında, yüzeyi modifiye etmede kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra ince film oluşturarak kaplama yapımında da kullanılmaktadır. Silan bileşikleri korozyondan korunmak istenen malzemenin yüzeyinde genellikle sol-jel yöntemi ile biriktirilmekte ve kullanılan solün cinsine bağlı olarak tekli veya çoklu tabakalar oluşturmaktadırlar. Sol- jel yönteminin en önemli avantajı düşük sıcaklıklarda da çok iyi sonuç vermesi ve yüzeyde oluşturulacak filmin kalınlığının istenilen kalınlıkta oluşturulabilmesine imkân vermesidir. Bu yöntemde süreç alkol çözeltisi içerisinde gerçekleşmektedir. Sol-jel çözeltisinde öncelikle sol oluşumu ile sıvı ortamda koloidal parçacıkların karışımı oluşur ve daha sonra jele dönüşerek polimerik zincir oluşumu gözlenir (Kregiel, 2014; Çinko, 2016; Petrunin ve ark., 2019b).

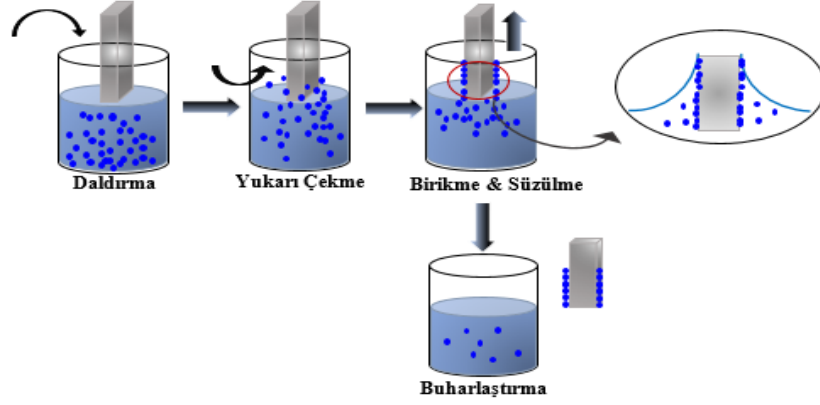


Şekil 1. Sol-jel ile metal yüzeyinde film oluşumunun gösterimi (Çinko, 2016)

Silan kaplama oluşumunda çözeltinin hazırlandıktan sonra bekleme süresi, silan miktarı, pH gibi özellikler metal yüzeyinde oluşacak ince filmin dayanımını etkilemektedir (Gandhi ve ark., 2006; Chico ve ark., 2007; Phanasgaonkar ve Raja, 2009; Romano ve ark., 2011; Ramezanzadeh ve ark., 2016). Organo silanlarda yüzeye bağlanma gerçekleşirken silan molekülü hidroliz olmaktadır. Kararlı Si-OR bağları su ortamında hidrolize olur ve reaktif olarak silanol Si-OH grupları oluşturur. Silanol grupları çok kararlı siloksan Si-O-Si yapıları oluşturmak için birbirleriyle birleşirler.

Daha sonra yüzeyde ince film oluşturulmak istenen metal (Mg, Zn, Al, Fe vb.) yüzeyindeki hidroksil gruplarından bağlanarak Si-O-M yapısı oluşur (De Graeve ve ark., 2007; Hu ve ark., 2007; Matinlinna ve ark., 2007; Matinlinna ve ark., 2018; Sevmez ve ark., 2018). Böylece sol-jel yöntemiyle metal

yüzeyinde ince bir film oluşumu gözlenir. İnce film oluşturmada doğrudan daldırma, yüzeye püskürtme, döndürme gibi yöntemler uygulanmaktadır. Diğer ince film oluşturma yöntemlerine göre sol-jel doğrudan daldırma ile film oluşturma yöntemi ucuz olması, basit bir yöntem olması, yapıya katkı yapabilmeyin kolaylığı, geniş alan oluşturabilme gibi avantajlara sahiptir (Can, 2009; Kityakarn ve ark., 2012; Sönmezoğlu ve ark., 2012; Kim ve ark., 2013; Hakki ve ark., 2019; Poo-arporn ve ark., 2019; Kayani ve ark.,2020; Butt, 2022).



Şekil 2. Doğrudan daldırma ile film oluşturma aşamaları (Can, 2009)

Yaptığımız çalışmada; metalleri korozyondan korumak için etkili ve ucuz bir yöntem önerebilmek amacıyla çinko metali yüzeyinde klorodimetil silan bileşiği ile hazırlanan sol-jel içerisinde doğrudan daldırma ile silan filmi oluşturulmuş ve bu oluşturulan silan filminin yapay yağmur suyu içerisinde korozyon davranışları incelenmiştir. Çalışmada otomobil sanayinde, lehim ve alaşım yapımında, çatı kaplama ve izolasyon yapılması gibi hayatımızı kolaylaştıracak pek çok ürünün yapısında bulunması nedeniyle çinko metali seçilmiştir. Çinko metali içeren endüstrideki tüm parçaların yüzeyinde oluşan korozyon hızını azaltmak ve malzemenin kullanım ömrünü uzatmak amaçlanmaktadır.

Materyal ve Metot

İnce film oluşturmada kullanılan klorodimetil silan ($\text{ClHSi}(\text{CH}_3)_2$) bileşiği analitik saflıkta olup Merck firmasından alınmıştır. Çalışma elektrotu olarak 0,5 cm çapında silindirik metal çubuklardan 5 cm olacak şekilde kesilen bir ucuna bakır tel geçirilip çalışma yüzeyi açıkta kalacak şekilde polyester ile kaplanan çıplak çinko elektrot ve yüzeyinde silan film oluşturulmuş çinko elektrot kullanılmıştır. Çinko elektrotun yüzey alanı $0,196 \text{ cm}^2$ olarak hesaplanmıştır. Potansiyel kontrolü amacıyla referans elektrot olarak gümüş-gümüş klorür elektrot ($\text{Ag}/\text{AgCl}/\text{Cl}^- 3\text{M}$), karşı elektrot olarak 2 cm^2 yüzey alanına sahip platin elektrot kullanılmıştır.

Elektrotların yüzeyinde oluşturulmak istenen silan filmi için sol-jel yöntemiyle alkol içerisinde klorodimetil silanın farklı derişimlerde (%5, %10, %20) çözeltileri hazırlanmıştır. Doğrudan daldırma yöntemiyle her bir derişimde 15, 30, 45 ve 60 dakika bekletilen çinko elektrotlar kurutulup elektrokimyasal ölçümleri alınmıştır.

Korozyon testleri yapay yağmur suyu içerisinde (sülfürik asit:31,85 ppm, amonyum sülfat: 46,20 ppm, sodyum sülfat: 31,95 ppm, nitrik asit: 15,75 ppm, sodyum nitrat: 21,25 ppm, sodyum klorür: 84,85 ppm) yapılmıştır (Dehri ve ark., 1999). İmpedans ölçümleri ve akım potansiyel eğrileri CHI 660C cihazında üç elektrot yöntemi ile elde edilmiştir. 5 mV genlikte 10^5 - 10^{-1} Hz frekans aralığında impedans ölçümleri alınmış olup elde edilen sonuçlar Nyquist ve Bode eğrileri şeklinde gösterilmiştir. Çalışılan ortamdaki korozyon potansiyelleri belirlendikten sonra 0,001 V/s tarama hızında belirlenen korozyon potansiyelinden 0,2 V'a kadar akım-potansiyel eğrileri elde edilmiştir. Eğrilerden elde edilen sonuçlar çıplak çinko elektrotla ve birbirleriyle kıyaslanmıştır.

En kararlı olan silan film için SEM (SEM/EDS FEI Quanta 650 Field Emission) ve temas açısı ölçümleri (Attension Together with Biolin Scientific Version 2.6 (rp305)serial number AAU110606) yapılmıştır.

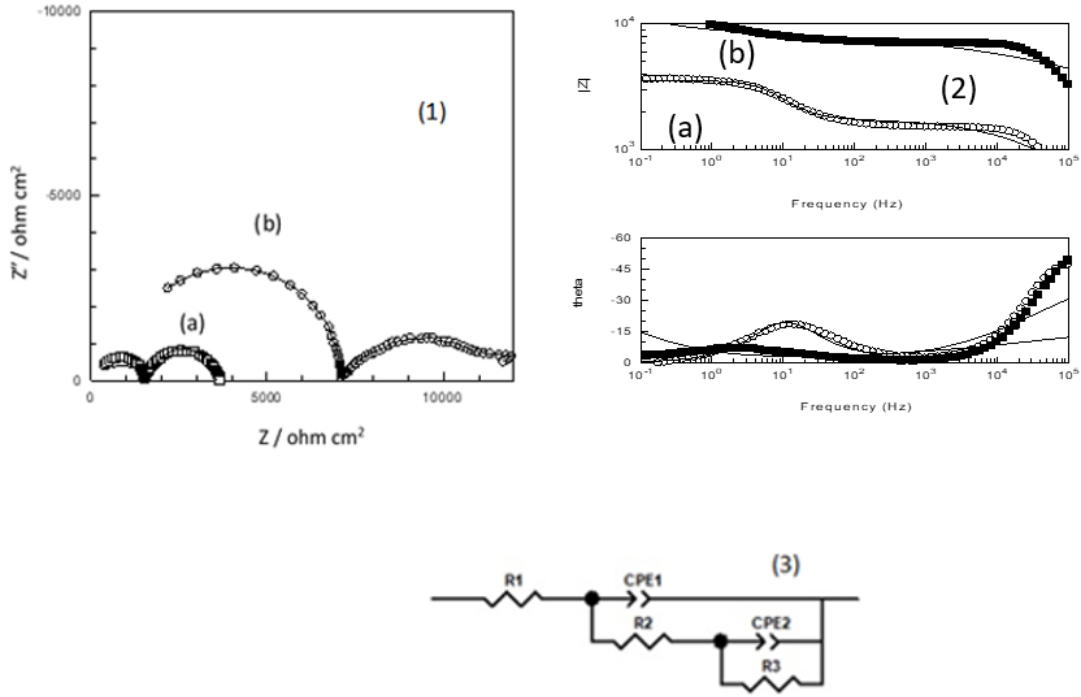
Bulgular ve Tartışma

Farklı derişimlerde (%5, %10, %20) klorodimetil silanın alkoldeki çözeltisinde 15, 30, 45 ve 60 dakika bekletilerek oluşturulan silan filmlerinin korozyon davranışlarını incelemek için yapılan impedans ölçümleri sonuçları ZView2 programında modellenmiştir ve eşdeğer devre elemanlarının değerleri Tablo1'de verilmiştir.

%5 klorodimetil silan içeren karışımında doğrudan daldırma yöntemi ile film oluşumu sağlanmaya çalışılan elektrotların direnç değerlerinin çıplak çinko elektrot ile kıyaslandığında daha düşük olduğu hesaplanmıştır. Direnç değerlerindeki küçülme yüzeyde kararlı silan filminin oluşmadığını göstermektedir. %10 klorodimetil silan içeren karışımında doğrudan daldırma ile 15, 30, 45 ve 60 dakika sürede oluşturulmaya çalışılan silan filmlerinden 15, 30 ve 45 dakikada yapılan ölçümlerde direnç değerlerinin çıplak çinko ile kıyaslandığında düştüğü fakat 60 dakika korozyona karşı oldukça etkili silan filmi oluştuğu görülmüştür. %20'lik klorodimetil silan içeren karışımında direnç değerleri çıplak çinko elektrot ile kıyaslandığında direnç değerlerinin daha düşük olduğu görülmüştür. Direnç değerlerinin düşmesi bu koşullarda çinko elektrot yüzeyinde kararlı silan filmi oluşturulamadığını göstermektedir (Tablo 1).

Tablo 1. %5, %10, %20 klorodimetil silan çözeltisinin farklı sürelerdeki impedans sonuçları

Zn	Zaman dk	CPE ₁ S.sec ⁿ	n ₁	R ₂ Ohm.cm ²	CPE ₂ S.sec ⁿ	n ₂	R ₃ Ohm.cm ²
Çıplak	0	7,4x10 ⁻⁷	0,53	1765	1,3x10 ⁻⁵	0,97	1781
	15	3,9x10 ⁻⁶	0,51	773,6	5,1x10 ⁻⁵	0,50	1082
%5'lik karışımda oluşturulan film	30	3,4x10 ⁻⁵	0,22	2633	-	-	-
	45	1,2x10 ⁻⁶	0,50	922	3,3x10 ⁻⁵	0,68	873
	60	1,8x10 ⁻⁶	0,48	674,5	1,2x10 ⁻⁵	0,97	458,4
	15	3,9x10 ⁻⁵	0,22	1191	3,2x10 ⁻⁵	0,24	1604
%10'luk karışımda oluşturulan film	30	4,7x10 ⁻⁵	0,28	1701	-	-	-
	45	8,1x10 ⁻⁷	0,52	1653	6,4x10 ⁻⁵	0,53	2163
	60	3,3x10 ⁻⁶	0,26	8780	3,4x10 ⁻⁵	0,58	92136
	15	4,9x10 ⁻⁵	0,71	1593	4,2x10 ⁻⁵	0,37	2958
%20'lik karışımda oluşturulan film	30	4,2x10 ⁻⁵	0,68	1114	1,6x10 ⁻⁵	0,42	2703
	45	7,1x10 ⁻⁸	0,56	1053	1,4x10 ⁻⁵	0,53	2163
	60	2,6x10 ⁻⁹	0,98	844,1	2,0x10 ⁻⁴	0,43	1576



Şekil 3. Çıplak çinko(a) ve 60 dakikada silan film oluşturulmuş çinko(b) için Nyquist(1), Bode(2) eğrileri ve eşdeğer devre(3)

Çıplak çinko ve %10'luk çözeltide 60 dakika sürede oluşturulan silan filminin her ikisinde Nyquist ve Bode eğrilerinde çift eliptik lup görülmektedir ve bu durum eşdeğer devre şeklinde de görülmektedir. Nyquist eğrisinde gözlemlenen ilk eliptik lup elektrota ait yük transfer direncine ikinci lup yüzeyde akümüle olan türlerin ve biriken türlerin direncini temsil etmektedir (Şekil 3).

$$\%KE = (CR_{\text{film oluşturulmuş}} - CR_{\text{işlemsiz}} / CR_{\text{film oluşturulmuş}}) * 100 \quad (1)$$

$CR_{\text{film oluşturulmuş}}$: Yüzeyde film oluşturulan elektrotun korozyon direnci

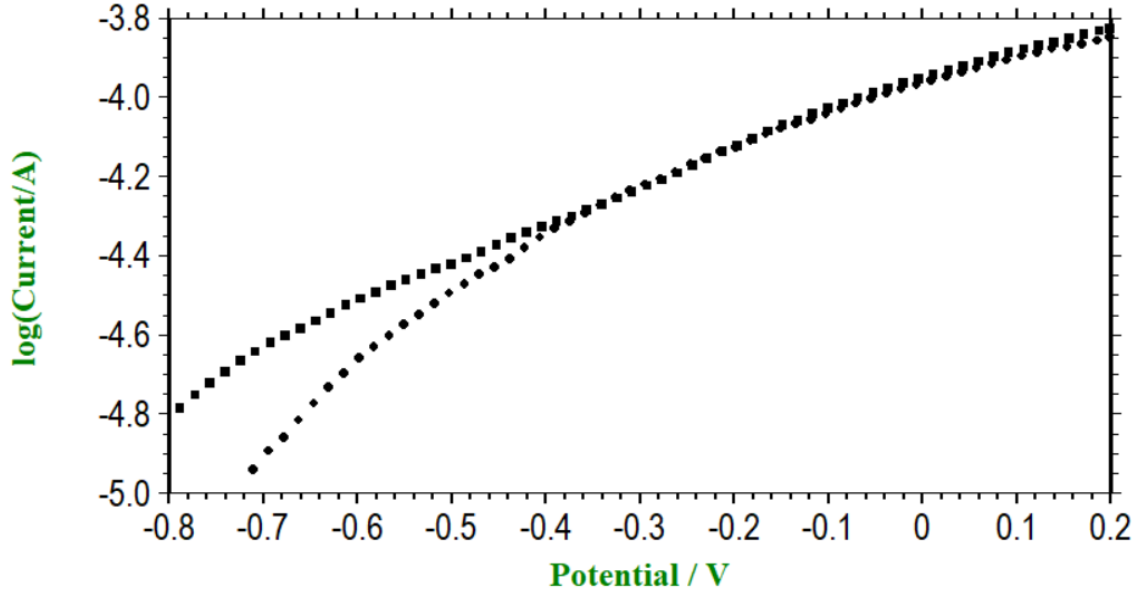
$CR_{\text{işlemsiz}}$: İşlem görmemiş elektrotun korozyon direnci

Çinko metalinin yüzeyinde %10 derişimde 60 dakika sürede oluşturulan silan filmin koruyucu etkisi Eşitlik 1'de verildiği şekilde hesaplandığında bu değer %96,486 olarak bulunmuştur. Diğer derişimlerde ve sürelerde koruyucu etki gözlenmediği için hesaplama yapılamamıştır.

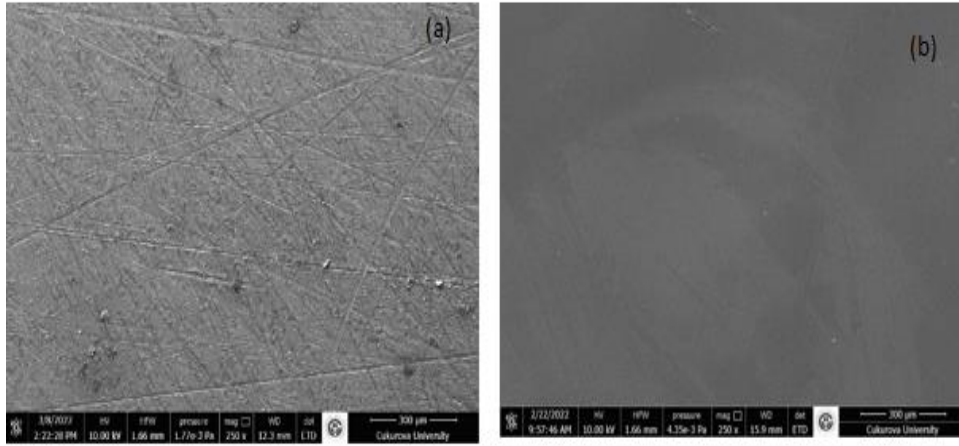
Tablo 2. %5, %10 ve %20 klorodimetil silan çözeltisinin farklı derişimlerde farklı süreler için akım-potansiyel eğrilerinden elde edilen korozyon parametre değerleri

Zn	Zaman dk	E _{kor} (V)	I A/cm ² (0,0 V)	I A/cm ² (0,20 V)
Çıplak	0	-0,710	5,43x10 ⁻⁴	5,56x10 ⁻⁴
	15	-0,834	9,63x10 ⁻⁴	1,24x10 ⁻³
	30	-0,850	5,16x10 ⁻⁴	7,01x10 ⁻⁴
	45	-0,846	1,10x10 ⁻³	1,36x10 ⁻³
%5'lik karışım oluşturulan film	60	-0,887	1,12x10 ⁻³	1,38x10 ⁻³
	15	-0,782	6,27x10 ⁻⁴	8,27x10 ⁻⁴
	30	-0,813	1,0x10 ⁻³	1,27x10 ⁻³
	45	-0,793	3,75x10 ⁻⁴	4,91x10 ⁻⁴
%10'luk karışım oluşturulan film	60	-0,804	5,58.10 ⁻⁴	7,44x10 ⁻⁴
	15	-0,696	4,27x10 ⁻⁴	5,27x10 ⁻⁴
	30	-0,816	7,76x10 ⁻⁴	1,11x10 ⁻³
	45	-0,793	5,75x10 ⁻⁴	6,91x10 ⁻⁴
%20'lik karışım oluşturulan film	60	-0,884	6,05x10 ⁻⁴	8,15x10 ⁻⁴

%5 klorodimetil silan içeren karışımında doğrudan daldırma yöntemi ile film oluşumu sağlanmaya çalışılan elektrotların akım değerleri çıplak çinko elektrot ile kıyaslandığında daha yüksek olduğu hesaplanmıştır. Akım değerlerindeki artış yüzeyde kararlı silan filminin oluşmadığını göstermektedir. %10 klorodimetil silan içeren karışımında doğrudan daldırma ile 15, 30, 45 ve 60 dakika sürede oluşturulmaya çalışılan silan filmlerinde akım değerlerinin artırıldığı görülmüştür (Şekil 4). %20'lik klorodimetil silan içeren karışımında akım değerleri çıplak çinko elektrot ile kıyaslandığında akım değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Akım değerlerinin artması bu koşullarda çinko elektrot yüzeyinde kararlı silan filmi oluşturulamadığını göstermektedir (Tablo 2). EIS ölçümleri ile akım potansiyel eğrileri arasında farklılık görülmektedir. Bunun nedeni EIS ölçümlerinin sistemin E_{ocp} değerlerinde alınmış olması fakat yarı logaritmik akım potansiyel değerlerinin polarize koşullarda elde edilmiş olmasıdır.



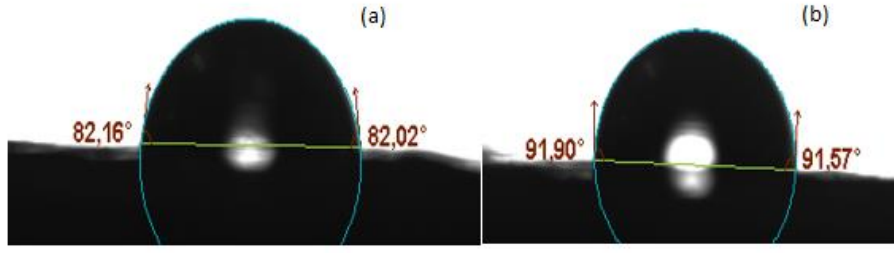
Şekil 4. İşlemsiz çinko elektrot (■) ve %10'luk çözeltide 60 dakika sürede film oluşturulan çinko elektrotun (●) akım-potansiyel eğrileri



Şekil 5. Çıplak çinko elektrotun SEM görüntüsü; (a), %10'luk karışımda 60 dakika sürede silan filmi oluşturulmuş çinko elektrotun SEM görüntüsü; (b)

Çıplak çinko elektrotun taramalı elektron mikroskobu görüntüsünde yüzeyde zımparalama işleminden kaynaklanan çizgiler görülmektedir. %10'luk karışımda 60 dakika sürede silan filmi oluşturulmuş çinko elektrotun taramalı elektron mikroskobu görüntüsünde yüzeyde silan filminin oluştuğu homojen ve yüzeyi etkin şekilde koruyan film oluşumu görülmektedir (Şekil 5).

Temas açısı ölçümleri yüzeye distile su damlatma tekniği ile örnek üzerine 4 ml distile su damlatarak yapılmıştır.



Şekil 6. Çıplak çinko elektrotun temas açısı (a), %10'luk karışımda 60 dakika sürede silan filmi oluşturulmuş çinko elektrotun temas açısı; (b)

Çıplak çinko elektrotun temas açısı yüzeyde silan filmi oluşturulmuş çinko elektrotun temas açısından daha küçüktür. Çıplak çinko elektrot hidrofilik özellik gösterirken yüzeyde silan film oluşturulmuş çinko elektrot hidrofobik özellik göstermektedir. Bu durum da yüzeyde silan filminin oluşturulabildiğini göstermektedir (Şekil 6).

Sonuç

Çinkonun korozyona karşı dayanımını artırmak amacıyla farklı derişimlerde farklı süre doğrudan daldırma ile oluşturulan silan filminin korozyon davranışını belirlemek amacıyla yapılan çalışmalarda EIS ölçümlerinden elde edilen sonuçlara göre klorodimetil silanın %10'luk çözeltisinde 60 dakika doğrudan daldırma ile oluşturulan silan filmin polarizasyon direnci ve inhibisyon etkinliği artmaktadır. %5 ve %20 derişimde klorodimetil silan içeren çözeltide tüm sürelerde silan filmi oluşturulmadığı görülmüştür. Özellikle %20 klorodimetil silan içeren karışımda derişim arttıkça yapıda bulunan klorun aktif olması ve metal yüzeyine saldırması nedeniyle yüzeyi korozyona daha açık hale getirdiği düşünülmektedir. Yüzeyde oluşturulan silan filmi koruyucu özellik göstererek metali korozyona karşı korumakta ve inhibitör özelliği göstermektedir.

Teşekkür

Yazarlar Çukurova Üniversitesi'ne teşekkür eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları herhangi bir çıkar çatışmaları olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

Kaynakça

Butt MA. Thin-film coating methods: A Successful marriage of high-quality and cost-effectiveness— A brief exploration. *Coatings* 2022; 12(8): 1115. <https://doi.org/10.3390/coatings12081115>.

- Can K. Katı yüzeylere farklı yapıda kendiliğinden toplanan tekli tabakaların (SAMs) oluşturulması ve karakterizasyonu. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, sayfa no: 16-20, Konya, Türkiye, 2009.
- Chico B., Galván JC., De La Fuente D., Morcillo M. Electrochemical impedance spectroscopy study of the effect of curing time on the early barrier properties of silane systems applied on steel substrates. *Progress in Organic Coatings* 2007; 60(1): 45-53. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2007.06.007>.
- Çinko UO., Tekstil yüzeylerinin sol-jel yöntemi ile modifikasyonunun araştırılması. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, sayfa no:7, Bursa, Türkiye, 2016.
- De Graeve I., Vereecken J., Franquet A., Van Schaftinghen T., Terryn H. Silane coating of metal substrates: Complementary use of electrochemical, optical and thermal analysis for the evaluation of film properties. *Progress in Organic Coatings* 2007; 59(3): 224-229.
- Dehri I., Howard RL., Lyon SB. Local electrochemical impedance at the cut-edge of coil-coated galvanized steel after corrosion testing. *Corrosion Science* 1999; 41(1): 141-154.
- Erbil M. Korozyon ilkeler - önlemler. Ankara: Korozyon Derneği, 2012: 1.
- Gandhi JS., Metroke TL., Eastman MA., Van Ooij WJ., Apblett A. Effect of the degree of hydrolysis and condensation of bis-[triethoxysilylpropyl] tetrasulfide on the corrosion protection of coated aluminum alloy 2024-T3. *Corrosion* 2006; 62(7): 612-623.
- Gladkikh N., Makarychev Y., Chirkunov A., Shapagin A., Petrunin M., Maksaeva L., Maleeva M., Yurasova T., Marshakov A. Formation of polymer-like anticorrosive films based on organosilanes with benzotriazole, carboxylic and phosphonic acids: Protection of copper and steel against atmospheric corrosion. *Progress in Organic Coatings* 2020; 141: 105544. DOI:10.1016/j.porgcoat.2020.105544.
- Hakki HK., Allahyari S., Rahemi N., Tasbihi M. Surface properties, adherence, and photocatalytic activity of sol-gel dip-coated TiO₂-ZnO films on glass plates. *Comptes Rendus Chimie* 2019; 22(5): 393-405. <https://doi.org/10.1016/j.crci.2019.05.007>.
- Hu JM., Liu L., Zhang JQ., Cao CN. Electrodeposition of silane films on aluminum alloys for corrosion protection. *Progress in Organic Coatings* 2007; 58(4): 265-271. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2006.11.008>.
- Kayani ZN., Maria, Riaz S., Naseem S. Magnetic and antibacterial studies of sol-gel dip coated Ce doped TiO₂ thin films: Influence of Ce contents. *Ceramics International* 2020; 46(1): 381-390. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.08.272>.
- Kim HS., Lee JW., Yantara N., Boix PP., Kulkarni SA., Mhaisalkar S., Grätzel M., Park NG. High efficiency solid-state sensitized solar cell-based on submicrometer rutile TiO₂ nanorod and CH₃NH₃PbI₃ perovskite sensitizer. *Nano Letters* 2013; 13(6): 2412-2417. <https://doi.org/10.1021/nl400286w>.

- Kityakarn S., Pooarporn Y., Songsiriritthigul P., Worayingyong A., Robl S., Braun AM., Wörner M. (Photo) Electrochemical characterization of nanoporous TiO₂ and Ce-doped TiO₂ sol-gel electrodes. *Electrochimica Acta* 2012; 83: 113-124. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2012.07.129>.
- Kregiel D. Advances in biofilm control for food and beverage industry using organo-silane technology: A review. *Food Control* 2014; 40: 32-40. DOI:10.1016/j.foodcont.2013.11.014.
- Matinlinna JP., Lassila LV., Vallittu PK. The effect of five silane coupling agents on the bond strength of a luting cement to a silica-coated titanium. *Dental Materials* 2007; 23(9): 1173-1180. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2006.06.052>.
- Matinlinna JP., Lung CYK., Tsoi JKH. Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. *Dental Materials* 2018; 34(1): 13-28. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.09.002>.
- Doğru Mert B. Yumuşak çeliğin korozyon davranışı. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* 2017; 32(2): 145-152. <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.358404>.
- Özer N. Yapı malzemelerinde korozyon ve korozyondan korunma yöntemleri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi* 2021; 26(3): 1159-1178. <https://doi.org/10.17482/uumfd.796947>.
- Petrinin MA., Gladkikh NA., Maleeva MA., Maksaeva LB., Yurasova TA. The use of organosilanes to inhibit metal corrosion: A review. *International Journal of Corrosion and Scale Inhibition* 2019a; 8(4): 882-907.
- Petrinin MA., Gladkikh NA., Maleeva MA., Maksaeva LB., Kostina YV., Shapagin AV., Yurasova TA., Kotenev VA., Tsivadze AY. The formation of self-organizing organosilicone layers on a carbon steel surface and their effect on the electrochemical and corrosion behavior of the metal. *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces* 2019b; 55(5): 895-902. DOI:10.3390/ma14195757.
- Phanasgaonkar A., Raja VS. Influence of curing temperature, silica nanoparticles-and cerium on surface morphology and corrosion behaviour of hybrid silane coatings on mild steel. *Surface and Coatings Technology* 2009; 203(16): 2260-2271. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2009.02.020>.
- Poo-arporn Y., Kityakarn S., Niltharach A., Smith MF., Seraphin S., Wörner M., Worayingyong A. Photocatalytic oxidation of thiophene over cerium doped TiO₂ thin film. *Materials Semiconductor Processing* 2019; 93: 21-27. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2018.12.025>.
- Ramezanzadeh B., Ahmadi A., Mahdavian M. Enhancement of the corrosion protection performance and cathodic delamination resistance of epoxy coating through treatment of steel substrate by a novel nanometric sol-gel based silane composite film filled with functionalized graphene oxide nanosheets. *Corrosion Science* 2016; 109: 182-205. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2016.04.004>.

- Romano AP., Fedel M., Deflorian F., Olivier MG. Silane sol-gel film as pretreatment for improvement of barrier properties and filiform corrosion resistance of 6016 aluminium alloy covered cathaphoretic coating. *Progress in Organic Coatings* 2011; 72(4): 695-702. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2011.07.012>.
- Sarı A., Yıldız R., Dehri İ. Sodyum dietil ditiyokarbomat trihidratın inhibitör olarak asidik ortamda yumuşak çelik korozyonuna elektrokimyasal davranışının incelenmesi. *Technological Applied Sciences* 2017; 12(3): 87-94. <http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2017.12.3.2A0115>.
- Sevmez H., Bankoğlu Güngör M., Yılmaz H. Tam seramik restorasyonlarda uygulanan yüzey işlemleri. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2018; 39(3): 148-159.
- Sönmezoğlu S., Koç M., Akın S. İnce film üretim teknikleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi* 2012; 28(5): 389-404.
- Altunbaş Şahin E., Aydın Dursun Y., Tunç M., Geçibesler İH., Solmaz R. Bakırın asidik ortamdaki korozyonuna hurma (*Phoenix dactylifera*) çekirdeğinin inhibisyon etkisinin incelenmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi* 2021; 10(2): 258-264. <https://doi.org/10.46810/tdfd.995969>.

Corine Modeli Kullanılarak Niğde Şehrinde Toprak Erozyon Riskinin Değerlendirmesi

Orhun SOYDAN^{1*}

¹Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Peyzaj Teknikleri Anabilim Dalı, Niğde

¹<https://orcid.org/0000-0003-0723-921X>

*Sorumlu yazar: orhunsoydan@ohu.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 19.05.2023

Kabul tarihi:04.10.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Çevresel bilginin koordinasyonu

Toprak erozyonu

Uzaktan algılama

Ekoloji

Arazi örtüsü

ÖZ

Bu çalışmada çevresel bilginin koordinasyonu modeli kullanılarak toprak erozyon riski hesaplanmıştır. Çalışmanın amacı toprak özellikleri, eğim ve alan kullanımları dikkate alarak, Niğde ilinin toprak erozyon riskinin belirlenmesidir. Potansiyel (PSER) ve gerçek toprak erozyonu riski (ASER), toprak özellikleri, eğim, iklim faktörleri ve arazi örtüsü verileri gibi faktörler kullanılarak belirlenmiştir. Arc-GIS 10.3 yazılımı kullanılarak veriler üretilmiş ve bu haritalar üzerinde sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen verilere göre çalışma alanının doğu ve güneydoğu kesimlerinde yer alan toprakların %34,72'si orta derecede gerçek toprak erozyonu riski olarak sınıflandırılmıştır. Toprakların sırasıyla %51,66'sı düşük ve %13,62'si gerçek toprak erozyonu riski yüksek olarak sınıflandırılmıştır. Gerçek toprak erozyonu riski düşük olan alanlar orta kısımda, yüksek gerçek toprak erozyonu riski olan alanlar ise alanın kuzeybatı kesiminde yer almaktadır. Arazi örtüsü haritası birleştirilerek, potansiyel toprak erozyonu riski düşük olarak sınıflandırılan alanların gerçek toprak erozyonu riski %23,52'den %51,66'ya yükselmiştir. Öte yandan, yüksek ve orta potansiyel toprak erozyonu riski olarak sınıflandırılan toplam alanlar, arazi örtüsü türleri nedeniyle gerçek toprak erozyonu riskinde %76,48'den %48,34'e düşmüştür. Toprak dokusu, arazi örtüsü ve eğimin erozyon riskini etkileyen en önemli faktörler olarak tespit edilmiştir. Bu çalışma, GIS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) ve RS (Revize Evrensel Toprak Kaybı Denklemi) ile entegre CORINE modelinin, toprak erozyonu risk değerlendirmesi için çok etkili ve doğru bir potansiyele sahip olduğunu göstermiştir.

Soil Erosion Risk Assessment in The Niğde Using Corine Model

Research Article

Article History:

Received: 19.05.2023

Accepted: 04.10.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

CORINE

Soil erosion

Remote sensing

Ecology

Land cover

ABSTRACT

Soil erosion risk was calculated using the coordination of information on the environment (CORINE) model in this study. The aim of the study is to determine the soil erosion risk of Niğde province, taking into account soil properties, slope and land use. Potential (PSER) and actual soil erosion risks (ASER) were determined using factors which were soil properties, slope, climatic factors, and land cover data. Data were produced using Arc-GIS 10.3 software, and results were obtained on these maps. 34.72% of the soils were classified as moderately actual soil erosion risk, which located in the eastern and southeast part of the study area. 51.66% and 13.62% of the soils were classified as low and high actual soil erosion risk, respectively. Areas which have low actual soil erosion risk are located in the middle part, and areas which have high actual soil erosion risk are located in the northwest part of the area. The areas which were categorized

as low potential soil erosion risk were increased from 23.52% to 51.66% in the actual soil erosion risk, after combining the land cover map. On the other hand, the total areas classified as high and moderate actual soil erosion risk decreased from 76.48% to 48.34% in the actual soil erosion risk due to land cover types. Soil texture, land cover, and slope are the most important factors that affect erosion risk. This study indicated that the CORINE model integrated with GIS (Geographic Information Systems) and RS (Revised Universal Soil Loss Equation) has a very effective and accurate potential for soil erosion risk assessment.

To Cite: Soydan O. Soil Erosion Risk Assessment in The Niğde Using Corine Model. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(Ek Sayı): 384-401.

Introduction

The demand for natural resources is increasing day by day in order to meet people's needs. Areas are under intense pressure due to agriculture, urbanization, mining and tourism activities. Natural resources must be used in accordance with their potential for sustainable land use. There are many problems in Turkey's land. The most important of these problems are soil erosion and improper land use. As the lands are not used in accordance with their potential, land fragmentation occurs, and irreversible damage and deterioration occur in natural resources. Soil erosion causes changes in land use. Also, soil erosion is a factor which damages and decreases the productivity of the agricultural soils that are one of the most essential natural resources (Shphinah and Saraswathy, 2005; Edosomwan et al., 2013). Soil erosion is a critical problem throughout the world due to its economic and ecological impacts such as losses in land and reduces in its productivity (Eroğlu et al., 2010; El-Nady and Shoman, 2017). Therefore, estimation of the soil erosion risk is necessary to protect the agricultural lands and to achieve the sustainable management of watersheds.

The changes in the soils caused by erosion are as follows; the loss of the soil, the deterioration of the soil structure, the reduction of organic matter or plant nutrients, and decrease soil depth. Besides these, the most important problem is that the agricultural productivity of the land decreases as a result of erosion and the precautions which are taken to increase production in these lands, are not economically appropriate. When the problems in these areas cannot be resolved, the lands are abandoned or become unusable. Soil loss occurs mostly occur on the Asia continent with 30-40 tons/ha/year (Bashir et al., 2013). It is known that 18.9% of the European continent is exposed to low erosion, 64.7% of them are moderate, and 9.2% of them are exposed to high erosion (Grimm et al., 2011). Soil erosion should not be considered only as soil loss in the area. As a result of soil erosion, the water holding capacity of the soil and the amount of organic materials reduce in the areas (Pimentel and Kounang, 1998).

Agricultural products are being damaged so the fertility of the soil decreases (Stone et al., 1985; Verity and Anderson, 1990). The decrease in the amount of soil causes ecological problems in the region. These problems may be occurred by changes in land use or climate conditions (Lal et al., 1991). The effects of soil erosion are influenced by many climate factors, plant changes, and biological processes. For example, if wind and precipitation increase, soil erosion risk also increases. However, if increase of the vegetation on the soil, erosion risk decreases generally (Valentin, 1998).

When considering research on soil erosion, it is feasible to categorize the studies into three major groups based on their methodologies and scopes. Upper scales and satellite pictures are used in the investigations for the first category. Studies (Mushi et al., 2019; Karydas et al., 2020; Mukharamova et al., 2021; Turan, 2021; Yılmaz et al., 2021) in this context might focus on the entire city or just the neighborhood around it. The second kind of investigation is what is known as observational studies (Revellino et al., 2019; İkiel et al., 2020; Çilek, 2021; Wu et al., 2021; Özvan and Çatır, 2022; Jiang et al., 2022).

These evaluate the data from the existing stations or measuring devices and compare the data from meteorological stations in urban and rural regions. Depending on the number of stations or sensors utilized for the measurements, these studies may focus on a certain axis. The entire city, or a portion of it. Numerical modeling study (Bozyiğit, 2020; Chen et al., 2021; Mutlu et al., 2021; Pal et al., 2021; Buraka et al., 2022) is included in the third group. Most of the investigations in this category are conducted at the sub-, land-, or residential levels. The present study falls into the first and second groups when technique and scope are considered.

In many countries except Turkey, many studies (Cebecauer, 2004; Zhu, 2012; Al Sayah et al., 2019; Yousif et al., 2020) were conducted on this subject. There are a few studies (Özalp et al., 2013; Kanar ve Dengiz, 2015; Özşahin and Uygur, 2019; Kırcı, 2019; Mercan and Arpağ, 2020; Yılmaz and Dengiz, 2021; Turan, 2021; Aykır and Fıçıcı, 2022; Demir et al., 2022; Tuncer and Deniz, 2023) on soil erosion in Turkey. However, these were found insufficient to determine the relationship between CORINE and soil erosion risk. It was determined that the studies about the soil erosion risk were carried out in areas which have high green surfaces and much precipitation. We can say that in the studies given above, slope, land cover and soil properties were examined, and similar factors were examined in this study. Niğde which was determined as the study area, has different characteristics from other areas due to its green areas, lack of rainfall and high snowfall. In addition, Niğde has much different land cover types compared to other provinces where there were studied before.

The aim of the study is to determine the soil erosion risk of Niğde province, taking into account soil properties, slope and land use. In addition, it is aimed to reveal the actual and potential erosion risk of Niğde by using GIS and CORINE. The purpose is to determine the land use/cover and soil erosion risk by remote sensing method. In this context, soil maps were used, soil samples were taken in the study area, and these data were analyzed in detail. Finally, the relationship between CORINE and the soil erosion risk was explained.

The limitation of this study is that the amount of precipitation and the green area is not high. There is very little vegetation on the mountains in the study area. In addition, the status of surface waters and groundwater level are among the parameters that can affect soil erosion. However, these factors were excluded because the study area does not have much groundwater and there is no vegetation in the areas where surface water flows. Therefore, there are limitations in the study in terms of explaining the relationship between vegetation and erosion status.

Material and Method

The entire city of Niğde is included in the study area. Niğde is located between 37°54'00" and 38°06'30" north latitude and 34°30'10" to 34°45'00" east longitude. The study area measures 7,795.22 km². Summers in Niğde are hot and dry, and winters are cold and snowy. According to the General Directorate of Meteorology, 2022, the mean annual temperature ranged from -1.0 to 22.4 °C and the average rainfall ranged from 5.2 to 48.7 mm.

Soil Analysis

In this study, aspect and slope maps were produced using DEM which has 30 m resolution. Soil analyses were made according to USDA. Then, the soils were classified according to Soil Survey Staff (Yousif et al., 2020). These data were processed through the raster calculator in the Arc-GIS. Maps of the potential and actual erosion risk were obtained using some criteria's. Methodology which was used in the study, is seen in Figure 1.

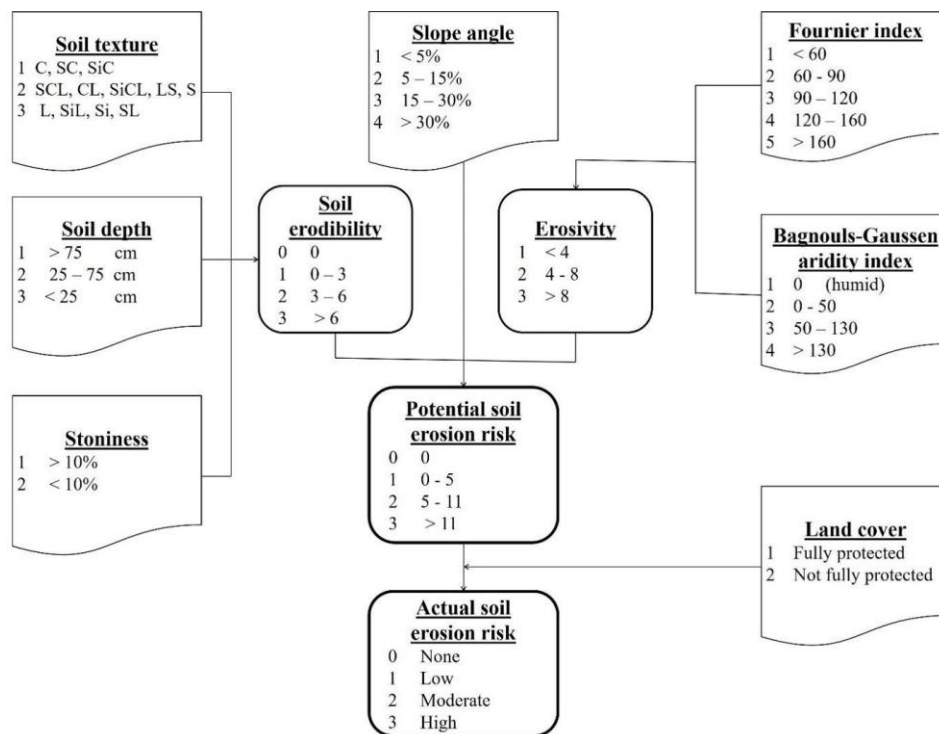


Figure 1. Flow diagram of the CORINE model for erosion risk (Lafren, 1994)

Soil Erodibility

There are several methods to determine the soil erodibility. Soil erodibility was calculated using three factors which were determined within the scope of this study. Soil depth, soil texture and stoniness rate of the soil were obtained from soil maps. Soil maps were obtained from "Food and Agriculture Organization of the United Nations – (FAO/UNESCO)" data. The resolution of the maps obtained is 250 meters, which is an appropriate resolution considering the size of the study area. The formula is

given in Equation 1. The values were calculated using the Raster Calculator plugin in Arc-GIS. Values taken as reference for the study are given in Table 1

$$\text{Soil erodibility} = \text{texture of soil} \times \text{depth of soil} \times \text{stoniness rate of soil} \quad (1)$$

Table 1. Classes of the parameters used for the assessment of soil erodibility (Aydm et al., 2010; Yousif et al., 2020)

Soil Factors	Classification	Value	Description
Texture of Soil	Clay-Sandy Clay-Silty Clay	1	Slightly erodible
	Sandy Clay Loam-Clay Loam	2	Moderately erodible
	Silty Clay Loam-Loamy Sand-Sandy		
	Loam-Silty Loam-Silty-Sandy Loam	3	Highly erodible
Stoniness (%)	< 10	1	Not fully protected
	> 10	2	Full protected
Depth of Soil	> 75	1	Slightly erodible
	25-75	2	Moderately erodible
	< 25	3	Highly erodible
Erodibility	0-3	1	Low Erodibility
	3-6	2	Moderate Erodibility
	> 6	3	High Erodibility

Rainfall erosion index (Erosivity Index)

Erosivity index was calculated using various data. Data were obtained from the General Directorate of Meteorology of Turkey. Precipitation and temperature data were used due to calculation the erosivity index. The formula used to calculate the erosivity index is as follows (2-4) (Yüksel et al., 2008; Yousif et al., 2020).

$$\text{Rainfall erosion index} = \text{Fournier (FI) index} * \text{Bagnold-Gawson (BGI) index} \quad (2)$$

$$\text{The Fournier index (FI)} = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P} \quad (3)$$

Where, p_i : the monthly precipitation (mm)

P: Total annual rainfall (mm)

$$\text{The Bagnold-Gawson Index (BGI)} = \sum_{i=1}^{12} (2t_i - p_i)k_i \quad (4)$$

Where t_i : Average monthly temperature (degrees Celsius)

k_i : calculated when $2t_i - p_i > 0$.

(k_i) is the proportion of the month if $2t_i - p_i > 0$

FI and BGI values are classified as shown in Table 2.

Table 2. Ranking of FI and BGI indices (Aydın et al., 2010; Yousif et al., 2020)

Class	FI		BGI		Erosivity	
	Range	Class	Range	Class	Range	Class
1	<60	Very low	0	Humid	<4	Low
2	60-90	Low	0-50	Moist	4-8	Moderate
3	90-120	Moderate	50-130	Dry	>8	High
4	120-160	High	>130	Very dry		
5	>160	Very high				

Slope Index

The slope was another factor that was used in the study. The slope analysis was produced from the DEM. Slope analysis was made from the "slope" analysis section in the Arc-GIS software. The reference values of the slope groups are given in Table 3.

Table 3. Classification of slope

Classification	Description	Angle of Slope (%)	Classification	Description	Angle of Slope (%)
1	Flat	<5	3	Step	15-30
2	Slight	5-15	4	Very step	>30

Potential soil erosion risk (PSER)

Two maps were used to determine the potential soil erosion risk. In this context, slope and soil erodibility maps were used. The Arc-GIS software's raster calculator plugin was used for this computation. Equation (5) (Yüksel et al., 2008; Yousif et al., 2020) is the formula utilized.

$$\text{Potential Soil Erosion Risk} = \text{Index of Erodibility} * \text{Index of Erosivity} * \text{Index of Slope} \quad (5)$$

Land Cover Index

GIS is one of the most preferred software within the scope of spatial analysis. Land cover classification can be made using GIS software. Landsat satellite images are the most used data for this reason. Today satellite images are available from various locations. The pre-processed data sets downloaded from (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) were used in the study. Land-use/land cover classes were defined from satellite images obtained in 2019 by visual interpretation through ENVI 5.3. LUCC maps were classified into nine different land-use classes using the supervised classification method;

- Urban areas.
- Sparsely vegetated areas.
- Industrial units.
- Pasture lands.
- Agricultural lands.
- Broad-leaved forest.

- Coniferous forest.
- Watercourses.
- Bare land

Forests, water areas and impervious surfaces were described as fully protected areas, and 1 point was given in these areas. Areas which have small vegetation, orchards and agricultural areas, were described as not fully protected, and 2 points were given in these areas.

Actual Soil Erosion Risk

The actual soil erosion risk map was then produced. The land cover map and a potential soil erosion map were merged for this. This was accomplished using the Arc-GIS raster calculator plugin.

Results and Discussion

Niğde is one of the important countries where agricultural activities have been carried out throughout history. When the soil structure of Niğde was examined according to the land use capability classes. 40.38% (3,147.71 ha) of the soils are class VII soils. 2,625.77 ha (33.68%) of the area consists of arable land. (I. II. III. and IV. Classes) (Sever and Kopar, 2014).

Soil Erodibility Index

Sandy loam which is characterized as a highly erodible soil and low resistant to erosion, was the most soil texture class with 73.71% in Niğde (Figure 2). 26.28% of the soil was Loamy sand, Sand and Sandy clay loam. These groups were characterized as moderately erodible soils and moderately resistant to erosion according to CORINE model. Soil depth is a very important factor in the soil erodibility due to the water storage ability of soil profile increased with increasing soil depth (Yüksel et al., 2008). Results in Figure 3 show that 1.66% of the soil with a depth of less than 25 cm and is characterized as severe tendency for erosion which is located in the northeast part. About 0.87% of the soil with a depth of 25-75 cm and recognized as medium susceptibility for erosion, and they are mainly located in the middle part. 97.47% of the soil has a depth of more than 75 cm located in the Niğde, these were classified as low tendency for soil erosion.

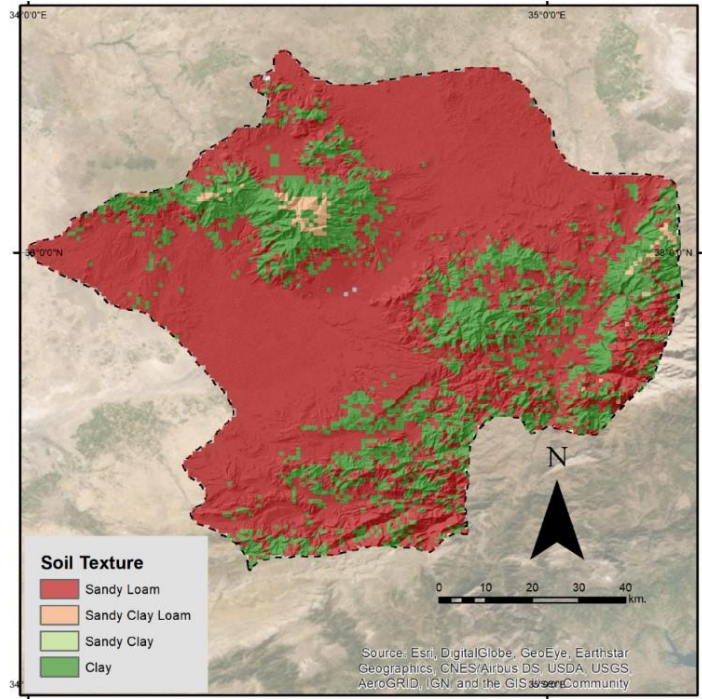


Figure 2. Soil texture of Niğde

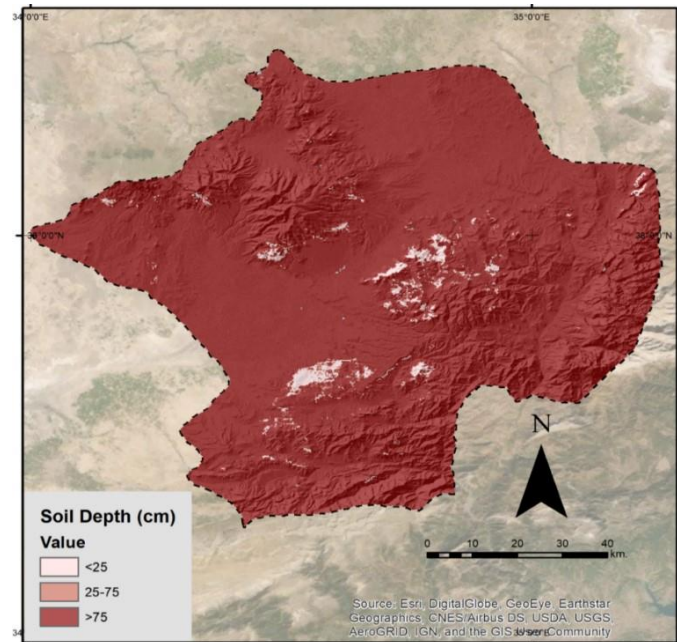


Figure 3. Soil depth of Niğde

26.28% of the soil were characterized as a surface with stone greater than 10%, and these are located in the northeast and northwest part of Niğde. 73.72% of the soil was categorized as a surface with a stone less than 10%, and these are located in the middle part of Niğde (Figure 4).

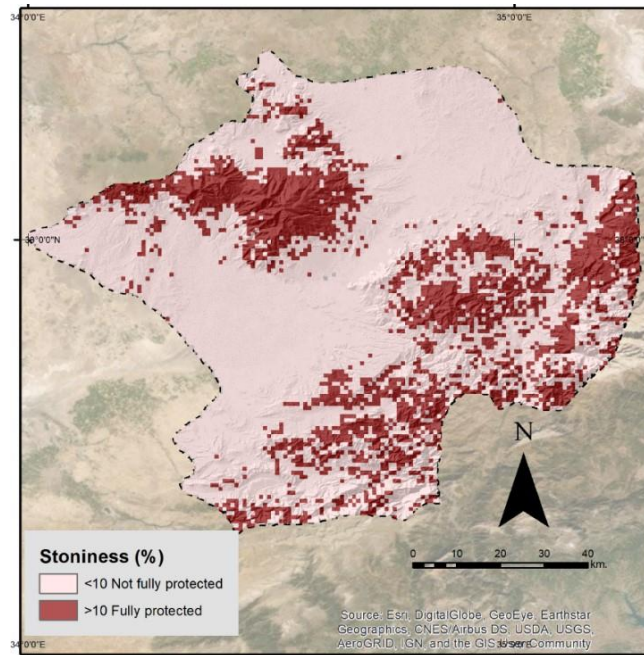


Figure 4. Soil stoniness of Niğde

A soil erodibility map was created by overlaying soil texture, depth, and stoniness maps (Figure 5). The erodibility map show that 96.49% of Niğde is covered by low erodible soil, and these are located in almost all part of Niğde. 2.38% covered by moderately erodible soil, and these are located in the northwest of Niğde. The rest of the area (1.13%) is covered by highly erodible soil due to its shallow soils in the northeast part

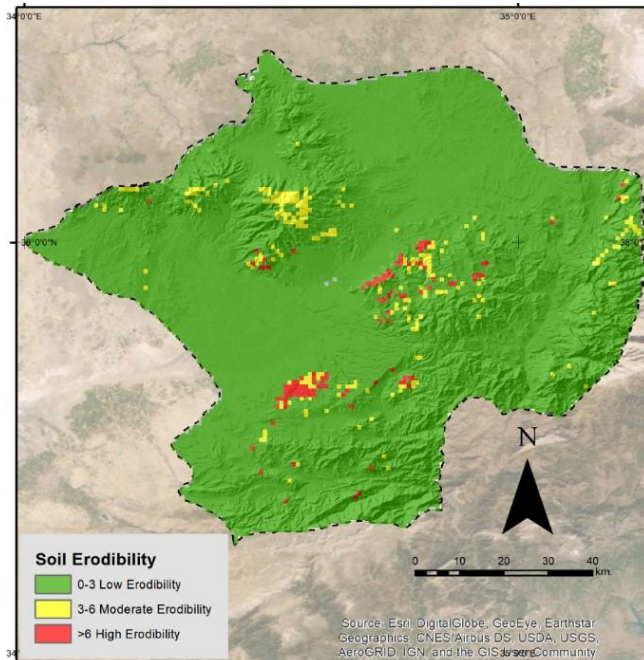


Figure 5. Soil erodibility

Erosivity index (EI)

Erosivity index was calculated using meteorological data obtained from the Niğde metrological station. Results indicated that FI value was 35.18, and classified as very low. While the BGI was 113.14 and classified as dry according to CORINE. Finally, the EI value is equal to 3 and classified as a low rainfall erosion index. It has an effective influence on controlling erosion rates due to its significant impact on surface runoff and water infiltration in the soil. It was created from the DEM and classified based on the CORINE model (Figure 6).

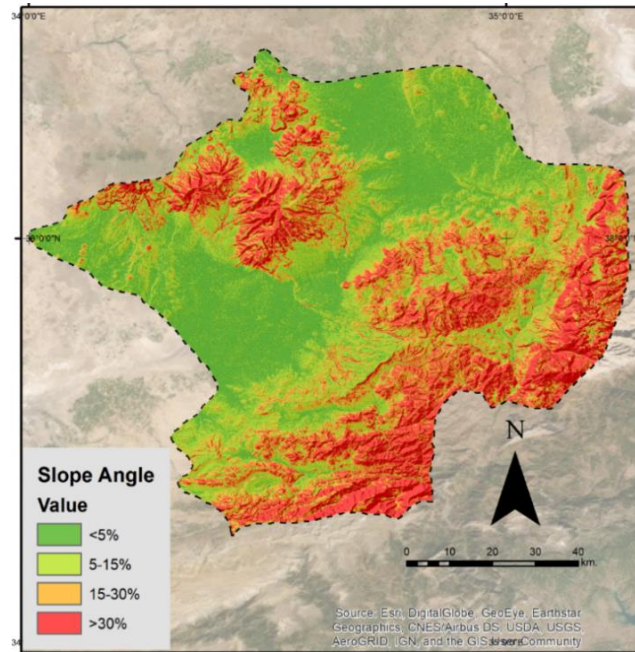


Figure 6. Slope map

The results illustrated that 27.73% of the area has less than 5% slope, 28.01% has a gentle slope (5-15%) and 20.27% has a steep slope (15-30%), 23.97% has a very steep (>30%) in the study area.

Potential Soil Erosion Risk (PSER)

The soil erodibility, erosivity, and slope maps were overlaid to create the PSER map (Figure 7). Results indicated that 23.52% of the area was classified as low PSER, and they are located in the northern and southwest parts of the study area. Moderate PSER covers 42.00% of the area and is located in the middle of the study area. 34.48% of the area was categorized as high PSER which is located in the eastern, southeast and northeast parts of the study area.

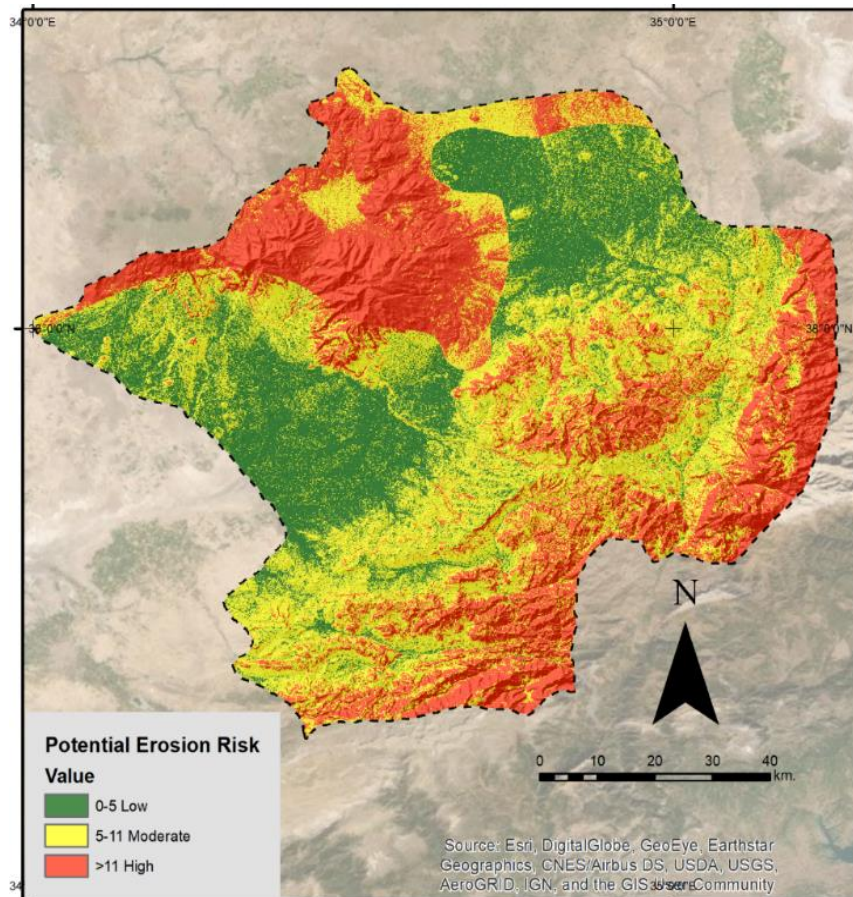


Figure 7. Potential erosion risk of Niğde

Actual Soil Erosion Risk (ASER)

The ASER map illustrated the variance between the areas of PSER and ASER due to the effect of land cover on the hazard of erosion (Figure 8-9). Results indicated that 34.72% of the soil was classified as moderately ASER, which is located in the eastern and southeast parts of the study area. 51.66% and 13.62% were classified as low and high ASER, respectively. Areas that have low ASER, are located in the middle part, while areas that have high ASER, are located in the northwest part of the area. The areas which were categorized as low PSER, were increased from 23.52% to 51.66% in the ASER, after combining the land cover map due to the improper agricultural activities.

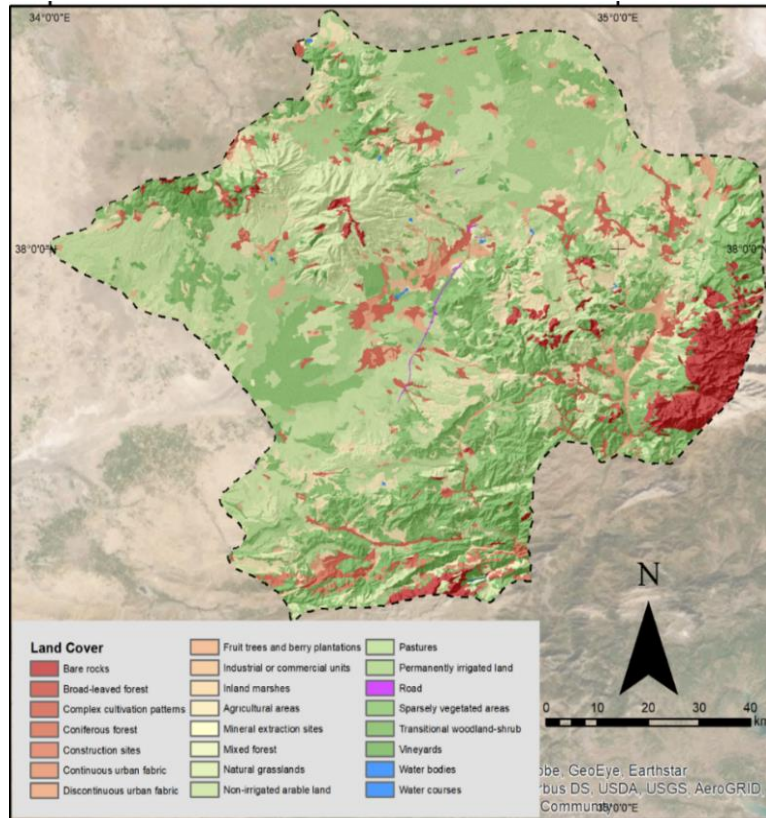


Figure 8. Niğde land cover classification

On the other hand, the total areas which were classified as high and moderate PSER, were decreased from 76.48% to 48.34% in the ASER, due to the effect of land cover on decreasing the risk of soil erosion. The PSER map explained that 34.48% had high risk and 42.00% had moderate risk.

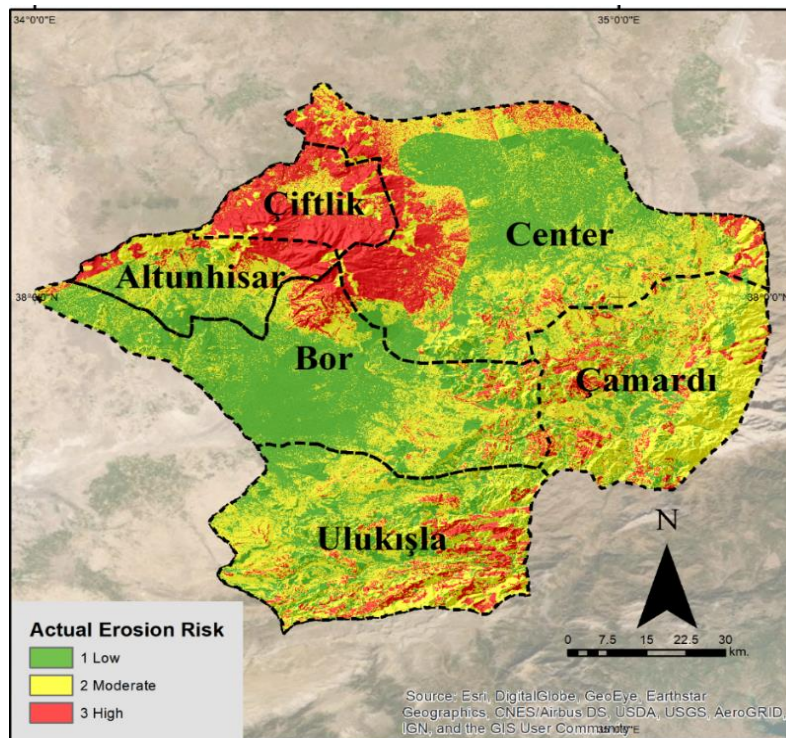


Figure 9. Actual erosion risk

On the other hand, the ASER map indicated that a small area of the study area (13.62%) had high risk, and the large area (51.66%) had moderate ASER. However, the medium and high erosion risk decreased from 76.48% to 48.34% in the ASER map. According to the results of the analysis, the lowest soil erosion risk is in Bor district, and the highest risk is in Çiftlik district (Table 5).

Table 4. Actual erosion risk in Niğde

District Name	Actual Erosion Potential	Percent (%)	Area (km ²)	Total Area (km ²)
Center	Low	38.55	883.51	2,291.43
	Moderate	40.92	937.66	
	High	20.53	470.26	
Bor	Low	59.32	944.33	1,591.93
	Moderate	33.52	533.63	
	High	07.16	113.97	
Ulukışla	Low	30.37	449.78	1,476.26
	Moderate	55.85	824.47	
	High	13.68	202.00	
Altunhisar	Low	30.31	189.30	624.58
	Moderate	47.58	297.19	
	High	22.11	138.09	
Çiftlik	Low	00.85	4.430	523.09
	Moderate	27.42	143.45	
	High	71.73	375.20	
Çamardı	Low	20.51	264.10	1,287.94
	Moderate	67.11	864.37	
	High	12.38	159.47	
Total		100.00	7,795.22	7,795.22

This is a situation related to the land use. According to the CORINE land classification in Niğde. Bor district has the highest green area. The Çiftlik district has the lowest green area and the highest mountainous area. In other districts, it was determined that there is a low or medium level of erosion risk. The most common factors which caused high erosion risk, are soil texture, land cover and soil depth.

Conclusion

In this study, the effect of the changing climatic conditions on soil erosion was investigated in the perspective of the changing rainfall events by considering the historical data and future climatic scenario data of the Regional Climate Model. This study was aimed at using the methodology of CORINE model within GIS environment to assess the spatial heterogeneity of soil erosion risk in Niğde, Turkey. Suitable agricultural land use activities should be carried out to minimize soil erosion. This work indicated that the CORINE model integrated with GIS and RS has a very effective and accurate potential for soil erosion risk assessment. In order to determine soil erosion, many factors have been used such as soil texture, soil depth, slope, CORINE etc. All properties belonging to the soil have been identified as the most important factors in determining the soil erosion risk. The slope factor and soil properties caused a change in the potential soil erosion degree in the maps.

In addition to these parameters, other factors such as organic matter and carbonate content of the soil, parent material properties, and the existence of a hard pan should be incorporated in the model to determine the condition of the soil more realistically for the calculation of soil erodibility. However, the Fournier and Bagnouls-Gaussien indices did not cause any major changes in the map. Therefore, it has been determined that the absence of these indices will not bring any deficiencies in the study, especially in dry areas such as Niğde.

Within the scope of the study, it was determined that the most important factor after the soil was CORINE. In the study, potential erosion risk was identified at first. By combining this map with the CORINE map, the actual soil erosion risk has been determined. Differences were detected between the two maps after the CORINE. Especially areas with high erosion potential have turned into areas with low or moderate erosion risk. Land covers are the main reason for this. This reduction occurs especially in areas covered with forest cover. The decrease in the degree of erosion with the dense vegetation is a reason for this change. Another important land cover for erosion potential is agricultural lands. These areas are used for agricultural production for most of the year. These areas remain evergreen. Therefore, the level of erosion risk has decreased in these areas. The use of CORINE land classification in erosion studies to be carried out from now on is absolutely crucial for the accuracy of the study. In the study, it was determined that a large part of Niğde province has low soil erosion risk.

Although the slope is high in the northeast and southeast parts of the study area, low erosion risk has been identified in these areas due to the absence of soil or water. In addition, the middle parts of the Niğde province also have a low slope degree. Therefore, there is a low risk of erosion in these areas. Since there is agricultural production in the northern parts of the study area, the erosion risk is low in these parts. Erosion risk was high only in the northwest of the area. We can say that there is a high risk of erosion in these parts due to the sparse vegetation cover in these areas and low soil depth.

The Fournier index was calculated within the scope of the study. The Fournier index gave suitable results for Niğde. Climate data between 1935-2021 years was used in the study. It has been determined that this is suitable for the study. Because long-term climate data gives accurate results in the calculation of the index. It is known that especially in the last 30 years, precipitation and temperature data have shown a great change. Therefore, at least 50 years of climate data should be used in such calculations. Another important point is that some areas do not have much precipitation due to their topographic features. In such a case, since the Fournier index will be below the "0" value, it may not be used within the scope of the study. For such a situation, it may be more convenient to ignore the Fournier index and the study may do using topographic and climate data.

The main issue in preventing soil erosion is to increase the number of trees in the area. Fibrous root trees should be used. Foot root trees are more effective in preventing erosion than taproot trees. *Eleagnus sp.*, *Robinia pseudoacacia*, Olives, etc. species may be preferred. These trees do not have too much paint and have strong root structures. An important factor influencing and connecting many

aspects of human existence and our physical environment is land cover. Remote sensing techniques have made it possible to construct a map-like depiction of the Earth's surface that is spatially continuous, mostly trustworthy, and accessible at a variety of geographical and temporal scales. As a result, it has become an effective tool for collecting data on land cover. Land cover is taken into account in scientific investigations. Using satellite imagery, techniques for digital image processing and geostatistical analysis were used to create a map of the land cover and vegetation.

Additionally, the study may be improved in the future by using past and future comparison methodologies. Since constructing fresh information and providing new understandings are crucial for scientific research. As a result, some adjustments in agricultural techniques are required to solve the erosion problem. Good planting time, less soil cultivation and correct planting may reduce soil erosion. It is of great importance to fully control the tree cuttings in the forest areas and to attach importance to the afforestation activities to control erosion. Considering that a significant part of Turkey lands is exposed to erosion, it is clearly seen that the precautions for erosion control are insufficient. Only through educating the public and non-governmental groups about erosion and supporting the state's defense can studies on this topic be completed. The complex impacts of population values, which are a key determinant in the construction of cities, should be taken into account in urban planning. Microclimatic outcomes should be taken into consideration in addition to factors like population, transit, green tissue, and building type. An essential planning and design technique to lessen the adverse environmental conditions of the earth should be to improve the microclimate on a city scale. Coordinated research across design scales and design approaches to improve microclimate at every size should be implemented in the urban planning and architectural design disciplines, which play significant roles in the construction of cities.

Declaration of Competing Interest

There is no conflict of interest about the article.

Author statement

The author declares that he has contributed 100% to the article.

References

- Al Sayah MJ., Nedjai R., Kaffas K., Abdallah C., Khouri M. Assessing the impact of man-made ponds on soil erosion and sediment transport in limnological basins. *Water* 2019; 11(12): 2526.
- Aydın A., Tecimen HB. Temporal soil erosion risk evaluation: a CORINE methodology application at Elmalı dam watershed, İstanbul. *Environmental Earth Sciences* 2010; 61(7): 1457-1465.
- Aykır D., Fıçıcı M. Erosion Risk analysis in Çıldır Lake Basin. *Journal of Geomorphological Research* 2022; 1(9): 38-49.

- Bashir S., Baig MA., Ashraf M., Anwar MM., Bhalli MN., Munawar S. Risk assessment of soil erosion in Rawal watershed using geoinformatics techniques. *Science International* 2013; 25(3): 1-21.
- Bozyiğit R. Seydikemer ilçesi (Muğla) topraklarının özellikleri ve kullanımı üzerine bir değerlendirme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2020; 1(18): 695-706.
- Buraka T., Elias E., Suryabagavan KV, Lelago A. Assessment of soil erosion risks in response to land-use and land-cover changes in Coka watershed, Southern Ethiopia. *Geology, Ecology, and Landscapes* 2022; 1(1): 1-14.
- Cebecauer T., Suri M., Hofierka J., Fulajtár E. Corine land cover in the context of soil erosion assessment at a regional scale. In *Workshop Corine Land Cover 20-21 January 2004 Berlin, Germany*.
- Chen J., Li Z., Xiao H., Ning K., Tang C. Effects of land use and land cover on soil erosion control in southern China: Implications from a systematic quantitative review. *Journal of Environmental Management* 2021; 282(1): 1-21
- Çilek A. Mapping soil erosion in regulating ecosystem services: Göksu Basin example. *Çukurova University Faculty of Engineering Journal* 2021; 36(2): 409-419.
- Demir S., Arslan B., Gönültaş H. Change in erosion susceptibility in soils of different climate regions depending on land use patterns. *Bozok Journal of Agriculture and Natural Sciences* 2022; 1(1): 31-38.
- Edosomwan NL., Obazuaye E., Edosomwan EU. Impacts of dam on characteristics of tropical rainforest soils and sediments in South Central Nigeria. *Indian Journal of Agricultural Research* 2013; 47(1): 73-77.
- El-Nady MA., Shoman MM. Assessment of soil erosion risk in the basin of wadi maged in northern west coast of Egypt using corine model and gis techniques. *Assessment* 2017; 57(1): 31-45.
- Eroğlu H., Çakır G., Sivrikaya F., Akay AE. Using high resolution images and elevation data in classifying erosion risks of bare soil areas in the Hatila Valley Natural Protected Area, Turkey. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 2010; 24(1): 699-704.
- General Directorate of Meteorology, Ministry Of Environment, Urbanization and Climate Change, Ankara, Turkey, 2022, <https://www.mgm.gov.tr/>, Accessed Date: 11.01.2023
- Grimm M., Jones R., Montanarella L. Soil erosion risk in Europe. 2nd ed., Joint Research Centre, European Commission. 2011; Napoli, Italy.
- İkiel C., Ustaoglu B., Koç DE. Erosion susceptibility analysis of thrace. *Journal of Geomorphological Research* 2020; 1(4): 1-14.
- Jiang W., Pang Z., Lv J., Ju H., Li L., Fu J. Satellite observations reveal decreasing soil erosion in Northeast Inner Mongolia, China, over the past four decades. *Frontiers in Earth Science* 2022; 10(1): 1-8

- Karydas C., Bouarour O., Zdruli P. Mapping spatio-temporal soil erosion patterns in the Candelaro River Basin, Italy, using the G2 model with Sentinel2 imagery. *Geosciences* 2020, 10(3): 1-22
- Kanar E., Dengiz O. Determination of potential soil erosion using two different parametric models and making of risk maps in Madendere watershed. *Turkish Journal of Agricultural Research* 2015; 2(2): 123-134.
- Kırcı A. Estimation of soil loss according to rusle erosion model using geographic information systems and remote sensing techniques in Ordu-Ünye. Ordu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Soil Science and Plant Nutrition, Ordu, Master Thesis 2019.
- Laflen JM. Corine soil erosion risk and important land resources. *Soil Science* 1994; 157(6): 399-400.
- Lal D., Barg E., Pavich M. Development of cosmogenic nuclear methods for the study of soil erosion and formation rates. *Current Science (Bangalore)* 1991; 61(9-10): 636-640.
- Mercan Ç., Arpağ S. Evaluation of soil and land properties using geographic information system analyzes: Turkey, Mardin Province Land. *Turkish Journal of Agricultural Research* 2020; 7(1): 23-33.
- Mukharamova S., Saveliev A., Ivanov M., Gafurov A., Yermolaev O. Estimating the soil erosion cover-management factor at the European part of Russia. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 2021; 10(10): 645-670
- Mushi CA., Ndomba PM., Trigg MA., Tshimanga RM., Mtaló F. Assessment of basin-scale soil erosion within the Congo River Basin: A review. *Catena* 2019; 178(1): 64-76.
- Mutlu YE., Soykan A., Fıçıcı M. Kille Çayı (Balıkesir) havzasında erozyon risk analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi* 2021; 1(6): 98-111.
- Özalp AY., Akıncı H., Temuçin S. Determination of topographic and some physical features of the land in Artvin province and examination of the relationship of these features with land cover. *Artvin Çoruh University Faculty of Forestry Journal* 2013; 14(2): 292-309.
- Özşahin E., Uygur V. The effects of land use and land cover changes (LULCC) in Kuseyr plateau of Turkey on erosion. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 2019; 38(4): 478-487.
- Özvan H., Arık B., Şatır, O., Bostan P. Mapping of Bendimahı sub-basin potential erosion risk using CORINE and ICONA models. *Harran Journal of Agricultural and Food Sciences* 2022; 26(3): 389-404.
- Pal SC., Chakraborty R., Roy P., Chowdhuri I., Das B., Saha A., Shit M. Changing climate and land use of 21st century influences soil erosion in India. *Gondwana Research* 2021; 94(1): 164-185.
- Pimentel D., Kounang N. Ecology of soil erosion in ecosystems. *Ecosystems* 1998; 1(1): 416-426.
- Revellino P., Guerriero L., Mascellaro N., Fiorillo F., Grelle G., Ruzza G., Guadagno FM. Multiple effects of intense meteorological events in the Benevento Province, Southern Italy. *Water* 2019; 11(8): 1560-1587.

- Shphinah DE., Saraswathy R. Impacts of Soil Erosion by water. *Agriculture Reviews* 2005; 26(3): 195-202.
- Sever R., Kopar İ. Geographical features of Nigde, Nigde Governorate. 2014; Niğde, Turkey
- Stone JR., Gilliam JW., Cassel DK., Daniels RB., Nelson LA., Kleiss HJ. Effect of erosion and landscape position on the productivity of Piedmont soils. *Soil Science Society of America Journal* 1985; 49(4): 987-991.
- Tuncer K., Deniz K. Land use characteristics in Yeşilova (Burdur) district in 2018 according to land capability classification and corine data. *Eastern Geography Journal* 2023; 28(49): 82-93.
- Turan İD. Modeling soil erosion risk in Çorum stream basin using analytical hierarchical process and GIS Techniques. *Journal of Geomorphological Research* 2021; (6): 41-55.
- Valentin C. Towards an improved predictive capability for soil erosion under global change. 1998; Berlin, Germany.
- Verity GE., Anderson DW. Soil erosion effects on soil quality and yield. *Canadian Journal of Soil Science* 1990; 70(3): 471-484.
- Wu J., Baartman JE., Nunes JP. Comparing the impacts of wildfire and meteorological variability on hydrological and erosion responses in a Mediterranean catchment. *Land Degradation & Development* 2021; 32(2): 640-653.
- Yılmaz M., Dengiz O. The effect of land use and land cover on soil organic carbon stock in relation to some soil properties. *Turkish Journal of Agricultural Research* 2021, 8(2): 154-167.
- Yousif I., Tealab E., Hady A., Aldabaa A. Spatial soil erosion risk assessment using CORINE model: a case study in Wadi El-Raml Watershed, North Western Coast. *Egypt Plant Arch* 2020; 1(1): 705-714.
- Yüksel A., Gundogan R., Akay AE. Using the remote sensing and GIS technology for erosion risk mapping of Kartalkaya dam watershed in Kahramanmaraş, Turkey *Sensors* 2008; 8(8): 4851-4865.
- Zhu M. Soil erosion risk assessment with CORINE model: case study in the Danjiangkou Reservoir region, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 2012; 26(1): 813-822.

Siber Güvenlik Konusunda Bilgi İşlem Yönetici ve Çalışanlarının Farkındalıkları**

Fatih Çağatay BAZ^{1*}, Kadir ULUDAĞ²

¹Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, 80010, Osmaniye

²Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, 80010, Osmaniye

¹<https://orcid.org/0000-0002-6398-9851>,

²<https://orcid.org/0000-0002-7359-1396>

*Sorumlu yazar: fatihcagataybaz@osmaniye.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 13.01.2023

Kabul tarihi: 18.04.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Siber güvenlik

Siber saldırı

Siber güvenlik farkındalığı

ÖZ

Bilgi teknolojisinde yaşanan gelişmeler verilerin güvenliğinin sağlanmasını zorunlu kılmaktadır. Özellikle bankacılık, savunma ve benzer alanların hassasiyeti sebebiyle bilgi işlem dairelerinin siber güvenlik konusunda hassasiyetleri ortadadır. Bu anlamda milyonlarca öğrencinin ve personelin bulunduğu üniversiteler de siber güvenlik konusunda önemli kurumlardır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de siber güvenlik konusunda üniversite bilgi işlem daire başkanlıklarının farkındalıklarının ilgili daire başkanları ve personelleri ile görüşmeler yapılarak, bu alanla ilgili mevcut durum ve yapılması gerekenlere yönelik gereklilikleri ortaya koymaya çalışmaktır. Bu çalışmada, nitel araştırma yöntemlerine dayalı olarak yarı yapılandırılmış görüşme tekniğiyle veriler toplanmıştır. Katılımcıların bilgileri, nitel araştırma yöntemlerinde kullanılabilen Nvivo 12 paket programı ile analiz edilmiş ve elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Araştırmada elde edilen bulgulara göre, siber güvenlik konusunda üniversitelerde en önemli konunun bu alanda farkındalığın oluşturulması olduğu tespit edilmiş ve farkındalığın artırılmasına yönelik önermelerde bulunulmuştur. Bu açıdan çalışmanın alana ilgi duyan araştırmacılara katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Awareness of IT Managers and Employees on Cyber Security

Research Article

Article History:

Received: 13.01.2023

Accepted: 18.04.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Cyber security

Cyber attack

Cyber security awareness

ABSTRACT

Developments in information technology necessitate the security of data. Especially due to the sensitivity of banking, defense and similar areas, the sensitivity of the IT departments about cyber security is obvious. In this sense, universities with millions of students and staff are also important institutions in cyber security. The aim of this study is to try to reveal the current situation in this field and the requirements for what needs to be done by interviewing the relevant department heads and personnel of the awareness of university IT departments on cyber security in Turkey. In this study, data were collected by semi-structured interview technique based on qualitative research methods. The information of the participants was analyzed with the Nvivo 12 package program, which can be used in qualitative research methods, and the findings were included. According to the research findings, it has been determined that the most important issue in universities about cyber security is raising awareness in this area and suggestions have been made to increase awareness. In this respect, it is thought that the study can contribute to researchers who are interested in the field.

** Bu çalışma, ikinci yazarın birinci yazar danışmanlığında hazırladığı yüksek lisans tezinden üretilmiştir

Giriş

Günümüzde siber güvenlik kavramı en dar kapsamda kişileri daha geniş kapsamda ise ülkeleri ve ülke içerisindeki resmi ya da özel kurum ve kuruluşları yakından ilgilendiren bir konu haline gelmiştir. Kamu kurumları ya da özel teşebbüsler uğradıkları siber saldırılar sonucunda ciddi anlamda maddi ve manevi kayıplara uğramaktadır. Bu açıdan bakılınca kurumlar bünyesinde teşkil edilmiş olan bilgi işlem birimlerinin bu konudaki farkındalık düzeyleri ve birikimleri hem kurum açısından hem de ulusal siber güvenliğin sağlanması açısından tartışılmaz bir öneme sahiptir.

Dünya hızla büyümektedir ve büyürken de bir o kadar küreselleşen dünyanın evrensel gelişim aracı bilişim teknolojileri olmaktadır. Türkiye'nin bilim ve teknolojiye önemli bir konumda yer alabilmesinde bilişimin önemi tartışılmazdır. Bilgi teknolojileri, bilgiye erişimin sağlanması, toplanması, düzeltilmesi, saklanması, dağıtımının yapılması ve uygulanması işleviyle birbirleriyle ilgili parçalar grubundan meydana gelen teknolojileri tanımlamaktadır. Genellikle bilişim, özel yazılım sektörlerinde nitelikli işgücü darlığı yaşanan, Türkiye ve birçok ülkede bilgi ekonomisine yönelik ekonomilerde yapısal dönüşümü gerçekleştirilme sürecinin ana sorunlarından birini oluşturmaktadır (Ekinci, 2006; Şener, 2006; Çalışır ve ark., 2011; Aydın, 2012).

Birçok kurum bilgilere erişimin sağlanması sırasında yetkilendirme açısından problem yaşamaktadır. Böylelikle sisteme erişim sağlayan kişiler önlerine çıkan tehditleri fark etmemektedir (İleri, 2017). Günümüzde birçok kurumda bilgi kaynaklarında erişimde ve yetkilendirme konusundaki bilgi eksikliği oldukça fazladır. Yapılan araştırmalar sonucunda (Eminağaoğlu ve Gökşen, 2009; Baykara ve ark., 2013; Doğan ve Abacı, 2021) bilgi kaynaklarına dair tehditlerde sorumlu kişilerin tespit edilmesinde zorluk yaşanmaktadır. Bunun sebebi ise bilgi kaynaklarında güvenlik konusunun yeterince izlenememesi ve sistemlere erişimlerin standartlar kapsamında kayıt altına alınmamış olmasıdır.

Bilgiye dair güvenliğin oluşturulması, organizasyonların sahip olduğu bütün bilgilerin her açıdan tehlikelere karşı önlemler alınarak bilgi güvenliğinin sağlanmasını amaçlamaktadır. Ayrıca işletmelerin izlediği normal iş akışları açısından da bilgilerin korunması durumu hassas bir mevzudur. Bilginin güvenliği konusu sadece bilişim sistemlerinin güvenliği anlamında olmamakta aynı zamanda bilgisayarın güvenliği ve şifrelerimizin güvenliği üstünde düşünülen bir kavram olmaktadır (Vural ve Sağiroğlu, 2008; Eminağaoğlu ve Gökşen, 2009; Baykara ve ark., 2013; Öztemiz ve Yılmaz, 2013; Laybats ve Tredinnick, 2016; Naicker ve Mafaiti, 2019). Bütün kuruluşlar sahip oldukları bilgilerin güvenliğinin sağlanması amacıyla kullanacağı sistemleri kendi bünyelerine özel olarak kullanmalıdır (Win, 2005).

Bilgi güvenliğinin temin edilmesinde e-imza, anti-virüs sistemleri, güvenlik duvarlarının oluşturulması ve erişim denetimi gibi uygulamalar yer almaktadır. Kullanıcıların hatalarından kaynaklı bazı güvenlik

sorunları anlaşılamamakta ve giderilememektedir. Bilgi güvenliğine yönelik oluşan tehditler, kurum veya kuruluşların maddi ve manevi açıdan zarar görmesine sebep olan tüm tehditleri içermektedir. Organizasyonların iç ve dış tehditlere karşı kendilerini koruyabilmeleri amacıyla bilgi güvenliği standartlarını etkili ve verimli şekilde kullanmaları gerekmekte, ayrıca kullanıcıların eğitilmesi gerekmektedir (Fung, ve ark., 2003; Yıldız, 2009; Baykara ve ark., 2013; Öztemiz ve Yılmaz, 2013).

Bu çalışmada konu hakkında tüm diğer kurum ve kuruluşlara lokomotif görevi yapmakta olan üniversitelerin bilgi işlem birimlerinde çalışan yönetici ve personelin farkındalık düzeylerinin tespit edilerek durum analizleri yoluyla aydınlatıcı tarzda bir belge ortaya konulması amaçlanmıştır.

Yapılan çalışmada, yükseköğretim kurumları bilgi işlem yöneticileri ve personelinin siber güvenlik konusundaki farkındalıkları araştırılmıştır. Yapılan araştırmanın temel amacı, yükseköğretim kurumlarındaki bilgi işlem yönetici ve çalışanlarının siber güvenlik ile ilgili farkındalık düzeylerinin incelenmesidir. Yükseköğretim kurumları bünyesinde çalışan personelin meslek hayatlarında ve kişisel gelişimlerinde bilgi teknolojilerinin yeri oldukça büyüktür. Bilgi teknolojilerindeki hızlı gelişim ve değişim üniversitelerdeki dijital yetenekleri de geliştirmiştir. Teknolojik gelişmelerin birçok olumlu sonucunun yanında olumsuzlukları da bulunmaktadır. Bu gelişmelere paralel olarak siber alana yönelik saldırılarda da artış meydana gelmektedir. Bu durum üniversiteler açısından farklı bir boyut oluşturmakla birlikte siber saldırılara karşı farkındalığın yaratılarak olası saldırılara karşı güvenlik önlemlerinin alınması son derece önem arz etmektedir. Bu konuda üniversitelerin bilgi işlem yöneticileri ve çalışanlarının sorumlulukları bulunmaktadır. Bu çalışma, üniversitelerin bilgi işlem yöneticileri ve çalışanlarının siber güvenliğe dair farkındalıklarının ölçülmesi ve değerlendirmesi açısından son derece önem arz etmektedir. Ayrıca çalışma konuyla ilgili literatüre katkı sağlaması ve yapılacak araştırmalar için örnek oluşturması açısından da önemlidir.

Materyal ve Metot

Türkiye’de aktif olarak faaliyetini sürdürmekte olan üniversite bilgi işlem yönetici ve çalışanlarının siber güvenlik konusundaki farkındalıklarının tespit edilmesine yönelik olarak yapılan bu çalışma, olgubilim deseni baz alınarak kurgulanmıştır. Çalışmada kullanılan veriler bir nitel araştırma tekniği olan görüşme yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Olgubilim diğer bir adıyla fenomenolojik model, deneyim ve duygularımızı inceleyerek bunların nasıl oluştuğu, başka kişilerle konuşurken bu duygu ve düşüncelerimizin nasıl aktarıldığı, kişide bilince dönüşürken yöntemsel olarak tasvir edilmesini sağlayan derin bir analize dayanmaktadır (Patton, 2002). Dolayısıyla olgubilim modelinde araştırmacı ölçmek istediği olguları görüşme, gözlem ve belge gibi veri toplama araçlarını kullanarak ayrıntılı olarak inceledikten sonra elde ettiği sonuçlar üzerinden temaları oluşturur. Katılımcıların dikkatinin deneyime odaklanmasını sağlamaya yönelik derinlemesine görüşme ve açık uçlu sorular kullanarak araştırmacılar araştırma konusu ile ilgili nitel verileri toplarlar (Christensen, Johnson ve Turner, 2011). Kullanışlı bir örneklem seçiminde kolaylıkla ve hızlı bir biçimde ulaşılabilir olma nitel araştırmalarda her ne kadar çok tercih edilen bir strateji olsa da araştırmanın sonuçlarını etkilemesi açısından

kullanımı çok istenmeyen bir durumdur (Patton, 2005). Araştırmacıların birçoğu örneklem kullanımının evrenin tamamı hakkında genelleme fırsatı veremeyeceğini düşündüğü halde ulaşılması kolay ve elde edilmesi daha az maliyetli olan durumları tercih etmektedirler (Ghosh ve Vogt, 2012). Dolayısıyla ulaşımdaki kolaylık ve düşük maliyetler önemli olsa da değerlendirme aşamasında en fazla bilginin elde edilebileceği bir strateji ile örneklemin seçilmesi son derece önemlidir. Çalışmanın katılımcılarını çeşitli üniversitelerde görev yapmakta olan 36 bilgi işlem yönetici ve çalışanı oluşturmaktadır.

Veri toplama aracı olarak görüşme formu kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan görüşme formu iki kısımdan ibarettir. Birinci kısımda katılımcılara ait demografik bilgileri içeren sorular bulunmaktadır. İkinci kısımda ise katılımcıların siber güvenlik konusundaki farkındalıklarının incelenmesi amacıyla oluşturulan 15 sorudan oluşan görüşme formu bulunmaktadır. Bu çalışmada araştırmacının sormayı planladığı sorular görüşme öncesinde hazırlanmış ve dil uzmanları tarafından anlatım, şekil ve imla kuralları kontrol edilmiştir. Sorular açık uçlu hazırlanmış olup; katılımcının cevaplarını açmasına ve ayrıntı vermesine imkân sağlayabilecek şekilde kurgulanmıştır.

Elde edilen veriler görüşme formundaki sorularda aranan problemler ışığında çözümlenmiş sorular ve sorulara verilen yanıtlar karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve sonuçları literatür taramalarıyla ilişkili olarak açıklamalı bir şekilde sunulmuştur.

Veriler kodlanırken nitel araştırmalarda sıklıkla kullanılan içerik analizi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin asıl amacı, “toplanan verileri açıklayabilmek için verileri derinlemesine analiz ederek fark edilemeyen kavramlara, ilişki ve temalara ulaşmaktır.” (Yıldırım ve Şimşek, 2013).

Araştırmanın ilk aşaması olan bu adımda görüşme formu soruları ve görüşme formlarından elde edilen veriler teorik bilgiler ışığında ilişki olarak kodlanmıştır. Bundan sonraki adımda ise kodlanan sözcükler arasında anlam ilişkisi bağı kurulmak suretiyle ortak yönler tespit edilmiş ve buradan da hareketle araştırmanın alt problemlerine ilişkin sınıflandırma yapılmıştır. Bu sınıflandırma sonrasında oluşan ana ve alt sınıflar araştırmacının kendi fikir ve yorumlamalarına mahal vermeden objektif ve okuyucuların anlayabileceği şekilde izah edilmiştir. Üçüncü adımda, elde edilen verilerin daha anlamlı hale getirilmesi açısından bulgular ve veriler arasında sebep-sonuç ilişkisi sağlanmaya çalışılmış ve nihai aşamada bulguların yorumlanması neticesinde elde edilen sonuçlara yer verilmiştir.

Bulgular

Katılımcılarla yapılan görüşmeler neticesinde elde edilen veriler üzerinde içerik çözümlemesiyle kodlar elde edilmiştir. Elde edilen kodlar benzerliklerine göre bir araya getirilerek kategorize edilmiştir. Sunulan kategoriler temalarla ilişkilendirilmiştir.

Katılımcılara Ait Demografik Bilgiler

Araştırmaya katılanlara ait demografik bilgiler Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Katılımcıların demografik bilgilerinin dağılımı

		Frekans (n)	Yüzde (%)
Cinsiyet	Kadın	1	2,8
	Erkek	35	97,2
	Toplam	36	100,0
Eğitim Durumu	Ön Lisans	3	8,3
	Lisans/Üniversite	21	58,4
	Lisans Üstü/Yüksek Lisans	8	22,2
	Doktora	4	11,1
	Toplam	36	100,0
Yaş	18-30	1	2,8
	31-40	13	36,1
	41-50	13	36,1
	51-60	9	25,0
	Toplam	36	100,0
Kurumdaki Çalışma Süresi	1-5 Yıl	8	22,2
	6-10 Yıl	8	22,2
	10 Yıl Üzeri	20	55,6
	Toplam	36	100,0
Unvan	Memur	6	16,7
	Bilgi İşlem Daire Başkanı	23	63,9
	Mühendis	5	13,9
	Teknisyen	2	5,5
	Toplam	36	100,0

Tablo 1’de görüleceği üzere araştırmaya katılan katılımcıların 1’i kadın 35’i erkektir.3’ü ön lisans mezunu, 21’i lisans mezunu, 8’i yüksek lisans mezunu ve 4’ü doktora mezunudur. 1’i 18-30 yaş aralığında, 13’ü 31-40 yaş aralığında, 13’ü 41-50 yaş aralığında ve 9’u 51-60 yaş aralığındadır. Kurumda çalışma süreleri ise 8’inin 1-5 yıl, 8’inin 6-10 yıl ve 20’sinin 10 yıl üzeridir. 6’sı memur, 23’ü bilgi işlem daire başkanı, 5’i mühendis ve 2’si teknisyendir.

Araştırmanın Tema, Kategori ve Kodlarına İlişkin Bulgular

Araştırmada yapılan görüşmeler sonucu elde edilen veriler üzerinden yapılan ön incelemede, sorular ile ilintili olacak biçimde sekiz temel tema ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen bulgulardan hareketle Şekil 1 oluşturulmuştur.



Şekil 1. Araştırma tema ve kategorileri

Araştırmada yapılan görüşmeler sonucunda elde edilen sekiz tema ile ilgili katılımcıların verdiği cevaplar aşağıda listelenmiştir.

Saldırı Türleri kategorisine verilen cevaplar:

K1: Her türlü bilgi hırsızlığı.

K:2 Bilgi barındıran her alan siber terörizmin kapsamındadır. Genelde bankacılık, eğitim, iletişim, sanayi, güvenlik sahaları daha yaygın hedef olmaktadır.

K3: Sosyal ve politik amaçlı özel ve kamu kurumları ağına yapılan her türlü yasa dışı saldırılar

K4: Sosyal mühendislik, sosyal medya zorbalığından ddos'a kadar tüm taciz ve saldırılar.

K5: En basit olarak web sayfalarının hacklenerek propaganda malzemesi olarak kullanılması.

Güvenlik Politikaları kategorisine verilen cevaplar:

K1: Devlet memurluğuna giriş aşamasında siber güvenlik eğitim ve uygulamaları yer almalı, asgari düzeyde siber güvenlik sertifikası istenebilir.

K2: Ülkemizin bu konuda yeterli çalışma yaptığını düşünüyorum, USOM, İSO27001, Cumhurbaşkanlığı Bilgi Güvenliği Rehberi, KVKK süreçlerinin tamamı zorunlu olmasından dolayı kurumlara ciddi farkındalık oluşturmuştur.

K3: Ülkemiz uygulanan politikalar konusunda çağı yakalamış durumdadır.

K4: Tecrübeli personeli ve iyi eğitim almış kadrolar gerekli.

K5: Yerli ürünler geliştirilmeli.

Teknolojik Yeterlilik kategorisine verilen cevaplar:

K1: Firewall cihazları ve güvenlik yazılımları.

K2: Ağ güvenlik sistemini yeni versiyon cihazlarla yeniledik. Personele siber güvenlik alanında bilgilendirici toplu e-postalar, kurum haberleri ve broşürler yayınladık.

K3: Güncel yazılımlar ve eğitimler sağlanıyor.

K4: Güvenli altyapı oluşturulmuştur.

K5: SIEM SOAR Sistemleri doğru kullanılarak riskler azaltılmalı.

K6: Açık kaynak kullanmak önemli. Ciddi bir ufuk sağlar. Kendi işletim sistemini yazmak, kendi güvenlik altyapısını kurup yönetmek müthiş bir duygu. Ayrıca ciddi ekonomik tasarruf sağlar. Önemli olan böyle faaliyetleri yapanların arkasında olmak ve onların önünü açmak. Bu süreçte aksamalar olsa dahi motivasyonu düşürmeyen teşvik eden yöneticiler lazım. Dezavantajı ise tam sisteme hâkim olmadan projeler üretmek ve kurumları sıkıntıya sokmak. Ayağını yorganına göre uzatmak lazım. Adım adım gelişmek çok önemli. Yöneticilerin engeli de cabası.

Eğitim Faaliyetleri kategorisine verilen cevaplar:

K1: Gerekli eğitim ve yazılımlar yenileniyor.

K2: ISO27001, KVKK süreçleri, alt yapı iyileştirmeleri ve personel eğitimleri ile önlemler alınmaktadır.

K3: Hizmet içi eğitimler düzenlenmekte.

K4: Online eğitimler verilmektedir. Bültenler yayınlanmaktadır.

K5: Siber güvenlik eğitimi alan personelin diğer personele eğitim vermesi veya uzman kişilerce eğitim verilmesi.

K6: İlk yapılan eğitimler daha çarpıcı ve verimli olurken devam eden eğitimler daha az farkındalık oluşturuyor.

K7: Verdiğimiz farkındalık eğitimlerinin personel üzerinde istediğimiz düzeyde etkisi olmadı. Personelde özellikle kurumsal aidiyet olmayınca eğitimlerin bir anlamı olmuyor. Mesela e-posta

sistemimizin ana sayfasında her açılışta şifrenizi hiçbir şekilde paylaşmayınız diyoruz. Ama gel gör ki her hafta birkaç personelimiz bilgilerini paylaşıyor. Uyarıda bulunsanız dahi dikkate almıyor.

K8: Güncel tehditlere karşı eğitim verilmeli.

Kurumsal Önlemler kategorisine verilen cevaplar:

K1: Siber saldırılara karşı bilinçlendirilmesi gerekir.

K2: Test senaryoları uygulanacak şekilde testler yapılmalıdır. Test hizmetleri alınmalıdır.

K3: Cumhurbaşkanlığı Bilgi ve İletişim Rehberi çok kapsamlı bir çalışma. Uygulanabilirse riskleri azaltacaktır.

K4: Özellikle Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi siber güvenlik rehberi ile oldukça üst bir seviyeye çıkmıştır. ISO27001 alınması gerekliliği yine kurumlara olumlu katkılar sağlamıştır.

K5: Üst yönetimin yaklaşımı diğer personellerde etkili olmaktadır. Ancak tamamen etkisi bulunmamaktadır.

K6: Kurum içi geliştirilen yazılımlara zafiyet önlemede daha hızlı çözümler üretilebilmektedir. Satın alınan yazılımlar da bu konu çok uzun sürede yapılmakta veya hiç yapılmamaktadır.

K7: Siber güvenlik konusunda firma yazılımları tercih edilmeli daha geniş bir ekiple daha güncel koruma sağlanabilir.

Bireysel Önlemler kategorisine verilen cevaplar:

K1: Güvenlik duvarı, anti virüs yazılımları, bilgi güvenliği eğitimleri.

K2: Eğitim alınıyor.

K3: Karşılaştığımız sorunları direkt bildirip gerekli önlemlerin alınmasını sağlamak.

K4: Bilinçli kullanıcı daha az etkileniyor.

Etkin Kullanım kategorisine verilen cevaplar:

K1: Son kullanıcıya düzenli eğitimler verilmeli kullanıcılar bilgilendirilmelidir.

K2: Bilgi işlem birimlerine gerçekten değer verilmeli. Bilişim personeli alımında KPSS ile değil, deneyimli personel alımı için kurumlara yetki verilmeli. Bu personele de maddi ve manevi destek verilip, başka yerlerde iş araması engellenmeli. Bilişim teknolojileri etkin kullanmak için personel olmazsa olmaz şart. Personel olmuyorsa o zaman YÖK ve Ulakbim Bilişim teknolojilerini üniversitelere kullandırması gerekmektedir. Üniversite değilse, kurum olarak bakacak olursak merkezi bir bilişim teknoloji altyapısı olması gerekmektedir. Bilişim Teknolojilerinde ayrıca yerli ve milli ürünler olması gerekiyor.

K3: Wireless doğrulama sisteminde 802.1x doğrulama sistemine geçtik.

K4: Görsel materyaller hazırlanmış ve bina girişlerine asılmış durumda. Belli aralıklarla duyuru epostaları atılmakta. Ve en az senede 1 kez eğitim planlanmaktadır.

K5: Tüm ağ trafiği firewall üzerinden geçmekte, kullanıcıların bilgisayarlarında ve bilgisayar laboratuvarlarındaki bilgisayarlarda antivirüs kurulması. Personel ve öğrencilerimize siber saldırılar konusunda farkındalık eğitimi verilmektedir.

K6: Bütünleşik yedekli güvenlik duvarı alt yapısı üzerinde çalışan port bazlı engelleme, uygulama bazlı engelleme, url tabanlı engelleme, dns koruması, thread, virüs kontrolleri, bulut tabanlı malware analizi, web application firewall, antispam gateway, siem sistemi.

Farkındalık Çalışmaları kategorisine verilen cevaplar:

K1: farkındalık yaratacak Videolar hazırlayarak, topluca veya yüz yüze bilgilendirmelerle.

K2: Düzenli penetrasyon testleri ile farkındalık yaratılmaya çalışılıyor.

K3: Katılım oranına göre, özellikle günümüzde siber saldırıların artmasından da dolayı, farkındalık oluşmaktadır.

K4: Büyük bir çoğunluğunda farkındalık oluşmasına rağmen, yeterli seviyede olmamaktadır. Siber güvenlik sadece birkaç eğitimle olacak bir şey değildir. Siz eğittikçe karşı saldırganlardan da kendilerini düzenli olarak eğitmekte ve firmaların yayınladıkları teknolojik açıkları kullanmaktadırlar, her zaman saldırılara karşı bilinçli ve uyanık olmak zorundayız.

K5: Sertifikalı olacak şekilde farkındalık eğitimleri çeşitlendirilmeli. Eğitimler etik hack eğitimi olmamalıdır. Siber güvenlik bilincinin artırılmasına yönelik giriş seviyesinde olmalıdır.

K6: Tüm bilgi teknolojileri kullanıcıları farkındalık düzeyinde eğitilmeli, buna ilave olarak bilgi işlem çalışanları ağ güvenliği ve bilgi güvenliği konusunda detaylı eğitimlere tabi tutulmalıdır. Eğitimlerde zafiyetlerden mustarip olmuş kurumlarla ilgili örnek vakalara yer verilmeli ve bunlar kendi kurumumuzdaki durum ile karşılıklı analiz edilmelidir. Örnek vakalar çalışanların daha iyi bilinç kazanmasına yol açıyor.

K7: Teorik ve pratik uygulama örnekleri üzerinden farkındalık oluşturulmalı.

K8: Üst yönetimin herhangi bir konudaki farkındalık düzeyi o konu için kesinlikle önemlidir.

Bu çalışma kapsamında üniversite bilgi işlem yönetici ve çalışanlarının siber güvenlik konusundaki farkındalıklarını incelemek amacıyla 36 katılımcıyla görüşme yapılmıştır. Çalışmaya katılan katılımcıların 1'i kadın 35'i erkektir.3'ü ön lisans mezunu, 21'i lisans mezunu, 8'i yüksek lisans mezunu ve 4'ü doktora mezunudur. 1'i 18-30 yaş aralığında, 13'ü 31-40 yaş aralığında, 13'ü 41-50 yaş aralığında ve 9'u 51-60 yaş aralığındadır. Kurumda çalışma süreleri ise 8'inin 1-5 yıl, 8'inin 6-10 yıl ve 20'sinin 10 yıl üzeridir. 6'sı memur, 23'ü bilgi işlem daire başkanı, 5'i mühendis ve 2'si teknisyendir.

Sonuç

Araştırmaya katılanlara yöneltilen birinci araştırma sorusu katılımcıların siber terörizmi nasıl tanımladıkları ile ilgilidir. Soruya katılımcıların çoğunluğu dijital ortamda kişi veya kurumlara yapılan saldırılar yanıtını vermiştir. Araştırmanın ikinci araştırma sorusu katılımcıların siber terörizm kapsamına hangi saldırıları dahil ettikleri ile ilgilidir. Katılımcıların çoğunluğu devlet ve şirketlerin bilgilerine yapılan saldırılar yanıtını vermiştir.

Katılımcıların kurumlarında siber güvenlik konusunda ne gibi önlemler aldıkları ile ilgili olarak üçüncü soru yöneltilmiştir. Katılımcıların çoğunluğu güvenlik kapsamında birçok farklı önlem yanıtını vermiştir. Araştırmanın dördüncü araştırma sorusu katılımcıların kurumlarında yönetici ve çalışanların siber güvenlik konusundaki farkındalıklarını geliştirmeye yönelik ne tür çalışmalar yaptıkları ile ilgilidir. Katılımcıların çoğunluğu eğitimler verilmekte yanıtını vermiştir.

Katılımcılara kurum çalışanlarına verilen siber güvenlik farkındalık eğitimlerinin kurum çalışanlarının farkındalık kazanmaları üzerindeki etkileri hakkındaki düşünceleri ile ilgili beşinci soru yöneltilmiştir. Katılımcıların çoğunluğu çoğunlukla etkili oluyor cevabını vermiştir. Araştırmanın altıncı araştırma sorusu katılımcıların kurumda düzenlenen siber güvenlik farkındalık eğitimlerinin bilgi işlem çalışanlarının iş yükü üzerindeki etkileri hakkındaki düşünceleri ile ilgilidir. Katılımcıların çoğunluğu etkisi yok cevabını vermiştir.

Araştırmanın yedinci araştırma sorusu katılımcıların kurumlar ve bireyler açısından kaçınılmaz olan bilişim teknolojileri kullanımının siber saldırılar üzerindeki etkileri hakkındaki düşünceleri ile ilgilidir. Katılımcıların çoğunluğu siber saldırı ve ihlaller artacaktır cevabını vermiştir. Araştırmanın sekizinci araştırma sorusu katılımcıların kurumlarının siber güvenlik konusunda yerli ürün geliştirilmesine ve kullanımına yönelik faaliyetler ile ilgilidir. Katılımcıların çoğunluğu maalesef herhangi bir faaliyet yok yanıtını vermiştir.

Katılımcıların kurumlarında siber saldırılara karşı kurumsal direncin artırılması için çalışanların nasıl bilinçlendirilmesi ve çalışanlara hangi eğitimlerin verilmesi gerektiği ile ilgili araştırmanın dokuzuncu sorusu yöneltilmiştir. Katılımcıların çoğunluğu güncel tehditlere karşı eğitimler verilmeli yanıtını vermiştir. Araştırmanın onuncu araştırma sorusu katılımcıların kurumlarının ciddi siber saldırılar karşısındaki teknolojik altyapısı ve deneyimi hakkındaki düşünceleri ile ilgilidir. Katılımcıların çoğunluğu gerekli güvenlik önlemleri alındı cevabını vermiştir.

Araştırmanın on birinci araştırma sorusu katılımcıların siber saldırılara karşı koymada bilişim teknolojilerinin etkin kullanımı için nasıl çalışmalar yapılması gerektiğini düşündükleri ile ilgilidir. Katılımcıların çoğunluğu teorik ve pratik uygulama örnekleri üzerinden farkındalık oluşturulmalı yanıtını vermiştir. Araştırmanın on ikinci araştırma sorusu katılımcıların ülkemizdeki siber güvenlik politikalarının etkinliği ve yeterliliği konusundaki düşünceleri ile ilgilidir. Katılımcıların çoğunluğu yeterli daha da artırılabilir yanıtını vermiştir.

Araştırmanın on üçüncü araştırma sorusu katılımcıların siber güvenlik zafiyetlerini önlemede açık kaynak kod yazılım ve işletim sistemlerinin kullanımının ne tür avantajlar veya dezavantajlar

sağlayacağı hakkındaki düşünceleri ile ilgilidir. Katılımcıların çoğunluğu maliyet avantajı sağlar cevabını vermiştir. Araştırmanın on dördüncü araştırma sorusu katılımcıların üst yönetimin siber güvenlik farkındalık düzeyinin kurumdaki siber güvenlik faaliyetlerine etkisi konusundaki düşünceleri ile ilgilidir. Katılımcıların çoğunluğu güvenliğin artırılmasında ve çözüm üretiminde etkili yanıtını vermiştir.

Araştırmanın on beşinci araştırma sorusu katılımcıların kurum içi geliştirilen uygulamalar ile firmalardan alınan yazılımların siber güvenlik zafiyetlerini önlemedeki etkililiği konusundaki düşünceleri ile ilgilidir. Katılımcıların çoğunluğu yetkin bir ekip çalışması gerekli yanıtını vermiştir.

Tartışma ve Öneriler

Son yıllarda bireylerin, kamu kuruluşlarının ve devlete ait bilgilerin muhafaza edilmesi ve korunması büyük önem taşımaktadır. Aynı zamanda bu bilgilerin korunması zorunlu hale gelmiştir. Bununla birlikte ülke için oldukça önemli olan kritik altyapıya dair sektörlerin de güvenliği sağlanması gerekmektedir. Siber güvenlik konusu bireysel ve kurumsal açıdan önemli bir konudur. Siber saldırılara maruz kalınmasına yönelik kurumlara, bu konu hakkında bilgilendirmelerin yapılması ve saldırılara dair korunma yöntemlerine uyulması gerekmektedir. Bu sayede saldırıların zararları en aza indirilebilecektir.

İnternet alanının gelişmesi ve teknolojinin hızla yenilenmesi sonucunda siber suçlarda artış gözlemlenmiş bununla paralel şekilde siber saldırıların oranlarında da artış meydana gelmiştir. Bu durumla mücadele edilmesine yönelik birçok çalışma yürütülmektedir. Siber suçlara ve saldırılara yönelik önlemlerin yanında yerli ve milli teknolojiler de üretilmeye başlanmıştır. Bütün bunlara ek olarak siber suçlara karşı daha etkili ve verimli bir şekilde mücadelenin gerçekleşmesi için kendi silahlarımızın kullanılması daha avantajlı bir durum sağlamaktadır. Önlemlerin alınmasında teknolojilerin kullanılmasının yanında bu konu hakkında gerekli politikaların ve stratejilerin de ortaya koyulması ve uygulanması gerekmektedir.

Siber suçlarla ve siber alanda güvenlik konusunda bilinçli olmak önemli bir etkidir. Siber suç ve siber alanda güvenlik konusunda bireyler, kurum ve kuruluşların bilinçlendirilmesi ve çeşitli eğitimlerin düzenlenmesi gerekmektedir. Böylelikle oluşabilecek herhangi bir saldırı sırasında meydana gelen zararın etkisi azaltılmış olacaktır. Çeşitli araştırmalar yapılarak toplumun siber güvenliğe dair bilgi düzeyinin tespit edilmesi ve toplumun bilinçlendirilmesine yönelik adımların atılması gerekmektedir.

Üniversiteler bir ülkenin en üst düzey akademik kurumları olması nedeniyle siber güvenlik alanında gerek eğitim gerek yeni ürün geliştirme gerek inovasyon gerekse sektörel bazda ihtiyaç duyulan iş gücünü yetiştirmesi açısından son derece önemli kurumlardır. Dolayısıyla bu kurumların siber güvenlik faaliyetlerinde lokomotif rolü üstlenmesi beklenmektedir. Bu vizyonu gerçekleştirmek için üniversitelerdeki tüm çalışanların, üst yönetimin ve bilgi işlem çalışanlarının aktif şekilde rol alması gerekir. Özellikle siber güvenlik açıklarının giderilmesi amacıyla yeni ürün geliştirme, açık kaynak

kod sistemlerin kullanımı, yerli ve milli ürünlerin geliştirilmesi hususunda üniversite üst yönetimlerinin bilgi işlem yönetici ve çalışanlarından kopuk olmaması, iş süreçleri ve faaliyetleri hakkında yeterli bilgiye sahip olması ve bu anlamda vereceği destek çok önemlidir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynakça

- Aydın İ. Bilişim sektörü ve Türkiye'nin sektördeki potansiyeli. *International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education* 2012; 1(1): 180-200.
- Baykara M., Daş R., Karadoğan İ. Bilgi güvenliği sistemlerinde kullanılan araçların incelenmesi. *First International Symposium on Digital Forensics and Security (ISDFS'13)*, 20-21 May 2013, 231-239 Elâzığ, Turkey.
- Christensen LB., Johnson B., Turner LA. *Research methods, design, and analysis*; 2011.
- Çalışır F., Çiğdem A. Gümüşsoy İİ. Factors affecting intention to quit among it professionals in Turkey 2011; *Personnel Review*, 40(4): 514-533.
- Doğan A., Abacı F. Türkiye'de siber terörizme karşı bilişim teknolojilerinin kullanımı, *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi* 2021; 18(42): 5970-5998.
- Ekinci H. Bilgi teknolojilerinin rekabet açısından önemi ve değişim yönetimindeki etkilerine ilişkin yöneticilerin algılarını ölçmeye yönelik bir araştırma, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 2006; 11(1): 54-70.
- Eminağaoğlu M., Gökşen Y. Bilgi güvenliği nedir, ne değildir, Türkiye'de bilgi güvenliği sorunları ve çözüm önerileri, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 2009; 11(4): 10-15.
- Fung ARW., Farn KJ., Lin AC. A study on the certification of the information security management systems. *Computer Standarts & Interfaces* 2003; 25(5): 447-461.
- Ghosh D., Vogt A. Outliers: an evaluation of methodologies. in *joint statistical meetings*; 2012.
- İleri YY. Örgütlerde bilgi güvenliği yönetimi, kurumsal entegrasyon süreci ve örnek bir uygulama, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 2017; 17(4): 55-72.
- Laybats C., Tredinnick, L. Information security. *Business Information Review* 2016; 33(2):76-80.
- Naicker V., Mafaiti M. The establishment of collaboration in managing information security through multisourcing. *Computers & Security* 2019; 80: 224-237.
- Öztemiz S., Yılmaz B. Bilgi merkezlerinde bilgi güvenliği farkındalığı: Ankara'daki üniversite kütüphaneleri örneği. *Bilgi Dünyası* 2013; 14(1): 87-100.

- Patton MQ. Two decades of developments in qualitative inquiry: a personal, experiential perspective. *Qualitative Social Work* 2002; 1(3): 261-283.
- Şener S. Karar destek ve üst yönetim bilişim sistemleri ve Türkiye’de bilişim sektöründe bir analiz. Yüksek lisans tezi. Beykent Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2006.
- Vural Y., Sağiroğlu Ş. Ülke bilgi güvenliği. 3. Uluslararası Katılımlı Bilgi Güvenliği ve Kriptoloji Konferansı, 25-26-27 Aralık 2008, 3-8, Ankara, Türkiye.
- Win KT. A Review of security of electronic health records. *Health Information Management* 2005; 34(1): 13-18.
- Yıldırım A., Şimşek H. Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri. 9. genişletilmiş baskı. Ankara: Seçkin Yayınevi; 2013.
- Yıldız Ç. Telekomünikasyon sektöründe firma içindeki bilgi güvenliğini etkileyen faktörler ve bu faktörlerin çalışanlar üzerine etkileri. Yüksek lisans tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze, Türkiye, 2009.

Bazı Graf Sınıflarında 1-Düzenli ve 2-Düzenli Ayrıt Bağlantılılık

İdris ÇİFTÇİ^{1*}

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, 65080, Van, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-2698-0807>

*Sorumlu yazar: idrisciftci@yyu.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 29.11.2022

Kabul tarihi:23.05.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Koşullu Bağlantılılık

Ayrıt Bağlantılılık

Düzenli Ayrıt Bağlantılılık

1-Düzenli Ayrıt Bağlantılılık

2-Düzenli Ayrıt Bağlantılılık

ÖZ

Düzenli ayrıt bağlantılılık yeni bir koşullu bağlantılılık türü olup, bu kavram bağlantısız yapılan her parça grafin düzenli olması esasına dayanır. Bu çalışmada, hiperküp graflarında ve bir tam grafin yol, çevre ve bir tam grafla kartezyen çarpımından elde edilen graflarda 1-düzenli ve 2-düzenli ayrıt bağlantılılık incelenmiştir.

On 1-Regular and 2- Regular Edge Connectivity in Some Graph Classes

Research Article

Article History:

Received: 29.11.2022

Accepted: 23.05.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Conditional Connectivity

Edge Connectivity

Regular Edge Connectivity

1-Regular Edge Connectivity

2-Regular Edge Connectivity

ABSTRACT

Regular edge connectivity is a new type of conditional connectivity, and this concept is based on the regularity of every disconnected component graphs. In this study, 1-regular and 2-regular edge connectivity were investigated in hypercube graphs and graphs obtained from path, cycle and complete graphs with Cartesian product a complet graph.

To Cite: Çiftçi İ. Bazı Graf Sınıflarında 1-Düzenli ve 2-Düzenli Ayrıt Bağlantılılık. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 415-425.

1. Giriş

Uygulamalı matematiğin bir dalı olarak kabul edilen graf teorisi, fen ve mühendislikte karşılaşılan birçok bağlantılılık probleminin çözümünde kullanılmaktadır. Graflardaki tepeler, iletişim ağlarındaki bağlantı noktalarını temsil ederler. Graflarla ifade edilen herhangi bir ağ yapısındaki bozulmalar durumunda bile bağlantı noktaları arasındaki iletişimin sürdürülebilirliği esastır. Bir iletişim ağının bazı merkezlerinde ya da hatlarında meydana gelecek bozulmalar, ağın fonksiyonunu tam olarak gerçekleştirmesini önler. Bu nedenle iletişim ağları tasarlanırken ağ topolojileri içinden bozulmalara karşı direnci olabildiğince çok olan birinin, diğerlerine tercih edilmesi bu tip bir sorunla karşılaşılmasını baştan azaltmış olur. Bilgisayar bilimlerinde, bir bilgisayar ağındaki bilgisayarlar

tepelere, bilgisayar ağındaki iletişim kabloları ayrıtlarla modellenilebilir. “Bir bilgisayar ağında en az kaç tane bilgisayar veya iletişim kablosu bozulursa ağ işlevini yitirir?” sorusuna cevap aranırken graf modelinden yararlanır.

Bağlantılılık kavramı; ağ tasarlama, planlama ve dayanıklılık problemlerinin algoritmik açıdan incelenmesinde önemli bir yere sahiptir. Bir ağdaki bağlantılılığın kalitesi, bu ağı temsil eden graftaki tepelerin ve ayrıtların bağlantılılığı ile ilişkilidir.

Bir bağlantılı graftan silindiğinde bu grafi bağlantısız yapan tepeye kesim tepe, kesim tepelerinden oluşan minimum kardinaliteli kümeye ise kesim kümesi denir. Kesim kümesinin eleman sayısına kesim değeri denir. Bu değer, grafların bağlantılılığını ifade etmek için kullanılır. Bir bağlantılılık probleminde, bağlantılılık değerine ulaşılabilen veya bu değerini muhafaza edilebildiği bir graf tasarlanır ya da mevcut graf üzerinde değişiklik yapılır.

Bir bağlantılı graftaki herhangi iki tepe arasındaki kesişmeyen yolların sayısı ile bağlantılılık sayısı arasındaki yakın ilişkiyi ifade eden teoremi, Menger 1927 yılında ispatlamıştır. Bağlantı problemleri ile ilgili birçok algoritma, bu teorem ve bu teoremin yorumlanması ile geliştirilmiştir. Geliştirilen bu algoritmalar vasıtasıyla bir grafın bağlantılılık sayısı bulunabilmektedir. Ancak hangi tepe veya tepelerin silinmesi gerektiği bu algoritmalar yardımıyla bulunamamaktadır. İşte bir grafi bağlantısız yaparken belli şartları sağlayan, hangi tepelerin silinmesi gerektiğini bulmak için koşullu bağlantılılık kavramı tanımlanmıştır (Harary, 1983).

İlgili literatür incelendiğinde, koşullu bağlantılılığın iki yeni çeşidi olan kısıtlı bağlantılılık, Latifi ve ark. (1994) tarafından ve ekstra bağlantılılık ise Fabrega ve Fiol (1996) tarafından tanımlanmıştır. Zhou ve Ou (2014), grafların korona çarpımlarında kısıtlı bağlantılılığın değerlerini araştırdılar. Ou ve Zhou (2015), grafların kuvvetli çarpımlarında kısıtlı bağlantılılığın değerlerini araştırdılar. Wei ve Hsieh (2017), yerel olarak bükülmüş küplerin h -kısıtlı bağlantılılığını incelediler. Balbuena ve Marcote (2019), Kneser graflarında kısıtlı bağlantılılığı karakterize ettiler. Ma ve ark. (2019), grafların kronoker çarpımında kısıtlı bağlantılılığı araştırdılar. Lin ve ark. (2020), ayrık yıldız ağları için kısıtlı bağlantılılığı incelediler. Li ve ark. (2021), genelleştirilmiş hiperküpler için kısıtlı bağlantılılığı hesapladılar. Liu ve Meng (2021), Dcell ağlarında kısıtlı bağlantılılığı hesapladılar. Li ve Yang (2013), hiper graflar için ekstra bağlantılılığı incelediler. Yang ve Li (2014), ekstra kenar bağlantılılık açısından katlanmış hiperküplerin güvenilirliğini araştırdılar. Zhang ve Zhou (2015), katlı hiperküpler için ekstra bağlantılılığı hesapladılar. Hao ve ark. (2016), simetrik graflarda 2-ekstra bağlantılılığı araştırdılar. Wang ve ark. (2016), balon sıralı yıldız grafları için ekstra bağlantılılığı karakterize ettiler. Lü (2017), dengeli hiperküpler için ekstra bağlantılılığı inceledi. Zhou (2017), hiperküp ağlarına benzeyen graf sınıfları için ekstra bağlantılılığı hesapladı. Li ve Xu (2018), 3 -ekstra bağlantılılığı dengeli hiperküpler için araştırdılar. Lv ve ark. (2020), düzenli iletişim ağlarında ekstra bağlantılılığı hesapladılar. Li ve ark. (2021), bazı ağlarda ekstra bağlantılılığın parça bağlantılılık ile ilişkisini incelediler. Guo ve ark. (2021), düzenli graflarda ekstra ayrıtlı bağlantılılığın parça ayrıtlı-bağlantılılık ile ilişkisini incelediler. Zhu ve ark. (2021), hiperküpler için izoperimetrik eşitsizliklerle ilgili sonuçların

ekstra bağlantılılıklarını elde etmek için kullanılabileceğini gösterdiler. Son olarak Tarakmi ve ark. (2021), kimyasal graf teoride çok önemli bir yere sahip fullerene grafları için ekstra bağlantılılığı incelediler. Graflardaki düzenlilik kavramı ile bağlantılılık kavramı arasındaki ilişkinin kurulduğu düzenli ayrıt-bağlantılılık kavramı Ediz ve Çiftçi (2022) tarafından tanımlanmıştır.

Bu çalışmada, hiperküp graflarında 1-düzenli ve 2-düzenli ayrıt bağlantılılık incelenmiştir. Ayrıca bir tam grafın yol, çevre ve bir tam grafla kartezyen çarpımından elde edilen graflarda 1-düzenli ve 2-düzenli ayrıt bağlantılılık hesaplanmıştır.

2. Temel Bilgiler

Bu bölümde temel tanımlar ve teoremler verilmiştir.

Tanım 2.1. $G = (V, E)$ grafının herhangi bir i tepesine bağlı ayrıt sayısına i tepesinin derecesi denir ve $\deg_G i$ veya kısaca $\deg i$ ile gösterilir (Diestel, 2005).

Tanım 2.2. Basit bir grafın herhangi iki tepesi arasında bir ayrıt bulunuyorsa, yani her bir tepe çifti bağlantılı ise bu grafa tam graf denir ve n tepeli bir tam graf K_n ile gösterilir (Wallis, 2007).

Tanım 2.3. Her bir tepesi aynı dereceye sahip olan grafa düzenli graf denir. Özel olarak her bir tepesi r dereceye sahip olan grafa, r -dereceli düzenli graf veya r -düzenli graf denir (Deo, 2017).

Tanım 2.4. Bir grafın sonlu sayıda, birbiriyle bağlantılı tepelerinden ve ayrıtlarından oluşan dizisine yürüme denir ve W ile gösterilir. Yani yürüme, $W = v_0 e_1 v_1 e_2 \cdots v_{k-1} e_k v_k$ şeklinde bir dizidir.

$1 \leq i \leq k$ için e_i nin uçları v_{i-1} ve v_i tepeleridir. W ya, v_0 dan v_k ya bir yürüme veya (v_0, v_k) yürümesi denir. v_0 tepesine W yürümesinin başlangıç noktası, v_k tepesine W yürümesinin bitiş noktası ve v_1, v_2, \dots, v_{k-1} tepelerine de W yürümesinin iç noktaları denir. k tam sayısına, yani, yürümedeki ayrıt sayısına W 'nun uzunluğu denir (Rahman, 2018).

Tanım 2.5. Her bir ayrıtın ve tepenin en fazla bir kez kullanıldığı yürümeye yol denir ve P ile gösterilir. Yani, bir $W = v_0 e_1 v_1 e_2 \cdots v_{k-1} e_k v_k$ yürümesinde e_1, e_2, \dots, e_k ayrıtlarının ve v_0, v_1, \dots, v_k tepelerinin her biri farklı ise W yürümesine yol denir (Wallis, 2007).

Tanım 2.6. Başlangıç ve bitiş tepesi aynı olan yola çevre ya da devir denir ve n tepeli bir çevre C_n ile gösterilir. Çevredeki her bir i tepesinin derecesi $\deg i = 2$ dir (Diestel, 2005).

Tanım 2.7. Herhangi iki tepesi arasında en az bir yol bulunan grafa bağlantılı graf denir (Rahman, 2018).

Tanım 2.8. $G_1 = (V_1, E_1)$ ve $G_2 = (V_2, E_2)$ iki graf olmak üzere bu iki grafın kartezyen çarpımı, $G_1 \times G_2$ ile gösterilir ve $u_1, v_1 \in V_1$ ve $u_2, v_2 \in V_2$ için tepeler kümesi

$$G_1 \times G_2 = \{uv \mid u = (u_1, u_2), v = (v_1, v_2) \in V_1 \times V_2\}$$

ile tanımlı olup grafın, herhangi iki $u = (u_1, u_2), v = (v_1, v_2) \in V_1 \times V_2$ tepelerinin komşuluğu,

$$u \square v \Leftrightarrow \begin{cases} u_1 = v_1 & \text{ve } u_2 \square v_2 \\ u_2 = v_2 & \text{ve } u_1 \square v_1 \end{cases}$$

şeklinde tanımlıdır (Diestel, 2005).

Tanım 2.9. $Q_1 \cong K_2$ olmak üzere,

$$Q_n \cong Q_{n-1} \times K_2$$

grafına hiperküp grafi denir (Rahman, 2018).

Tanım 2.10. Bağlantılı bir G grafını bağlantısız bir graf ya da izole tepelerden oluşan bir graf haline getirmek için graftan atılan minimum tepe sayısına bağlantılılık sayısı denir ve $\kappa(G)$ ile gösterilir.

Burada,

$$\kappa(G) = \min_{S \subseteq V(G)} \{|S|\}$$

dır (West, 2001).

Tanım 2.11. Bağlantılı bir G grafını bağlantısız bir graf ya da izole tepelerden oluşan bir graf haline getirmek için graftan atılan minimum ayrıt sayısına ayrıt-bağlantılılık sayısı denir ve $\lambda(G)$ ile gösterilir. Burada,

$$\lambda(G) = \min_{S \subseteq E(G)} \{|S|\}$$

dır (West, 2001).

Tanım 2.12. G bağlantılı bir graf, h bir pozitif tamsayı olmak üzere, F , $G-F$ nin bağlantısız olduğu en küçük tepe alt kümesi ve $\delta(G-F) \geq h$ ise F nin eleman sayısına G nin h -kısıtlı bağlantılılık sayısı denir ve $\kappa^h(G)$ ile gösterilir (Latifi ve ark., 1994).

Tanım 2.13. G bağlantılı bir graf, h bir pozitif tamsayı olmak üzere, F , $G-F$ nin bağlantısız olduğu en küçük ayrıt alt kümesi ve $\delta(G-F) \geq h$ ise F nin eleman sayısına G nin h -kısıtlı ayrıt-bağlantılılık sayısı denir ve $\lambda^h(G)$ ile gösterilir (Latifi ve ark., 1994).

Tanım 2.14. G bağlantılı bir graf, h bir pozitif tamsayı olmak üzere, F , $G-F$ nin bağlantısız olduğu en küçük tepe alt kümesi ve bağlantısız graftaki her bir parça alt graflarının eleman sayısı h den büyük ise F nin eleman sayısına G 'nin h -ekstra bağlantılılık sayısı denir ve $\kappa^{eh}(G)$ ile gösterilir (Fabrega ve Fiol, 1996).

Tanım 2.15. G bağlantılı bir graf, h bir pozitif tamsayı olmak üzere, F , $G-F$ nin bağlantısız olduğu en küçük ayrıt alt kümesi ve bağlantısız graftaki her bir parça alt graflarının eleman sayısı h den büyük ise F nin eleman sayısına G nin h -ekstra ayrıt-bağlantılılık sayısı denir ve $\lambda^{eh}(G)$ ile gösterilir (Fabrega ve Fiol, 1996).

Tanım 2.16. G bir graf ve S de bu grafın ayrıtlarından oluşan bir küme olsun. $G-S$, bağlantısız ve her bir bağlantısız parça k -düzenli bir graf ise S ye G nin bir k -düzenli ayrıt kesim kümesi denir. G nin minimum kardinaliteli k -düzenli ayrıt kesim kümesinin eleman sayısına G nin k -düzenli ayrıt-bağlantılılığı denir ve

$$\lambda^{kr}(G) = |S|$$

ile gösterilir (Ediz ve Çiftçi, 2022).

Teorem 2.17. m ve n den sadece biri çift olmak üzere,

$$\lambda^{1r}(P_m \times P_n) = \frac{3mn}{2} - m - n$$

dir (Ediz ve Çiftçi, 2022).

Teorem 2.18. m ve n çift olmak üzere,

$$\lambda^{2r}(P_m \times P_n) = mn - m - n$$

dir (Ediz ve Çiftçi, 2022).

Teorem 2.19. m tek ve n çift olmak üzere,

$$\lambda^{1r}(C_m \times C_n) = \frac{3mn}{2}$$

dir (Ediz ve Çiftçi, 2022).

Teorem 2.20. m ve n çift olmak üzere,

$$\lambda^{2r}(C_m \times C_n) = mn$$

dir (Ediz ve Çiftçi, 2022).

3. Bulgular

Şimdi hiperküp graflarında ve bir tam grafın yol, çevre ve bir tam grafıa kartezyen çarpımından elde edilen graflarda 1-düzenli ve 2-düzenli ayrıt bağlantılılık incelenecektir.

Önerme 3.1.

$$\lambda^{(n-1)r}(Q_n) = 2^{n-1}$$

dir.

İspat. Q_n grafının tanımından, Q_n nin n -düzenli bir graf ve $Q_n \cong Q_{n-1} \times K_2$ olduğunu biliyoruz.

Q_n nin $(n-1)$ -düzenli bağlantısız graflara ayrılması demek, uygun ayrıtlar silinerek Q_n nin bağlantısız iki Q_{n-1} grafına parçalanmasına denktir. Burada, 2^{n-1} uygun ayrıttın silinmesiyle istenen elde edilecektir.

Sonuç 3.2.

$$\lambda^{(n-2)r}(Q_n) = 2^n$$

dir.

İspat. Önerme 3.1'in ispatında olduğu gibi Q_n den 2^{n-1} uygun ayrıtın silinmesi bize bağlantısız iki Q_{n-1} graflarını verecektir. O halde, her bir Q_{n-1} grafindan 2^{n-2} uygun ayrıtın silinmesiyle Q_{n-2} grafları elde edilecektir. Böylece, Q_n den toplamda $2^{n-1} + 2 \cdot 2^{n-2}$ uygun ayrıtın silinmesiyle Q_n nin $(n-2)$ -düzenli ayrıt-bağlantılılığı elde edilir. Böylece,

$$\lambda^{(n-2)r}(Q_n) = 2^n$$

elde edilmiş olur.

Teorem 3.3. m tek ve n çift olmak üzere,

$$\lambda^{1r}(K_m \times P_n) = \frac{m^2 n}{2} - m$$

dir.

İspat. Kartezyen çarpımın tanımından, $K_m \times P_n$ grafinin toplam ayrıt sayısının $m(n-1) + \frac{m(m-1)}{2}n$, $P_m \times P_n$ grafinin ise $m(n-1) + n(m-1)$ ayrıtının olduğu bilinmektedir. $P_m \times P_n$ grafi referans alınarak ispat yapılabilir. Teorem 2.17'ten,

$$\lambda^{1r}(P_m \times P_n) = \frac{3mn}{2} - m - n$$

dir. $K_m \times P_n$ grafinin, $P_m \times P_n$ grafindan $\frac{m^2 n}{2} - \frac{3mn}{2} + n$ fazla ayrıtı vardır. Dolayısıyla bu fazla ayrıtların silinmesiyle $P_m \times P_n$ grafi elde edilir. $P_m \times P_n$ grafindan da uygun ayrıtların silinmesi ile $K_m \times P_n$ grafi için 1-düzenli ayrıt-bağlantılılık elde edilmiş olur. Yani,

$$\begin{aligned} \lambda^{1r}(K_m \times P_n) &= \lambda^{1r}(P_m \times P_n) + \frac{m^2 n}{2} - \frac{3mn}{2} + n \\ &= \frac{3mn}{2} - m - n + \frac{m^2 n}{2} - \frac{3mn}{2} + n \\ &= \frac{m^2 n}{2} - m \end{aligned}$$

dir.

Teorem 3.4. m ve n çift olmak üzere,

$$\lambda^{2r}(K_m \times P_n) = \frac{m^2 n}{2} - \frac{mn}{2} - m$$

dir.

İspat. Teorem 3.3'ün ispatından görüleceği üzere $K_m \times P_n$ grafi, $P_m \times P_n$ grafindan $\frac{m^2n}{2} - \frac{3mn}{2} + n$ fazla ayrıta sahiptir. Yine Teorem 2.18'ten bilinmektedir ki

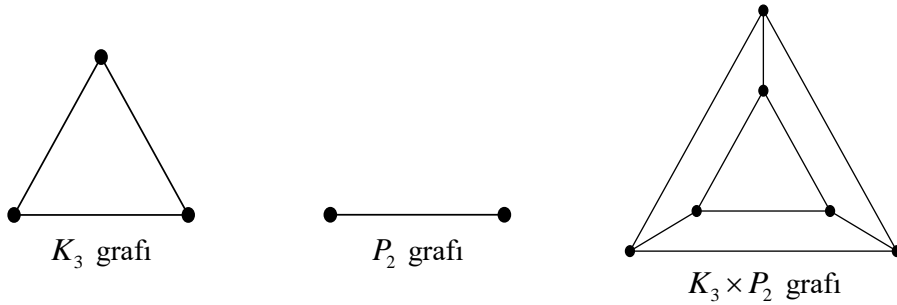
$$\lambda^{2r}(P_m \times P_n) = mn - m - n$$

dir. Dolayısıyla bu fazla ayrıtların silinmesiyle $P_m \times P_n$ grafi elde edilir. $P_m \times P_n$ grafindan da uygun ayrıtların silinmesi ile $K_m \times P_n$ grafi için 2-düzenli ayrıt-bağlantılılık elde edilmiş olur. Yani,

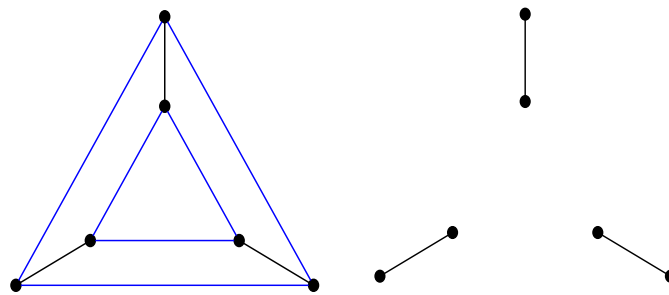
$$\begin{aligned} \lambda^{2r}(K_m \times P_n) &= \lambda^{2r}(P_m \times P_n) + \frac{m^2n}{2} - \frac{3mn}{2} + n \\ &= mn - m - n + \frac{m^2n}{2} - \frac{3mn}{2} + n \\ &= \frac{m^2n}{2} - \frac{mn}{2} - m \end{aligned}$$

dir.

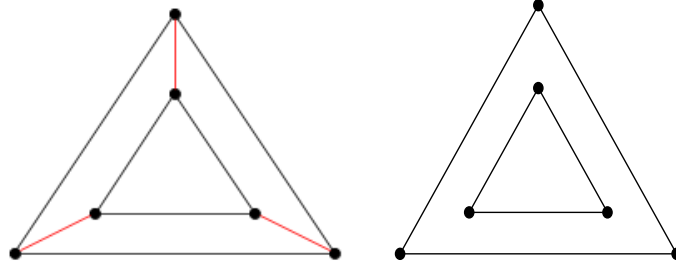
Örnek 3.5. K_3 tam grafi ile P_2 yol grafini alarak $K_3 \times P_2$ grafinin 1-düzenli ayrıt bağlantılılığını bulalım.



Şekil 1. K_3 ve P_2 graflarının kartezyen çarpımı



Şekil 2. $\lambda^{1r}(K_3 \times P_2)$ 'yi elde etmek için $K_3 \times P_2$ 'den silinmesi gereken ayrıtlar



Şekil 3. $\lambda^{2r}(K_3 \times P_2)$ 'yi elde etmek için $K_3 \times P_2$ 'den silinmesi gereken ayrıtlar

Şekil 2 ve Şekil 3 incelendiğinde, $K_3 \times P_2$ grafinin 1-düzenli ayrıt bağlantılılık sayısının 6, 2-düzenli ayrıt bağlantılılık sayısının ise 3 olduğu görülür. Şimdi bu değerleri, Teorem 3.3 ve Teorem 3.4'te verilen bağıntılar yardımıyla bulalım. O halde,

$$\lambda^{1r}(K_3 \times P_2) = \frac{3^2 \cdot 2}{2} - 3 = 6$$

ve

$$\lambda^{2r}(K_3 \times P_2) = \frac{3^2 \cdot 2}{2} - \frac{3 \cdot 2}{2} - 3 = 3$$

Teorem 3.6. m tek ve n çift olmak üzere,

$$\lambda^{1r}(K_m \times C_n) = \frac{m^2 n}{2}$$

dir.

İspat. Kartezyen çarpımın tanımından, $K_m \times C_n$ grafinin toplam ayrıt sayısının $mn + \frac{m(m-1)}{2}n$,

$C_m \times C_n$ grafinin ise $2mn$ ayrıtının olduğu biliniyor. $C_m \times C_n$ grafini referans alınarak ispat yapılabilir. Yine Teorem 2.19'den bilinmektedir ki

$$\lambda^{1r}(C_m \times C_n) = \frac{3mn}{2}$$

dir. $K_m \times C_n$ grafinin, $C_m \times C_n$ grafindan $\frac{mn(m-1)}{2} - mn$ fazla ayrıtı vardır. Dolayısıyla bu fazla

ayrıtların silinmesiyle $C_m \times C_n$ grafi elde edilir. $C_m \times C_n$ grafindan da uygun ayrıtların silinmesi ile

$K_m \times C_n$ grafi için 1-düzenli ayrıt-bağlantılılık elde edilmiş olur. Yani,

$$\begin{aligned} \lambda^{1r}(K_m \times C_n) &= \lambda^{1r}(C_m \times C_n) + \frac{mn(m-1)}{2} - mn \\ &= \frac{3mn}{2} + \frac{mn(m-1)}{2} - mn \\ &= \frac{m^2 n}{2} \end{aligned}$$

dir.

Teorem 3.7. m ve n çift olmak üzere,

$$\lambda^{2r}(K_m \times C_n) = \frac{mn(m-1)}{2}$$

dir.

İspat. Kartezyen çarpımın tanımından, $K_m \times C_n$ grafının toplam ayrıt sayısının $mn + \frac{m(m-1)}{2}n$,

$C_m \times C_n$ grafının ise $2mn$ ayrıtının olduğu bilinmektedir. $C_m \times C_n$ grafi referans alınarak ispat yapılabilir. Yine Teorem 2.20'dan bilinmektedir ki

$$\lambda^{2r}(C_m \times C_n) = mn$$

dir. $K_m \times C_n$ grafının, $C_m \times C_n$ grafından $\frac{mn(m-1)}{2} - mn$ fazla ayrıtı vardır. Dolayısıyla bu fazla

ayrıtların silinmesiyle $C_m \times C_n$ grafi elde edilir. $C_m \times C_n$ grafından da uygun ayrıtların silinmesi ile

$K_m \times C_n$ grafi için 2 - düzenli ayrıt-bağlantılılık elde edilmiş olur. Yani,

$$\begin{aligned} \lambda^{2r}(K_m \times C_n) &= \lambda^{2r}(C_m \times C_n) + \frac{mn(m-1)}{2} - mn \\ &= mn + \frac{mn(m-1)}{2} - mn \\ &= \frac{mn(m-1)}{2} \end{aligned}$$

dir.

Sonuç 3.8. m tek ve n çift olmak üzere,

$$\lambda^{1r}(K_m \times K_n) = \frac{mn}{2}(m+n-3)$$

dir.

İspat. Teorem 3.6'nın ispatına benzer şekilde yapılabilir.

Sonuç 3.9. m ve n çift olmak üzere,

$$\lambda^{2r}(K_m \times K_n) = \frac{mn}{2}(m+n-4)$$

dir.

İspat. Teorem 3.7'nin ispatına benzer şekilde yapılabilir.

4. Sonuç

Şartlı bağlantılılık, ağların topolojik olarak daha iyi anlaşılmasında önemli rol oynar. Düzenli bağlantılılık yeni bir şartlı bağlantılılık türü olup bir grafın düzenli olarak parçalanması esasına dayanır. Bu özelliği ile bir çok mühendislik probleminde yer alan bir ağın simetrik parçalanması

problemine büyük katkı sağlayacağı düşünülebilir. Bu çalışmada, hiperküp graflarında ve bir tam grafin yol, çevre ve bir tam grafla kartezyen çarpımından elde edilen graflarda 1-düzenli ve 2-düzenli ayrıt bağlantılılık değerleri hesaplanmıştır. Başka graf sınıflarının kartezyen çarpımlarında 1-düzenli ve 2-düzenli ayrıt bağlantılılık değerlerinin hesaplanması ileriki çalışmalar için düşünülebilir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynakça:

- Balbuena C., Marcote X. The p -restricted edge-connectivity of Kneser graphs. *Applied Mathematics and Computation* 2019; 343: 258-267.
- Deo N. *Graph Theory with applications to engineering and computer science*. Courier Dover Publications; 2017.
- Diestel R. *Graph theory*. Springer Science & Business Media. 2005.
- Ediz S., Çiftçi İ. On k -regular edge connectivity of chemical graphs. *Main Group Metal Chemistry* 2022; 45(1): 106-110.
- Fabrega J., Fiol MA. On the extraconnectivity of graphs. *Discrete Mathematics* 1996; 155: 49–57.
- Guo L., Zhang M., Zhai S., Xu L. Relation of extra edge connectivity and component edge connectivity for regular Networks. *International Journal of Foundations of Computer Science* 2021; 32(2): 137–149.
- Hao RX., Tian ZX., Xu JM. Relationship between conditional diagnosability and 2-extra connectivity of symmetric graphs. *Theoretical Computer Science* 2016; 627: 36-53.
- Harary F. Conditional connectivity. *Networks* 1983; 13(3): 347–357.
- Latifi S., Hegde M., Naraghipour M. Conditional connectivity measures for large multiprocessor systems. *IEEE Transactions on Computers* 1994; 43: 218–222.
- Li H., Yang W. Bounding the size of the subgraph induced by m vertices and extra edge-connectivity of hypercubes. *Discrete Applied Mathematics* 2013; 161(16-17): 2753-2757.
- Li P., Xu M. Fault-tolerant strong Menger (edge) connectivity and 3-extra edge-connectivity of balanced hypercubes. *Theoretical Computer Science* 2018; 707: 56-68.
- Li X., Lin CK., Fan J., Jia X., Cheng B., Zhou J. Relationship between extra connectivity and component connectivity in networks. *The Computer Journal* 2021; 64(1): 38–53.
- Lin L., Huang Y., Wang X., Xu L. Restricted connectivity and good-neighbor diagnosability of split-star networks. *Theoretical Computer Science* 2020; 824: 81-91.
- Liu X., Meng J. The k -restricted edge-connectivity of the data center network DCell. *Applied Mathematics and Computation* 2021; 396: 125941.
- Lü H. On extra connectivity and extra edge-connectivity of balanced hypercubes. *International Journal of Computer Mathematics* 2017; 94(4): 813-820.

- Lv M., Fan J., Zhou J., Cheng B., Jia X. The extra connectivity and extra diagnosability of regular interconnection networks. *Theoretical Computer Science* 2020; 809: 88-102.
- Ma T., Wang J., Zhang M. The restricted edge-connectivity of kronecker product graphs. *Parallel Processing Letters* 2019; 29(03): 1950012.
- Menger K. Zur allgemeinen Kurventheorie. *Fundamenta Mathematicae* 1927; 10: 96–115.
- Ou J., Zhao W. On restricted edge connectivity of strong product graphs. *Ars Comb.* 2015; 123: 55-64.
- Rahman MS. Basic graph theory. Cham: Springer. 2017.
- Tarakmi H., Azanchilar H., Ghasemi M., Ghodrattollah A. n-restricted edge connectivity of m-barrel fullerene graphs. *Iranian Journal of Science and Technology* 2021; 45(3): 997-1004.
- Wallis WD. A beginner's guide to graph theory. Springer Science & Business Media. 2007.
- Wang S., Wang Z., Wang M. The 2-extra connectivity and 2-extra diagnosability of bubble-sort star graph networks. *The Computer Journal* 2016; 59(12): 1839-1856.
- Wei CC., Hsieh SY. H-restricted connectivity of locally twisted cubes. *Discrete Applied Mathematics* 2017; 217: 330-339.
- West DB. Introduction to graph theory. Upper Saddle River: Prentice hall. 2001.
- Yang W., Li H. On reliability of the folded hypercubes in terms of the extra edge-connectivity. *Information Sciences* 2014; 272: 238-243.
- Zhang MM., Zhou J.X. On g-extra connectivity of folded hypercubes. *Theoretical Computer Science* 2015; 593: 146-153.
- Zhao W., Ou J. On restricted edge-connectivity of lexicographic product graphs. *International Journal of Computer Mathematics* 2014; 91(8): 1618-1626.
- Zhou JX. On g-extra connectivity of hypercube-like networks. *Journal of Computer and System Sciences* 2017; 88: 208-219.
- Zhu Q., Ma F., Guo G., Wang D. A new approach to finding the extra connectivity of graphs. *Discrete Applied Mathematics* 2021; 294: 265-271.

Üçgen ve Yüzgeç Kanat Girdap Üreteçlere Sahip bir Binek Aracın Aerodinamik İncelenmesi

Onur YEMENİCİ^{1*}, Halit KASAP²

¹Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa

²ÜÇEL Kauçuk Taşıt Araçları Otomotiv Yedek Parça San. Tic. A.Ş., Bursa

¹<https://orcid.org/0000-0003-0011-8343>

²<https://orcid.org/0000-0002-4523-3006>

*Sorumlu yazar: oseckin@uludag.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 13.11.2022

Kabul tarihi:05.06.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Binek araç

Sürüklenme katsayısı

Kaldırma katsayısı

Girdap üretici

ÖZ

Bu çalışmada 1:5 ölçekli bir binek araç üzerinden akışta aerodinamik karakteristikler farklı girdap üreteçlerinin etkisi altında sayısal olarak incelenmiş ve sonuçlar girdap üretici kullanılmamış durumdaki sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Aerodinamik sürüklenme direncini iyileştirmek için üçgen ve yüzgeç kanat girdap üreteçler kullanılmış ve analizlerde hava hızı 100 km/h olarak seçilmiştir. 8 adet girdap üretici, aracın arkasındaki akış ayrılma noktasının 15 mm ilerisindeki yukarı akışına 100 mm aralıklarla yerleştirilmiştir. Araç tasarımı ve akış alanının çözümü sırasıyla CATIA V5R21 ve ANSYS programı ile yapılmıştır. Analizlerde düzeltilmiş k-ε türbülans modeli ile geliştirilmiş duvar yaklaşımı birlikte kullanılmıştır. Sonuçlar araç arkasındaki akış alanının ve aerodinamik karakteristiklerin girdap üreteçlerinin varlığından ve yapısından etkilendiğini göstermiştir. Kaldırma katsayısındaki maksimum iyileşme üçgen kanat girdap üreticinin kullanıldığı modelde elde edilirken, sürüklenme katsayısı için yüzgeç kanat girdap üreticinin kullanıldığı modelde elde edilmiştir ve bu değerler sırası ile %3,31 ve %2,62'dir.

Investigation of Aerodynamic of a Passenger Car with Triangular and Fin Wing Vortex Generators

Research Article

Article History:

Received: 13.11.2022

Accepted: 05.06.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Passenger car

Drag coefficient

Lift coefficient

Vortex generator

ABSTRACT

In this study, aerodynamics characteristics on a 1:5 scale passenger car were studied under the effect of different vortex generators numerically and the results were compared with the results without the vortex generators. Triangle and fin wing vortex generators were used to improve aerodynamic drag resistance and the air velocity was chosen as 100 km/h in the analysis. 8 vortex generators are located at 100 mm intervals upstream of the flow separation point at the back of the vehicle roof at a distance of 15 mm. The vehicle design and the solution of the flow field were made with CATIA V5R21 and ANSYS program, respectively. The realizable k-ε turbulence model was used with the enhanced wall treatment in the analyses. The results showed that the flow fields and aerodynamic characteristics behind the vehicle were affected by the presence and structure of vortex generators. The maximum improvement in the lift coefficient was obtained in the model using the triangular wing vortex generator, the drag coefficient was obtained in the model using the fin wing vortex generator and these values were 3,31% and 2,62%, respectively.

Giriş

Araç aerodinamiği yakıt tüketimini, konforu ve yol tutuşunu doğrudan etkileyen en önemli faktörlerden biri olduğundan otomobil endüstrisi için çok önemlidir. Ters akış ve girdap bölgeleri aracın aerodinamik karakteristiklerine olumsuz etki ettiğinden, aracın üzerindeki akış ayrılmalarını geciktirip geniş girdap bölgelerinin oluşumunu engellemek için girdap üreteçleri kullanılmaktadır.

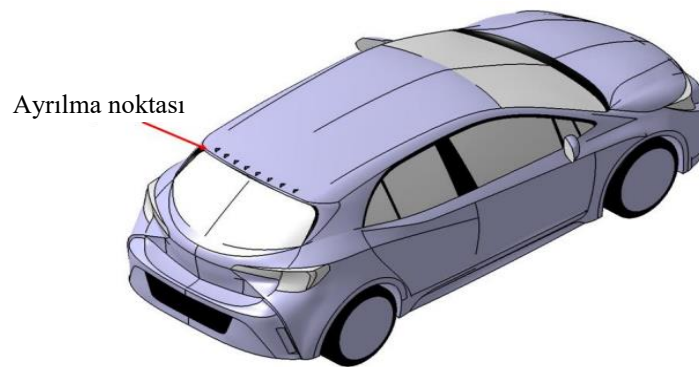
Arka kısmı kavisli Ahmed modeli üzerinde girdap üreteçleri kullanılan bir çalışma Beaudoin ve Aider (2008) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada üreteçlerin arasındaki uzaklık, yüzey ile yaptığı açı, akış hızı, kavisli yüzeydeki yeri, aralarındaki uzaklık ve diziliş şekilleri gibi birçok parametrenin etkisi incelenmiş ve sürüklenme direncinde maksimum %12 azalma elde edilmiştir. Aynı çalışmada motorlu girdap üreteçler kullanılması ise sürüklenme katsayısında %14 azalmaya neden olmuştur. Aider ve ark. (2010), 20-40 m/s aralığındaki serbest akış hızlarında klasik Ahmed modelinin arkasına bulunan farklı pozisyondaki kanatçıkların tesirini değerlendirmiştir. Sürüklenme kuvvetindeki en fazla azalma kanatçıkların arka eğimin üstüne (%15) ve yan kenarlarına (%17,6) konumlandırılması ile elde edilmiştir. Huminic ve Huminic (2020) yaptıkları çalışmada eliptik ve dairesel gövde altı difüzörlere sahip küt bir cismin aerodinamik değerlendirmesini yapmışlardır. Bu analizde difüzörlerin açısı ve uzunluğu, hatchback araçlar için uygun olan aralıklarda değiştirilmiştir. Kavisli difüzörlerin kullanılması yere basma kuvvetinde %20' den fazla artışa neden olmuş ve bu difüzörler düzlem difüzörlerle kıyaslandığında daha küçük sürüklenme değerlerine neden olmuştur. Sonuç olarak aerodinamik açıdan en uygun difüzörün kavisli kısa difüzörlerin olduğu tespit edilmiştir. Buscariolo ve ark. (2021) gövde altı difüzörlerine sahip klasik bir Ahmed modelinin yere basma kuvvetini incelemiştir. 0° ve 25° eğimli arka üst kısmı için iki tip konfigürasyon kullanılmıştır. Modelin difüzör açısının 30° ve arka üst eğiminin 0° olduğu durumda en yüksek negatif kaldırma ve sürüklenme kuvvetleri elde edilmiştir. Arka üst eğim 25° ve difüzör açısı 20° olduğunda maksimum negatif kaldırma kuvveti gözlemlenirken, maksimum sürüklenme kuvveti 30° difüzör açısında elde edilmiştir. Palanivendhan ve ark. (2021) girdap üreteçlerine sahip sedan bir araç üzerindeki aerodinamik direnci, üreteçlerin hücum açıları ve sayılarının etkisinde araştırmışlardır. Sürüklenme katsayısı değerlerinde %12 ile %15 arasında bir azalma elde etmiştir. Verma ve ark. (2021) binek bir aracın arkasına belirli yükseklikte yerleştirilen dudak şeklindeki rüzgarlık açısının sürüklenme ve kaldırma kuvvetine etkisini incelemiştir. Rüzgarlık açısının artması ile sürüklenme kuvveti azalmış ve hem sürüklenme hem de yere basma kuvveti açısından en uygun açının 6° ile 10° arasında olduğu tespit edilmiştir. Bruneau ve ark. (2014) Ahmed modelinin arka kısmındaki akışı kontrol ederek aerodinamik direncin azaltılması ile ilgili sayısal bir çalışma yapmış ve sürüklenme katsayısında %31'lik bir azalma kaydetmiştir. Selvi Rajan ve ark. (2013) iki farklı tip girdap üreticisine sahip 1:10 ölçekli ahşap bir araç modelini girdap üreteçlerinin konumlarına bağlı olarak incelemiştir. Sonuçlar girdap üreteçlerin tavanın ön kısmına yerleştirildiğinde direnç katsayısının önemli derecede azaldığını göstermiş ve sürüklenme katsayısında

%22 civarında düşüş elde edilmiştir. Farklı biçimlerdeki girdap üreteçlere sahip binek bir otomobilin sürtünme direnci Subbiah ve ark. (2020) tarafından sayısal olarak incelemiştir. Girdap üreteçlerin varlığının sürüklenme kuvvetlerini azalttığı ve tasarımlarının da bu kuvvetler üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Koike ve ark. (2004) araçların arka kısımdaki ayrılmayı kontrol etmek amacıyla ayrılma noktasının hemen üstüne üçgen kanat ve yumru şekillerinde girdap üreteçleri ekleyerek deneyler gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlar üçgen kanat şeklindeki üreteçlerin yumru şeklindekilerden daha verimli olduğunu göstermiştir. Gillieron ve Kourta (2010) basit bir araç modelinin ön ve arkasına çeşitli açılarda dikey ayırıcılar kullanarak sürüklenme kuvvetini azaltmayı amaçlayan bir çalışma yapmışlardır. Dikey plakaların modelin ön kısmında sıfır eğrilik açısı ile konumlandırıldığında yaklaşık %28'lik bir azalma elde edildiği belirlenmiştir.

Bu çalışmada, 1:5 ölçekli bir binek aracın arka kısmında gerçekleşen akış ayrılmasının yukarı akımına iki farklı tip girdap üreteçleri konumlandırılarak modelin aerodinamik analizi sayısal olarak yapılmış ve sonuçlar girdap üretici kullanılmamış durumdaki sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Çalışmada 8' er adet üçgen ve yüzgeç kanat girdap üreteçler kullanılırken, analizler düzeltilmiş k-ε türbülans modeli ile hava hızı 100 km/h için yapılmıştır.

Materyal ve Metot

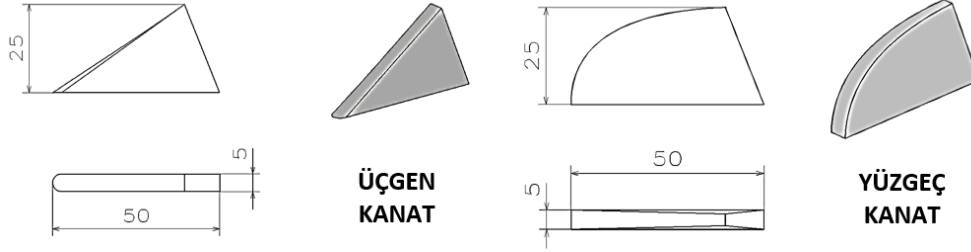
Bu bölümde sayısal modelleme kurulumu, araç ve girdap üreteçlerinin geometrisi, sınır şartları, hesaplama alanı boyutları, ağ yapıları ve korunum denklemleri açıklanmıştır. Araç geometrisi ve hesaplama alanı, CATIA V5R21 programı kullanılarak modellenmiştir. Modelin genel hatları üç boyutlu eğrilerle oluşturulduktan sonra yüzey modellemeyle aracın dış formları tasarlanarak katı model elde edilmiştir. Oluşturulan modelin izometrik görünüşü ve kullanılan girdap üreteçlerin araç üzerindeki konfigürasyonu Şekil 1' de verilmiştir.



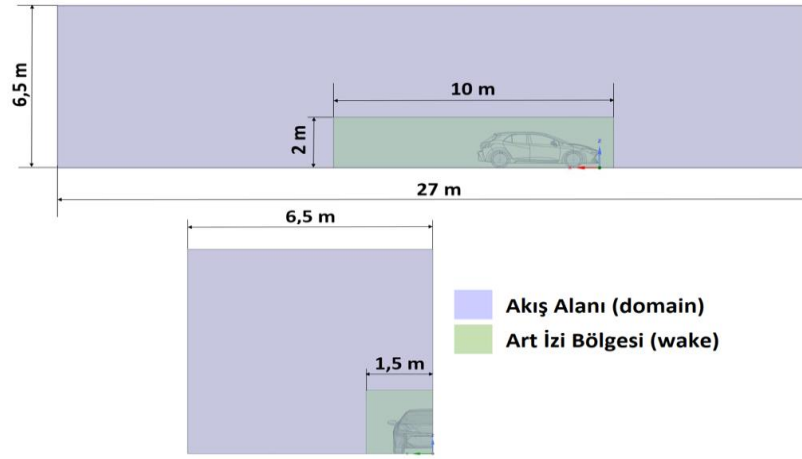
Şekil 1. Modelin izometrik görünüşü ve girdap üreteçlerin araç üzerindeki konfigürasyonu

Şekil 2' de aerodinamik sürüklenme direncini iyileştirmek için tasarlanan üçgen ve yüzgeç kanat girdap üreteçler gösterilirken, çözüm için oluşturulan akış alanı ve boyutları Şekil 3' te verilmiştir.

Girdap üreteçler, modelin arkasındaki akış ayrılma noktasının 15 mm uzaklıktaki yukarı akışına 100 mm aralıklarla 8 adet olacak şekilde konumlandırılmıştır.

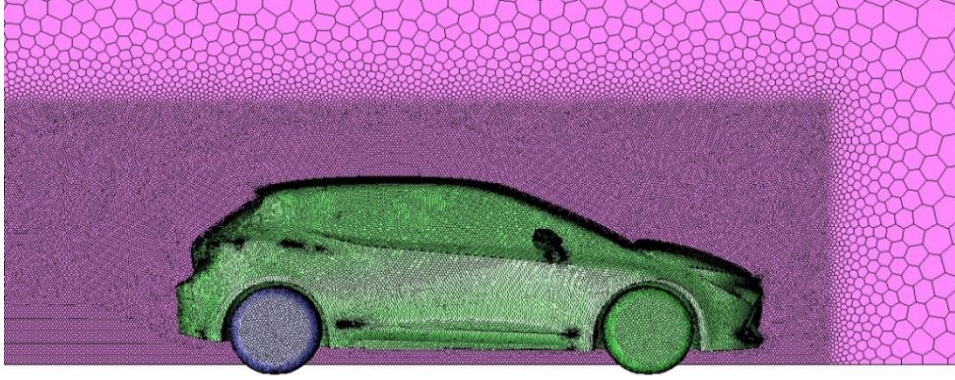


Şekil 2. Üçgen ve yüzgeç kanat girdap üreteçler



Şekil 3. Art izi ve akış alanı bölgesi

Araç yüzeyine yakın bölge ve art izi bölgesinin doğru modellenmesi sonuçların güvenilirliği için çok önemlidir. Bu nedenle çözüm alanında ağ oluşturulurken, araç yakınındaki bölge ve art izi bölgesi için hacim kaynağı kullanılmış ve bu bölgelerdeki hücre sayıları artırılmıştır. Tekerlekler, tekerlek ve araç gövdesinin yer ile temaslı bölgelerinde hücre sayıları artırılmış ve duvar yakını bölgede sınır tabaka katmanları kullanılmıştır. Şekil 4’de çözüm alanının ağ yapısı verilmiştir. Gerçekleştirilen analizlerin doğruluğu için girdap üreteçsiz model üzerinde 1975128, 3464701 ve 4638759 hücre sayısı ile ağdan bağımsızlık çalışması yapılmıştır. Ağ bağımsızlığı hesaplamaları ortalama sürüklenme katsayılarına bağlı olarak yapılmıştır. En kaba, orta ve en ince ızgara için ortalama sürüklenme katsayıları değerleri 0.355, 0.313 ve 0.312 olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak 3464701 hücre sayısının doğruluk açısından yeterli olduğu belirlenmiş ve analizler orta ızgara ile gerçekleştirilmiştir. Akış alanında oluşturulan 3464701 karışık hücre ve 12442656 yüzeyden oluşan ağ yapısı daha çok poligonal hücrelerden meydana gelmektedir. Elde edilen ağ yapısının çarpıklık oranı 0.71 ve minimum ortogonal kalitesi 0.31 olarak çok iyi seviyededir. Havanın giriş hızı 100 km/h ve çıkış atmosferik ortam olarak ele alınırken, aracın tekerlekleri dönel hareketli sınır şartı olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4. Akış alanı ağ yapısı

Akış alanının çözümü ve aerodinamik analizler ANSYS FLUENT programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu programda basınç ve yoğunluk tabanlı iki ana çözücü vardır ve çalışmada gerçekleştirilen analizlerde basınç tabanlı çözücü seçilmiştir. Hız-basınç birleşiminde SIMPLE algoritması kullanılırken, denklemlerin çözümü ikinci dereceden ayrıklaştırma yöntemi ile yapılmıştır. Sıkıştırılamaz, sürekli bir akış için süreklilik ve momentum denklemleri Eşitlik (1) ve (2)' de verilmiştir.

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad (1)$$

$$\rho \frac{\partial u_i u_j}{\partial x_j} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \mu \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) + \rho \frac{\partial}{\partial x_j} (-\overline{u'_i u'_j}) \quad (2)$$

Reynolds gerilmesi $-\overline{u'_i u'_j}$ terimi ise Eşitlik (3) ile verilmiştir.

$$-\overline{u'_i u'_j} = \mu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (3)$$

Burada μ_t türbülans viskozitesini ifade etmektedir. Analizler düzeltilmiş (realizable) k-ε türbülans modeli ile yapılmıştır. k ve ε sırasıyla türbülans kinetik enerji ve yayılım oranını ifade etmektedir. Araç dışı akışların aerodinamik modellenmesinde düzeltilmiş k-ε türbülans modeli yaygın olarak kullanılmakta ve deneysel sonuçlara daha yakın sonuçlar vermektedir. Literatürde k-ε türbülans modelinin Menter-Lechner ya da geliştirilmiş duvar yaklaşımıyla kullanılması önerilmektedir. Tüm ε-denklemleri tabanlı modellerde geliştirilmiş duvar yaklaşımı (EWT) y^+ -duyarsız bir formülasyon sunmaktadır. Bu çalışmada da düzeltilmiş k-ε türbülans modeli ile geliştirilmiş duvar yaklaşımı ile birlikte kullanılmış ve yakınsama kriteri 1×10^{-6} olarak alınmıştır. Eşitlik (4) ve (5)' te transport denklemleri verilmiştir.

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho k) + \rho \frac{\partial}{\partial x_i} (k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + P_k + P_b - \rho \epsilon - Y_M + S_k \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho\epsilon) + \rho \frac{\partial}{\partial x_i}(\epsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right] + \rho C_1 S_\epsilon - \rho C_2 \frac{\epsilon^2}{k + \sqrt{\nu \epsilon}} + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon^2}{k} C_{3\epsilon} P_b + S_\epsilon \quad (5)$$

Burada $C_1 = \max \left[0,43, \frac{\eta}{\eta+5} \right]$, $\eta = S \frac{k}{\epsilon}$, $S = \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$ and $S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right)$ olarak ifade edilmektedir. P_k ve P_b sırasıyla hız gradyanları ve kaldırma kuvvetinden kaynaklanan türbülans kinetik enerji üretimidir. Y_M türbülansın tüm yayılma hızına oranı olarak tanımlanır. $C_{1\epsilon}$, $C_{2\epsilon}$, σ_k ve σ_ϵ değerleri sırasıyla 1,44; 1,9; 1,0 ve 1,2'dir.

Sürüklenme ve kaldırma katsayısı sırasıyla Eşitlik (6) ve (7) ile ifade edilmektedir.

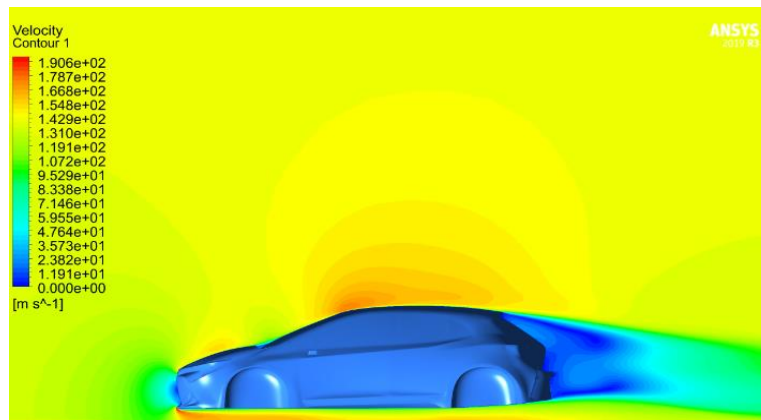
$$C_d = F_d / (0.5 \rho U_\infty^2 A) \quad (6)$$

$$C_l = F_l / (0.5 \rho U_\infty^2 A) \quad (7)$$

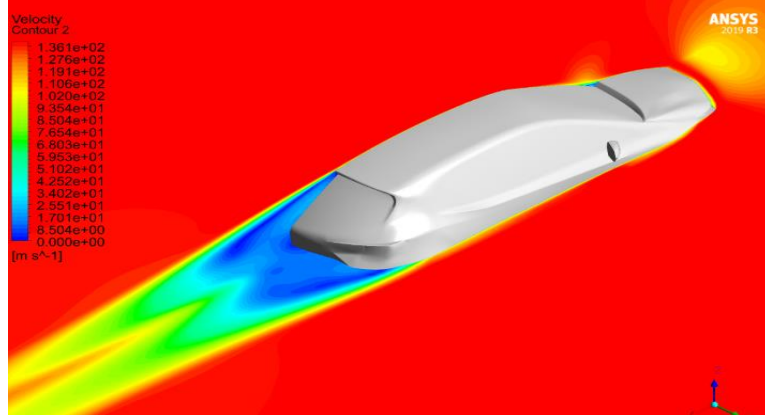
Burada F_d ve F_l sırasıyla araç üzerine etki eden toplam sürüklenme ve kaldırma kuvveti, ρ akışkanın yoğunluğu, U_∞ serbest akış hızı ve A aracın hava akışına dik kesit alanıdır.

Bulgular ve Tartışma

Analizler girdap üreteç kullanılmamış ve üçgen ve yüzgeç kanat girdap üreteçlerine sahip 1:5 ölçekli bir binek araç üzerinde 100 km/s akış hızında gerçekleştirilmiştir. Şekil 5' de girdap üreteçsiz modelin hız konturu simetri düzleminde verilirken, Şekil 6' da aynı modelin simetri ve $z=0,5h$ -xy düzlemlerinin kesiştirilmesi ile bulunan art izi bölgesindeki hız konturu verilmiştir. Aracın ön kısmı, aracın durma noktası olduğu için düşük hız değerlerine maruz kalmıştır. Tavan ve ön kaputun ortalarında akışın hızlandığı görülürken, maksimum hız tavanın ön kısmında elde edilmiştir. Aracın arka kısmında serbest akış hız değerlerinin altında hız değerleri elde edilmiştir. Art izi bölgesi olarak bilinen bu bölgedeki düşük hız değerleri aracın arka kısmında gerçekleşen akış ayrılması ve yeniden birleşme bölgeleri ile açıklanabilir.

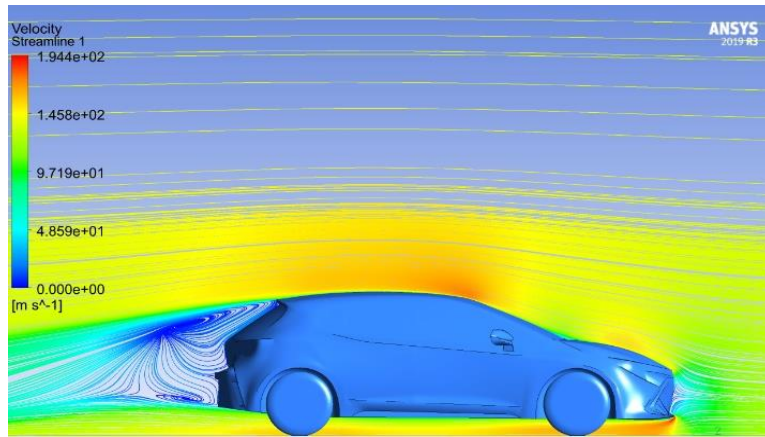


Şekil 5. Girdap üreteçsiz modelin hız konturu

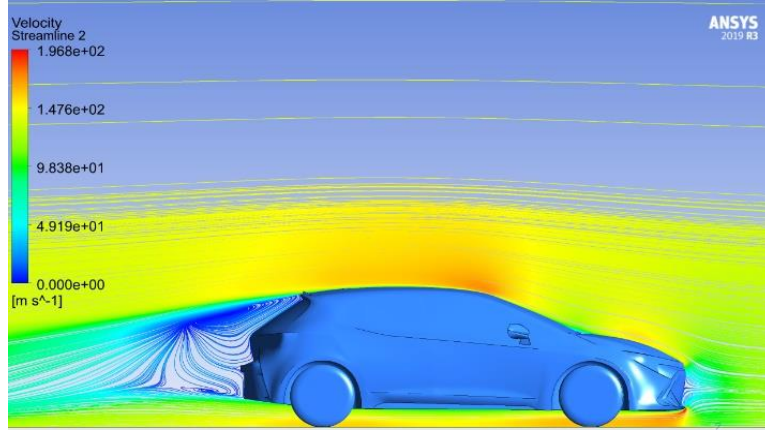


Şekil 6. Girdap üretçsiz modelin art izi bölgesindeki hız konturu

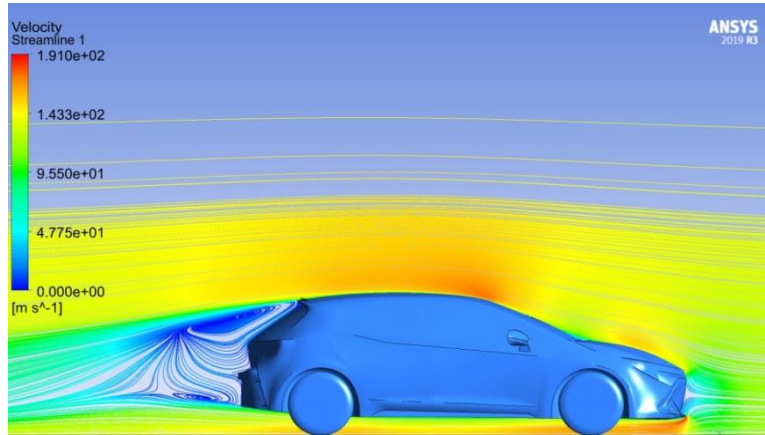
Girdap üretçsiz, üçgen girdap üretçli ve yüzgeç girdap üretçli modellerin simetri düzlemlerindeki akış çizgileri Şekil 7 (a-c)'da sırasıyla verilmiştir. Her üç modelde de hava aracın ön kısmına çarparak aracın tavan ve alt yüzeylerinden akmıştır. Aracın arka kısmında bagaj ve tampona yakın bölgede iki adet girdap oluşur. Daha sonra bu girdap bölgeleri birleşerek aracın art izi kısmında geniş bir dolaşım bölgesi oluşturmuştur. Aracın arkasında kısmında vortekslerden kaynaklanan düşük hızlı bölgeler elde edilmiş ve bu bölgeden uzaklaştıkça hız artmıştır. Aracın ön camı ile üst tavanının birleştiği yere yakın bölgede ve havanın çarptığı aracın ön tamponunun alt kenarında yüksek hızlar elde edilmiştir. Girdap üretçi kullanılmayan modelde aracın arkasında oluşan büyük girdap oluşumu aracın aerodinamiğine olumsuz etki etmektedir. Girdap üretçi kullanılan modellerde ise üretçlerin varlığı akış yapılarını etkileyerek, arka kısmında oluşan dolaşım bölgesindeki akış çizgileri ve büyüklüklerinde değişime neden olmuştur. Girdap üretçlerinin kullanılması ile araç üzerindeki akış ayrılması geciktirilerek büyük girdap oluşumlarının önüne geçilmiş ve daha küçük art izi bölgesi oluşmuştur. Girdap üretçleri akış yönünde girdaplar oluşturmuş, akış ayrılma noktasını daha ileri kaydırmış ve dolayısıyla ayrılma bölgesini küçültmüştür. Aracın arka kısmında oluşan minimum dolaşım bölgesinin uzunluğu yüzgeç kanat girdap üretçlerine sahip modelde elde edilirken, en büyük uzunluk değeri girdap üretçi kullanılmayan modelde elde edilmiştir.



a. Girdap üretçi kullanılmamış model



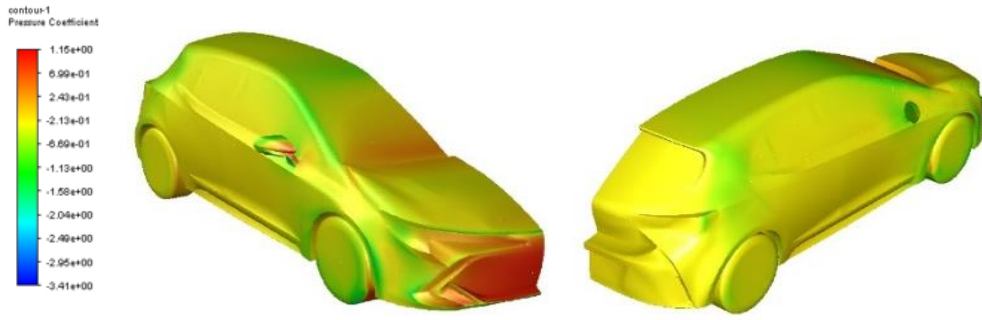
b. Üçgen kanat girdap üreteç kullanılmış model



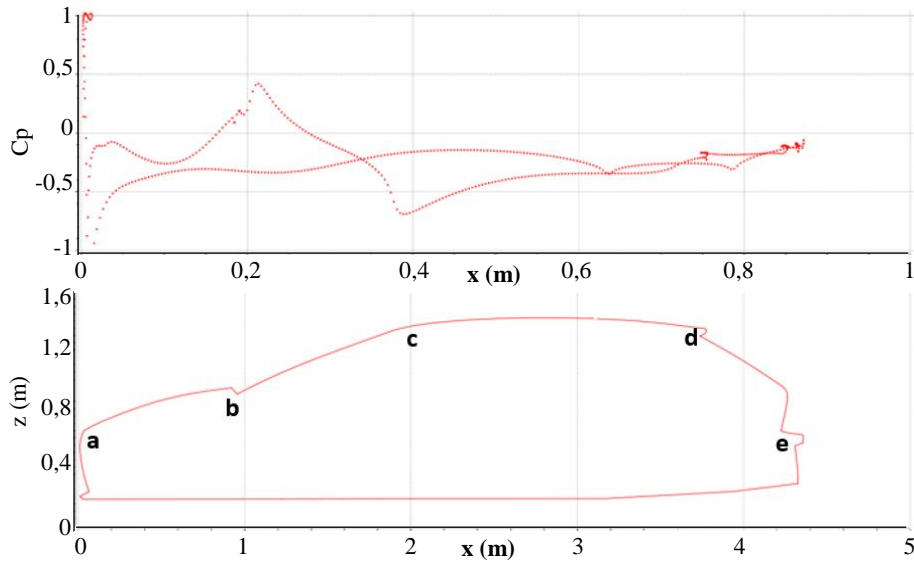
c. Yüzgeç kanat girdap üreteç kullanılmış model

Şekil 7. Çalışmada kullanılan tüm modellerin simetri düzlemlerindeki akış çizgileri

Şekil 8’ de girdap üreteç kullanılmamış model üzerindeki basınç katsayısı dağılımı izometrik olarak verilirken, Şekil 9’ da aynı modelin basınç katsayısı dağılımı simetri düzleminde verilmiştir. Elde edilen bu basınç dağılımı eğrileri Altınışik (2013) tarafından yapılan çalışmayla, aracın arka kısmında elde edilen veriler dışında, uyum göstermektedir. Modellerin arka bölgelerinde izlenen farklılığın nedeni bu çalışmada hatchback araç kullanılmasıdır. Aracın ön kısmında ızgaralıkların olduğu bölge, ön camın alt ve aynanın ön kısımlarında pozitif basınç yüksektir. Ön kaputun üst, tavan ve aracın arka bölgelerinin ise negatif basıncın etkisinde olduğu görülmektedir. Dikiz aynasının önü ve aracın ön bölgesi durma noktası olduğundan bu bölgelerde en yüksek pozitif basınç değerleri tespit edilmiştir. Kaputun ön kısmından başlayarak sileceklere kadar olan bölgede (ön camın alt bölgelerinde) basınçta yine bir artış gözlenmiştir. Tavanın ön kısmında, basınç negatif değerlere düşmüş ve tavanın arkasına doğru tekrar basınç artmıştır. Aracın arka kısmına doğru basıncın arttığı belirlenmiştir.

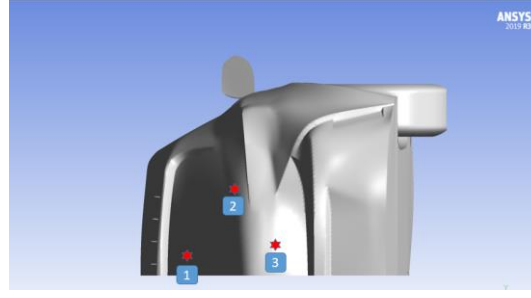


Şekil 8. Girdap üreteçsiz model üzerindeki C_p dağılımı



Şekil 9. Girdap üreteçsiz modelin basınç katsayısı dağılımı

Girdap üreteçsiz ve girdap üreteçli modellerin arka bölgesindeki basınç değerlerini kıyaslamak amacıyla oluşturulan 3 adet nokta Şekil 10'da gösterilmiş ve bu noktalara göre basınç değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Girdap üreteçlerin kullanılması sonucunda üçgen kanat girdap üreteçli modelin 3. noktası hariç tüm noktalarda basıncın arttığı gözlemlenmiştir. Modelin arkasındaki basıncın artması ile ön ve arka kısmında oluşan basınç farkı azalmış dolayısıyla daha küçük basınç direnci elde edilmiştir. En çok basınç artışı %5,89'luk değerle yüzgeç kanat girdap üreteç kullanılan modelin 1 numaralı noktasında gözlemlenmiştir.



Şekil 10. Aracın arka kısmında belirlenen noktalar

Tablo 1. Çalışmada kullanılan modellerin basınç değerleri [Pa]

	Nokta 1	Nokta 2	Nokta 3
GİRDAP ÜRETEÇSİZ	-2206,97	-2470,19	-1458,23
ÜÇGEN KANAT	-2173,23	-2433,05	-1467
YÜZGEÇ KANAT	-2084,13	-2354,17	-1389,33

Tablo 2’ de girdap üreteç kullanılan ve kullanılmayan modeller için sürüklenme ve kaldırma katsayılarının değerleri verilmiştir. Girdap üreteç kullanılmamış modelin kaldırma ve sürüklenme katsayısı sırasıyla 0,313 ve 1,000 olarak elde edilmiştir. Girdap üreteci kullanmanın temel amacı akış ayrılmasını kontrol ederek sürüklenme katsayısını düşürmektir. Girdap üreteçleri kullanılarak aracın arka kısmındaki basınç farkı azaltılmış ve dolayısıyla aracın sürüklenme katsayısı değerlerinde iyileşmeler elde edilmiştir. Ayrıca girdap üreteçlerin tasarımlarının da bu kuvvetler üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Minimum sürüklenme katsayısı yüzgeç kanat girdap üretecinin kullanıldığı modelde elde edilmiştir. Araç üzerinde yüzgeç kanat girdap üretecin kullanılması ile sürüklenme katsayısında %2,62 oranında bir iyileştirme elde edilmiştir. Kaldırma katsayısının en düşük değeri ise üçgen kanat girdap üreteç kullanılan modelde tespit edilmiştir. Girdap üreteç kullanılmayan model ile kıyaslandığında kaldırma katsayısında %3,31’ lik bir azalma sağlanmıştır.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan modellerin sürüklenme ve kaldırma katsayıları

MODEL	SÜRÜKLENME KATSAYISI C_d	KALDIRMA KATSAYISI C_l
GİRDAP ÜRETEÇSİZ	0,313	1,000
ÜÇGEN KANAT	0,309	0,967
YÜZGEÇ KANAT	0,305	0,979

Sonuç

Girdap üreteçsiz, üçgen girdap üretece ve yüzgeç girdap üretece sahip 1:5 ölçekli bir binek araç modellerinin aerodinamik analizleri sayısal olarak incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Tüm modellerde aracın ön kısmı ve art izi bölgesinde düşük hız değerleri elde edilirken, maksimum hız araç tavanının ön kısmında elde edilmiştir. Modellerin arka kısmında bagaj ve tampona yakın

bölgelerde iki adet girdap oluşmuş ve bu girdap bölgeleri birleşerek aracın art izi kısmında geniş bir dolaşım bölgesi oluşturmuştur. Dolaşım bölgesinin minimum uzunluğu yüzgeç kanat girdap üreteçlerine sahip modelde elde edilirken, en büyük uzunluk değeri girdap üreteç kullanılmayan modelde elde edilmiştir. Üçgen ve yüzgeç kanat girdap üreteçlerin kullanılması aracın art izi bölgesinin akış yapısında değişimlere neden olmuş ve bu değişimler sürüklenme ve kaldırma katsayılarını da etkilemiştir. Minimum sürüklenme katsayısı yüzgeç kanat girdap üretecin kullanıldığı modelde elde edilirken, maksimum değer girdap üreteç kullanılmamış modelde elde edilmiştir. Üçgen kanat girdap üretece sahip model üzerinden akış en düşük kaldırma katsayısına sahipken, girdap üreteç kullanılmayan model en yüksek kaldırmaya maruz kalmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye %50 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

Kaynakça

- Aider JL., Beaudoin JF., Eduardo WJ., Eduardo J. Drag and lift reduction of a 3D bluff-body using active vortex generators. *Experiments in Fluids* 2010; 5: 771–789.
- Altınışık A. Binek araç modeli üzerindeki aerodinamik analizlerin deneysel ve sayısal olarak incelenmesi. Doktora tezi, Uludağ Üniversitesi 2013.
- ANSYS Help.
- Beaudoin JF., Aider JL. Drag and lift reduction of a 3D bluff body using flaps. *Experiments in Fluids* 2008; 44(4): 491–501.
- Bruneau CH., Creusé E., Gilliéron P., Mortazavi I. Effect of the vortex dynamics on the drag coefficient of a square back Ahmed body: Application to the flow control. *European Journal of Mechanics, B/Fluids* 2014; 45: 1–11.
- Buscariolo FF., Assi GRS., Sherwin SJ. Computational study on an Ahmed Body equipped with simplified underbody diffuser. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 2021; 209(1): 104411.
- Gilliéron P., Kourta A. Aerodynamic drag reduction by vertical splitter plates. *Experiments in Fluids* 2010; 48(1): 1–16.
- Huminic A., Huminic G. Aerodynamics of curved underbody diffusers using CFD. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 2020; 205.
- Koike M., Nagayoshi T., Hamamoto N. Research on aerodynamic drag reduction by vortex generators, *Mitsubishi Motors Technical Review* 2004; 16.

- Palanivendhan M., Chandradass J., Bannaravuri PK., Philip J., Shubham K. Aerodynamic simulation of optimized vortex generators and rear spoiler for performance vehicles. *Materials Today: Proceedings* 2021; 45: 7228–7238.
- Selvi RS., Harikrishna P., Senthilkumar S., Parammasivam KM. Aerodynamic drag reduction on a sedan car by provision of vortex generators through wind tunnel studies. National Conference on wind tunnel testing, August 2013, Thiruvananthapuram.
- Subbiah G., Allaudeen AS., Janarthanam H., Mani P., Gnanamani S., Raja KSS., Raja TA. Computational investigation and design optimization of vortex generator for a sport utility vehicle using CFD. *AIP Conference Proceedings* 2020; 2311.
- Verma RP., Kumar Chaudhary N., Avikal S. Effect of direction of lip spoiler on the aerodynamic performance of a small passenger vehicle. *Materials Today: Proceedings* 2021; 46(20): 10301-10305.

Kimyasal Yüzeysel İşlem ve Epoksi Kaplama Tekniğinin Yapıştırma Bağlantı Dayanımına Etkisi

İclal AVİNÇ AKPINAR^{1*}

¹Erzurum Teknik Üniversitesi, Rektörlük, İş Sağlığı ve Güvenliği Koordinatörlüğü, 25050, Erzurum

¹<https://orcid.org/0000-0001-9994-6733>

*Sorumlu yazar: iclal.akpinar@erzurum.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 01.04.2023

Kabul tarihi: 02.07.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Kimyasal dağlama

Yapıştırıcı

Epoksi kaplama

Çekme testi

Mukavemet

ÖZ

Yapıştırma bağlantıları, iki farklı tür malzemenin birleştirilmesine olanak sağlayan bir birleştirme yöntemidir. Bu birleştirme yönteminin dayanımını etkileyen iki önemli faktör vardır. Bu faktörlerden biri yapıştırılacak yüzeyin özellikleri (yüzey pürüzlülüğü ve modifikasyonu) diğeri ise yapıştırıcının mukavemetidir. Bu nedenle yapıştırma bağlantısının dayanımını artırmak için yapıştırıcının yapıştırılan yüzeye tutunma kabiliyetinin artırılması gerekmektedir. Yapıştırılan yüzeylere farklı tür yüzey işlemleri uygulanarak, yapıştırıcının yüzeye tutunma kabiliyeti artırılması amaçlanmıştır. Sunulan çalışmada, kimyasal yüzey işlemi ile yapıştırılan yüzeylerin pürüzleştirilmesi ve pürüzleştirilen yüzeylerde oluşan mikro boşluklara yapıştırıcının daha iyi nüfuz etmesi için epoksi kaplama yöntemi kullanılarak elde edilen yapıştırma bağlantılarının mukavemeti incelenmiştir. Sonuç olarak; kimyasal yüzey işlemi ile alüminyum yüzeylerde oluşan pürüzlülük değeri dağlama süresine bağlı olarak değişmektedir. Buna göre optik mikroskop ile elde edilen pürüzlülük değerleri açısından en ideal NaOH dağlama süresi 30 dakika olduğu görülmüştür. Yüzeyine kimyasal dağlama işlemi uygulanmış yapıştırma bağlantılarının dayanım kapasitesi yaklaşık %18 artmaktadır. Ancak pürüzlülüğünden dolayı yüzeyde oluşan mikro boşluklara yapıştırıcının nüfuz edememesi bağlantı mukavemetinin artışını sınırlamaktadır. Bu nedenle mikro boşluklara yapıştırıcının nüfuz edebilmesi için yüzeye epoksi kaplama yöntemi uygulanmış olup, bunun neticesinde bağlantının kayma dayanımındaki artış oranı yaklaşık %43 düzeyine çıkarılmıştır.

The Effect of Chemical Surface Treatment and Epoxy Coating Technique on Bonding Strength

Research Article

Article History:

Received: 01.04.2023

Accepted: 02.07.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Chemical etching

Adhesive

Epoxy coating

Tensile test

Strength

ABSTRACT

Adhesive joints are a bonding method that allows two different types of materials to be joined. There are two important factors that affect the strength of this bonding method. One of these factors is the properties of the surface to be bonded (surface roughness and modification) and the other is the strength of the adhesive. Therefore, in order to increase the strength of the adhesive joint, it is necessary to increase the adhesion ability of the adhesive to the adhered surface. It is aimed to increase the adhesion ability of the adhesive to the surface by applying different types of surface treatments to the adhered surfaces. In the present study, the strength of the adhesive joints obtained by using the epoxy coating method was investigated in order to roughen the bonded surfaces by chemical surface treatment and better penetration of the adhesive into the microvoids formed on the roughened surfaces. In conclusion; The roughness value formed on aluminum surfaces by chemical surface treatment

changes depending on the etching time. Accordingly, in terms of the roughness values obtained with the optical microscope, the ideal NaOH etching time was 30 minutes. The strength capacity of adhesive joints on which chemical etching has been applied increases by approximately 18%. However, the inability of the adhesive to penetrate the micro-voids formed on the surface due to the roughness limits the increase in the bond strength. For this reason, epoxy coating method was applied to the surface in order for the adhesive to penetrate into the micro-voids, and as a result, the rate of increase in the shear strength of the connection was increased to approximately 43%.

To Cite: Avinç Akpınar İ. Kimyasal Yüzey İşlemi ve Epoksi Kaplama Tekniğinin Yapıştırma Bağlantı Dayanımına Etkisi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 438-453.

Giriş

Endüstride birçok yapı, aynı veya farklı nitelikteki malzemelerin birleştirilmesini gerektirmektedir. Bu nedenle yapısal birleştirmede kaynak, perçin gibi birçok geleneksel teknik vardır ve bunların her birinin avantaj ve dezavantajları vardır. Özellikle havacılık alanındaki yapısal birleştirmelerde ise yapıştırıcıyla birleştirmenin avantajlarından dolayı bu yöntem sıklıkla kullanılmaktadır. Yapıştırma bağlantıları; geleneksel bağlantı yöntemlerinde olduğu gibi ergime sonucu kristal yapıda değişikliğe sebep olmaması, gerilme yığılmaları oluşturmaması, ergime sıcaklıkları altında birleşme işleminin gerçekleşmesi ve ayrıca daha düzgün ve temiz yüzeyler elde edilebilmesi açısından önemli avantajlar sunmaktadır (Higgins, 2000; Edwards, 1998; Grant ve ark., 2009).

Havacılık alanında kullanılan yapıştırma bağlantıları çevresel faktörlere maruz kaldığından dolayı, yapıştırıcıların yapıştırılan malzemelerin yüzeyine tutunma kabiliyetlerini azaltmaktadır. Bu durum bağlantının mekanik mukavemetini önemli ölçüde azaltmaktadır. Bağlantı mukavemetindeki bu azalmayı sınırlandırmak ve daha yüksek seviyede bir bağ kuvveti elde edebilmek için, yapıştırılan malzemeye yüzey ön işlemleri uygulanması gereklidir. Yüzey ön işlemleri ile ilgili literatürde yapılan çalışmaların amacı, yüzeyde pürüzlülük oluşturularak yapışma yüzey alanlarının genişletilmesi ve yüzeydeki kirleticilerin ve yapıştırmada olumsuz tabakaların giderilmesi ile bağlantının fiziksel ve kimyasal bağ kuvvetlerinin oluşturulmasını sağlamaktır.

Yapıştırıcıyla birleştirilmiş bağlantılarda bağlantı mukavemetini artırmak için yapılan yüzey ön işlemleri iki farklı yöntem ile yapılmaktadır. Bunlardan ilki mekanik aşındırma (zımparalama ve kumlama yöntemi) ile yapıştırılan yüzeyin pürüzleştirilmesidir. Pürüzlülük, iki yüzey arasında mekanik kilitleme ve bu yüzeyler arasında temas alanının artmasından dolayı yapıştırma bağlantılarının dayanımını etkileyen bir parametredir. Bu konuda literatürde yapılan birçok çalışma bulunmaktadır (Ghumatkar ve ark., 2016; da Silva ve ark., 2009; Paz ve ark., 2016; Safari ve ark., 2022; Rudawska ve ark., 2016). Jianpeng ve ark. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, mekanik yüzey pürüzlülüğü işlem için P80, P180, P320, P600 ve P800 nolu beş farklı zımpara kâğıdı kullanmıştır. Kullanılan bu beş farklı zımpara kâğıdı ile sırasıyla 2,06, 1,19, 0,85, 0,68 ve 0,52 µm yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiş ve bu metalik malzemeler yapıştırıcıyla birleştirilerek tek tesirli bindirme bağlantıları çeki testine tabi tutulmuştur. Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre,

pürüzlülüğün 0,85 μm 'ye kadar artırılması bağlantının kayma dayanımını yaklaşık %57 artırmaktadır. Ancak pürüzlülük değerinin daha fazla artırılması bağlantının dayanımını azalttığı ifade edilmiştir. Spaggiari ve ark. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada ise, mekanik yüzey pürüzlülüğü işlem için zımparalama, kumlama ve tırtıklama gibi üç farklı yöntem kullanmıştır. Zımparalama işlemi için P20 nolu zımpara kâğıdı, kumlama işlemi için 125 μm boyutunda alüminyum parçacıkları ve tırtıklama işlemi için ise soğuk plastik deformasyonlara neden olan elmas biçimli bir zımba kullanılmıştır. Üç farklı yöntem ile yüzeyi pürüzleştirilen metal parçaların yüzey pürüzlülük değerleri sırasıyla 1,99, 1,95 ve 3,85 μm olup, yapıştırıcıyla birleştirilen tek tesirli ve çift tesirli bindirme bağlantılarının mekanik dayanımları incelenmiştir. İnceleme sonucunda, zımpara kâğıdı ve kumlamanın en iyi performansı gösterdiği ve özellikle çelik bağlantılar olmak üzere birçok durumda koheziv bir hasar (yapıştırıcı tabakasının içerisinde oluşan hasar) oluştuğu anlaşılmaktadır. Ayrıca bağlantı mukavemeti açısından yapıştırılan malzemelerin elle zımparalanması kumlama işlemine göre daha iyi sonuç verdiği, ancak kumlama işlemi ile elde edilen bağlantıların daha kararlı ve tekrarlanabilir sonuçlara sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Yapıştırılan malzemenin yüzeyini pürüzleştirmek için diğer bir yöntem ise, kimyasal yüzey ön işlemdir. Bu kimyasal yüzey ön işlemi uygulayarak yapıştırma bağlantı dayanımını artırmaya yönelik literatürde birçok çalışma yapılmıştır (van Dam ve ark., 2020; Ines ve ark., 2015; Jianmin ve ark., 2015; Wanru ve Guijun, 2023; Sang ve ark., 2010; Shoshan ve ark., 2017). Yapılan bu çalışmalarda genellikle kimyasal çözeltiler ile alüminyum parçaların yüzeyinden yağları, kirleticileri, oksit tabakasını gidererek ve aynı zamanda yüzeyi pürüzleştirerek bağlantı dayanımını artırılmıştır. Prolongo ve Ureña (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, tek tesirli bindirme bağlantı numunelerinin yapıştırılmadan önce dört farklı yüzey ön işlemi uygulanmıştır. Bu yüzey ön işlemleri, a) mekanik aşındırma ve yağ giderme (scotchbrite ile aşındırma ve sonrasında metil etil keton ile silme), b) alkali temizleme (a'daki işlemin ardından 60°C'de 100g/l NaOH çözeltisinde 1 dakika daldırma), c) optimize edilmiş Forest Products Laboratory- FLP işlemi (b'deki işlemin ardından 330ml/l sülfirik asit ve 50g/l potasyum dikromat çözeltisine 60°C'de 15 dakika daldırma) ve d) P2 işlemi (b'deki işlemin ardından 185ml/l sülfirik asit ve 127g/l ferrik sülfat çözeltisinde 65°C'de 8 dakika daldırma) dir. Çalışmanın sonucuna göre, uygulanan ön işlemin etkinliğinin yalnızca alüminyum yapısına bağlı olmadığı, aynı zamanda yapıştırıcının da yapısına bağlı olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca bir sülfirik asit-ferrik sülfat çözeltisine dayanan serbest krom aşındırma ön işlemi(d), yaygın olarak kullanılan dikromat-sülfirik asit aşındırma işleminden (c) daha yüksek mukavemet değerleri sağladığı ifade edilmiştir. Xintong ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada ise, hem mekanik (zımparalama) hem de kimyasal (asit anotlama) yüzey ön işlemi uygulanan yapıştırma bağlantılarının mukavemetleri incelenmiştir. Çalışmada iki farklı zımpara kâğıdı (P180 ve P1000) ve dört farklı kimyasal ön yüzey işlemi (fosforik asit anotlama-PAA, sülfirik asit anotlama-SAA, kromik asit anotlama-CAA ve oksalik asit anotlama-OAA) uygulanmıştır. Yüzey ön işlemi uygulanmış parçalar üzerinden alınan pürüzlülük değerleri, dört farklı kimyasal ön işlem uygulanmış numunelerde ortalama 0,33 μm iken P180 ve P1000 zımpara ile

elde edilen pürüzlülük değerleri sırasıyla 1,98 ve 0,49 μ m'dir. Çalışmadan elde edilen bağlantıların kayma dayanımları incelendiğinde; dört farklı kimyasal yüzey ön işlemi ile elde edilen bağlantıların dayanımı, pürüzlülüğü yaklaşık altı kat fazla olan P180 zımpara ile elde edilmiş bağlantılara göre yaklaşık %9 ile %30 daha fazladır. Ayrıca kayma mukavemeti sonuçlarından elde edilen diğer bir sonuç ise, PAA ile işlenen yüzeyin 23,1 MPa ile optimum bindirmeli kayma mukavemetine yol açtığını göstermekte olup, PAA ön işlemi diğer anotlama işlemlerinden daha çevre dostu olduğudur. Yapıştırıcıyla birleştirilmiş bağlantılarda kimyasal yüzey ön işlem ile metal yüzeylerin dağlanması bağlantıların mukavemet dayanımı açısından oldukça önemlidir. Kimyasal dağlama ile yapıştırılan malzemelerin yüzeylerin pürüzleştirilmesi bağlantı dayanımı açısından önemlidir. Ancak pürüzlülük değerinin çok fazla olması bağlantı dayanımı negatif yönde etkilemektedir. Bu nedenle kimyasal dağlama işlem süresinin optimize edilmesi ve pürüzlülüğünden dolayı negatif etkinin giderilmesi yapıştırma bağlantılarının dayanımı açısından oldukça önemlidir. Sunulan çalışmada, kimyasal yüzey işlemi ile yapıştırılan yüzeylerin pürüzleştirilmesi ve pürüzleştirilen yüzeylerde oluşan mikro boşluklara yapıştırıcının daha iyi nüfuz etmesi için epoksi kaplama yöntemi kullanılarak elde edilen yapıştırma bağlantılarının mukavemeti incelenmiştir. Deneysel çalışmada yapıştırılan malzeme olarak AA2024-T3 alüminyum, yapıştırıcı olarak çift bileşenli DP460 yapısal yapıştırıcı ve kimyasal yüzey işlemi olarak ise beş farklı sürede NaOH çözeltisinde dağlama işlemi kullanılmıştır.

Materyal ve Metot

Kullanılan Malzemeler

Çalışmada, yapıştırıcı olarak havacılık için uygulaması bulunan ve alüminyum alaşımlarına uygun çift bileşenli DP460 (3M Company, St. Paul, MN, ABD tarafından üretilmiş) yapısal yapıştırıcı kullanılmıştır. Yapıştırılan malzeme olarak ise, havacılık ve otomotiv endüstrilerinde sıklıkla kullanılan AA2024-T3 alüminyum alaşım malzemesi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan yapıştırıcının ve yapıştırılan malzemenin mekanik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir (Bayramoğlu ve ark., 2021). Ayrıca yapıştırılan malzeme AA2024-T3 alüminyum alaşımının kimyasal bileşimi Tablo 2'de verilmiştir (Natália ve ark., 2016). Yüzey temizlemede %99 saflıkta aseton ve %70 saflığa sahip nitrik asit (HNO₃), epoksi yüzey kaplamada %99,8 saflığa sahip metanol (CH₃OH) ve dağlama çözeltisinin hazırlanmasında ise %95,5 saflıkta sodyum hidroksit kullanılmış olup, bu ürünler Sigma Aldrich Türkiye distribütöründen tedarik edilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan yapıştırılan malzemenin ve yapıştırıcının mekanik özellikleri (Bayramoğlu ve ark., 2021).

	AA2024-T3	DP 460
E (MPa)	70410 ^{±615}	1984 ^{±43}
ν	0.33	0.37
σ_t (MPa)	476 \pm 17	38.4 \pm 1.1
ϵ_t (%)	16	4,7

E: Elastisite modülü; ν : Poisson oranı; σ_t : Nihai çeki gerilme; ϵ_t : Nihai çeki şekil değiştirme

Tablo 2. Çalışmada kullanılan AA2024-T3 alüminyum alaşımının kimyasal bileşimi (Natália ve ark., 2016).

Element	Cu	Mg	Mn	Fe	Zn	Si	Ti	Cr	Al
% Ağırlıkça	4,55	1,49	0,45	0,17	0,16	0,10	0,02	≤0,01	Geri Kalan

Yüzey Aşındırma İşlemi

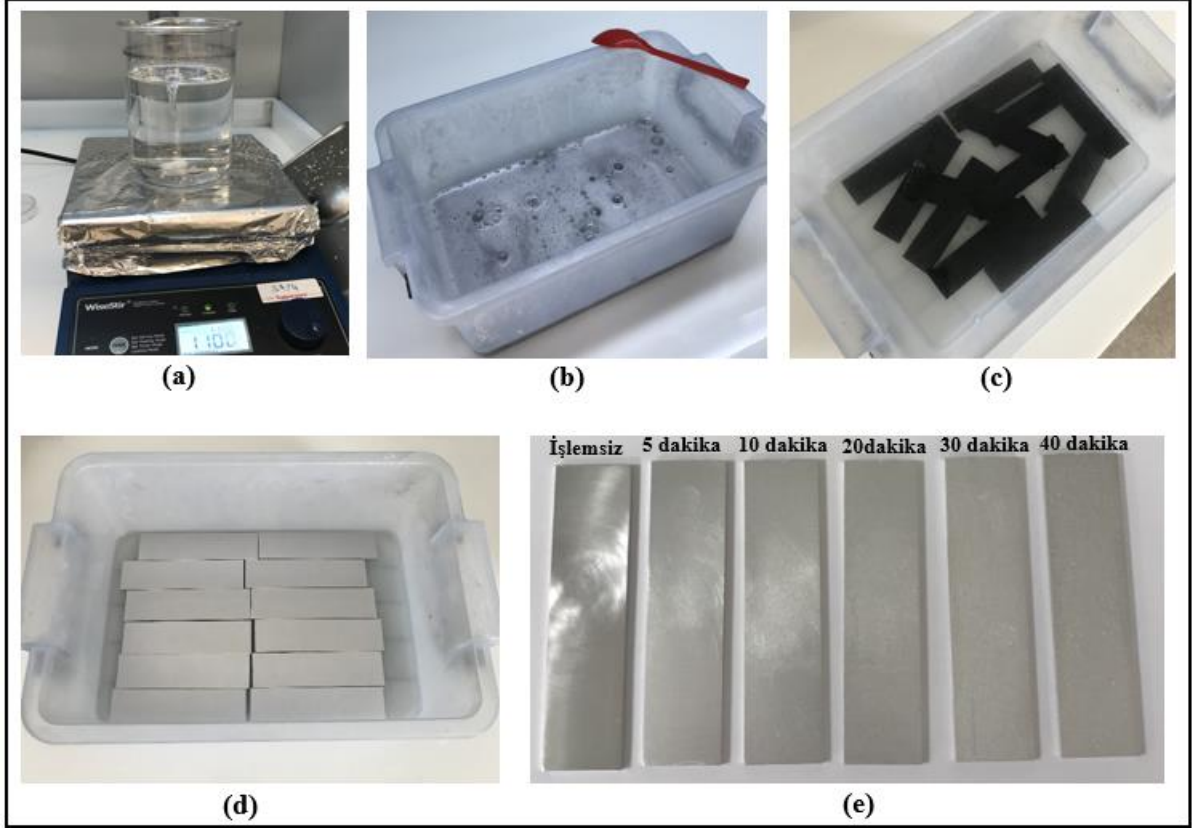
Tek tesirli bindirme bağlantısında kullanılacak 3 mm kalınlığında AA2024-T3 alüminyum levhalar 25x100 mm ebadında kesilmiştir. Kesilen alüminyum parçalar P800 zımpara kâğıdı kullanılarak zımparalama cihazında yüzeyleri minimum seviyede pürüzlülüğe indirgenmiştir (Şekil 1a). Alüminyum parçalara kimyasal yüzey ön işlemleri uygulanmadan önce ilk olarak zımparalama işlemi uygulanmış alüminyum parçaların yüzeyindeki kir, toz ve yağ gibi her türlü kirleniciyi gidermek için ultrasonik titreşim altında asetonla 30 dakika temizlenmiş (Şekil 1b) ve etüvde kurutulmuş alüminyum parçalar kimyasal yüzey ön işleme uygulanmasına hazır hale getirilmiştir (Şekil 1c).



Şekil 1. Alüminyum parçalara uygulanan temel yüzey işlemleri, a) Zımparalama işlemi sonrası, b) ultrasonik titreşim altında asetonla temizleme, c) etüvde kurutma işlemi.

Daha sonra alüminyum parçalara kimyasal yüzey ön işlemleri (yüzey dağlama işlemi) uygulanmıştır. Uygulanan kimyasal yüzey ön işleminin iki amacı bulunmaktadır. Bunlardan ilki, alüminyum parçaların yüzeyindeki oksit tabakasının çıkarılması, ikincisi ise alüminyum parçaların yüzeyinin pürüzlendirilmesidir. Kimyasal yüzey ön işlemleri için sodyum hidroksit peletinden yapılan ağırlıkça %15 NaOH çözeltisi kullanılmıştır. Bunun için boş bir behere 15 gr sodyum hidroksit pelet ve 85 gr saf su ilave edilerek ultrasonik karıştırıcıda 20 dakika karıştırılmıştır (Şekil 2a). Sunulan çalışmada alüminyum parçaların yüzeyinden oksit tabakasını çıkarmak ve pürüzlülük değerini değiştirmek için alüminyum parçalar NaOH çözeltisinde 5, 10, 20, 30 ve 40 dakika bekletilmiştir (Şekil 2b). Daha sonra belirli sürede NaOH çözeltisinde bekletilen alüminyum parçalar saf su ile temizlenmiştir (Şekil 2c). Şekil 2c'de görüldüğü üzere alüminyum parçalar üzerindeki NaOH kalıntısı giderilmesi için, %70 saflığa sahip nitrik asitin (HNO_3) saf su ile 10 dakika seyreltilerek elde edilen ağırlıkça %20 HNO_3 çözeltisinde alüminyum parçalar yaklaşık 2 dakika bekletilmiş ve sonrasında HNO_3 çözeltisi saf su ile

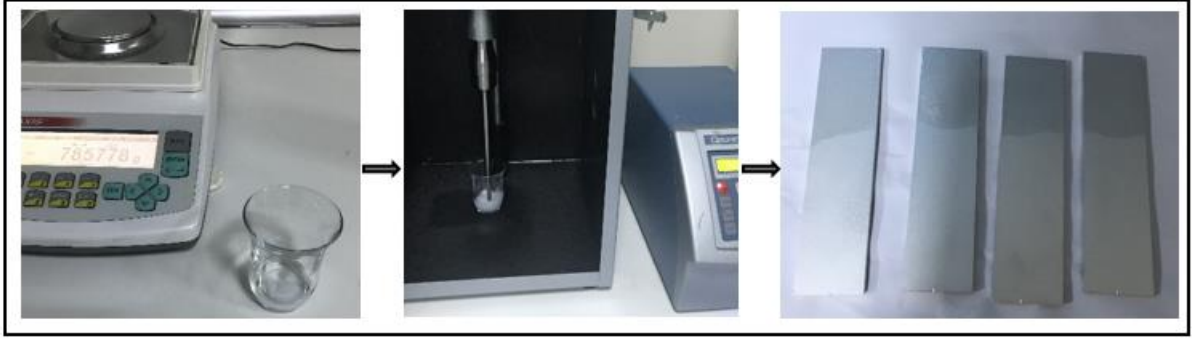
temizlenmiştir (Şekil 2d). Böylece kimyasal yüzey ön işlemi uygulanmış farklı pürüzlülüğe sahip alüminyum parçalar elde edilmiştir (Şekil 2e).



Şekil 2. Alüminyum parçalara uygulanan kimyasal yüzey ön işlemleri, a) ağırlıkça %15 NaOH çözeltisi hazırlanması, b) NaOH çözeltisi ile oksit tabakasını çıkarılması, c) oksit tabakasının çıkarılma sonrası alüminyum parçalar, d) kalıntı NaOH çözeltisi giderilmiş alüminyum parçalar, e) yüzey ön işlemi uygulanmış nihai alüminyum parçalar.

Epoksi Ön Kaplama (EÖK) İşlemi

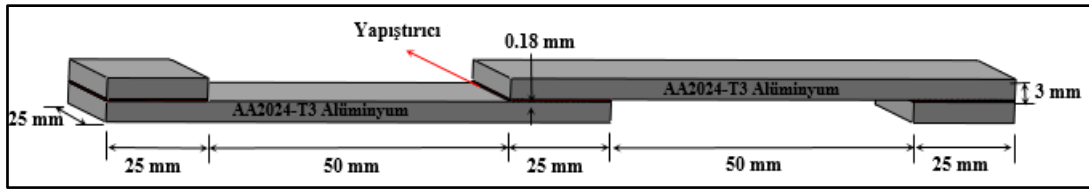
Farklı sürelerde kimyasal yüzey ön işlemi uygulanmış alüminyum parçalarda oluşan mikro boşluklara viskozitesi yüksek olan yapısal yapıştırıcının girmesi için epoksi ön kaplama işlemi uygulanması önemlidir. Bu nedenle ilk olarak epoksi ve hızlandırıcı ile oluşan çift bileşenli yapısal yapıştırıcının epoksi kısmının viskozitesi azaltılarak akışkanlığının artırılması gerekmektedir. Şekil 3'te görüldüğü üzere $\pm 0,0001\%$ hassasiyete sahip elektronik hassas terazi ile boş bir bardağa ağırlıkça %10 epoksi ve ağırlıkça %90 metanol (CH_3OH) ilave edilmiştir. Epoksi ve CH_3OH ultrasonik karıştırıcıda (Q500 Sonicator) 30 kHz frekansta 10 dakika karıştırılarak EÖK çözeltisi hazırlanmıştır (Şekil 3). Daha sonra EÖK çözeltisi, kimyasal yüzey ön işlemi uygulanmış ve herhangi bir işlem uygulanmamış alüminyum parçalara doğrudan ince film yayma tekniği uygulanarak epoksi ön kaplama işlemi tamamlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Alüminyum parçalara uygulanan epoksi ön kaplama (EÖK) işlemleri basamakları.

Yapıştırma Bağlantıların Üretimi

Sunulan çalışmada, kimyasal yüzey ön işlemleri ve epoksi ön kaplama işlemleri uygulanmış tek tesirli yapıştırma bağlantılarının çeki testi altında kayma dayanımları incelenmiştir. Çalık ve Akpınar (2019) tarafından yapılan bir çalışmada kullanılan tek tesirli bindirme bağlantısının geometrik boyutları sunulan çalışmada dikkate alınmıştır (Şekil 4). Deneysel çalışmada kullanılan parametreler Tablo 3'te verilmiştir.



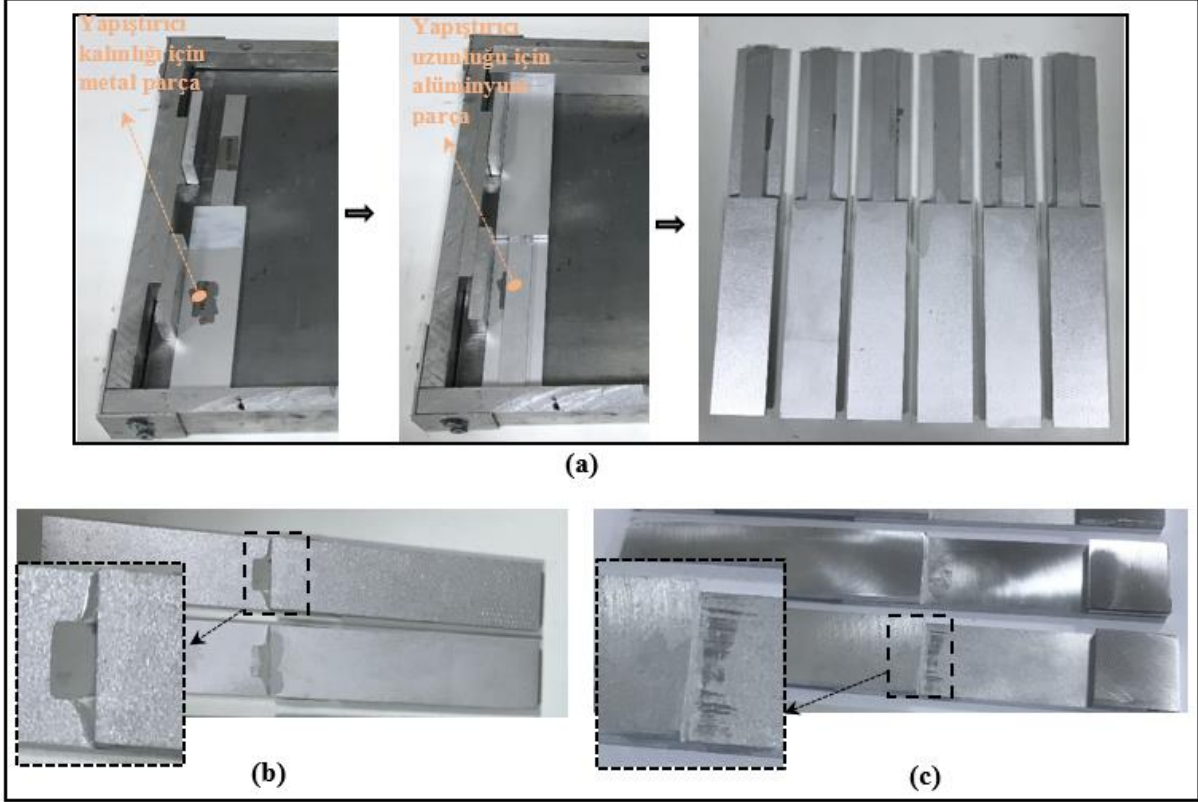
Şekil 4. Tek tesirli bindirme bağlantı geometrisi

Tablo 3. Deneysel Çalışmada Kullanılan Parametreler

Numuneler	İşlem Prosesi+ Kimyasal Ön İşlem	Epoksi Ön Kaplama
TTBB	P800 zımparalama+Aseton	-----
TTBB-5d	P800 zımparalama+5 dak. NaOH	-----
TTBB-10d	P800 zımparalama+10 dak. NaOH	-----
TTBB-20d	P800 zımparalama+20 dak. NaOH	-----
TTBB-30d	P800 zımparalama+30 dak. NaOH	-----
TTBB-40d	P800 zımparalama+40 dak. NaOH	-----
TTBB-E	P800 zımparalama+Aseton	Epoksi kaplama
TTBB-5d-E	P800 zımparalama+5 dak. NaOH	Epoksi kaplama
TTBB-10d-E	P800 zımparalama+10 dak. NaOH	Epoksi kaplama
TTBB-20d-E	P800 zımparalama+20 dak. NaOH	Epoksi kaplama
TTBB-30d-E	P800 zımparalama+30 dak. NaOH	Epoksi kaplama
TTBB-40d-E	P800 zımparalama+40 dak. NaOH	Epoksi kaplama

Yapıştırma bağlantılarının üretiminde, bağlantı konumunun korunması, yapıştırıcı kalınlığı ve bindirme uzunluğunu istenilen ölçüde ayarlanması için Şekil 5a'da gösterilen kalıp kullanılmıştır. Numunelerinin bindirme bölgelerine bir master yardımıyla yapıştırıcı uygulanmış ve yapıştırıcı kalınlığının 0,18 mm olması için metal parçalar numunelerin serbest uçlarına koyulmuştur (Şekil 5a). Numunelerin bindirme uzunluğunun ayarlanması ve numuneler üzerine gelen basınç eşit dağıtılması için numune kalınlığında alüminyum parçalar yerleştirilmiştir (Şekil 5a). Daha sonra DP460 yapısal yapıştırıcınının kurluşma şartı olan 70°C'de 120 dakika bekletilmesi için numuneler sıcak prese yerleştirilmiştir. Kurluşma sonrası bağlantı üzerindeki alüminyum ve metal parçalar çıkarılmıştır.

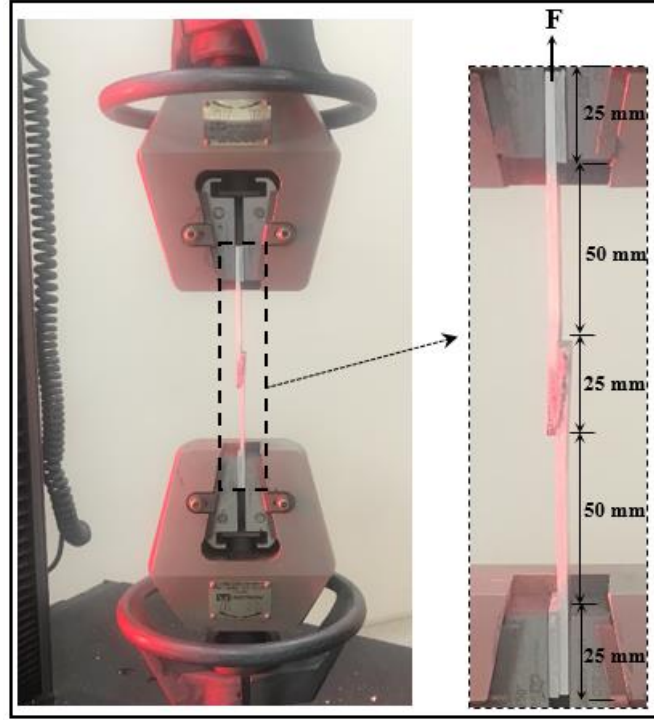
Şekil 5b’de gösterildiği üzere yapıştırma bağlantılarının kürleşmesi esnasında dışarı taşan yapıştırıcı kalıntıları kesici aletler kullanılarak temizlenmiştir (Şekil 5c). Daha sonra yapıştırma bağlantılarının serbest uçlarına 25x25mm boyutlarında ve yapıştırılan malzeme kalınlığında alüminyum parçalar japon yapıştırıcısı ile yapıştırılmıştır (Şekil 5c). Bunun nedeni bağlantı numuneleri çeki test cihazına bağlanırken bağlantı eksantrikliğinin giderilmesidir.



Şekil 5. a) Yapıştırma bağlantı üretim şeması, b) kürleşme sonrası bağlantı, c) artık yapıştırıcının temizlenmesi.

Test Prosedürü

Yapıştırma bağlantılarının çekme testi bilgisayar kontrollü $\pm 0,01\%$ hassasiyete sahip Instron-5982 (USA) üniversal çekme cihazında, 1 mm/dk’lık çekme hızında yapılmıştır. Yapıştırma bağlantılarına uygulanan çekme test prosedürü Şekil 6’da verilmiştir. Ayrıca Tablo 3’te verilen her bir bağlantı konfigürasyonundan üçer adet numune olmak üzere toplamda 36 adet tek tesirli bağlantı numunesinin çeki testi yapılmış olup, bağlantıların ortalama kayma gerilmeleri ve hasar yüzeyleri elde edilmiştir.



Şekil 5. Çekme testinin uygulanması.

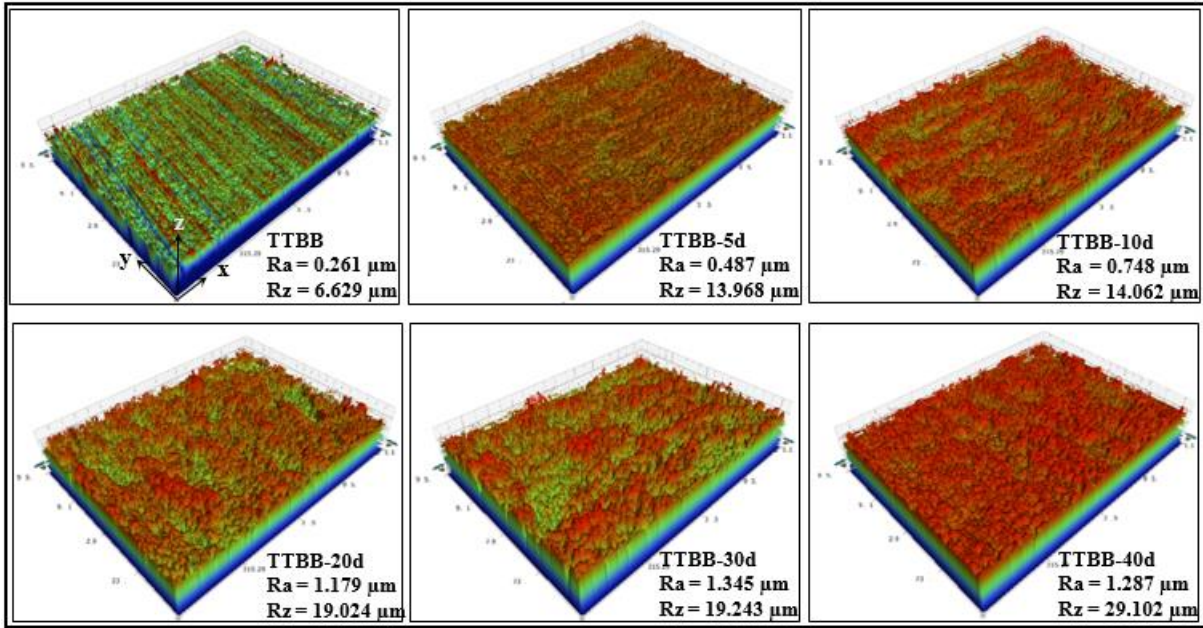
Bulgular ve Tartışma

Yüzey Pürüzlülük Ölçümleri ve Temas Açılıları

Kimyasal yüzey ön işlemi uygulanmamış sadece aseton ile temizlenmiş numuneler ile 5 farklı sürede kimyasal yüzey ön işlem (dağlama işlemi) uygulanmış numunelerin yüzey kalitesi değerlendirmesinin analiz sonuçları Şekil 6'da sunulmuştur. Numunelerden x yönünde 1,2 mm, y yönünde 0,95 mm ve z yönünde ise 0,05 mm boyutunda alınan bu yüzey topografyaları 3D optik profilometre cihazı (Bruker-Contour GT) ile analiz edilerek, diferansiyel endüktans duyarlı bir pürüzlülük dedektörü tarafından sağlanan, ortalama yüzey pürüzlülük değeri (Ra) ve zirveden vadiye aritmetik ortalama (Rz) parametreleri elde edilmiştir.

P800 zımpara kâğıdı ile yüzey işlemi uygulanmış alüminyum parçanın Ra ve Rz yüzey pürüzlülük değerleri sırasıyla 0,261 μ m ve 6,629 μ m olduğu, ancak yüzeye 5 dakikalık bir kimyasal yüzey ön işlemi uygulanması yüzeyin pürüzlülük değerlerini yaklaşık iki katına (0,487 μ m ve 13,968 μ m) çıkarmaktadır.

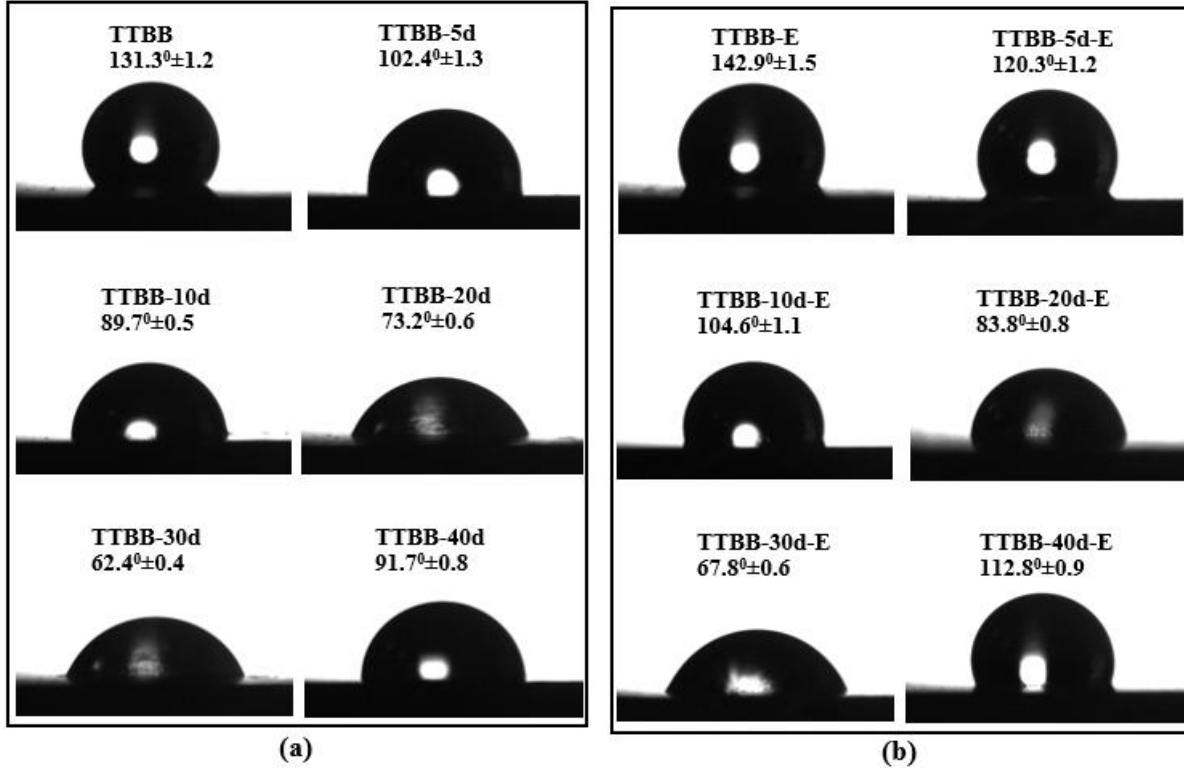
5 dakika kimyasal yüzey ön işlemi uygulanmış bağlantının (TTBB-5d) Ra ortalama yüzey pürüzlülük değeri dikkate alındığında, kimyasal yüzey ön işlem süresi 10, 20, 30 ve 40 dakikaya çıkarıldığında ortalama yüzey pürüzlülük değeri sırasıyla yaklaşık %53, %118, %176 ve %164 oranında artmaktadır. Ayrıca zirveden vadiye aritmetik ortalama değerleri olan Rz incelendiğinde; 5 ve 10 dakika kimyasal yüzey ön işlemi uygulanmış numunelerin değerleri birbirine çok yakınken, kimyasal yüzey ön işlem süreleri 20 ve 30 dakikaya çıkarıldığında Rz değerleri yaklaşık %50 artmaktadır. Ancak kimyasal yüzey ön işlem süresi 40 dakikaya çıkarıldığında Rz değerindeki bu artış yaklaşık %108 olmaktadır.



Şekil 6. Kimyasal yüzey ön işlem sonrası alüminyum yüzeylerinin 3D yüzey analizleri.

Zımparalama ile yüzey işlemi uygulanmış numunelerde zımpara izlerinin görüldüğü ancak zımpara kaynaklı oluşan çizgilerin derinliği minimum seviyededir. Ancak kimyasal yüzey ön işlemi ile yüzeyi pürüzleştirilen numunelerin yüzeyi daha homojen olduğu ve yüzeylerdeki girinti ve çıkıntıların yoğun noktasal şekilde olduğu Şekil 6'dan görülmektedir. Ayrıca yapıştırıcıyla birleştirilmiş bağlantılar için gerçekleştirilen farklı sürelerde kimyasal yüzey ön işleminin, numunelerin geometrik yapısının gelişimi üzerinde çok olumlu bir etkisi olmuştur. Pürüzlülük seviyesi arttığından, yapıştırıcının yapıştırılacak yüzeye daha iyi yapışması ve birleştirme mukavemetinin artması sağlanabilir.

Kimyasal yüzey ön işlemi uygulanmış ve uygulanmamış numunelerin ıslanabilirliğini ölçmek için temas açısı cihazı (CAM-101, KSV Instruments, Finland) kullanılmıştır. Şekil 7a, ince zımpara kağıdı kullanılarak yüzey ön işlemi uygulanmış numunelerin (TTBB) ve 5 farklı sürede kimyasal yüzey ön işlem uygulanmış numunelerin (TTBB-5d, TTBB-10d, TTBB-20d, TTBB-30d ve TTBB-40d) temas açılarını göstermektedir. Kimyasal yüzey ön işlemi uygulanmamış TTBB tipine temas açısı değerine göre, kimyasal yüzey ön işlemi uygulanmış bağlantıların temas açısı değeri azalmaktadır. Alüminyum parçalara 30 dakika kimyasal yüzey ön işlemi uygulanması yüzey temas açısını yaklaşık 68,9 derece azaltmaktadır. Bunun nedeni olarak, düşük yüzey enerjisine sahip olan işlenmemiş yüzey malzemesinden kaynaklandığı ifade edilebilir. Yapıştırıcı (sıvı) ve yapıştırılan malzeme arasındaki yapışma kuvveti, yapıştırılan malzemenin yüzey enerjisinden etkilenmekte olup, bu durum yüksek yüzey enerjisi sahip sıvı molekülleri ve yapıştırılan malzeme arasındaki çekimi daha güçlü yapmaktadır. Sonuç olarak, sıvılar ve yüzeyler arasındaki temas açısının düşük olması, yüzey ıslanabilirliğinin iyileştiği anlamına gelmektedir.



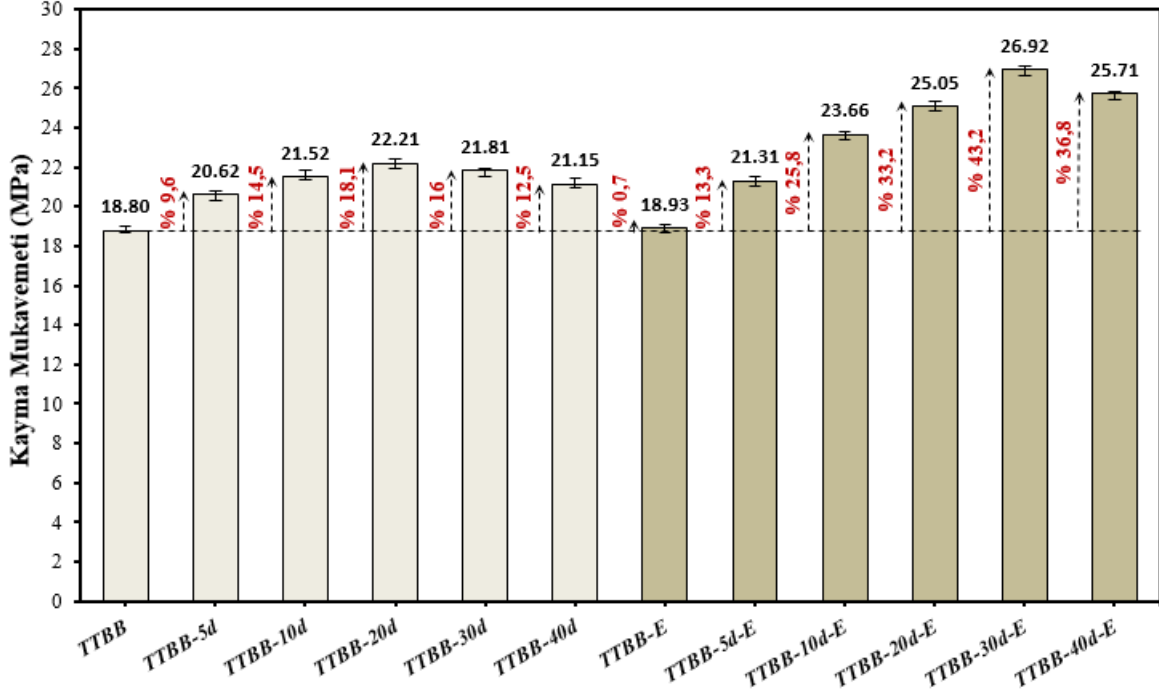
Şekil 7. Kimyasal yüzey ön işlem sonrası alüminyum yüzeylerin temas açıları, a) reçine ön kaplamasız numuneler, b) reçine ön kaplamalı numuneler.

Ayrıca yüzey ön işlemi uygulanmış alüminyum parçaların yüzeyine reçine ön kaplama (RÖK) uygulanması, yüzey temas açısını yaklaşık 5 ile 21 derece artırmaktadır (Şekil 7b). Bu durum gerçekten de alüminyum parçaların yüzeyi üzerinde ince bir reçine tabakası olduğunu göstermektedir. RÖK yapılmış alüminyum yüzeylerin temas açısı testlerinde uygulanan su damlacıkları yerine reçine damlacıkları kullanılsaydı, bu yüzeyler için temas açılarının azalacağı göz ardı edilmemelidir.

Yapıştırıcıyla Birleştirilmiş Bağlantıların Kayma Dayanımları

Yapıştırıcıyla birleştirilmiş TTBB tipleri çeki yüküne maruz bırakılarak elde edilen ortalama hasar yükleri bağlantının yapışma yüzey alanına (25 x 25 mm) bölünerek bağlantıların kayma dayanımları hesap edilmiştir. Şekil 8'de verilen bağlantıların kayma dayanımları incelendiğinde, kimyasal yüzey işlemi uygulanmamış bağlantılara (TTBB) göre, kimyasal yüzey işlemi uygulanarak pürüzlendirilen bağlantıların (TTBB-5d, TTBB-10d, TTBB-20d, TTBB-30d ve TTBB-40d) kayma dayanımları artmaktadır. Bağlantıların kayma dayanımlarındaki bu artış, kimyasal yüzey ön işlem süresine bağlı olarak değişmekte ve yaklaşık %9 ile %18 arasındadır. Burada dikkat edilecek önemli bir nokta, kimyasal yüzey ön işlem süresine bağlı olarak yüzey pürüzlülüklerinin artması ile bağlantının kayma mukavemetlerinin artması doğru orantılıdır. Şöyle ki, yüzey pürüzlülükleri kimyasal yüzey ön işlem süresi 30 dakikaya kadar olan bağlantılarda ortalama pürüzlülük değerleri artarken, süre 40 dakikaya çıkarılınca pürüzlülük değeri azalmaktadır (Şekil 6). Bu durum bağlantılardan elde edilen ortalama kayma mukavemetleri ile benzerdir. Bağlantıların kayma dayanımlarındaki bu artış nedeni, yüzeyde oluşturulan pürüzlülük iki yüzey arasında mekanik kilitlemeyi sağlamakta ve ayrıca yüzey enerjisi ile

birlikte ıslanabilirliğin iyileşmesinden kaynaklanmaktadır. Ancak buradan elde edilen önemli bir sonuç ise, kimyasal yüzey ön işlem süresi belli bir sürenin ötesine geçmesi bağlantının dayanımı açısından negatif bir etki oluşturmakta olup, kimyasal yüzey ön işlem süresinin 30 dakikada optimum sonuç elde edilmesidir.



Şekil 8. Kimyasal yüzey ön işlem uygulanmış yapıştırma bağlantılarının kayma mukavemetleri.

Diğer taraftan, kimyasal yüzey ön işlem uygulanmamış bağlantıların (TTBB) yüzeyine epoksi ön kaplama (EÖK) yapılması (TTBB-E) bağlantının kayma dayanımını önemli derecede etkilememektedir (Şekil 8). Çünkü bu bağlantılarda yüzey pürüzlülüğü minimum seviyededir. Ancak kimyasal yüzey ön işlem ile bağlantıların yüzey pürüzlülükleri artırılması ve bağlantıların yüzeyi yapıştırılmadan önce EÖK ile kaplanması bağlantının kayma dayanımlarını önemli ölçüde artırmaktadır. Şöyle ki, Şekil 8’de verilen grafik göz önüne alındığında, temel bağlantı tipine göre (TTBB) 30 dakika kimyasal yüzey ön işlem uygulanmış bağlantıların yüzeyine EÖK uygulanması bağlantının kayma dayanımını yaklaşık %43 artırmaktadır. Ayrıca farklı sürelerde kimyasal yüzey ön işlemi uygulanmış bağlantıların kayma dayanımına göre, yüzeyi EÖK ile kaplanan bağlantıların kayma dayanımları yaklaşık %3 ile %23 arasında artmıştır (Şekil 8). Buradaki artış miktarının değişmesi yüzey pürüzlülüğü daha fazla olan bağlantılarda, EÖK uygulanmasının etkisi daha belirgin olmalıdır. Yüzeyle EÖK uygulanması ile bağlantının kayma dayanımının artmasının nedeni, farklı sürelerde kimyasal yüzey ön işlemi uygulanmış alüminyum parçalarda pürüzlülüğünden dolayı oluşan mikro boşluklara viskozitesi yüksek olan yapısal yapıştırıcının girememesi bağlantının dayanımını sınırlamaktadır. Ancak yapıştırılmadan önce yüzeylere viskozitesi azaltılmış epoksinin kaplanması bu

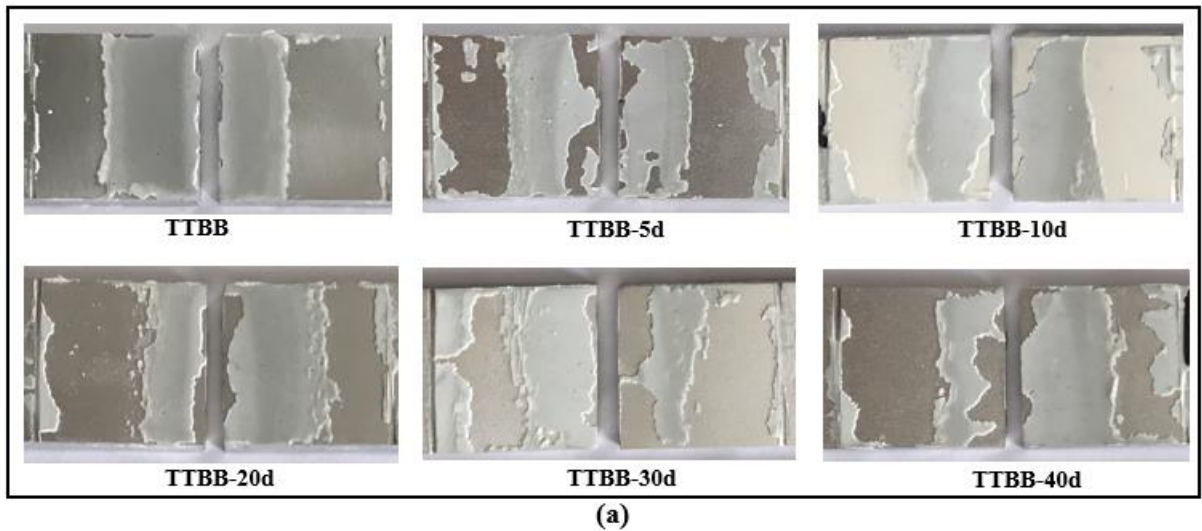
mikro boşlukları doldurmakta olup, yapıştırıcı ile yapıştırılan malzeme arasındaki yapışma kuvveti artırmaktadır.

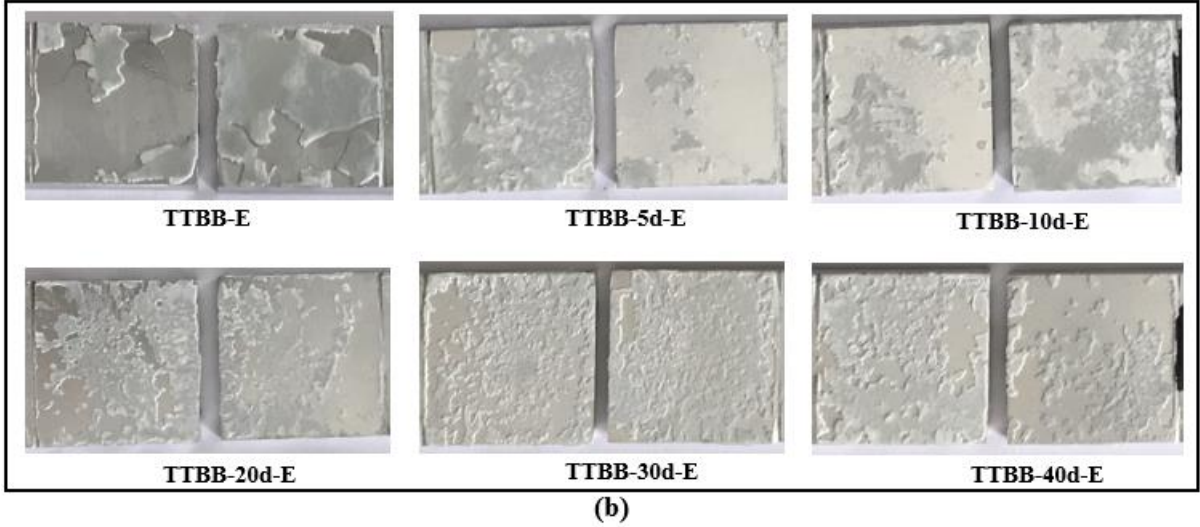
Yapıştırıcıyla Birleştirilmiş Bağlantıların Hasar Yüzeyleri

Yapıştırma bağlantılarının veya yapıştırıcının mekanik özelliklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için, hasar tiplerinin bilinmesi gerekir (Akpınar ve Avinç Akpınar, 2023). Yapıştırılan malzemenin metal olması durumunda oluşan hasar tipleri ISO 10365 (ISO 10365, 1992) standardında tanımlanmıştır. Bu standarda göre yapıştırma bağlantılarında genel olarak adezyon, kohezyon ve karışık (adezyon-kohezyon) tip hasar modlarıyla karşılaşılır.

Şekil 9a'da verilen bağlantıların hasar yüzeyleri incelendiğinde, kimyasal yüzey ön işlem uygulanmamış bağlantılarda (TTBB) adezyon hasar (yapıştırıcı ile yapıştırılan metal malzeme ara yüzeyinde gözle görülen ayrılmanın olduğu hasar) oluşurken, kimyasal yüzey ön işlem uygulanmış bağlantılarda karışık hasar moduna dönüşmektedir. Ayrıca kimyasal yüzey ön işlem süresinin artmasıyla karışık hasar modu daha da belirginleşmektedir. Bunun nedeni kimyasal yüzey ön işlem uygulanan bağlantılarda oluşan yüzey pürüzlülüğünün etkisidir. Hasar modunun adezyon hasardan karışık hasar moduna dönüşmesi bağlantının dayanımını artırdığı bilinmektedir.

Ancak kimyasal yüzey ön işlemi uygulanmış alüminyum parçaların yüzeyi EÖK ile kaplanması bağlantılarda oluşan hasar modunu kohezyon hasar (yapıştırma bağlantısında yapıştırıcı tabakasında gözle görülen hasarın olduğu kopma olayı) moduna dönüştürmektedir (Şekil 9b). Yapıştırma bağlantılarında oluşan hasar modunun kohezyon olması bağlantı dayanımı açısından olumlu bir etkiye sahiptir. Bu durum göz önüne alındığında, TTBB-30d-E bağlantı tiplerinde hasar modu pür kohezyon hasar modu oluşması ve bu bağlantının mukavemeti diğer bağlantı tiplerine göre maksimum seviyede olması sunulan çalışmanın uyumluluğu açısından oldukça önemlidir (Şekil 9b).





Şekil 9. TTBB tiplerinden elde edilen hasar yüzeyleri, a) kimyasal yüzey ön işlem uygulanmış bağlantılar, b) kimyasal yüzey ön işlem ve EÖK uygulanmış bağlantılar.

Sonuç

Havacılık alanında kullanılan yapıştırma bağlantılarının mukavemetini artırmak için, yapıştırılan malzemelere kimyasal yüzey işlemi uygulanması son zamanlarda uygulanan bir yöntemdir. Ancak kimyasal yüzey işleminin süresi ve bu süre ile oluşturulan yüzey pürüzlülük değişiminin bağlantı dayanımına etkisinin incelenmesi önemlidir. Bu nedenle yapıştırılan AA2024-T3 alüminyum parçalar yapıştırılmadan önce yüzeylerine farklı sürelerde kimyasal yüzey ön işlemi (dağlama) başarıyla uygulanmıştır. Bu yöntem ile mikro boşluklara sahip pürüzlü oksit tabakası oluşturulmuştur. Daha sonra mikro gözenekli alüminyum parçalar epoksi ön kaplama (EÖK) çözeltisi ile kaplanmıştır. Böylece iki farklı malzeme arasında daha güçlü bir bağ oluşturularak bağlantı dayanımı yaklaşık %43 artırılmıştır.

Kimyasal yüzey ön işlemi uygulama süresi bağlantı dayanımı açısından oldukça önemlidir. Bu işlemin belirli bir süreye kadar uygulanması bağlantı dayanımı artırırken, bu sürenin aşırı olması bağlantı dayanımını azaltmaktadır. Beş farklı sürede kimyasal yüzey ön işlemi uygulanmış olup, en ideal sürenin 30 dakika olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca kimyasal yüzey ön işlemi ile oluşturulan mikro boşluklar bağlantı dayanımını belirli bir seviyeye kadar artırmaktadır. Ancak bu mikro boşluklar epoksi ön kaplama çözeltisi ile kaplanması, yapıştırıcı ile yapıştırılan metal malzeme arasındaki yapışma kuvvetini artırmakta ve bu durum bağlantının mukavemetini yaklaşık %23 kadar daha artırmaktadır. Sunulan çalışmada yapılan yüzey pürüzlülük, temas açısı ve hasar modu analizleri, bağlantılardan elde edilen mukavemet artışlarıyla oldukça uyumlu olduğu görülmüştür.

Teşekkür

DeneySEL çalışma Erzurum Teknik Üniversitesi Yüksek Teknoloji Merkezi (YUTAM)'nde yürütülmüş olup, kurum yöneticilerine teşekkür ederim.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazar makaleye %100 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

Kaynakça

- Akpınar S., Avinç Akpınar İ. Influence of carbon and glass fiber reinforced composite adhesive on the strength of adhesively bonded joints. *Materials Testing* 2023; 65(5): 802-814
- Bayramoglu S., Akpınar S., Çalık A. Numerical analysis of elasto-plastic adhesively single step lap joints with cohesive zone models and its experimental verification. *Journal of Mechanical Science and Technology* 2021; 35(2): 641-649.
- Çalık A., Akpınar S. Effect of extensometer usage on obtaining the force-displacement curve of the adhesively single lap joint. *European Mechanical Science* 2019; 3(4): 142-146.
- da Silva LFM., Carbas RJC., Critchlow GW., Figueiredo MAV., Brown K. Effect of material, geometry, surface treatment and environment on the shear strength of single lap joints. *International Journal of Adhesion & Adhesives* 2009; 29: 621–632.
- Edwards KL. A brief insight into the selection and use of engineering adhesives for preliminary joint design. *Materials and Design* 1998; 19: 121-123.
- Ghumatkar A., Budhe S., Sekhar R., Banea MD, De Barros S. Influence of adherend surface roughness on the adhesive bond strength. *Latin American Journal of Solids and Structures* 2016; 13: 2356–2370.
- Grant LDR., Adams RD., da Silva LFM. Experimental and numerical analysis of single-lap joints for the automotive industry. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 2009; 29(4): 405-413.
- Higgins A. Adhesive bonding of aircraft structures. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 2000; 20(5): 367-376.
- Ines J., Sandra S., Markus W., Gerald P., Martin F., Wolfgang K. Chemical functionalization of composite surfaces for improved structural bonded repairs. *Composites: Part B* 2015; 69: 296–303.
- ISO 10365. Adhesives-designation of main failure patterns. 1992(E).
- Jianmin S., Helge P., Elisabeth S., Klaus D. Chemical pretreatment and adhesive bonding properties of high-pressure die cast aluminum alloy: AlSi10MnMg. *International Journal of Adhesion Adhesives* 2015; 61: 112–121.
- Jianpeng L., Wei W., Yong Y., Hong H., Zhigang X., Congchang X., Luoxing L. Influence of raw material surface roughening on the lap shearing strength and failure behavior of adhesively bonded aluminum joints. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2022; 122: 327–342.

- Natália MA., Seyed MG., Jorge F.dos S., Leonardo BC., Sergio TAF. Friction spot joining of aluminum alloy 2024-T3 and carbon-fiber-reinforced poly (phenylene sulfide) laminate with additional PPS film interlayer: Microstructure, mechanical strength and failure mechanisms. *Composites Part B: Engineering* 2016; 94: 197-208.
- Paz E., Narbón JJ., Abenojar J., Cledera M., del Real JC. Influence of acrylic adhesive viscosity and surface roughness on the properties of adhesive joint. *The Journal of Adhesion* 2016; 92: 877–891.
- Prólogo SG., Ureña A. Effect of surface pre-treatment on the adhesive strength of epoxy–aluminium joints. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 2009; 29: 23-31.
- Rudawska A., Danczak I., Müller M., Valasek P. The effect of sandblasting on surface properties for adhesion. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 2016; 70: 176–790.
- Safari A., Farahani M., Ghabezi P. Experimental study on the influences of different surface treatment processes and adhesive type on the aluminum adhesive-bonded joint strength. *Mechanics Based Design of Structures and Machines* 2022; 50: 2400–2413.
- Sang YP., Won JC., Heung SC., Hyuk K., Sang HK. Recent trends in surface treatment technologies for airframe adhesive bonding processing: a review (1995–2008). *The Journal of Adhesion* 2010; 86: 192–221.
- Shoshan TA., John MMK., Visweswara CG., Rajan A., Herman T., Johannes MCM. Interface strength and degradation of adhesively bonded porous aluminum oxides. *Npj Materials Degradation* 2017; 1: 8.
- Spaggiari A., Dragoni E. Effect of mechanical surface treatment on the static strength of adhesive lap joints. *The Journal of Adhesion* 2013; 89: 677-696.
- van Dam JPB., Abrahami ST., Yilmaz A., Gonzalez-Garcia Y., Terry H., Mol JMC. Effect of surface roughness and chemistry on the adhesion and durability of a steel-epoxy adhesive interface. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 2020; 96: 102450.
- Wanru W., Guijun X. Effects of steel surface treatment with silanized carbon nanotubes on the bonding properties between steel and epoxy adhesive. *The Journal of Adhesion* 2023; 99: 297–319.
- Xintong W., Lihua Z., Xing Z., Xun W., Tengfei C. Effects of surface pre-treatment and adhesive quantity on interface characteristics of fiber metal laminates. *Composite Interfaces* 2020; 27: 829–843.

Egg Production and Consumption: A Case Study in Teshie Municipality, Ghana

Adelaide Nana POMAAH¹, Nasir ABDALLAH², Kadriye KURŞUN^{3*}, Mikail BAYLAN⁴

¹ West African Centre for Crop Improvement, College of Basic and Applied Sciences, University of Ghana, Legon, Ghana

^{2,3,4} Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Sarıçam, Adana, 01330

¹ <https://orcid.org/0000-0001-5941-9939>

² <https://orcid.org/0000-0003-2701-6726>

³ <https://orcid.org/0000-0001-9533-7391>

⁴ <https://orcid.org/0000-0002-6299-5811>

*Corresponding author: kadriyehatipoglu01@gmail.com

Research Article

Article History:

Received: 16.03.2023

Accepted: 18.07.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Teshie Municipality
Egg production
Egg consumption rate
Production system
Ghana

ABSTRACT

This study was carried out to assess the production and consumption rate of eggs in Teshie municipality located in Greater Accra, Ghana. A total of 118 questionnaires were administered to the inhabitants of Teshie Municipality to assess the rate of egg consumption and production patterns among consumers, sellers, and producers. Seventy-eight of the respondents were egg consumers, 36 were egg sellers and 4 were egg producers (poultry farmers). Most of the egg consumers (71.9%), producers (50%), and sellers (63%) were Christians. The vast majority of the egg producers (75%) and consumers (59%) were men, but most (94%) of the sellers were women. All the respondents had some form of formal or informal education. All the egg producers and most (61.1%) of the egg sellers were between the ages of 36 and 60 years however, egg consumption was highest among the age range of 19 to 35 years. The egg consumption rate was very low (4 times/ week) in the study. All the egg producers reared their chickens in the deep litter system and reported high mortality (75%) among hens during the dry spell.

Yumurta Üretimi ve Tüketimi: Teshie Belediyesi (Gana) Anket Çalışması

Araştırma Makalesi

Article History:

Received: 16.03.2023

Accepted: 18.07.2023

Published online: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Teshie Belediyesi
Yumurta üretimi
Yumurta tüketim oranı
Üretim sistemi
Gana

ÖZ

Bu çalışma, Gana'nın Greater Accra bölgesinde yer alan Teshie Belediyesi'nde yumurta üretim ve tüketim oranını değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Tüketiciler, satıcılar ve üreticiler arasında yumurta tüketim oranını ve üretim modelini değerlendirmek için Teshie Belediyesi sakinlerine toplam 118 anket uygulanmıştır. Ankete katılanların 78'ini yumurta tüketicisi, 36'sını yumurta satıcısı ve 4'ünü yumurta üreticisi (kümes hayvanı yetiştiricisi) oluşturmaktadır. Yumurta tüketicilerinin (%71.9), üreticilerinin (%50) ve satıcılarının (%63) büyük çoğunluğunun Hristiyan olduğu görülmüştür. Yumurta üreticilerinin (%75) ve tüketicilerinin (%59) çoğunun erkek, ancak satıcılarının çoğunun (%94) kadın olduğu tespit edilmiştir. Tüm katılımcıların resmi ya da gayri resmi bir eğitim seviyesine sahip olduğu görülmüştür. Yumurta üreticilerinin tamamı ve yumurta satıcılarının çoğu (%61.1) 36-60 yaş aralığında yer alırken, yumurta tüketimi en fazla 19-35 yaş aralığında gerçekleşmiştir. Çalışmada yumurta tüketim oranı çok düşük bulunmuştur (haftada 4 kez). Tüm yumurta üreticileri; tavuklarını yerde veya altlıklı üretim sisteminde yetiştirdiklerini ve tavuklar arasında ölüm oranının çoğunlukla (%75) kuru mevsimde olduğunu belirtmiştir.

To Cite: Pomaah AN., Abdallah N., Kurşun K., Baylan M. Egg Production and Consumption: A Case Study in Teshie Municipality. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(Ek Sayı): 454-466.

Introduction

Consumption of poultry products is becoming increasingly important in Africa (Killebrew and Plotnick, 2010) as they are a cheaper source of protein (Kwadzo et al., 2013). Between the year 2000 to 2013, Nigeria followed by South Africa, Egypt, Algeria, Morocco, Tunisia and Kenya were the leading egg producers in Africa (Linden, 2015). Nigeria is now the leading egg producer in Africa (Umuahia, 2022). Egg production in Africa is still very low level although the need for high-quality nutrients such as protein and minerals. Furthermore, the demand for poultry products, especially eggs has increased tremendously due to increasing levels of income and standard of living.

Flake and Ashitey (2008), reported that 80% of the commercial poultry farms in Ghana were small and medium-scale farms however, the role of the poultry industry in rural livelihoods, food security, and poverty reduction, as well as the supply of protein requirements is enormous (Yevu and Onumah, 2021). Besides that, Maguregui (2022), reported that poultry production in Ghana has a great value on the country's economy, accounting for 14% of the country's total gross domestic product. Ghana was reported to lag behind with an animal protein intake of 53g/ capita/day against the recommended intake 65g (Anning, 2006). Kusi et al. (2015) also reported that the estimated per capita consumption of poultry products in Ghana increased from 3.5kg of meat in 2003 to 7kg in 2012. According to FAOSTAT (2023), egg consumption per capita reached 1.07kg in 2020 in Ghana which was 1.90% more than the previous year. Since the demand for poultry products exceeds local production, the shortfall in animal protein intake is seen as a supply problem rather than a demand problem. In line with this, Flake and Ashitey (2008) reported that the local or national poultry sector contributed only 10% to the local demand. The high cost of broiler production caused a shift from the production of broiler chickens to layer hens in Ghana (FAO, 2014; NEA, 2020; Kusi et al., 2015). Although several interventions were made by the government and NGOs (Non-Governmental Organations) to increase profit in the egg industry, the growth of the egg producing sector remains low. The downward trend of the poultry industry in Ghana has been primarily attributed to production cost, imports of poultry products, and marketing of products coupled with attacks from pests and diseases (Aning, 2006; Anku, 2005; Killebrew and Plotnick, 2010; Kwadzo et al., 2013; Okantah et al., 2004). This situation has rendered the domestic poultry industry uncompetitive against imported poultry products.

Ghana's poultry production is very low and there has been a steady decline in production with no increase in local chicken production in response to the increasing demand for poultry products (Aning, 2006; Flake and Ashitey, 2008). Egg consumption preference in Ghana is driven by various factors such as perception of eggs, availability of eggs, beliefs and economical reasons.

Therefore, the aim of this survey was to provide information regarding egg production and consumption in the Teshie municipality in the Greater Accra region in Ghana.

Materials and Methods

Data collection

A total of 118 questionnaires were administered to the inhabitants of Teshie municipality using the Simple Random Sampling Technique to ensure that each person from the survey area had an equal and fair chance of being selected. The questionnaires had three basic divisions; egg producers, egg consumers, and egg sellers. Out of the 118 respondents, a total of 4 egg producers, 78 egg consumers and 36 egg sellers were interviewed. The number of respondents for each division (egg producers, egg consumers, and egg sellers) was determined depending on amount of respondents available during the time of survey and their willingness to participate or be interviewed. Only respondents that were 18 years and above were targeted and interviewed since they have the purchasing power to buy eggs or start an egg-selling business. In order to ensure the careful entry of accurate data, the questionnaire was read to illiterate respondents and explained to them in languages they understood. Responses were recorded accordingly. The survey study was conducted in 2017.

Data analysis

Data collected were entered into Microsoft Excel 2013 version, sorted and the cumulative frequency of each parameter was calculated by adding the total number of observations recorded for a particular parameter. The calculated cumulative frequencies were transformed into percentages for each of the parameters measured. The percentage of a particular observation was calculated by dividing the cumulative frequency of that observation by the total cumulative frequency and multiplied by 100.

Percentage = (Cumulative Frequency of a particular observation/ total cumulative frequency)*100

(1). The calculated cumulative frequencies and percentages were represented in tables for all the observations recorded except for the gender and age distributions of consumers, which were represented in charts.

Results and Discussion

Table 1. Characteristics of egg producers in the Teshie municipality

Parameter	Outcome	Count	Percentages (%)
Gender	Male	3	75
	Female	1	25
Age (yrs.)	Total	4	100
	18-35	0	0
	36-60	4	100
Religion	Christians	2	50
	Muslims	1	25
	Traditionalists	1	25
Education	High school	2	50
	Tertiary	2	50
Mortality	Rainy spell	0	0
	Dry spell	3	75
	Both (rainy and dry seasons)	1	25
Housing system	Litter system	4	100

Table 1 presents observations regarding the characteristics of egg producers in Teshie municipality.

Gender distribution of egg producers in Teshie municipality

The majority 75% of the egg producers were males with 25% being females. The production of the egg is a very difficult, manual, and energy demanding activity. This explains the higher percentage of males involved in egg production. Also, most of the women in Teshie municipality are housewives and therefore do not involved in huge labor activities except for caring for children and other house hold chores. Similar to our observations, Mensah-Bonsu et al. (2019), reported that, the poultry value chains in Ghana are highly gender-segregated (i.e., men and women cluster at different levels of the value chain), with men dominating at the producer level of the value chain.

Age distribution of egg producers in Teshie municipality

Egg producers in Teshie municipality were between the ages of 36-60, and majority is Christians. In Ghana, livestock farming is generally not seen as a lucrative business or livelihood by the majority of the young people, and many parents do not encourage their children to study agriculture at university. Therefore, many of the people involved in livestock or egg production are old or elderly. These reasons explain the low production in layer production and consequently the low yield in egg production.

Religious background of egg producers in Teshie municipality

Furthermore, the study area is a predominantly Christian municipality, which explains why a larger proportion why larger portions of producers are Christians. In general, the population of Ghana is dominated by Christian Catholic, Protestant or other denominations. Christianity is the largest religion in Ghana, with 71.3% of the population belonging to various Christian denominations and Muslims making up 19.9% of the total population (PHC, 2021).

Educational background of egg producers in Teshie municipality

In Most parts of Ghana, poultry or livestock farming has been left for to rural people with little or no formal education in the area of expertise. This is partially due to the lack of interest in farming among the youth due to discouragement from their relatives or friends. However, in this survey, 50% of the producers interviewed had tertiary education and 50% also had high school education. As a result of the Ghana's financial problems, many families in rural areas can only afford basic education as government schools are free.

Distribution of seasonal mortality among birds observed by egg producers

The weather conditions in Ghana are defined as either the dry season or the rainy (wet) spell. There is a very high prevalence of pests and diseases in Ghana, which can affect the performance of laying

hens leading to a high mortality rates. The spread of these diseases could be severe in both the wet and dry spells, depending on the management practices of the farmers. In the current study, most of the respondents (75%) chose the dry spell as the period when they recorded the highest mortality, and few (25%) responded both the wet and dry spells where periods when they recorded high mortality. Similar to our findings, Awuni (2002) reported that most of the rural chicken mortalities in both the coastal and forest zones were recorded during the dryspell. The high mortality in the local chickens has been attributed to the fact that they are free range and only find a place to roost at night. As such, they are exposed to harsh environmental conditions such as extreme cold, high temperatures, and conditions that favor the growth of bacteria and fungi that cause an increase in disease and pest populations. Other authors (van Veluw, 1987) have also reported a 75% mortality of birds during the dry spell. In Contrast to our results, Veluw (1987), observed a higher mortality in the wet spell than in the dry spell. Goodger et al. (2002), also reported high chick mortality during the wet spell and attributed their findings to the high incidence of Newcastle disease in the wet season. In addition, Tauson et al. (1999), also found mortality of 21-27% in laying hens kept in the deep litter system, mainly as a result of infection mainly as a result bacterial infections caused by pecking at bare skin by more aggressive laying hens. However, Abdul-Rahman (2017) did not observe any effect of climatic season on mortality in commercial flocks.

The litter system is the most widely used production system for egg production in Ghana, especially by small and medium-scale egg producers. All the egg producers interviewed in this survey also stated that egg production is carried out in the litter system. According to NEA (2019) in Ghana, broilers and layers are reared exclusively either in the deep litter system **or** battery cages although most poultry farms use the deep litter production systems. This is because cages are very expensive to buy and maintain. However, some of the large egg-productiong farms, such as Akate farms, use both cages and the litter system.

Table 2. Characteristics of egg sellers in the Teshie market

Parameter	Outcome	Count	Percentages (%)
Gender	Male	2	5.60
	Female	34	94.40
	Total	36	100
Age (yrs.)	18-35	14	38.90
	36-60	22	61.10
Religion	Christians	23	63.90
	Muslims	5	13.90
	Traditionalists	8	22.20
Education	Basic	8	22.20
	High school	24	66.70
	Tertiary	4	11.10

Table 2 is a representation of the characteristics of egg sellers in Teshie market. Most (94.4%) of the egg sellers interviewed were women and the majority were Christians (63.9%). In general, women dominate the sales of agricultural commodities in the market in Ghana. Most of the men are only

involved in the production, with their wives or other female relatives usually acting as vendors. Most of the elderly women in Teshie municipality have little or no formal education and therefore see the marketing of agricultural commodities as the only to generate income to support their families. Also, young girls usually follow their mothers to markets to help them sell their goods which have a great influence on the girls when they become adults. Similarly, Mensah-Bonsu et al. (2019) reported that although the production level was dominated by men in Ghana, the trader and processor levels were dominated by women. Their findings are similar to those of the current study. The majority of sellers were aged between 36 and 60, and a high proportion (66.7%) had only completed secondary education, followed by primary education (22.2%) and tertiary education (11.1%). Only 38.9% of the egg sellers were between the ages of 18 and 35 years old. Due to a lack of interest in egg production and any business related to farming among the youth in Teshie Municipality, the percentage of youth compared to the elderly in the egg-selling business was very low.

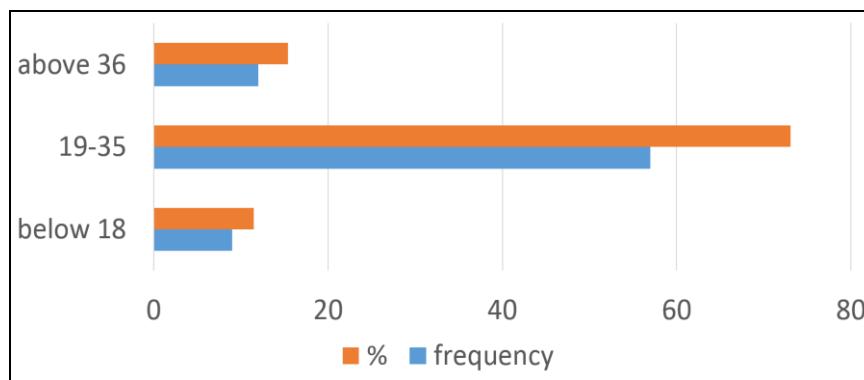


Figure 1. Age (yrs.) distribution of egg consumers in the Teshie Municipality

Figure 1 is a graphical representation of the age distribution of egg consumers in Teshie municipality. A critical observation of Figure 1 revealed that most of the egg consumers in the study area were between the ages of 19 and 35 years. This may be due to financial independence at such an age and the desire to usually have protein in diets. In addition, most young people in Ghana prefer to eat various local Ghanaian dishes with eggs at home or in other public places. Boiled egg rubbed with ground pepper is also consumed as a snack in Ghana which is being sold by vendors across the street and preferred mostly by young people. Furthermore, eggs are much cheaper than any kind of meat in Ghana which explains the higher consumption of eggs among the young adults (19-35 years) with poor employment histories (The World Bank, 2020), especially in rural areas such as Teshie. However, most of the adults (the elderly) in Ghana prefer meat. In an average Ghanaian household, the parents followed by the eldest siblings, are the main consumers of meat in the family since they are the primary providers of money for their families. During festive periods when there is an extra surplus of meat, some may be provided to the kids as well. Also, most Ghanaians try to avoid eggs as they get older because of the belief that cholesterol can raise or make them susceptible to diseases such as diabetes, high blood pressure or some form of cardiovascular disease. Similar to our results, Ayim-

Akonor and Akonor (2014) also reported that older respondents consumed lower amount of eggs compared to the younger respondents. Contrary to our results, Mingle et al. (2021) found that among age groups, elderly people (51–80 years) consumed more eggs than the young people (13–50 years), with older men (60–80 years) consuming the most eggs.

The gender of egg consumers is shown in Figure 2. 46 of them are male and 32 of them are female. As the head of the family is a man and the main source of income for many families in Teshie, it is obvious that they would consume a high number of protein meals either egg or meat in addition to their daily carbohydrate meals. Men were in the majority confirming the dominance of men in the family line of developing towns like Teshie. Also, men are the the hardest working gender in this municipality, which would give them the advantage of consuming more eggs than women. However other researchers (Mingle et al., 2021) found no significant difference in egg consumption between men and women.

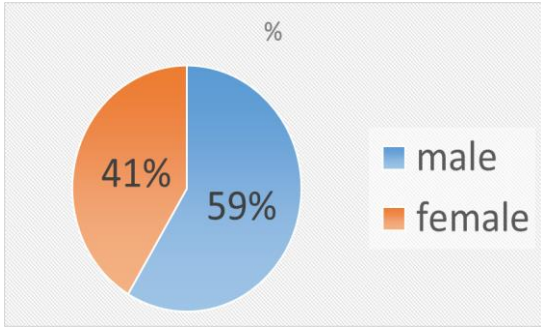


Figure 2. Gender of egg consumers in the Teshie municipality

Table 3 is a representation of the education and religious characteristics of egg consumers in the Teshie municipality. Similarly, in a municipality where Christianity is prevalent, the majority of sampled egg consumers (71.8%) are undoubtedly Christians. Unlike more developed communities in Ghana, the Teshie municipality among other rural communities has a huge number of traditionalists or native believers. These are people still adhering to the old gods and pouring libation at shrines, which is a ritual pouring of a liquid, or grains such as rice, as an offering to a deity or spirit, or in memory of the dead. The majority (43.59%) of the respondents had vocational (non-formal) education, followed by high school and basic school education respectively. Basic and high school education in Ghana is free in government schools; however, many families in rural communities such as Teshie cannot afford uniforms or books due to extremely poor financial backgrounds. As a result of this, boys in their early ages may join their fathers in occupations such as fishing, carpentry, or mechanics and learn these jobs informally as they grow. On the other hand, girls may be recruited by sewing companies or other businesses and grow to be skilled in that business.

Table 3. Education and religious characteristics of egg consumers in the Teshie municipality

Parameter	Outcome	Count	Percentages (%)
Religion	Christians	56	71.79
	Muslims	6	7.69
	Traditionalists	16	20.51
Educational level	Basic	18	23.08
	High school	26	33.33
	Vocational (non-formal)	34	43.59

Table 4 represent egg consumption rate among the respondents in Teshie municipality. It was observed that most of the respondents (23.08%) consumed an egg four times a week followed by 20.51% consuming an egg twice a week and 17.95% consuming an egg either once or 3 times a week. Only 5.12% of the respondents consumed eggs either 6 or 7 times per week. Similar to our results, Abive-Bortsi et al. (2022) also observed a lower egg consumption pattern among respondents in the Volta region of Ghana. According to Iannotti et al. (2014), although eggs are of a great significant benefit, their consumption and availability in countries like Kenya, Malawi Ethiopia, and India, particularly in Sub-Saharan Africa and Asia are low. The number of eggs consumed per week by an individual in Ghana can be influenced by several factors such as preference, choice of food, spiritual beliefs, financial status, or other social reasons. In addition, there are several cheap sources of protein in Ghana, such as beans and fish, which are preferred and consumed in relatively higher quantities than eggs. Health is also considered a key factor by consumers when confronted with the decision to eat eggs, as eggs are viewed in terms of cholesterol and its effect on the heart (Bertechini and Mazzuco, 2013). Several studies (Djousse and Gaziano, 2008; Li et al., 2013) have shown that egg consumption is positively related to CVDs in diabetic subjects but the case of healthy individuals remains rather unclear. Although not included in this study, there are some negative perceptions about eggs because of their cholesterol content. Also, many people in Ghana link cholesterol to obesity and some diseases which discourage its consumption. In a study by Ayim-Akonor and Akonor (2014), about 60% of the respondents reported that bird diseases did not affect their consumption decisions as they would not be transmitted by eggs, but the remaining 40% stated that a bird disease such as influenza could be transmitted to a consumer and would therefore hinder their decision to eat eggs. Furthermore, Abive-Bortsi et al. (2022) revealed that individuals in the higher income class could afford eggs and other different kinds of proteins such as meat, milk, or fish, indicating that the income level of consumers plays an important role when it comes to purchasing decisions.

Table 4. Egg consumption rate in Teshie municipality

Egg consumption times per week	Count	Percentage (%)
Once	14	17.95
Twice	16	20.51
Thrice	14	17.95
Four times	18	23.08
Five times	8	10.26
Six times	4	5.13
Seven times	4	5.13
Total	78	100

Table 5 represents the evaluation of egg nutritional content by consumers. As can be seen from Table 5, many (60.26%) of the consumers rated eggs as a high source of protein followed by 29.49% rating eggs as a very high source of protein with only 10.26% of respondents rating eggs as a low source of protein. Similar to our findings, other studies (Applegate, 2000; de Groot et al., 2020; Ayim-Akonor and Akonor, 2014) also reported that most consumers considered eggs as the most source of protein. In a study conducted by Abive-Bortsi et al. (2022), more than half of the respondents (56.36%) were not aware of the nutritional content of eggs, but, 40% were able to mention protein as the main nutritional content of the egg.

Table5. Evaluation of the protein content of egg by Consumers

Egg Ratings	Frequency	Percentage (%)
Low	8	10.26
High	47	60.26
Very High	23	29.49

Conclusion

The involvement of the youth and women in egg production in Ghana is generally low, particularly in the survey region where the majority of the egg producers were men and elderly. The egg-selling business in Ghana is gender segregated as was observed in Teshie municipality with women dominating the egg-selling business sector. Weekly egg consumption in Ghana is very low, especially in the survey area. Egg consumption was highest among the youth with women and the elderly having the lowest consumption rate. Egg production has been left to people in rural areas of Ghana with inadequate knowledge about egg production due to a lack of interest in poultry production and agriculture in general. Educational level in the rural communities in Ghana is very low and the majority of the employees and employers in the poultry sector especially, the small-scale poultry farmers do not have any formal educational background in poultry production. The egg producers, egg consumers, and egg sellers interviewed in the survey region had some form of formal or informal educational background however; their area of education was not necessarily related to their field of

work (poultry production). Although the educational background in the survey region was low, egg consumers in Teshie had some form of knowledge or information about the nutritional content of eggs and were able to rate eggs as a low, high, or very high source of protein. Egg production in Teshie municipality is completely carried out in a deep litter system which is one of the most common production systems for poultry production in Ghana. Based on the findings in this survey, there is an urgent need for an educational campaign through electronic and printout media to educate people in Teshie and Ghana in general about the importance of poultry production. This will help increase the performance of the local egg-producing sector leading to a higher rate of egg consumption. This educational campaign should also focus on educating people in Ghana, especially the youth and women on the importance of their involvement in the egg production sector and how it could solve some of the unemployment and low egg production problems. Information regarding the nutritional benefits of an egg should be disseminated via social networks and other platforms because there are negative perceptions about eggs that inhibit people from consuming them. Many people especially, the elderly and women have the perception that egg causes cardiovascular, obesity, and other health problems based on false information so it is also suggested that information regarding the cholesterol content of egg should be made available to the general public since it is one of the major factors affecting egg consumption. Information regarding the safety level of cholesterol and the recommended quantity of eggs needed to be consumed per week should be available to the public via the radio and television channels since higher consumption above a certain quantity may cause health problems. This educational campaign should be held both in English and local dialects. The government should provide subsidies in a form of a reduction in the price of feed materials to encourage the youth and farmers that are already involved in poultry production since the high cost involved is one of the major factors inhibiting people from investing and engaging in poultry production. There should be collaboration between the private and the government sector to boost the local egg-producing sector because it has been rendered uncompetitive against the imported eggs. Scholarships should be available for people that are interested in studying agricultural or animal science in high school and the tertiary level. This will create awareness and draw people's attention towards agriculture in general. It is further suggested that studies regarding egg consumption should be carried out in various parts of the country especially, in the Northern rural communities with the lowest egg consumption rate to obtain a national outlook. This will help fight kwashiorkor, a disease marked by severe protein malnutrition among infants and children. This study proves that there is an urgent need to raise awareness about the nutritional and health benefits of eggs in Ghana. Success in such awareness creation will go a long way to greatly minimize acute malnutrition in Ghana.

Statement of Conflict of Interest

Authors have declared no conflict of interest.

Author's Contributions

The contribution of the authors is equal.

References

- Abdul-Rahman II. Effects of season and housing system on mortality in commercial flocks of Hy-Line Brown layers-a case study of a commercial farm on the Accra plains. *Ghana Journal of Science, Technology and Development* 2017; 5(1): 7-13.
- Abive-Bortsi M., Baidoo ST., Amiteye S. Assessment of consumers' perception of chicken eggs consumption and associated health implications in the Volta Region of Ghana. *Nutrition and Metabolic Insights* 2022; 15, 11786388221118872.
- Aning KG. The structure and importance of the commercial and village based poultry in Ghana. *Poultry Review Report prepared for FAO*. 2006.
- Anku GG. Ghana-poultry consultant sends SOS to government to salvage poultry industry. 2005.
- Applegate E. Introduction: nutritional and functional roles of eggs in the diet. *Journal of the American College of Nutrition* 2000; 19(sup5): 495S-498S.
- Awuni JA. Strategies for the improvement of rural chicken production in Ghana. *Characteristics and Parameters of Family Poultry Production in Africa*. IAEA 2022; 33-37.
- Ayim-Akonor M., Akonor PT. Egg consumption: patterns, preferences and perceptions among consumers in Accra metropolitan area. *International Food Research Journal* 2014; 21(4): 1457-1463.
- Bertechini AG., Mazzuco H. The table egg: a review. *Ciência e agrotecnologia* 2013; 37, 115-122.
- de Groot R., Handa S., Ragno LP., Spadafora T., Ghana LEAP1000 Evaluation Team. Child malnutrition, consumption growth, maternal care and price shocks: new evidence from Northern Ghana. *Development Studies Research* 2020; 7(1): 18-30.
- Djoussé L., Gaziano JM. Egg consumption in relation to cardiovascular disease and mortality: the Physicians' Health Study. *The American journal of clinical nutrition*, 87(4), 964-969, 2008.
- FAO, Food and Agriculture Organization, Poultry Sector Ghana, FAO Animal Production and Health Livestock Country Reviews, 2014. No6Rome.
- FAOSTAT. Egg Consumption Per Capita in Ghana. HelgiLibrary. 2023. <https://www.helgilibrary.com/indicators/egg-consumption-per-capita/ghana/>
- Flake L., Ashitey E. Ghana poultry and products. Voluntary report—Public distribution (GH8006). 2008.
- Ghana Population and Housing Census (PHC) General Report. 2021. Vol 3C, Background Characteristics" (PDF). Ghana Statistical Service.
- Goodger WJ., Bennett TB., Dwinger RH. Comparative analysis of family poultry production in twelve African countries. *Characteristics and parameters of family. Poultry production in Africa* 2002; 143-157.

- Iannotti LL., Lutter CK., Bunn DA., Stewart CP. Eggs: the uncracked potential for improving maternal and young child nutrition among the world's poor. *Nutrition reviews* 2014; 72(6): 355-368.
- Killebrew K., Plotnick R. Poultry market in West Africa: Ghana. *Evans School Policy Analysis and Research (EPAR) Brief* 2010; 83.
- Kusi LY., Agbeblewu S., Anim IK., Nyarku KM. The challenges and prospects of the commercial poultry industry in Ghana: A synthesis of literature. *International Journal of Management Sciences* 2015; 5(6): 476-489.
- Kwadzo GT., Dadzie F., Osei-Asare YB., Kuwornu JK. Consumer preference for broiler meat in Ghana: a conjoint analysis approach. *International Journal of Marketing Studies* 2013; 5(2): 66.
- Li Y., Zhou C., Zhou X., Li L. Egg consumption and risk of cardiovascular diseases and diabetes: a meta-analysis. *Atherosclerosis* 2013; 229(2): 524-530.
- Linden J. Global poultry trends - strong growth in egg output recorded in Africa and Oceania. The Poultry Site. 2015. <https://www.thepoultrysite.com/articles/global-poultry-trends-strong-growth-in-egg-output-recorded-in-africa-and-oceania>
- Maguregui E. Poultry production in Ghana. *Veterinaria Digital*. 2022. <https://www.veterinariadigital.com/en/articulos/poultry-production-in-ghana/>
- Mensah-Bonsu A., Lartey NN., Kuwornu JK. Gender-segregated analysis of the poultry value chain in Ghana. *Gender, Technology and Development* 2019; 23(2): 130-164.
- Mingle CL., Darko G., Asare-Donkor NK., Borquaye LS., Woode E. Patterns in protein consumption in Ghanaian cities. *Scientific African* 2021; 11, e00684.
- Netherlands Enterprise Agency (NEA). Analysis poultry sector Ghana 2019: an update on the opportunities and challenges. The Embassy of the Kingdom of the Netherlands, Accra, 2020.
- Okantah S., Aboe P., Boa-amponsem K., Dorward P., Bryant M. Smallscale chicken keeping in peri-urban Accra and Kumasi. A Technical Report on DFID (LPP) Project No. R7631. Animal Research Institute, Achimota, Ghana, 2004.
- PHC (Population and Housing Census) General Report Vol 3C, Background Characteristics". "2021. Ghana Statistical Service.
- Tauson R., Wahlström A., Abrahamsson P. Effect of two floor housing systems and cages on health, production, and fear response in layers. *Journal of Applied Poultry Research* 1999; 8(2): 152-159.
- The World Bank. Addressing Youth Unemployment in Ghana Needs Urgent Action, Calls New World Bank Report. <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2020/09/29/addressing-youth-unemployment-in-ghana-needs-urgent-action>, 2020.
- Umuhia GU. The Guardian (Nigeria). <https://guardian.ng/news/nigeria-africas-largest-egg-producer-second-best-in-chicken-says-permanent-secretary/> 2022.

van Veluw K. Traditional poultry keeping in Northern Ghana. Centre for Information on Low External Input and Sustainable Agriculture (ILEIA) Newsletter 1987; 13, 12-13.

Yevu M., Onumah EE. Profit efficiency of layer production in Ghana. Sustainable Futures 2021; 3, 100057.

Antimicrobial and Antioxidant Activities of Some Maquis Species from Mersin, Turkey

Oskay KAHRAMAN¹, Ersan TURUNC², Deniz ALKAYA³, Aysin DÖĞEN⁴, Rıza BINZET^{5*}

^{1,5} Department of Biology, Faculty of Science, Mersin University, 33343, Mersin, Turkey

² Department of Chemistry and Chemical Processing Technologies, Technical Science Vocational School, Mersin University, Mersin, 33343, Turkey

^{3,4} Department of Pharmaceutical Microbiology, Faculty of Pharmacy, University of Mersin, Mersin, Turkey

¹<http://orcid.org/0000-0002-0904-7396>

²<http://orcid.org/0000-0001-6412-9020>

³<http://orcid.org/0000-0001-8580-4152>

⁴<http://orcid.org/0000-0002-0388-306X>

⁵<http://orcid.org/0000-0003-0336-8305>

*Corresponding author: rbinzet@mersin.edu.tr

Research Article

Article History:

Received: 28.04.2023

Accepted: 11.09.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Antioxidant
Antimicrobial activity
Maquis element
Extract
Mersin

ABSTRACT

In this paper, we have investigated the antimicrobial and antioxidant activity of some maquis species from Mersin vil., Turkey. Extracts of *Cistus creticus* L., *Erica manipuliflora* L., *Myrtus communis* L., *Pistacia terebinthus* L. and *Rosmarinus officinalis* L., species, which are the elements of the scrub vegetation, were obtained by using hexane, methanol and petroleum ether solvents, respectively, and the antioxidant and antimicrobial properties of these extracts were determined. The plant samples showed different antimicrobial and antioxidant activity. Specifically, *M. communis* extracts have more effective antimicrobial activity against Gram (+) bacteria species. *M. communis* methanolic extract showed the MIC value of 31.25 µg/mL against *S. aureus*, *S. pneumoniae* and *E. faecalis*. *M. communis* hexane extract showed that the MIC value of 31.25 µg/mL against *E. faecalis*. In the current study, the petroleum ether extract of *M. communis* showed the highest antifungal effect against *C. parapsilosis* with a MIC value of 31.25 µg/mL. The highest and lowest DPPH radical scavenging activity were calculated as 91.25% and 63.3% in the petroleum ether extract of *P. terebinthus* and in the methanolic extract of *C. creticus*, respectively. Furthermore, the highest and lowest hydrogen peroxide (H₂O₂) scavenging activity were found to be 78.87% and 45.8% in the methanolic extract of *M. communis* and in hexane extract of *C. creticus*, respectively.

Mersin, Türkiye'den Bazı Maki Türlerinin Antimikrobiyal ve Antioksidan Aktiviteleri

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 28.04.2023

Kabul tarihi: 11.09.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Antioksidan
Antimikrobiyal aktivite
Maki elemanı
Özüt
Mersin

ÖZ

Bu çalışmada, Mersin, Türkiye'den bazı maki türlerinin antimikrobiyal ve antioksidan aktivitelerini araştırdık. Maki bitki örtüsünün elemanlarından olan *Cistus creticus* L., *Erica manipuliflora* L., *Myrtus communis* L., *Pistacia terebinthus* L. ve *Rosmarinus officinalis* L. türlerinin sırasıyla hekzan, metanol ve petrol eteri çözücülerini kullanarak özütleri elde edilmiştir. Bitki örnekleri farklı antimikrobiyal ve antioksidan aktivite göstermiştir. Spesifik olarak, *M. communis* özütleri, Gram (+) bakteri türlerine karşı daha etkili antimikrobiyal aktiviteye sahiptir. *M. communis* metanolik ekstraktı, *S. aureus*, *S. pneumoniae* ve *E. faecalis*'e karşı 31,25 µg/mL MİK değeri

gösterdi. *M. communis*'in hekzan özütü, *E. faecalis*'e karşı MİK değerinin 31,25 µg/mL olduğu belirlenmiştir. Mevcut çalışmada, *M. communis*'in petrol eteri özütü, 31,25 µg/mL MİK değeri ile *C. parapsilosis*'e karşı en yüksek antifungal etkiyi göstermiştir. En yüksek ve en düşük DPPH radikal yakalama aktivitesi sırasıyla *P. terebinthus*'un petrol eteri özütünde %91,25 ve *C. creticus*'un metanolik özütünde %63,3 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, en yüksek ve en düşük hidrojen peroksit (H₂O₂) süpürme aktivitesi sırasıyla *M. communis*'in metanollü özütünde %78,87 ve *C. creticus*'un hekzan özütünde %45,8 olarak bulunmuştur.

To Cite: Kahraman O., Turunc E., Aktaş D., Dögen A., Binzet R. Antimicrobial and Antioxidant Activities of Some Maquis Species from Mersin, Turkey. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(Ek Sayı): 467-485.

Introduction

Resistance to antimicrobial drugs is one of the most important health problems today. Infections of bacterial origin are a complex problem to solve due to multidrug resistance of microbial pathogens. This multidrug resistance applies not only to bacteria but also to other microorganisms such as fungi and viruses. The rapid development of resistance to antibacterial, antiviral and antifungals has prompted scientists to seek new phytochemicals with antimicrobial action (Levy and Marshall, 2004; Leal et al., 2021). However, the undesirable side effects of some antibiotics and the emergence of rare infections, it has forced scientists to seek new antimicrobial agents from various complementary sources such as herbs. Phytochemicals obtained from plant extracts showed that plants are a potential source of new anti-infective agents when viewed in terms of antimicrobial activity (Sharma et al., 2009; Elumalai et al., 2011; Peixoto et al., 2011).

Plants contain various phytochemicals like alkaloids, flavonoids, tannins, essential oils and these phytochemicals have might potential against multi-drug resistance bacterial diseases. Essential oils and phytochemicals have shown a wide spectrum of biological activity and are used in the food industry and medicine (Barchuk et al., 2021; Micić et al., 2021; Napoli and Di Vito, 2021; Nie et al., 2021; Aćimović et al., 2022; Leyane et al., 2022; Li and Xu, 2022).

Reactive oxygen species (ROS) including free radicals like superoxide (O₂⁻), hydroxyl radical (OH[·]) etc. These free radicals are involved in various processes in the body, and oxidative stress occurs as a result of free radical excess. Oxidative stress has main role in the various disease such as Alzheimer's disorders, cancer, cardiovascular diseases, atherosclerosis, inflammation, hypertension and ageing (Qi et al., 2005; Conforti et al., 2008; Ighodaro and Akinloye, 2008). Therefore, it is very important to destroy these free radicals in the body or to keep them at a certain level. Antioxidant molecules can keep the balance of the free radical in the body or destroy free radicals. Several synthetic antioxidant molecules like butylated hydroxyanisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT), and propyl gallate (PG) are consumed to prevent oxidative stress-related diseases but they cause various adverse effects like side effects problems (Ndhlala et al., 2010; Lourenço et al., 2019). For instance, BHT and BHA cause hepatotoxicity and have been demonstrated to be carcinogenic in the studies carried out. Also, synthetic antioxidants are difficult and expensive to obtain this limits their use. Therefore, it is very important to use alternative antioxidants that are cheap, easy to access and have no side effects instead

of synthetic antioxidants. Due to the plants containing active biomolecules such as flavonoids, phenolic compounds, alkaloids have the effective potential antioxidant molecules. It is known that the antioxidants properties of plants play a protective role in the body against wide spectrum diseases like the risk of cancer, heart disease, hypertension, dementia, and stroke (Havsteen, 2002; Hodgson and Croft, 2010; Szymanska et al., 2016). In the literature review, it was stated that phytochemicals showed antioxidant and antimicrobial activities (Ivanović et al., 2021; Mohammed et al., 2021; Idris and Mohd Nadzir, 2021; Mokhtar et al., 2021; Vidana Gamage et al., 2021; Malada et al., 2022; Mohammed et al., 2022; Paudel et al., 2022; Tavan et al., 2022).

All taxa examined within the scope of this study are members of the maquis vegetation and were collected from the same region.

Cistus creticus L. belongs to the Cistaceae family. *C. creticus* is generally distributed in the Mediterranean phytogeographical region (Davis et al., 1965). The species of *Cistus* genus have been utilized for folk medicine (Baytop, 1999; Polat and Satıl, 2012; Sargin et al., 2013; Sargin et al., 2014).

Erica manipuliflora L. belongs to the Ericaceae family. This family includes more than 800 species around the world especially in the coastal sea of the Mediterranean. *E. manipuliflora* is more widespread in Southwest Anatolia. The people of Turkey have used it for medical purposes for a long time (Akkol et al., 2008; Mitic et al., 2018; Kuş et al., 2019).

Myrtus communis L. is aromatic and economical species that belongs to the Myrtaceae family (Hennia et al., 2019). *M. communis* is known as Myrtle. Myrtle is largely distributed in tropical and subtropical areas in the world. This species has solitary axillary white or rosy flowers, followed by spherical and dark red to violet berries. The fruits are dark and white in color and are widely consumed as snacks in Turkey (Aleksic and Knezevic, 2014).

Pistacia terebinthus L. is an economically valuable species belonging to the Anacardiaceae family. This species is commonly known as terebinth or turpentine tree. *P. terebinthus* is native to the Mediterranean phytogeographic region and is distributed in arid areas, forest clearings and calcareous rocky areas (Tutin et al., 1968). *P. terebinthus* is widely consumed in traditional medicine, coffee and food in Turkey.

Rosmarinus officinalis L. is a medicinal and aromatic plant and belongs to the Lamiaceae family. This species is known as Rosemary in Turkey. One of the natural elements of maquis vegetation, this species is an evergreen shrub native to the Mediterranean region. Due to this feature, it is widely used as a hedge plant in Mediterranean coastal cities in Turkey. In addition to its medicinal and cosmetic use all over the world, it is also consumed as a spice and tea (González-Trujano et al., 2007; Özcan and Chalchat, 2008).

The natural maquis vegetation in Mersin University Çiftlikköy campus is being destroyed due to building and anthropogenic interventions, and it is predicted that it will disappear in a very short time if necessary precautions are not taken. Considering this situation, in this study, it was aimed to prepare

various extracts of five different natural maquis species distributed in the same soil properties and at the same altitude and to determine the antioxidant and antimicrobial properties of these extracts.

Material and Methods

Chemicals

All chemicals are of analytical grade. 2,2-diphenyl-1-picryl hydrazyl (DPPH), and hydrogen peroxide (H₂O₂) were purchased from Merck. Hexane, methanol and petroleum ether were purchased from Sigma Aldrich.

Plant Materials

In this study, *C. creticus* belonging to the Cistaceae family, *E. manipuliflora* belonging to the Ericaceae family, *M. communis* belonging to the Myrtaceae family, *P. terebinthus* belonging to the Anacardiaceae family and, *R. officinalis* belonging to the Lamiaceae family, which are naturally distributed in Ciftlikköy Campus of Mersin University, were collected (Turkey C5: Mersin, Southern of Mersin, Mersin University, Ciftlikköy Campus, 36°47'23"N 34°31'11"E, 90-110 m, 15 v 2021, Binzet 202141-202145). The collected samples were identified by Rıza Binzet using the flora of Turkey (Riedl, 1978) and a doublet of the identified samples was taken under protection in Mersin University herbarium (MERA) (Fig. 1).



Fig. 1. The general habitus of examined species. a) *C. creticus*, b) *E. manipuliflora*, c) *M. communis*, d) *P. terebinthus*, e) *R. officinalis*

Preparation of Plant Samples

Five different plant samples collected from the natural/disturbed maquis areas of Mersin University campus were washed with tap water and left to dry in the shaded area for about a month. Then, the leaves of the dried samples were removed and the dried leaves were ground with the help of a mill (Blender 8011ES Model HGB2WTS3 400 W). The powdered samples were taken into dark colored bottles to be used in extraction and stored at room temperature.

Extraction

Each plant powders (1 gr) were mixed with 50 mL of different solvents (methanol, petroleum ether and hexane) in the sterile bottles and the mixtures were stirred at 37 °C for 24 hours. After the 24 hours, the extracts were filtered using filter paper (0.11 µm) and organic solvents were evaporated with the help of rotary evaporator. The obtained plant extract samples were stored at 4 °C for analysis.

Antimicrobial Activity

The antimicrobial susceptibility test was evaluated using the modification microdilution broth method (Albayrak et al., 2022). Six reference bacterial strains and two fungal strains were used: *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213), *Streptococcus pneumoniae* (ATCC 49619), *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 1951), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *Candida metapsilosis* (CBS 2916), *Candida parapsilosis* (CBS 2916). The fungal and bacterial cell inoculum were prepared from the stock culture grown in Tryptic Soy Agar (TSA, Merck, Darmstadt, Germany) at 28 °C for 24 h and Mueller-Hinton Agar (MHA, Merck, Darmstadt, Germany) 37 °C for 24 h, respectively. The microorganisms suspension concentrations were adjusted according to McFarland 0.5 turbidity tubes using sterilized saline. Stock solution of plant extracts and reference drugs were prepared in DMSO at 1000 µg/mL. A modified microdilution test was applied for antimicrobial activity and the experiments were run in duplicates independently.

To determine antimicrobial activity tests, 100 µL of tryptic soy broth and Mueller-Hinton water were added to each well for fungi and bacteria, respectively. A 100 µL aliquot of the plant extracts solution was added to the first well, and two-fold dilutions were prepared for subsequent wells. Then, 5 µL of fungal or bacterial suspension was added to each well except the last ones, which acted as control wells for each group. Control tubes containing 5 µL of each of the fungal or bacterial suspensions alone without the plant extracts solution were also prepared. All plates were incubated at 28 °C (for fungi) and at 37 °C (for bacteria) for 24 h. After the incubation, the minimal inhibitory concentrations (MIC) were noted by controlling the growth inhibition for plant extracts. Fluconazole and ampicillin were used as reference drug. The results were read visually and by measuring optical density for 24 h.

Antioxidant Activity

DPPH Radical Scavenging Assay

The radical scavenging activity of the samples was investigated method by used Mensor et al with using some modifications (Mensor et al., 2001). 3 mL of 0.1 mM solution of DPPH (in methanol) was added to 1 mL (100 µg/mL - 1000 µg/mL) extract or standard in sterile vials and allowed to react in the dark at room temperature for 30 min. The absorbance was measured against a corresponding blank at 517 nm. Methanol (1 mL) plus extract solution (0.5 mL) was used as the blank. Ascorbic acid was used as a positive control. All measurements were done in triplicate. All solutions were freshly prepared. Inhibition (%) of free radical DPPH was calculated as in Equation 1.

$$\text{Inhibition (\%)} = [(Ac - As)/Ac]*100 \quad \text{Eq. 1}$$

Ac and As are the absorbances of the control and solutions, respectively.

H₂O₂ scavenging assay

The ability of the samples to the H₂O₂ scavenge was determined by modification to the method of Ruch et al. (1989). 1 mL of extract samples (100-400 µg/mL) was transferred into the bottles and their volumes were made up to 2 mL with 40 mM phosphate buffer solution (pH 7.4) followed by the additions of 0.6 mL of H₂O₂ solutions (40 mM). The reaction mixture was stirred for a few minutes and after 10 min of incubation time, its absorbance was measured at 230 nm. Ascorbic acid was used as the positive control. Phosphate buffers were used as blank. All measurements were done in triplicate. All solutions wereas freshly prepared. The ability of the extracts to scavenge the H₂O₂ was calculated using the Equation 1.

Results and Discussion

Extraction Yield

The percentage of extraction yield was calculated by following equations.

$$\text{Yield of extract (\%)} = (R/S)*100 \quad \text{Eq. 2}$$

R refers to the dried samples weight after to the evaporation of solvent, and S: refers to the dry weight before extraction process (raw plant powder).

In this study, the highest extraction yield in methanol extract was obtained in *R. officinalis*, while the lowest extraction yield was obtained in hexane extract of *P. terebinthus* (Table 1).

Table 1. Extract yield percentage of examined samples

Samples	Solvent	Extract Yield (%)
<i>C. creticus</i>	Methanol	1.63
	Petroleum ether	1.70
	Hexane	1.29
<i>E. manipuiliflora</i>	Methanol	1.38
	Petroleum ether	1.06
	Hexane	1.32
<i>M. communis</i>	Methanol	1.74
	Petroleum ether	1.29
	Hexane	1.64
<i>P. terebinthus</i>	Methanol	1.94
	Petroleum ether	1.56
	Hexane	1.02
<i>R. officinalis</i>	Methanol	1.94
	Petroleum ether	1.56
	Hexane	1.02

Antimicrobial Activity

MIC values of different solvent plant extract of *C. creticus*, *E. manipuiliflora*, *M. communis*, *P. terebinthus* and *R. officinalis* displayed strong antimicrobial activity against Gram (+) and Gram (-) bacteria and fungal species (Table 2.).

In this study, especially the methanol and petroleum ether extract of *M. communis* showed more antimicrobial effect against Gram (+) bacteria than Gram (-) bacteria strains. Results of this study showed that the *M. communis* extracts more effective antimicrobial activity against Gram (+) bacteria species. *M. communis* methanolic extract showed the MIC value at 31.25 µg/mL against *S. aureus*, *S. pneumoniae*, *E. faecalis*.

Candida species are among the important factors of invasive fungal diseases. In intensive care units, *C. parapsilosis* takes the second or third place as a candidemia agent. The second most common cause of candidemia in our country is *C. parapsilosis*, and its incidence is increasing day by day. *C. parapsilosis* species complex includes *C. parapsilosis*, *C. metapsilosis* species. Our results show, petroleum ether extract of *M. communis* showed the MIC value at 31.25 µg/mL against *C. parapsilosis*. Also, *M. communis* petroleum ether extract showed MIC value at 62.5 µg/mL against *S. aureus*, *S. pneumoniae*, *E. faecalis*. *M. communis* hexane extract showed a MIC value of 31.25 µg/mL against *E. faecalis*. *E. manipuiliflora* hexane extract showed MIC value at 62.5 µg/mL against *S. pneumoniae*, *E. faecalis* and *E. coli*. The methanolic extract of *C. creticus*, *R. officinalis* and *P. terebinthus* showed MIC value at 62.5 µg/mL against *C. metapsilosis* and *C. parapsilosis*. Methanolic and petroleum ether extract of *P. terebinthus* and *C. creticus* showed the MIC value at 62.5 µg/mL against *C. parapsilosis*. Also, all plant samples (extracts) showed the MIC values at 125 µg/mL against *K. pneumoniae* strains (Table 2).

The previous studies reported that the MIC values below 100 µg/mL correspond to strong antimicrobial properties for plant extracts and the MIC values between 100 µg/mL and 625 µg/mL correspond to moderate antimicrobial activity (Kuefe, 2010). The plant extracts used in this study showed different inhibition effects against bacterial and fungal species (Table 2). In this study, methanolic and petroleum ether extract of *M. communis* and hexane extract of *E. manipuliflora* showed strong inhibition against antibacterial activities. In addition, in the results of the study, it was observed that all plant extract samples showed a strong inhibition against *Candida* species, which is an important fungal pathogen.

Table 2. MIC values (µg/mL) of different extracts and standard drugs Ampicillin and Fluconazole against selected bacteria and fungi

Samples	Gram(+) bacteria			Gram(-) bacteria		Fungal species		
	<i>S. aureus</i>	<i>S. pneumoniae</i>	<i>E. faecalis</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>K. pneumoniae</i>	<i>C. metapsilosis</i>	<i>C. parapsilosis</i>
<i>C. creticus</i> (Methanol)	125	125	125	125	125	125	62.5	62.5
<i>C. creticus</i> (P. ether)	250	250	125	125	125	125	125	125
<i>C. creticus</i> (Hexane)	250	250	125	125	125	125	125	62.5
<i>E. manipuliflora</i> (Methanol)	250	125	125	125	250	125	125	125
<i>E. manipuliflora</i> (P. ether)	250	250	125	125	125	125	125	125
<i>E. manipuliflora</i> (Hexane)	125	62.5	62.5	62.5	125	125	125	125
<i>M. communis</i> (Methanol)	31.25	31.25	31.25	125	125	125	125	125
<i>M. communis</i> (P. ether)	62.5	62.5	62.5	125	125	125	125	31.25
<i>M. communis</i> (Hexane)	125	125	31.25	125	125	125	125	125
<i>P. terebinthus</i> (Methanol)	125	125	250	125	125	125	62.5	62.5
<i>P. terebinthus</i> (P. ether)	125	250	250	125	125	125	125	62.5
<i>P. terebinthus</i> (Hexane)	125	250	125	125	125	125	125	125
<i>R. officinalis</i> (Methanol)	125	125	125	125	125	125	62.5	125

<i>R. officinalis</i> (P. ether)	125	250	250	125	125	125	125	125
<i>R. officinalis</i> (Hexane)	125	125	125	125	125	125	125	125
Fluconazole	*	*	*	*	*	*	-	-
Ampicillin	-	-	-	31.25	31.25	31.25	*	*

(-) All tested concentrations are active; * Not tested; Bold numbers are more effective

Antioxidant activity

DPPH radical scavenging assay activity

Phytochemicals found in plants can reduce or prevent the harmful effects of oxidative stress. Phytochemicals in plants show free radical scavenging properties.

DPPH is a stable nitrogen-centered free radical commonly used for testing radical scavenging activity of the compound or plant extracts. When the stable DPPH radical accepts an electron from the antioxidant compound, the purple color of the DPPH radical was transformed to light yellow or colorless (Fig. 2) and DPPH structure transform to the non-stable DPPH-H structure (Scheme 1).

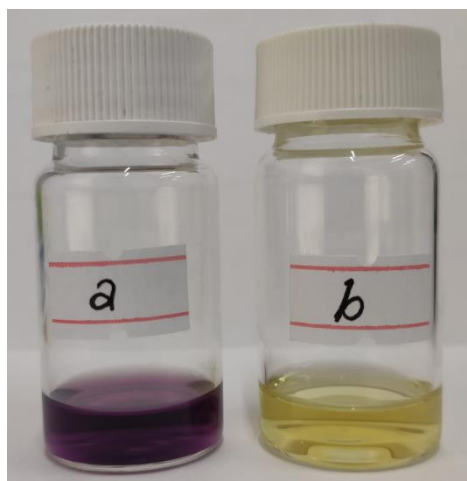
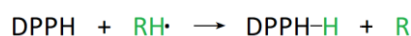


Fig. 2. DPPH radical (a) and after the incubation of DPPH radical with plant extract (b)



RH: Antioxidant molecule

Scheme 1. The chemical transformation mechanism of DPPH with antioxidant molecules.

In our study, different antioxidant activities were obtained depending on the types of phytochemicals released during the extraction process. Hydrogen or electron donating properties of phytochemicals released as a result of extraction are directly related to their antioxidant properties.

In this work, we have evaluated the free radical scavenger activity of prepared extracts with different solvents of *C. creticus*, *E. manipuliflora*, *M. communis*, *P. terebinthus* and *R. officinalis*. According to

the results of the DPPH radical scavenging assay, different plant extracts have shown different free radical scavenging activity at the highest concentration (1000 µg/mL) (Fig. 3). According to the result of our study, the highest DPPH radical scavenging activity was observed as 91.25% in the petroleum ether extract of *P. terebinthus*. Furthermore, the lowest DPPH radical scavenging activity was observed as 63.30% in the methanolic extract of *C. creticus*. Ascorbic acid was used as a positive control and showed 92.25% inhibition at DPPH radical scavenging activity.

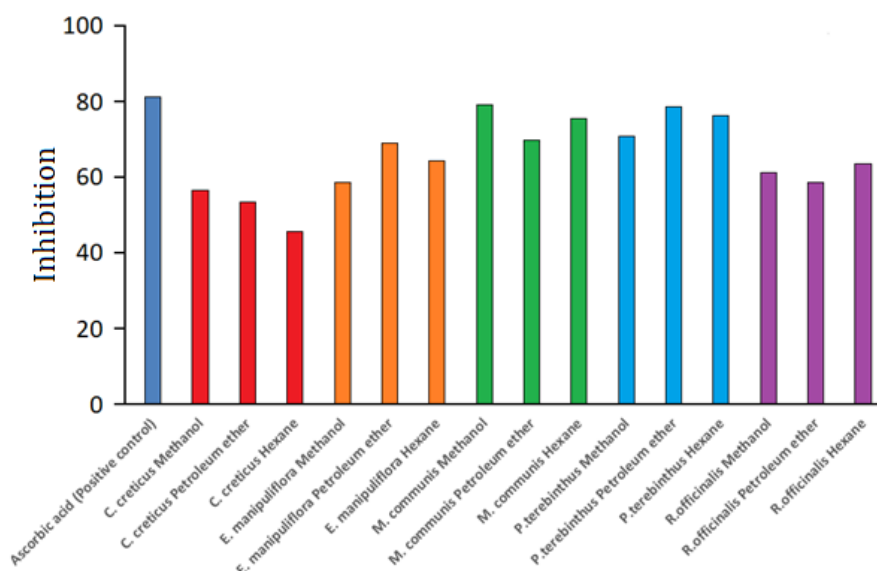
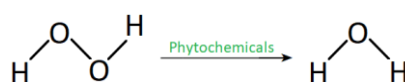


Fig. 3. The DPPH scavenging assay of different plant samples

H₂O₂ scavenging assay activity

H_2O_2 has oxidizing properties. It can penetrate membranes and may oxidize a various compounds (Gülçin et al., 2010). In addition, it can be harmful to the cell as it can transform into hydroxyl radicals with toxic potential in cells. Therefore, it is important to destroy H_2O_2 from cell metabolism. Plants are good electron donors because of the phytochemicals they contain. Phytochemicals donate electrons to H_2O_2 , and neutralize to H_2O (Ebrahimzadeh et al., 2009) (Scheme 2).



Scheme 2. Convert the H_2O_2 to H_2O

Fig. 4 shows the H_2O_2 scavenging activity of different plant extract samples at the highest concentration (400 µg/mL). As a result of our study, the highest H_2O_2 scavenging activity was observed at 78.87% in the methanolic extract of *M. communis*. The lowest H_2O_2 scavenging activity was observed in hexane extract of *C. creticus* with 45.80%.

The IC_{50} values of plant extract samples showed at Table 3. According to the DPPH test results, the highest IC_{50} value of 262.34 µg/mL was observed in the methanolic extract of *C. creticus*, while the

lowest IC₅₀ value was 71.14 µg/mL in the petroleum ether extract of *P. terebinthus*. The IC₅₀ value of the petroleum ether extract of the *P. terebinthus* in the antioxidant activity was 71.14 µg/mL and it was found very close to the ascorbic acid value of 70.66 µg/mL. Also, according to the H₂O₂ scavenging assay test results the highest IC₅₀ value at 247.21 µg/mL was observed in the hexane extract of *C. creticus*, the lowest IC₅₀ value was observed in the petroleum ether extract of *P. terebinthus* with 152.1 µg/mL.

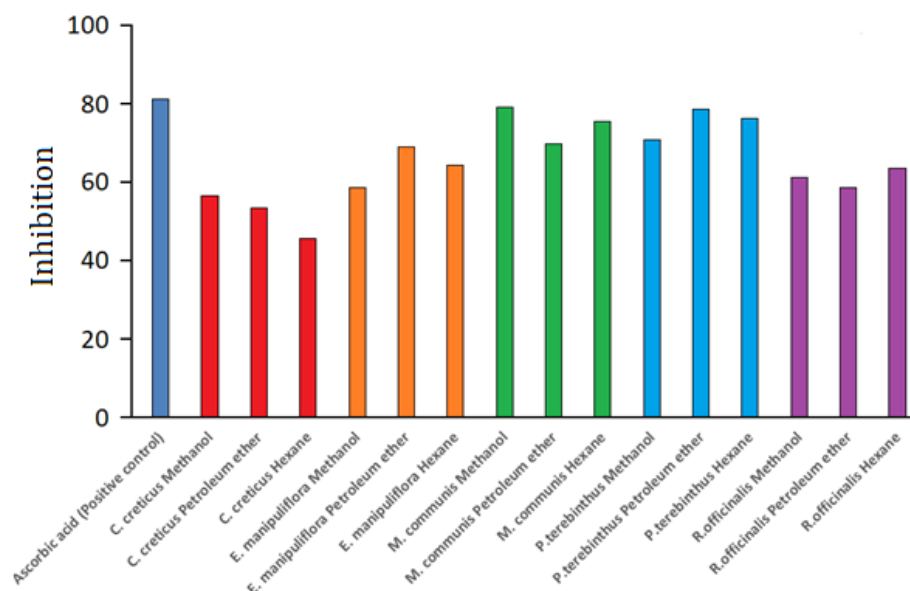


Fig. 4. The H₂O₂ scavenging assay of different plant samples

In our work, IC₅₀ value of the all samples except *C. creticus* methanol extract observed to be in the range of 71.14 µg/mL - 86.16 µg/mL at DPPH radical scavenging assay (Table 3). Based on the IC₅₀ values, all samples except *C. creticus* methanolic extract showed moderate DPPH activity.

Table 3. The IC₅₀ values of antioxidant tests on the examined extract samples

Samples/Solvent	IC ₅₀ value for DPPH Radical Scavenging Assay	IC ₅₀ value for H ₂ O ₂ Radical Scavenging Assay
<i>C. creticus</i> (Methanol)	262.34	214.44
<i>C. creticus</i> (Petroleum ether)	82.41	221.33
<i>C. creticus</i> (Hexane)	77.16	247.21
<i>E. manipuiliflora</i> (Methanol)	74.68	176.34
<i>E. manipuiliflora</i> (Petroleum ether)	80.14	189.93
<i>E. manipuiliflora</i> (Hexane)	75.78	197.24
<i>M. communis</i> (Methanol)	73.22	154.33
<i>M. communis</i> (Petroleum ether)	75.64	161.20
<i>M. communis</i> (Hexane)	78.21	157.42
<i>P. terebinthus</i> (Methanol)	75.88	160.83

<i>P. terebinthus</i> (Petroleum ether)	71.14	152.10
<i>P. terebinthus</i> (Hexane)	83.05	154.45
<i>R. officinalis</i> (Methanol)	75.34	201.37
<i>R. officinalis</i> (Petroleum ether)	82.46	211.62
<i>R. officinalis</i> (Hexane)	86.16	199.05

Mastino et al. (2018) reported that the antimicrobial activity of the butanol and ethyl acetate extracts of *C. creticus* showed the MIC values at 500 µg/mL and 125 µg/mL against *E. coli* and *S. aureus* strains. In our study, we determined that all extracts of *C. creticus* had a range of 125 µg/mL against *E. coli* and 125 - 250 µg/mL against *S. aureus*. In the study by Owlia et al. (2009), essential oil of *M. communis* showed a MIC value of 64 µg/mL against *P. aeruginosa*. A study by Amensour et al. (2010) reported that different solvent extracts of *M. communis* showed the MIC value at 625 µg/mL against *P. aeruginosa* and did not show inhibition against *S. aureus* and *E. coli*. Taheri et al. (2013) reported that the hydroalcoholic extract of *M. communis* showed antimicrobial activity against *S. aureus* and *E. coli* with MIC values at 200 µg/mL and 800 µg/mL. Besukefad et al. (2017) reported that hexane extract of *M. communis* showed MIC value of 31.25 µg/mL and 125 µg/mL against *E. coli* and *S. aureus*. In our study, all extracts of *M. communis* exhibited the MIC values of 125 µg/mL against *E. coli* and *P. aeruginosa* and a MIC value in the range of 31.25 - 125 µg/mL against *S. aureus*. A study by Kavak et al. (2010) reported that antimicrobial activity of *P. terebinthus* leaf extract displayed a MIC value of 1.56 mg/mL against *S. aureus*, and crude extract exhibited no antimicrobial activity on *E. coli*. In our study, all extracts of the *R. officinalis* exhibited a MIC value of 125 µg/mL against *E. coli* and *S. aureus*. Manilal et al. (2021) reported that antimicrobial activity of ethanolic extract of *R. officinalis* displayed MIC value at 4000 µg/mL for *S. aureus* and 8000 µg/mL for *E. coli* and *Salmonella* spp. Jarrar et al. (2010) reported that antimicrobial activity of the ethanolic extract of *R. officinalis* displayed 125 µg/mL against *S. aureus*. In this study, all extracts of the *R. officinalis* exhibited a MIC value of 125 µg/mL against *E. coli* and *S. aureus*.

Lachen et al. (2020) reported the antioxidant activity of *C. creticus* leaves content. It was stated that IC₅₀ values of 12.53 µg/mL, 10.91 µg/mL, 26.64 µg/mL and 30.27 µg/mL correspond to flavonoids, saponin, crude extracts and alkaloids, respectively. Kilic et al. (2019) ethanol, dichloromethane (DCM) and hexane extractions of *C. creticus* leaves were studied and the IC₅₀ values calculated for these were reported as 165.10 µg/mL, 189.71 µg/mL and 397.29 µg/mL, respectively. In our study, the IC₅₀ values of all extracts of *C. creticus* were found to be in the range of 77.16 - 262.34 µg/mL. In another study, essential oils of *Myrtus* black and *Myrtus* white samples of *M. communis* species were obtained and the DPPH scavenging activities of these samples at 1000 µg/mL were determined as 95.26 ± 0.074 µg/mL and 92.80 ± 0.097 µg/mL, respectively (Ibrahim et al., 2021). In the study of Abdulhadi et al. (2020), the antioxidant activity of *M. communis* extract at 1000 µg/mL was found to be 90.17%. In our study, it was determined that the antioxidant activities of *M. communis* extracts

obtained in all three solvents at 1000 µg/mL ranged between 76.8% and 89.4%. Kadri et al. (2011) obtained the essential oils of the cultivated *R. officinalis* plant and determined that its antioxidant activity was $61.00 \pm 2.30\%$ DPPH radical scavenging effect at 300 µg/mL. In the same study, it was also reported that an IC₅₀ inhibitor concentration of 110.20 µg/ml was obtained from the DPPH test. In this study, all extracts of *R. officinalis* exhibited DPPH scavenging activity in the range of 80.2 to 88.3% at 1000 µg/mL.

As a result, the reason for the significant differences between the antioxidant and antimicrobial activities data obtained in our study and other similar studies is thought to be the distribution areas of the plants, collection periods, different drying methods, edaphic properties, different solvents used in extraction and different methods.

Conclusion

The problem of drug resistance of bacteria and fungi is increasing and it is predicted that the use of antimicrobial drugs will pose a serious problem in the future. Therefore, it is important the uses new and alternative antimicrobial agents. Previously reported studies have shown that the extract of the medicinal plants are alternative antimicrobial agents against bacteria and fungi. In general, plant extracts show a strong inhibitory effect against *Candida* species. Especially, all extracts of *M. communis* showed stronger inhibition activity against Gram (+) bacteria than other plant extracts in our study. As a result, it can be suggested that some plant extracts handled in this study can be evaluated as antimicrobial agents against drug-resistant bacteria and fungi. In addition, the plant extracts used in our study have a high antioxidant potential, and therefore they may have the potential to be used in the possible elimination of free radicals in the body and the prevention of diseases such as cancer and cardiovascular disease. Moreover, the plants used in this study offer alternative antioxidant potentials compared to synthetic antioxidant substances that of are cheap, easily accessible and have no side effects.

Acknowledgement

We would like to thank Prof. Dr. Sybren de Hoog for providing the *Candida parapsilosis* and *Candida metapsilosis* strain used in this study (Radboud University, Medical Center, Nijmegen, Netherlands)

Disclosure statement Conflict of interests:

The authors declare that they have no conflict of interest.

Author contributions: All authors contributed equally to this work.

Ethical approval: All ethical guidelines have been adhered.

Sample availability: Samples of the species are available from the last author.

References

- Abdulhadi SM., Shami AM., Saleh MM. Antibacterial effect, antioxidant potential and total phenolic content of polyphenol extracts of *Myrtus communis* leaves. *Plant Archives* 2020; 20(2): 286-291.
- Aćimović MG., Cvetković MT., Stanković Jeremić JM., Pezo LL., Varga AO., Čabarkapa IS., Kiprovski B. Biological activity and profiling of *Salvia sclarea* essential oil obtained by steam and hydrodistillation extraction methods via chemometrics tools. *Flavour and Fragrance Journal* 2022; 37(1): 20-32. <https://doi.org/10.1002/ffj.3684>
- Akkol KE., Yeşilada E., Güvenç A. Valuation of anti-inflammatory and antinociceptive activities of *Erica* species native to Turkey. *Journal of Ethnopharmacology* 2008; 116(2): 251-257. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.11.023>
- Albayrak F., Çiçek M., Alkaya D., Kulu I. Design, synthesis and biological evaluation of 8-aminoquinoline-1,2,3-triazole hybrid derivatives as potential antimicrobial agents. *Medicinal Chemistry Research* 2022; 31: 652-665. <https://doi.org/10.1007/s00044-022-02866-2>
- Aleksic V., Knezevic P. Antimicrobial and antioxidative activity of extracts and essential oils of *Myrtus communis* L. *Microbiological Research* 2014; 169(4): 240-254. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2013.10.003>
- Amensour M., Bouhdid S., Fernández-Lopez J., Idaomar M., Senhaji NS., Abrini J. Antibacterial activity of extracts of *Myrtus communis* against food-borne pathogenic and spoilage bacteria. *International Journal of Food Properties* 2010; 13(6): 1215-1224. <https://doi.org/10.1080/10942910903013399>
- Barchuk O., Pryshlyak A., Shanaida M. Chemical compositions and sedative activities of the *Dracocephalum maldavica* L. and *Ocimum americanum* L. essential oils. *Pharmacology OnLine* 2021; 2: 179-187.
- Baytop T. *Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi (Geçmişte ve Bugün)*. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri. Ankara, 1999; 480 p.
- Besufekad SY., Mekdes M., Abebech M., Delesa D., Tekalign D., Demitu K., Birtukan B. The antimicrobial activity of leaf extracts of *Myrtus communis*. *Journal of Microbial & Biochemical Technology* 2017; 9(6): 290-292. <https://doi.org/10.4172/1948-5948.1000380>
- Conforti F., Sosa S., Marrelli M., Menichini F., Statti GA., Uzunov D., Tubaro A., Menichini F., Loggia RD. In vivo anti-inflammatory and in vitro antioxidant activities of Mediterranean dietary plants. *Journal of Ethnopharmacology* 2008; 116(1): 144-151. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.11.015>
- Davis PH., Cullen J., Coode MJE. (Ed.). *Cistaceae. Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, vol 1, Edinburgh University Press. Edinburgh, UK, 1965; 506p.

- Ebrahimzadeh MA., Nabavi SF., Nabavi SM. Antioxidant activities of methanol extract of *Sambucus ebulus* L. flower. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 2009; 12(5): 447-450. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2009.447.450>
- Elumalai EK., Ramachandran M., Thirumalai T., Vinothkumar P. Antibacterial activity of various leaf extracts of *Merremia emarginata*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 2011; 1(5): 406-408 [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(11\)60089-0](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(11)60089-0)
- González-Trujano ME., Peña EI., Martínez AL., Moreno J., Guevara-Fefer P., Deciga-Campos M., López-Muñoz FJ. Evaluation of the antinociceptive effect of *Rosmarinus officinalis* L. using three different experimental models in rodents. *Journal of Ethnopharmacology* 2007; 111(3): 476-482. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.12.011>
- Gülçin İ., Huyut Z, Elmastaş M., Aboul-Enein HY. Radical scavenging and antioxidant activity of tannic acid. *Arabian Journal of Chemistry* 2010; 3(1): 43-53. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2009.12.008>
- Havsteen BH. The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacology & Therapeutics* 2002; 96(2-3): 67-202. [https://doi.org/10.1016/S0163-7258\(02\)00298-X](https://doi.org/10.1016/S0163-7258(02)00298-X).
- Hennia A., Nemmiche S., Dandlen S., Miguel MG. *Myrtus communis* essential oils: insecticidal, antioxidant and antimicrobial activities: a review. *Journal of Essential Oil Research* 2019; 31(6): 487-545. <https://doi.org/10.1080/10412905.2019.1611672>
- Hodgson JM., Croft KD. Tea flavonoids and cardiovascular health. *Molecular Aspects of Medicine* 2010; 31(6): 495-502. <https://doi.org/10.1016/j.mam.2010.09.004>
- Ibrahim FM., Fouad R., EL-Hallouty S., Hendawy SF., Omer EA., Mohammed RS. Egyptian *Myrtus communis* L. essential oil potential role as invitro antioxidant, cytotoxic and α -amylase inhibitor. *Egyptian Journal of Chemistry* 2021; 64(6): 3005-3017. <https://doi.org/10.21608/EJCHEM.2021.57354.3245>
- Idris FN., Mohd Nadzir M. Comparative studies on different extraction methods of *Centella asiatica* and extracts bioactive compounds effects on antimicrobial activities. *Antibiotics* 2021; 10(4): 457. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10040457>
- Ighodaro OM., Akinloye OA. First line defence antioxidants-superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPX): their fundamental role in the entire antioxidant defence grid. *Alexandria Journal of Medicine* 2018; 54(4): 287-293. <https://doi.org/10.1016/j.ajme.2017.09.001>
- Ivanović M., Makoter K., Islamčević Razboršek M. Comparative study of chemical composition and antioxidant activity of essential oils and crude extracts of four characteristic Zingiberaceae herbs. *Plants* 2021; 10(3): 501. <https://doi.org/10.3390/plants10030501>
- Jarrar N., Abu-Hijleh A., Adwan K. Antibacterial activity of *Rosmarinus officinalis* L. alone and in combination with cefuroxime against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Asian Pacific*

- Journal of Tropical Medicine 2010; 3(2):121-123. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(10\)60049-1](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(10)60049-1)
- Kadri A., Zarai Z., Chobba IB., Békir A., Gharsallah N., Damak M., Gdoura R. Chemical constituents and antioxidant properties of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil cultivated from the South-Western of Tunisia. Journal of Medicinal Plants Research 2011; 5(29): 6502-6508. <https://doi.org/10.5897/JMPR11.423>
- Kavak DD., Altıok E., Bayraktar O., Ülkü S. *Pistacia terebinthus* extract: As a potential antioxidant, antimicrobial and possible β -glucuronidase inhibitor. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic 2010; 64(3-4): 167-171. <https://doi.org/10.1016/j.molcatb.2010.01.029>
- Kilic DD., Siriken B., Erturk O., Tanrikulu G., Gül M., Başkan C. Antibacterial, antioxidant and DNA interaction properties of *Cistus creticus* L. extracts. Journal of International Environmental Application and Science 2019; 14(3): 110-115.
- Kuete V. Potential of Cameroonian plants and derived products against microbial infections: a review. Planta Medica 2010; 76(14): 1479-1491. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1250027>
- Kuş C., Taş M., Küçükaydın S., Tel-Çayan G., Duru ME. Chemical analysis and in vitro antioxidant and anticholinesterase activities of essential oils and extracts from different parts of *Erica manipuliflora*. Journal of Research in Pharmacy 2019; 23(6): 1098-1105. <https://doi.org/10.35333/jrp.2019.74>
- Lahcen SA., El Hattabi L., Benkaddour R., Chahboun N., Ghanmi M., Satrani B., Tabyaoui M., Zarrouk A. Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and antifungal activity of Moroccan *Cistus creticus* leaves. Chemical Data Collections 2020; 26: 100346. <https://doi.org/10.1016/j.cdc.2020.100346>
- Leal ALAB., da Silva PT., da Rocha MN., Marinho EM., Marinho ES., Marinho MM., Bandeira PN., Nogueira CES., Barreto HM., Teixeira AMR., dos Santos HS. Potentiating activity of Norfloxacin by synthetic chalcones against NorA overproducing *Staphylococcus aureus*. Microbial Pathogenesis 2021; 155: 104894 <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.104894>
- Levy SB., Marshall B. Antibacterial resistance worldwide: causes, challenges and responses. Nature Medicine 2004; 10(12): S122-S129. <https://doi:10.1038/nm1145>
- Leyane TS., Jere SW., Houreld NN. Oxidative stress in ageing and chronic degenerative pathologies: molecular mechanisms involved in counteracting oxidative stress and chronic inflammation. International Journal of Molecular Sciences 2022; 23(13): 7273. <https://doi.org/10.3390/ijms23137273>
- Li J., Xu S. Tiliarin attenuates MPP⁺-induced oxidative stress and apoptosis of dopaminergic neurons in a cellular model of Parkinson's disease. Experimental and Therapeutic Medicine 2022; 23(4): 293. <https://doi.org/10.3892/etm.2022.11223>

- Lourenço SC., Moldão-Martins M., Alves VD. Antioxidants of natural plant origins: From sources to food industry applications. *Molecules* 2019; 24(22): 4132. <https://doi.org/10.3390/molecules24224132>
- Malada PM., Mogashoa MM., Masoko P. The evaluation of cytotoxic effects, antimicrobial activity, antioxidant activity and combination effect of *Viscum rotundifolium* and *Mystroxydon aethiopicum*. *South African Journal of Botany* 2022; 147: 790-798. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.03.025>
- Manilal A., Sabu KR., Woldemariam M., Aklilu A., Biresaw G., Yohanes T., Seid M., Merdekios B. Antibacterial activity of *Rosmarinus officinalis* against multidrug-resistant clinical isolates and meat-borne pathogens. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2021; 2021: 6677420. <https://doi.org/10.1155/2021/6677420>
- Mastino PM., Mauro M., Jean C., Juliano C., Marianna U. Analysis and potential antimicrobial activity of phenolic compounds in the extracts of *Cistus creticus* subspecies from Sardinia. *The Natural Products Journal* 2018; 8(3): 166-174. <https://doi.org/10.2174/2210315508666180327151318>
- Mensor LL., Menezes FS., Leitão GG., Reis AS., dos Santos TC., Coube CS., Leitão SG. Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy Research* 2001; 15(2): 127-130. <https://doi.org/10.1002/ptr.687>
- Micić D., Đurović S., Riabov P., Tomić A., Šovljanski O., Filip S., Tosti T., Dojčinović D., Božović R., Jovanović D., Blagojević S. Rosemary essential oils as a promising source of bioactive compounds: chemical composition, thermal properties, biological activity, and gastronomical perspectives. *Foods* 2021; 10(11): 2734. <https://doi.org/10.3390/foods10112734>
- Mitic VD., Ilic MD., Stankov-Jovanovic VP., Stojanovic GS., Dimitrijevic MV. Essential oil composition of *Erica spiculifolia* Salisb-first report. *Natural Product Research* 2018; 32(2): 222-224. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1340287>
- Mohammed FS., Kına E., Sevindik M., Doğan M., Pehlivan M. Antioxidant and antimicrobial activities of ethanol extract of *Helianthemum salicifolium* (Cistaceae). *Indian Journal of Natural Products and Resources* 2021; 12(3): 459-462. <https://doi.org/10.56042/ijnpr.v12i3.46635>
- Mohammed FS., Kına E., Uysal İ., Mencik K., Dogan M., Pehlivan M., Sevindik M. Antioxidant and antimicrobial activities of ethanol extract of *Lepidium spinosum*. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology* 2022; 10(6): 1116-1119. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i6.1116-1119.5207>
- Mokhtar M., Bouamar S., Di Lorenzo A., Temporini C., Daglia M., Riazi A. The influence of ripeness on the phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of pumpkins (*Cucurbita moschata* Duchesne). *Molecules* 2021; 26(12): 3623. <https://doi.org/10.3390/molecules26123623>
- Napoli E., Di Vito M. Toward a new future for essential oils. *Antibiotics* (2021) 10(2): 207.

- Ndhlala AR., Moyo M., Van Staden J. Natural antioxidants: fascinating or mythical biomolecules? *Molecules* 2010; 15(10): 6905-6930. <https://doi.org/10.3390/molecules15106905>
- Nie L., Li R., Huang J., Wang L., Ma M., Huang C., Wu T., Yan R., Hu X. Abietane diterpenoids from *Dracocephalum moldavica* L. and their anti-inflammatory activities in vitro. *Phytochemistry* 2021; 184: 112680. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2021.112680>
- Owlia P., Saderi H., Rasooli I., Sefidkon F. Antimicrobial characteristics of some herbal oils on *Pseudomonas aeruginosa* with special reference to their chemical compositions. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research* 2009; 8(2): 107-114.
- Özcan MM., Chalchat JC. Chemical composition and antifungal activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) oil from Turkey. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 2008; 59(7-8): 691-698. <https://doi.org/10.1080/09637480701777944>
- Paudel PN., Satyal P., Satyal R., Setzer WN., Gyawali R. Chemical composition, enantiomeric distribution, antimicrobial and antioxidant activities of *Origanum majorana* L. essential oil from Nepal. *Molecules* 2022; 27(18): 6136. <https://doi.org/10.3390/molecules27186136>
- Peixoto JRO., Silva GC., Costa RA., Fontenelle JLS., Vieira GHF., Filho AAF., Vieira RHF. In vitro antibacterial effect of aqueous and ethanolic *Moringa* leaf extracts. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* 2011; 4: 201-204.
- Polat R., Satil F. An ethnobotanical survey of medicinal plants in Edremit Gulf (Balıkesir-Turkey). *Journal of Ethnopharmacology* 2012; 139(2): 626-641. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.12.004>
- Riedl H. — *Onosma* L., in Davis P. H. (ed.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol. 6. Edinburgh University Press, Edinburgh 1978; 237-437.
- Qi H., Zhang Q., Zhao T., Chen R., Zhang H., Niu X., Li Z. Antioxidant activity of different sulfate content derivatives of polysaccharide extracted from *Ulva pertusa* (Chlorophyta) in vitro. *International Journal of Biological Macromolecules* 2005; 37(4): 195-199. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2005.10.008>.
- Ruch RJ., Cheng SJ., Klaunig JE. Prevention of cytotoxicity and inhibition of intracellular communication by antioxidant catechins isolated from Chinese green tea. *Carcinogenesis* 1989; 10(6): 1003-1008. <https://doi.org/10.1093/carcin/10.6.1003>
- Sargin SA., Akçicek E., Selvi S. An ethnobotanical study of medicinal plants used by the local people of Alaşehir (Manisa) in Turkey. *Journal of Ethnopharmacology* 2013; 150(3): 860-874. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.09.040>.
- Sargin SA., Selvi S., Açar M. Türkiye’de yayılış gösteren *Cistus* L. (Cistaceae) cinsi üzerinde taksonomik ve morfolojik araştırmalar. Ulusal Botanik Bitki Bilimi Kongresi, 2014; p.121.
- Sharma A., Verma R., Ramteke P. Antibacterial activity of some medicinal plants used by tribals against UTI causing pathogens. *World Applied Sciences Journal* 2009; 7(3): 332-339.
- Szymanska R., Pospisil P., Kruk J. Plant-derived antioxidants in disease prevention. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2016; 2016: 1920208. <https://doi.org/10.1155/2016/1920208>

- Taheri A., Seyfan A., Jalalinezhad S., Nasery F. Antibacterial effect of *Myrtus communis* hydro-alcoholic extract on pathogenic bacteria. *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences* 2013; 15(6): 19-24.
- Tavan M., Azizi A., Sarikhani H., Mirjalili MH., Rigano MM. Phenolics diversity among wild populations of *Salvia multicaulis*: as a precious source for antimicrobial and antioxidant applications. *Natural Product Research* 2022; 36(5): 1332-1336. <https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1864369>
- Tutin TG., Heywood VH., Burges NA., Moore DN., Valentine DH., Walters SM., Webb DA. *Flora Europaea* Vol 2. University Press, Cambridge, 1968; 206-211.
- Vidana Gamage GC., Lim YY., Choo WS. Anthocyanins from *Clitoria ternatea* flower: biosynthesis, extraction, stability, antioxidant activity, and applications. *Frontiers in Plant Science* 2021; 12: 792303. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.792303>

Drenaj Alan-Oran Yönteminin Seyhan Havzası Akımlarına Uygulanması ve Sonuçların Kontur Grafikleri ile Değerlendirilmesi

Evren TURHAN^{1*}, Serin DEĞERLİ ŞİMŞEK²

^{1,2}Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adana

¹<https://orcid.org/0000-0002-0742-4848>

²<https://orcid.org/0000-0003-0208-9152>

*Sorumlu yazar: eturhan@atu.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 07.04.2023

Kabul tarihi: 15.09.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Akım verileri

Drenaj alan-oran metodu

Seyhan havzası

Kontur grafikleri

ÖZ

Su kaynakları mühendisliğinin temelini hidrolojik çalışmalar oluşturmaktadır. Özellikle su yapılarının tasarımı süreçlerinde veri analizleri önemli bir yer tutmaktadır. İyi bir planlama aşaması gözlemlenmiş akım verilerinin eksiksiz olması ile doğrudan bağlantılıdır. Ancak birçok sebepten ötürü debi ölçümlerinin tam olmadığı bir gerçektir. Dolayısı ile eksik olan verilerin uygun metotlarla tamamlanması su mühendisliği çalışmalarının yönetsel süreçleri açısından kaçınılmazdır. Bu çalışmada Drenaj Alan-Oran (DAR) metodunun söz konusu eksik verilerin tamamlanabilmesi amacıyla Seyhan Havzası akımlarına uygulanması noktasında değerlendirmeler yapılmıştır. Havzadaki altı farklı gözlem istasyonu arasında ve aynı akış güzergahında yer alacak şekilde veri transferleri gerçekleştirilmiştir. Taşınan veriler ile o noktadaki ham veriler arasındaki korelasyon irdelenmiştir. Ayrıca literatürde yer alan Yanlılık Düzeltmesi ile uygun bir katsayı belirlenmiş, düzeltilmiş verilerle birlikte kontur grafikleri oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda taşınmış düzeltilmiş tüm istasyon verileri için kabul edilebilir bir düzeyde belirlilik katsayıları elde edilmiştir. 1829 nolu istasyonda ölçülen akım değerlerinin 1830 nolu istasyona transferi ile ham debilere oldukça yüksek oranda bir yakınsama gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Bu verilerin taşınımında determinasyon katsayısı 0,956 olarak hesaplanmış, dolayısı ile çalışmadaki en yüksek performans değeri ortaya çıkmıştır. Ayrıca pik debilerin düzeltme katsayısıyla bir miktar azaldığı ve ham debilere yaklaştığı tespit edilmiştir.

Application of Drainage-Area Ratio Method to Seyhan Basin Flows and Evaluation the Obtained Results with Contour Graphs

Research Article

Article History:

Received: 07.04.2023

Accepted: 15.09.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Streamflow data

Drainage-area ratio method

Seyhan basin

Contour graphs

ABSTRACT

Hydrological studies present the basis of water resources engineering. Especially in the design processes of water structures, hydrometeorological data analysis has an important position. A good planning stage is directly related to the completeness of the observed streamflow data. However, it is a fact that the flow measurements cannot be obtained fully for many reasons. Therefore, completing the missing data with appropriate methods is inevitable in terms of the administrative processes of water engineering works. In this study, analyses were made on the subject of applying the Drainage-Area Ratio (DAR) method to the Seyhan Basin flows to complete the mentioned missing data. Data transfers were carried out between six different observation stations in the basin and on the same flow route. The correlation results between the transferred data and the raw data at that location were investigated. In

addition, a proper coefficient was determined with the Bias Correction applying in the literature, and contour graphs were generated with the corrected data. As a result of the study, the coefficient values were obtained as an acceptable level for all the transferred and corrected station data. It has been sighted that with the transfer of the flow values of the station no. 1829 to the station no. 1830, a very high rate of convergence to the raw streamflow rates has occurred. The coefficient of determination in the transport of these data was calculated as 0.956, so the highest performance value in this study came up. Besides, it has been seen that the peak discharges slightly decreased using the correction coefficient and converged the raw flow rates.

To Cite: Turhan E., Şimşek SD. Drenaj Alan-Oran Yönteminin Seyhan Havzası Akımlarına Uygulanması ve Sonuçların Kontur Grafikleri ile Değerlendirilmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(Ek Sayı): 486-498.

Giriş

Taşkın kontrolü, su temini, hidroelektrik enerji üretimi vb. gibi birçok su mühendisliği projesi hidrolojistler için önemli araştırma ve uygulama alanları olarak kabul edilmektedir. Bu projelerin tasarım safhalarında ele alınan parametreler genellikle yağış ve akım verilerinden oluşmaktadır. Bu veriler gözlemlenmiş kayıtlardan oluşmakla birlikte birçok belirsizliğe sahiptir. Bu belirsizlikler; verilerin eksik olması, yanlış veya hatalı ölçüm alınması gibi etkenlere dayandırılabilir. Projelerin güvenilir ve doğru bir şekilde oluşturulması ancak verilerin tam olması ya da uygun yöntemlerle tamamlanması durumunda gerçekleşebilmektedir. Bu şekildeki problemlere çözüm üretebilmek adına birçok yöntem denenmiştir. Literatürde eksik akım verilerinin tamamlanması amacıyla kullanılan ve bu çalışma için de değerlendirilmiş olan Drenaj Alan-Oran (DAR) yönteminin uygulandığı pek çok çalışma mevcuttur (Emerson ve ark., 2005; Ergen ve Kentel, 2016; Li ve ark., 2019; Selek ve ark., 2019a; Selek ve ark., 2019b; Saka ve Babacan, 2019; Yılmaz ve Önöz, 2019; Bakış ve ark., 2020; Yılmaz ve Onoz, 2020; Değerli ve Turhan, 2022; Yılmaz ve Onoz, 2022; Turhan ve Değerli Şimşek, 2023; Vaheddoost ve ark., 2023). Bu yöntem, seçilen havzada konumlandırılmış Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) verilerinin, farklı bir noktadaki istasyona alanları ölçüsünde taşınması esasına dayanır. Bu gibi metotların kullanılması ile su yapılarının tasarım süreçlerinde akım verilerinin kullanıldığı durumlar için eksik verilerin uygun bir şekilde tamamlanması sağlanabilecek; bu sayede hazne tasarımı, boyutlandırma ve maliyet aşamalarındaki hatalar oldukça azaltılabilecektir.

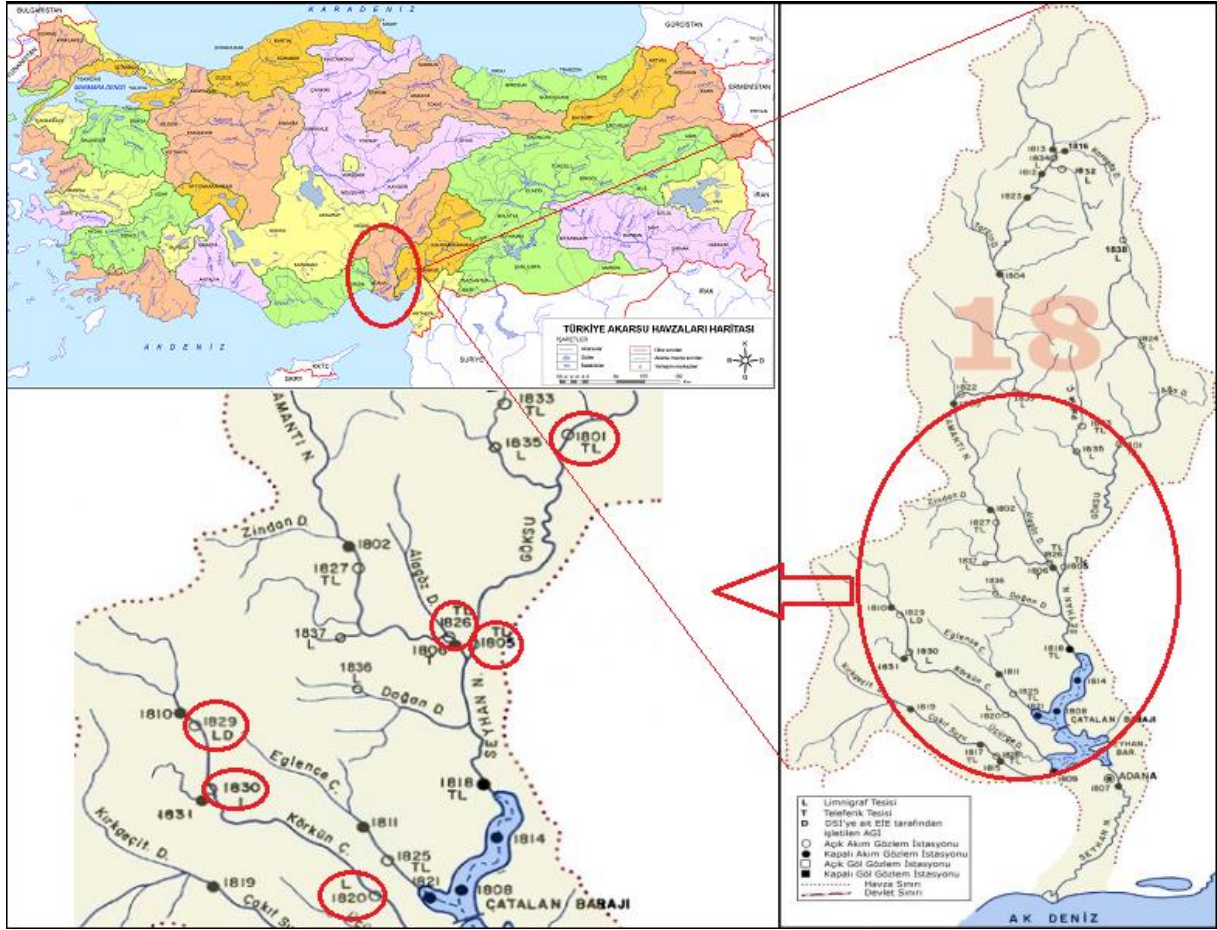
Bu çalışma kapsamında Türkiye'nin su potansiyeli bakımından zengin havzalarından olan Seyhan Havzası uygulama yeri olarak tercih edilmiştir. Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ)'nce işletilmiş 1801, 1805, 1820, 1826, 1829 ve 1830 nolu AGİ'lerin 2000 ile 2011 yılları arası 144 aylık verileri seçilmiştir. Akış güzergâhı açısından 1801 AGİ verilerinin, birbirlerinden farklı uzaklıklardaki 1805 ve 1826 nolu istasyonların bulunduğu lokasyonlara DAR metoduyla taşınması sağlanmıştır. İlâveten yine benzer güzergâh yapısına sahip 1829 AGİ verilerinin, farklı mesafelerdeki 1820 ve 1830 nolu istasyon alanlarına transferleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçların incelenmesinde ham veriler ve taşınan veriler arasındaki korelasyon benzer çalışmalarda da görülebileceği üzere R^2 belirlilik katsayısı ile değerlendirilmiştir (Bakış ve Göncü, 2015; Yılmaz ve Önöz, 2019; Üneş ve ark., 2019). Literatürde

sıklıkla değinilen Yanlılık Düzeltmesi (Bias Correction) bu verilere de uygulanmış, uygun bir katsayı seçimi yapılmıştır (Değerli ve Turhan, 2022; Tiwari ve ark., 2022; Tumsa, 2022; Turhan ve Değerli Şimşek, 2023). Sonuçlar düzeltilmiş veriler ile yorumlanmıştır. Ham (orijinal), taşınan (düzeltilmemiş) ve taşınıp düzeltilmiş veriler arasında kontur grafikleri oluşturularak analizlerin doğruluğu test edilmeye çalışılmıştır. Eksik akım verilerinin tamamlanması ya da tahmin edilmesi süreçlerinde bu gibi bilimsel metotların kullanılması ile su yapılarının planlama aşamaları daha etkin ve verimli bir şekilde sürdürülebilecektir.

Materyal ve Metot

Çalışma Alanı ve Gözlem Verileri

Ülkemizde toplamda 26 adet havza bulunmaktadır. Seyhan Havzası tüm havzalar içerisinde 18 nolu havza olarak değerlendirilmiştir (EİEİ, 2011; DSİ, 2015). Türkiye'nin güney kesiminde yer alan Seyhan Havzası, 36°30' ile 39°15' Kuzey enlemleri (E) ve 34°45' ile 37°00' Doğu boylamları (D) arasında bulunmaktadır. Havza alanı yaklaşık 22.035,00 km² olarak belirtilmektedir (Turhan ve ark., 2019). Ortalama yıllık akış 211 m³/s dolaylarındadır (Özfidaner ve ark., 2018). Seyhan Havzası'nda yer yer Akdeniz iklimi ve karasal iklim özellikleri görülebilmektedir (Turhan, 2021). Seyhan Nehri ana su kaynağı olup, ana kollarını Göksu ve Zamantı Nehirleri oluşturmaktadır (Selek ve ark., 2016; Turhan, 2022). Bu çalışmada Seyhan Havzası'nın Şekil 1'de görülen 1801, 1805, 1820, 1826, 1829 ve 1830 nolu AGİ aylık ortalama akım verilerinden yararlanılmıştır.



Şekil 1. Akım gözlem istasyonları konumları (EİEİ, 2011; DSİ, 2015)

1801 nolu AGİ Adana ili Kozan-Saimbeyli yolu üzerinde yer almakta, bulunduğu bölgenin yağış alanı yaklaşık $2.596,80 \text{ km}^2$ 'dir. Uzun süreli ortalama akım değeri $30 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak ölçülmüştür. 1805 nolu AGİ yine aynı ilin Kozan sınırları içerisinde bulunmakta; bölgenin yağış alanı $4.242,80 \text{ km}^2$ olarak belirtilmektedir. Uzun dönem gözlem sonuçlarına göre ortalama akım $59 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak ifade edilmektedir. 1820 nolu AGİ ise Adana ili Karaisalı ilçesinde kurulmuştur. Yağış alanı $1.440,80 \text{ km}^2$ ve ortalama akım değeri $14 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak hesaplanmıştır (EİEİ, 2011; Turhan ve ark., 2016). 1826 nolu AGİ Adana ili Kozan ilçesi Mansurlu karayolunda yer almaktadır. Yağış alanı $8.698,10 \text{ km}^2$; ortalama akım değeri ise $59,7 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. 1829 nolu gözlem istasyonu aynı ilin Pozantı- Çamardı karayolu yakınında konumlandırılmış olup, yağış alanı $1065,10 \text{ km}^2$, ortalama debisi $5,36 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak verilmektedir. 1830 nolu AGİ ise 1829 istasyonuna oldukça yakın olmakla birlikte, Karakuz mevkiinde kurulmuştur. Yağış alanı $1230,50 \text{ km}^2$ ve tüm gözlemler boyunca ortalama akım değeri $6,67 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak belirtilmektedir. Tablo 1'de bu çalışma dahilinde kullanılan istasyonlara ait genel bilgiler verilmektedir (EİEİ, 2011).

Tablo 1. Seyhan Havzası istasyonlarının genel karakteristikleri (EİEİ, 2011)

İstasyon Numarası	İstasyonun Adı	Enlem (K)	Boylam (D)	Yağış Alanı (km ²)	İncelenen Süre (yıl)
1801	Göksu- Himmetli	37°51'59"	36°03'32"	2596,80	2000-2011
1805	Göksu- Gökdere	37°37'07"	35°36'52"	4242,80	
1820	Körkün Suyu- Hacılı	37°17'44"	35°09'17"	1440,80	
1826	Zamantı Nehri- Ergenuşağı	37°39'55"	35°34'47"	8698,10	
1829	Körkün Suyu- Kamışlı	37°33'00"	34°57'25"	1065,10	
1830	Körkün Suyu- Karakuz	37°28'54"	35°04'15"	1230,50	

Drenaj Alan-Oran Metodu

DAR metodu, aynı havzadaki bir istasyon tarafından elde edilen gözlemlerin farklı bir lokasyonda konumlandırılmış istasyonun mansabındaki bir konuma transferini ifade etmektedir (Farmer ve Vogel, 2013; Bakış ve ark., 2020). DAR metodunun uygulanabilmesi için havza karakteristiklerinden ϕ ve K katsayılarının belirlenmesi oldukça önemlidir. Genellikle bunun için $Q=K.A^\phi$ formülünden faydalanılmaktadır (Turhan ve Değerli Şimşek, 2023). Bu eşitlikte Q m³/s biriminden gün, ay veya yıl gibi çeşitli zamanlardaki akım miktarını göstermektedir. Bu çalışmada aylık debi değerlerinden faydalanılmıştır. A km² cinsinden yağış veya drenaj alanını ifade etmektedir. ϕ ve K düzeltme katsayıları ise su kaynağı üzerindeki herhangi bir x noktasında bulunan AGİ'nin A_x alanı ve Q_x debisinden yararlanarak elde edilebilir (Değerli ve Turhan, 2022). Verilerin taşınacağı y noktası, drenaj alanı A_y ve debisi Q_y olarak yazılırsa, Denklem 1 ve 2 aşağıdaki şekilde gösterilebilir (Emerson ve ark., 2005):

$$Q_x = K_x \left(\frac{A_x}{A_y} \right)^\phi \quad (1)$$

$$Q_y = K_y \left(\frac{A_y}{A_x} \right)^\phi Q_x \quad (2)$$

Denklemin uygulanmasında Yanlılık Düzeltmesi olmadan yapılan adımlarda aynı havza içerisinde yer alan su kaynaklarının benzer özellikler taşıması olasılığına göre ϕ ve K "1" olarak alınmaktadır ($\phi=1$, K=1) (Waseem ve ark., 2015; Saka ve Babacan, 2019). Düzeltme sonucunda denklemde yer alan ϕ değerleri belirlenerek, aritmetik ortalaması elde edilmekte ve bu ortalama değer drenaj alanının düzeltme katsayısı olarak kullanılmaktadır. Denklem 3 ve 4'te bu eşitlikler gösterilmektedir (Turhan ve Değerli Şimşek, 2023):

$$\phi_{xi} = \frac{\log(Q_{xi}/Q_{yi})}{\log(A_x/A_y)} \quad (3)$$

$$\bar{\phi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \phi_i \quad (4)$$

Bu denklemlerde; n örnek sayısını, i ise debi ve ϕ 'lerin sırasını temsil etmektedir. Hataları minimize edebilmek için K değeri iki AGİ arasında aşağıdaki denklemler vasıtası ile hesaplanabilir (Denklem 5 ve 6) (Değerli ve Turhan, 2022):

$$K_i^{12} = \frac{Q_{xi}}{Q_{yi} \left(\frac{A_x}{A_y} \right)^{\bar{\phi}}} \quad (5)$$

$$K_i^{21} = \frac{Q_{yi}}{Q_{xi} \left(\frac{A_y}{A_x} \right)^{\bar{\phi}}} \quad (6)$$

Yanlılık Düzeltmesi ile DAR yönteminin uygulanmasında sadece bir K katsayısı gerekmektedir. Bu nedenle Denklem 7'de de belirtildiği üzere elde edilen K değerlerinin ortalamasına bağlı olarak tek bir K değerine geçiş yapılmaktadır. Bu amaçla elde edilen değere aşağıdaki Denklem 7 ve 8 ile ulaşılmaktadır (Değerli ve Turhan, 2022):

$$K = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n K_i^{12} + K_i^{21} \quad (7)$$

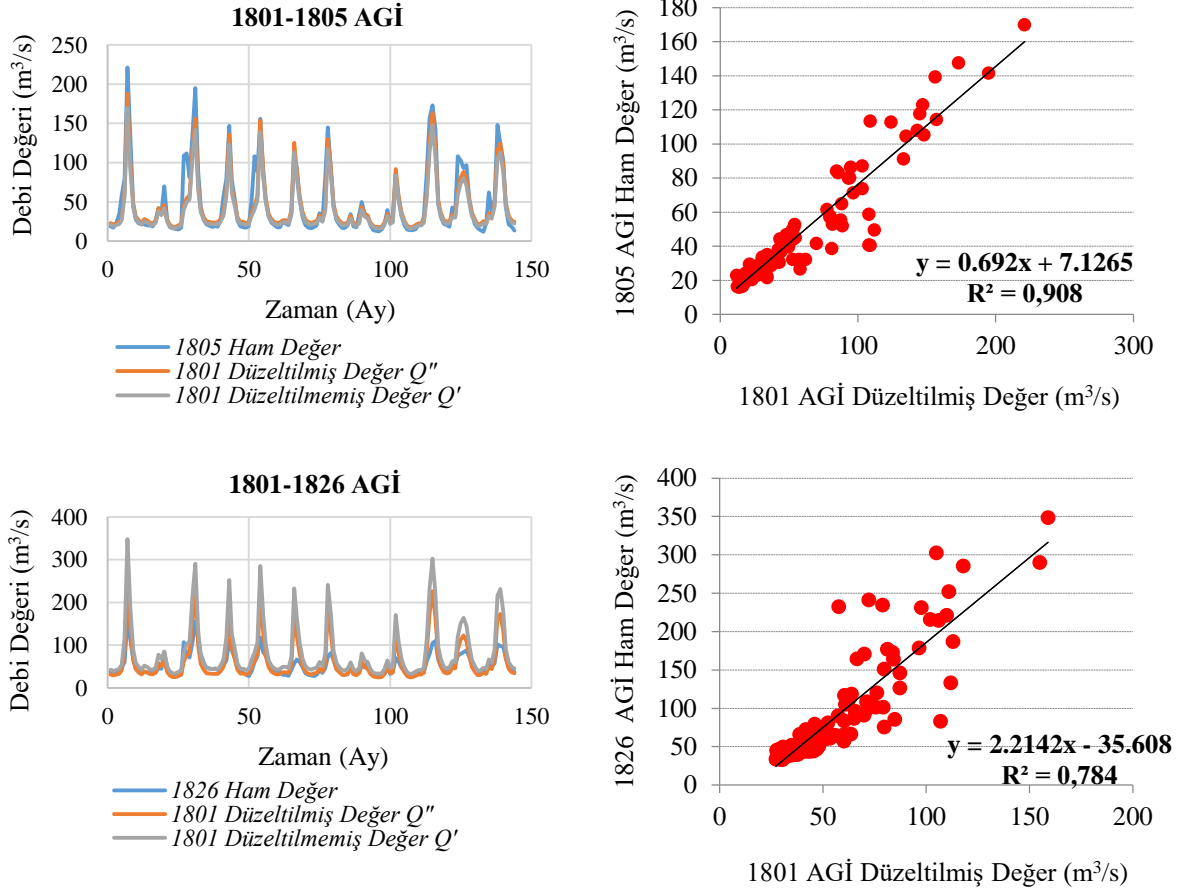
$$\bar{Q}_x = Q_y K \left(\frac{A_x}{A_y} \right)^{\bar{\phi}} \quad (8)$$

İlgili hesapların yapılması ve grafiklerin çizilmesi MS Excel; kontur grafiklerinin çizimleri ise SigmaPlot programı ile gerçekleştirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

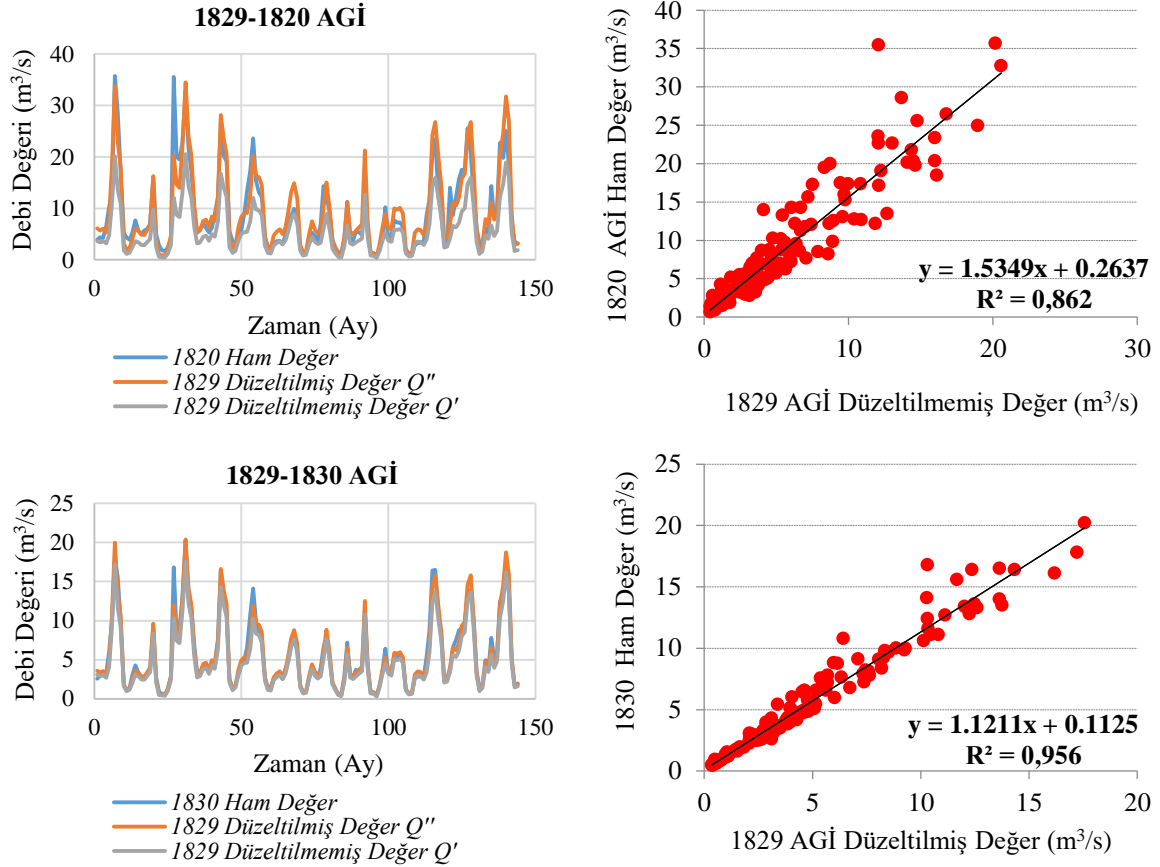
Seyhan Havzası'nda bulunan 1801, 1805, 1820, 1826, 1829 ve 1830 nolu AGİ'lerde, 2000 ile 2011 yılları arasında 12 yıl boyunca ölçülen aylık ortalama akım verileri kullanılarak DAR metodu ile belirlenen lokasyonlara transfer edilmiştir. Akım transferlerinde temel uygulama noktası AGİ'lerin benzer akış güzergâhında yer almalarıdır. Dolayısı ile öncelikle 1801 nolu istasyon verilerinin kendisinden daha az drenaj alanına sahip 1805 nolu istasyona taşınması sonucunda elde edilen, yanlılık düzeltmesi uygulanmamış ve uygulanmış değerler Şekil 2'de gösterilmiştir. 1801 nolu AGİ verilerinde yapılan düzeltme ile debi değerlerinde artış gözlenmiş ve 1805 nolu istasyona ait ham değerlere oldukça yakınsadığı tespit edilmiştir. 1805 nolu AGİ'nin ham verileri ile 1801 nolu istasyonun taşınmış verilerinin kıyaslanması sonucunda oluşan eğrinin belirlilik katsayısı (R^2) 0,908

olarak belirlenmiştir. Buna ilaveten 1801 nolu istasyona göre daha büyük drenaj alanına sahip olan 1826 nolu istasyonun bulunduğu lokasyona taşınması neticesinde hesaplanan veriler üzerinde düzeltmeler yapılmıştır. Esasen hedef istasyonun drenaj alanının mevcut istasyondan daha fazla olmasından dolayı, düzeltilmemiş veriler ham değerlerden büyük çıkmıştır (Şekil 2). Yanlılık metodunda küçültme katsayıları ile düzeltilen değerler, ham değerlere daha yakın hale gelmiştir. Düzeltilmiş veriler ile ham veriler arasındaki belirlilik katsayısı 0,784 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2. 1801-1805 ve 1801-1826 nolu AGİ'lere uygulanan DAR metodu sonuçları

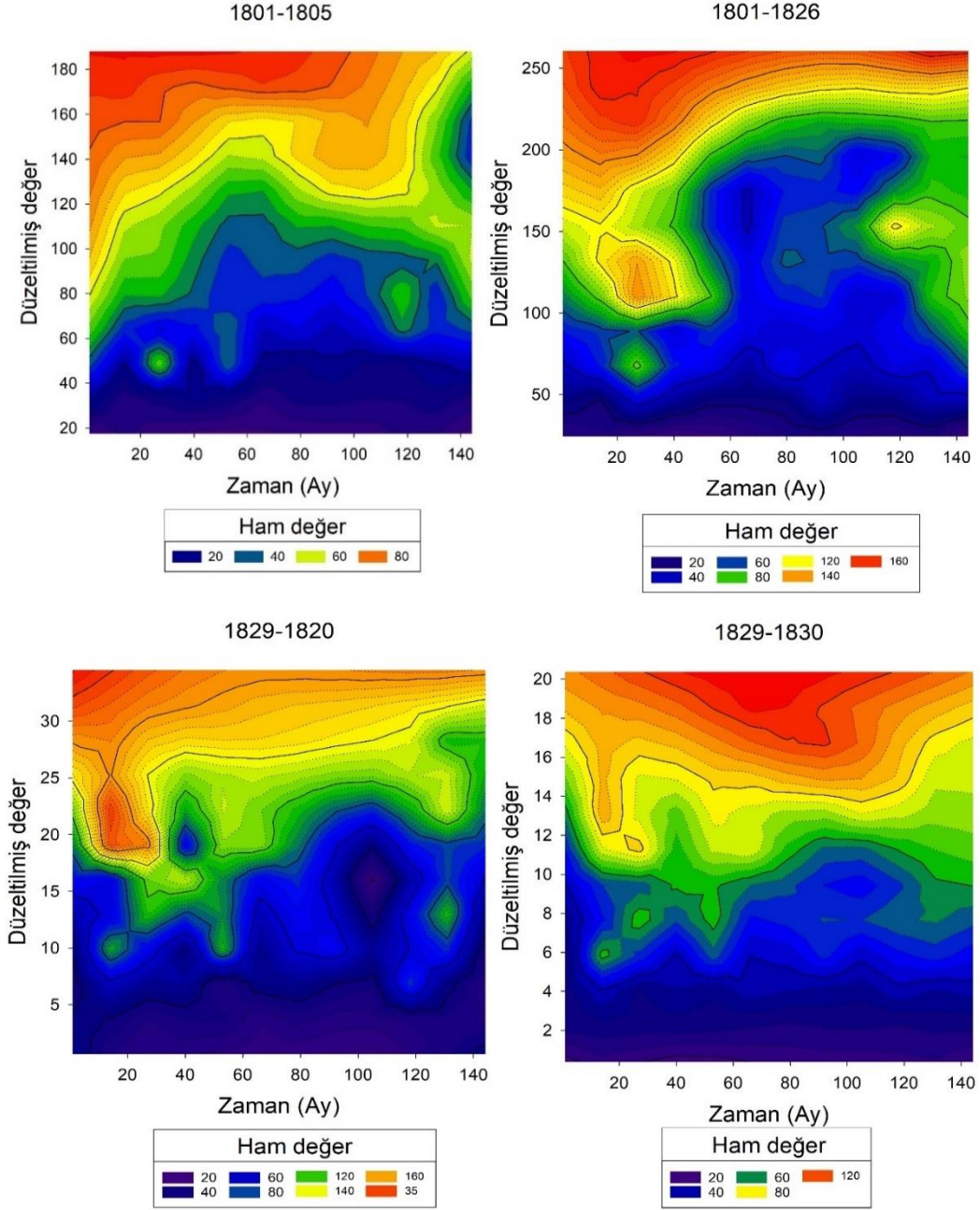
1829 nolu AGİ'nin 1820 nolu istasyona DAR metodu ile taşınması sonucunda hedef değerden çok daha küçük debiler elde edilmiştir (Şekil 3). Düzeltme katsayısı uygulandığında bu debilerin artarak ham debilere daha yakın sonuçlar ürettiği görülebilmektedir. 1820 nolu istasyona ait ham debiler ile 1829 nolu istasyona ait düzeltilmiş debiler arasında R^2 0,862 olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde 1829 nolu istasyonda ölçülen debilerin 1830 nolu istasyona aktarılması sonucunda taşınan verilerin ham debilerle daha uyumlu olduğu gözlenmiştir. Ayrıca pik debilerin uygulanan düzeltme katsayısıyla azaldığı ve ham değerlere yakınsadığı da görülebilmektedir. 1829-1830 nolu istasyonlar arasındaki korelasyon değerlendirildiğinde belirlilik katsayısı 0,956 olarak hesaplanmıştır. Bu değer çalışmadaki en uyumlu sonuç olarak ortaya çıkmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. 1829-1820 ve 1829-1830 nolu AGİ'lere uygulanan DAR metodu sonuçları

Ayrıca söz konusu istasyonlar için ham ve transfer edilen debiler ile oluşturulan zamansal kontur grafikleri Şekil 4'te verilmektedir. Şekil 4 göz önüne alındığında 1801-1805 nolu istasyonlar arasındaki korelasyonun 1801-1826'ya göre nispeten fazla olduğu yatay renk skalasından anlaşılabilir. 1829 ile 1820 nolu istasyonlar arasındaki söz konusu transfer işlemi konturların 1801-1805 veri taşınımına yaklaştığı düşünülebilir. Zamansal kontur grafiklerinde 1829-1830 veri aktarımında görüldüğü üzere özellikle minimum değerler yönünden yaklaşık %96 dolaylarındaki olumlu yakınsamayı gözleyebilmek mümkündür.

Literatür çalışmaları detaylı bir şekilde incelendiğinde bazı havzalar için düzeltme işleminin ortalama akım değerlerini belirlemede uygun olabileceği görülmektedir. Ancak pik debiler noktasında yakınsama düzeyinin daha az olduğu tespit edilmiştir (Selek ve ark., 2019a; Selek ve ark., 2019b; Bakış ve ark., 2020; Değerli ve Turhan, 2022).



Şekil 4. Ham ve düzeltilmiş değerler ile oluşturulmuş olan zamansal kontur grafikleri

Özellikle aşılma olasılığı oldukça düşük olan akım değerlerinde DAR metodunun hatalar oluşturabileceği, aşılma olasılığı daha yüksek olan akımlarda ise su yapılarının fizibilite çalışmalarına olumlu katkı sağlayabileceği değerlendirilmiştir (Saka ve Babacan, 2019; Yılmaz ve Önöz, 2019). Bakış ve ark. (2020); çalışmalarında iki istasyon arasındaki mesafenin arttığı durumlarda korelasyonun azaldığını ifade etmektedir. İstasyonlar arasındaki mesafeler ve R^2 değerleri göz önüne alındığında farklı çalışmalarda da benzer çıkarımlar yapılmıştır (Bakış ve ark., 2020; Turhan ve Değerli Şimşek, 2023). Bu çalışma kapsamında mesafe-korelasyon ilişkisini aynı şekilde değerlendirebilmek mümkündür. Ayrıca düzeltilmiş verilerin, kullanılan istasyonlar arası verilerin taşınımında

uyumluluğu arttırdığı ifade edilebilir (Tiwari ve ark., 2022; Tumsa, 2022). Mevcut çalışmada yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar da bu çıkarımları destekler niteliktedir.

Sonuçlar

Bu çalışmada Drenaj Alan-Oran (DAR) metodunun aynı havzada yer alan farklı Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) verilerine uygulanması sonucu elde edilen korelasyon irdelenmiştir. Havzadaki aynı akış güzergahında yer alacak şekilde 1801, 1805, 1820, 1826, 1829 ve 1830 nolu AGİ'lerin 2000 ile 2011 yılları arası 144 aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Veri transferleri ve Yanlılık Düzeltmeleri yapılarak uygun bir katsayı türetilmeye çalışılmıştır. Düzeltmiş verilerle taşınan lokasyondaki ham verilerin R^2 belirlilik katsayıları bulunmuş, ayrıca düzeltilmiş verilerle ham veriler arasında zamansal kontur grafikleri çizilmiştir. 1801 nolu AGİ verilerinin 1805 nolu istasyona transferinde R^2 0,908 olarak elde edilmiş ve ham değerlere oldukça yakın bir debi üretildiği görülmüştür. 1801 nolu istasyona nazaran daha büyük drenaj alanına sahip olan 1826 nolu AGİ'ye veri taşınımında Yanlılık Düzeltmesi ile R^2 0,784 olarak hesaplanmıştır. 1829 nolu AGİ'nin 1820 nolu istasyona taşınması sonucunda hedef değerden çok daha küçük debilerin elde edildiği görülmüş, düzeltme katsayısı uygulandığında R^2 0,862 olarak bulunmuştur. 1829 nolu istasyon verilerinin 1830 nolu istasyona taşınması ile ham debilere oldukça yakın sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir. DAR metodunun verimli bir şekilde kullanılabilmesi, ölçülmüş verilerin doğruluğuna bağlı olarak değişebilmektedir. Ortalama değerden büyük sapma gösteren veriler, yöntem kapsamında hesaplanan katsayıların tespitinde zorluklara neden olabilmektedir. Ayrıca pik debilerin düzeltme katsayısıyla düştüğü ve ham değerlere yakınsadığı görülmüştür. 0,956 belirlilik katsayısı ile çalışmadaki en uyumlu sonuç bu değerlendirme ile ortaya çıkmıştır. Literatür çalışmaları da birlikte düşünüldüğünde pik debiler haricinde metodun uygulanmasının fizibilite çalışmalarına fayda sağlayabileceği, maksimum akım koşullarında bu metoda ilaveten çeşitli yaklaşımlar (ortalama akım ile akımların standartlaştırılması (SM), ortalama ve standart sapma ile akımların standartlaştırılması (SMS) yöntemleri,...vb.) denenerek daha doğru sonuçların elde edilebileceği öngörülebilir. Belirlenen havzadaki farklı hidro-meteorolojik parametrelerin de dahil edileceği giriş değişkenleri ile çevredeki istasyonlar arasında eksik verilerin tamamlanması sağlanabilecektir. Bu sayede su yapılarının tasarım süreçlerine olumlu katkı sağlanabileceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Yazarlar, bu çalışma kapsamında kullanılan akım verilerinin temini için Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) ve Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü'ne teşekkürü bir borç bilmektedir. Ayrıca, bu çalışmanın yapılması sürecinde sağladığı değerli destek için Dr. Ömer Faruk ÇAPAR'a minnettar olduğumuzu belirtmek isteriz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynakça

- Bakış R., Göncü, S. Akarsu debi ölçümlerinde eksik verilerin tamamlanması: Zap Suyu Havzası Örneği. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A-Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik* 2015; 16(1): 63-79. <https://doi.org/10.18038/btd-a.45640>
- Bakış R., Şirin FÇ., Bayazıt, Y. Akım gözlem istasyonları için alan-oranı metodunun doğruluğunun analizi. *İklim Değişikliği ve Çevre* 2020; 5(2): 8-15.
- Değerli S., Turhan, E. Drenaj alan-oran metodu kullanılarak nehir akım verilerinin yanlışlık düzeltilmesi ile doğruluğunun incelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2022, 34: 100-104. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1075180>
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). Akım Gözlem Yıllıkları 2015, Ankara. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/744> (Erişim Tarihi: 01 Mart 2023).
- Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ). 1936-2005 Akım Gözlem Yıllıkları, 2011, Ankara. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/744> (Erişim Tarihi: 01 Mart 2023).
- Emerson DG., Vecchia AV., Dahl AL. Evaluation of drainage-area ratio method used to estimate streamflow for the Red River of the North Basin, North Dakota and Minnesota. *US Geological Survey* 2005, Scientific Investigations Report: 5017.
- Ergen K., Kentel E. An integrated map correlation method and multiple-source sites drainage-area ratio method for estimating streamflows at ungauged catchments: A case study of the Western Black Sea Region, Turkey. *Journal of Environmental Management* 2016, 166: 309-320. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.03.042>
- Farmer WH., Vogel RM. Performance-weighted methods for estimating monthly streamflow at ungauged sites. *Journal of Hydrology* 2013, 477: 240-250. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.11.032>
- Li Q., Peng Y., Wang G., Wang H., Xue B., Hu X. A combined method for estimating continuous runoff by parameter transfer and drainage area ratio method in ungauged catchments. *Water* 2019; 11(5): 1104. <https://doi:10.3390/w11051104>
- Özfidaner M., Şapolyo D., Topaloğlu F. Seyhan Havzası akım verilerinin hidrolojik kuraklık analizi. *Toprak Su Dergisi* 2018; 7(1): 57-64. <https://doi.org/10.21657/topraksu.410140>
- Saka F., Babacan HT. Discharge estimation by drainage area-ratio method at some specific discharges for 2251 stream gauging station in East Black Sea Basin, Turkey. *Journal of Investigations on Engineering and Technology* 2019; 2(1): 22-25.

- Selek B., Demirel Yazici D., Aksu H., Özdemir AD. Seyhan Dam, Turkey, and climate change adaptation strategies. In: Tortajada C. (eds) Increasing resilience to climate variability and change. Water Resources Development and Management. Springer, Singapore 2016, 205-231. https://doi.org/10.1007/978-981-10-1914-2_10
- Selek B., Onoz B., Yilmaz MU., Diker GE., Aksu H., Ozturk AF., Sarikaya MS., Sezer S. Monthly streamflow estimation model: Murat River Basin application. 9th International Symposium on Atmospheric Sciences (ATMOS) 2019a; 1-8, Turkey.
- Selek B., Önöz B., Dağdeviren M., Yılmaz MU., Diker GE., Aksu H., Bektaşoğlu B., Öztürk AF., Sarıkaya MS., Sezer S. Aylık akım tahmin modeli ve Çoruh Havzası uygulaması. 10. Ulusal Hidroloji Kongresi 2019b; 1-9, Muğla, Türkiye.
- Tiwari AD., Mukhopadhyay P., Mishra V. Influence of bias correction of meteorological and streamflow forecast on hydrological prediction in India. *Journal of Hydrometeorology* 2022; 23(7): 1171-1192. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-20-0235.1>
- Tumsa BC. Performance assessment of six bias correction methods using observed and RCM data at upper Awash basin, Oromia, Ethiopia. *Journal of Water & Climate Change* 2022; 13(2): 664-683. <https://doi.org/10.2166/wcc.2021.181>
- Turhan E., Özmen Çağatay H., Çetin A. Modelling of rainfall-runoff relation with Artificial Neural Network methods for Lower Seyhan Plain sub-basin and assessment in point of rainy-droughty terms. *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture* 2016; 31(2): 227-241. <https://dx.doi.org/10.21605/cukurovaummfd.310289>
- Turhan E., Kaya Keleş M., Tantekin A., Keleş AE. The investigation of the applicability of data-driven techniques in hydrological modeling: The case of Seyhan Basin. *Rocznik Ochrona Środowiska* 2019; 21(1): 29-51.
- Turhan E. A comparative evaluation of the use of Artificial Neural Networks for modeling the rainfall–runoff relationship in water resources management. *Journal of Ecological Engineering* 2021; 22(5): 166-178. <https://doi.org/10.12911/22998993/135775>
- Turhan E. Ardışık gözlem istasyonu verileri ile Çoklu Doğrusal Olmayan Regresyon yöntemi kullanılarak akım tahmin çalışması. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi* 2022; 12(2): 931-945.
- Turhan E., Değerli Şimşek S. Supplementing missing data using the drainage-area ratio method and evaluating the streamflow drought index with the corrected data set. *Water* 2023; 15(3): 425. <https://doi.org/10.3390/w15030425>
- Üneş F., Demirci M., Taşar B., Kaya YZ., Varçin H. Modeling of dam reservoir volume using Generalized regression neural network, Support vector machines and M5 decision tree models. *Applied Ecology and Environmental Research* 2019; 17(3): 7043-7055.
- Vaheddoost B., Safari MJS., Yilmaz MU. Rainfall-Runoff simulation in ungauged tributary streams using drainage area ratio-based multivariate adaptive regression spline and random forest hybrid models. *Pure Appl. Geophys.* 2023; 180: 365-382. <https://doi.org/10.1007/s00024-022-03209-3>

- Waseem M., Ajmal M., Kim TW. Ensemble hydrological prediction of streamflow percentile at ungauged basins in Pakistan. *Journal of Hydrology* 2015; 525: 130–137.
- Yılmaz MU., Önöz B. Evaluation of statistical methods for estimating missing daily streamflow data. *Turkish Journal of Civil Engineering* 2019; 30(6): 9597-9620.
- Yılmaz MU., Onoz B. A comparative study of statistical methods for daily streamflow estimation at ungauged basins in Turkey. *Water* 2020; 12(2): 459. <https://doi.org/10.3390/w12020459>
- Yılmaz MU., Onoz B. Development of ensemble approaches based on performance of statistical methods for daily streamflow estimation. *Hydrological Sciences Journal* 2022; 67(8): 1199-1215.

Enerji Dağıtım Sistemlerinde Esnek İletken ile Solid İletkeni Birleştirme Tertibatı

Hıdır GÖĞÜLTER¹, Şule KAPKIN^{2*}, Aziz SEZGİN³

^{1,2,3}Istanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul

¹<https://orcid.org/0000-0001-9905-2748>

²<https://orcid.org/0000-0003-4951-7089>

³<https://orcid.org/0000-0001-6861-5309>

*Sorumlu yazar: skapkin@iuc.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 05.09.2023

Kabul tarihi: 27.10.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

BusBar

Direnç ve kayıplar

Elektrik iletimi

Elektrik dağıtımı

Termal Genleşme

ÖZ

Bu çalışmada ısı enerjisi etkisiyle busbar sisteminde bulunan malzemelerin uzamasının yatay hat sistemi üzerinde oluşturduğu mekanik gerilmeleri dengelemek için kullanılan yatay dilatasyon modülünün elektriksel ve konstrüksiyon olarak iyileştirilmesi ele alınmıştır. Dilatasyon modülleri busbar sistemlerinin mekanik gerilmelerini almak için içerisinde esneme kabiliyeti bulunan malzemeler bulundurulur. Esneme kabiliyeti olan bu malzemeler aynı zamanda kesintisiz olarak elektrik akımını da iletmelidir. Çalışmadaki temel amaç kayıpları en aza indirerek enerji verimliliğini arttırmaktır. Günümüzde kullanılan dilatasyon modüllerinden farkı esnekliği sağlayan modülün içerisindeki elektrik iletimi sağlayan bölümde ilave malzeme kullanılmadan yapılmasıdır.

Flexible Conductor to Solid Conductor Junction in Energy Distribution Systems

Research Article

Article History:

Received: 05.09.2023

Accepted: 27.10.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

BusBar

Resistance and losses

Electricity transmission

Electricity distribution

Thermal Expansion

ABSTRACT

In this study, the electrical and constructional improvement of the horizontal dilatation module used to compensate the mechanical stresses on the horizontal line system caused by the elongation of the materials in the busbar system due to the effect of heat energy is discussed. Dilatation modules contain materials that have the ability to stretch in order to take the mechanical stresses of busbar systems. These stretchable materials must also transmit electric current without interruption. The main objective of the study is to increase energy efficiency by minimizing losses. The difference from the dilatation modules used today is that it is made without the use of additional materials in the part of the module that provides electrical conduction in the module that provides flexibility.

To Cite: Göğülter H., Kapkın Ş., Sezgin A. Enerji Dağıtım Sistemlerinde Esnek İletken ile Solid İletkeni Birleştirme Tertibatı. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 499-510.

1. Giriş

Enerji dağıtım sistemleri, üretilen elektrik enerjisinin akım ve voltaj ayarlamaları yapılarak son kullanıcıya ulaştırılması amacıyla yapılan sistemler bütünüdür. Enerji dağıtım sistemleri kullanıldığı yere göre farklı özellikler taşır. Kullanım gerilimine ya da kullanım amperinin değerine göre adlandırılabilir. Gerilim olarak alçak gerilim, orta gerilim ve yüksek gerilim şeklinde sıralayabiliriz. Akım değerine göre ise düşük akım orta akım ve yüksek akım olarak adlandırılır.

Elektrik sistemlerinde 1000 V geriliminin altındaki değerde çalışma gerilime sahip olan sistemler alçak gerilim sistemleri olarak adlandırılır. Bu alandaki alışmalar IEC 61439-6 standardına göre yapılır test edilir ve sertifikalandırılır. Alçak gerilim standardına (IEC 61439-6) göre elektrik iletiminde ve dağıtımında ne çıkan busbar sistemi ve kablo uygulamaları kullanılmaktadır. İki sistemde temel amacı elektrik enerjisini bir noktadan diğer bir noktaya iletmektir. Bu çalışmada ele alacağımız sistem, busbar enerji dağıtım sistemleri, kablonun yerine kullanılan oldukça geniş bir kullanıma sahip olan ile ilgilidir. Busbar Trunking System (BTS) ya da kısaca Busbar olarak adlandırılan bu sistemin amacı kablonun getirmiş olduğu zorlukları ortadan kaldırarak modüler bir yapı oluşturmaktır.

Busbar'ın popüler hale gelmesindeki temel özellikler projeye özel modüler hızlı çözümler sunabilmesi, saha montaj maliyetlerini dşurmesi oldukça güvenli ve endüstriyel elektrik kullanımı için uygun alt yapısının olmasıdır. Busbar yüksek elektriksel ve mekanik dayanıma sahip ürünlerden oluşan modüller bütünüdür. (IEC 61439-6 ; Burali ve ark., 2014; Kalane ve ark., 2018; URL 1., 2023)



şekil 1. Busbar Modülleri- 1



şekil 2. Busbar Modülleri- 2

Elektrik akımı geçtiği iletken, iletken öz direncine bağlı olarak ısı enerjisi ortaya çıkartmaktadır. Ortaya çıkartmış olduğu ısı enerjisi sistemin ısınmasına sebep olmaktadır. Isı enerjisi de etki ettiği her metal ve metal olmayan malzemeleri genişmeye itmektedir. Busbar'ın yapısında kullanılan malzemelerde, doğada bulunan her malzeme gibi ısı etkisiyle uzama meydana gelir. Hattın içindeki her modüldeki uzamalar birleşerek genel hat üzerinde mekanik gerilmelere sebep olur. rnlerin askı üzerinde sabitlenmesi gerekmektedir. Bu durumda termal genişme iki sabitleme arasında modülleri zorlama etkisi gösterir. Bu etkinin ortadan kaldırılması için dilatasyon modülleri kullanılır. Yatay hat uzamalarında uzamayı kompanse etmek için kullanılan dilatasyon modüllerinin iç kısmında rijit iletken ile esneme kabiliyeti gösteren diğer bir malzeme birbirlerine bağlanır. Bu koşullarda

birleştirilen iletkenler kesintisiz elektrik iletim hizmeti vermektedir. Sistemin uzama gerilmesini sönümlenmek için mevcut sistemlerde iki farklı çözüm bulunmaktadır. Bu çözümlerden birincisi blok ekle birleştirme yöntemidir. İkinci çözüm ise cıvata somun bağlantısı yapılmasıdır. Bu çalışmada dilatasyon modüllerinin iletkenlerinin rijit ve esnek elemanının ilave malzemesiz montaj gerektirmeden sürtünme kaynağı teknolojisi kullanılarak yapılması amaçlanmıştır.

Blok ek ile yapılan birleştirme çözümü busbar sisteminin temelinde bulunan her faz için yardımcı ikişer levha bulunan eklenecek elemanlar yerleştirildikten sonra blok ek saplaması sıkılarak tüm fazların yüzey temasları ile iletkenlik sağlaması beklenir bu özellik modüler ürün bağlantısından gelmektedir. Modüllerin birbiri ile geçişi blok ek ile yapılır. İletkenlerin biri lama iletken iken diğeri esnek iletken bir elemandır. Birbirine eklenen standart bir modül gibi davranır ve 3 farklı bölüm tek bir modül gibi davranırılarak üzerine koruma sağlanarak modül tamamlanır. (Burali ve ark., 2014; Kalane ve ark., 2018; URL 1., 2023)

Cıvata somun bağlantı yöntemi bilinen en eski yöntemlerden biri olup iki bileşenin de ortasında delikler delip bu deliklerden uygun cıvata somun ve gevşememesi için çanak pul veya tırtıklı pul kullanılarak oluşturulan iletkenlerin birer yüzeyinden temas sağlanan yöntemdir (Tzeneva ve ark., 2006). Bu yöntemde de iletkenin birisi lama iletkeni diğeri esnek iletken eleman olarak seçilir.

Bu çalışmada anlatmak istediğimiz yöntem ise sürtünme kaynağı yardımıyla birbiri içerisinde malzemelerin karışması esasına dayanan yöntemdir. Malzemelerin birbiri içerisine karışması bizlere ilave malzemesiz moleküler düzeyde birleşme ve gevşeme riski olmayan bir bağlantı sunmaktadır. (Tzeneva ve ark., 2010; Kaçar ve ark., 2011; Kumar ve ark., 2020; Mypati ve ark., 2023; URL 2., 2023)

2. Elektrik Dağıtım Sistemi Busbar

Busbar sistemi ilk olarak 1930'lu yıllarda gökdelenlerin ortaya çıkması ve fabrikalarda üretim teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte inşaat sektörünün ihtiyaçlarını karşılamak için Amerika'da kullanılmaya başlanmıştır. Avrupa ülkeleri ve Japonya 1950'li yılların başında bu sistemi kullanmaya başlamış, ancak 1970'li yıllarda EAE Elektrik A.Ş. kendi üretimine başlamış ve Türkiye'de busbar sistemlerinin kullanımı başlamıştır.

Elektrik enerjisinin iletiminde yoğun olarak kablo uygulaması yapılırken; enerji ihtiyacı, modülerlik, gerilim düşümü, işletme maliyeti, bakım ve kullanım kolaylıkları alçak gerilim busbar sistemini ortaya çıkartmıştır. Busbar sistemleri yüksek akım taşıma kapasitesine sahip, modüler sistemler olup birbirlerine kolayca eklenebilen, istenilen bölgeden çıkış imkânı sağlayan, kullanılacağı ortama özel koruma seçenekleri sağlayabilen sistemlerdir.

Busbar endüstriyel uygulamalarda oldukça yüksek oranda kullanımı olan sistemi karmaşık bağlantılardan korunurken yüksek izolasyon, kısa devre değerleri bulunduran kullanılacağı ortama göre IP (ingress protection) değeri bulunan, işletme maliyetini düşüren bir uygulamadır. Busbar modüler

yapısı sayesinde bütün modüller birbirine ek modülü sayesinde montajlanabildiği için kablo eklemesinde yapılan uygulamadaki kablo ucu soyma birleştirme işlemleri gibi uzmanlık gerektirmeyen montaj alt yapısı sunar. Kişi bazlı hataları ortadan kaldırır işçilik maliyetlerinin düşmesini sağlar. Ek modülü üzerinden ya da plug in noktaları üzerinden çıkış almak mümkün olduğu için hat üzerinde ihtiyaç duyulan bölgelerden çıkış alınır. Busbar sistemlerinin dış gövdesi metal ya da metal olmayan koruyucu bir kılıf içerisinde izole edilmiş baralar vasıtasıyla elektrik enerjisini iletmektedir. (IEC 61439-6)

Genel uygulamalarda busbar sistemleri alternatif akımlı elektrik sistemlerinde, N L1 L2 L3 ve isteğe bağlı olarak PE ya da CPE iletkenlerini içinde barındıran metal, alüminyum ya da cast resin gövdeye sahip olan sistemlerdir. Alternatif akımda kullanıldığı gibi doğru akımlı sistemlerde de kullanılması bir sorun teşkil etmemektedir. Busbar sistemleri içlerindeki izolasyona ve/veya yapısına göre hava aralıklı, kompakt, cast resin busbar olarak ayrılırlar. İletkenler bakır ya da alüminyum malzemeden olabilmektedir.

Busbar modüllerinin IEC (Avrupa, Asya) ve UL (Amerika, bazı Asya ülkeleri) standartlarına, ürünün kullanılacağı ülkeye göre uygun olmalıdır. Standartlarda ürünlerin kısa devre, sıcaklık artışı, IP, mekanik darbe dayanımı değerlerinin nasıl olacağı ile ilgili testler ve hesaplamalar belirtilmiştir.

3. Busbar Sistemlerinde Termal Uzama ve Sonucunda Oluşan Mekanik Kuvvet

Busbar sistemlerinde oluşan termal uzamayı anlamak için öncelikle termal genleşme nedir sorusunu yanıtlamak gerekir. Bir cismin sıcaklığındaki bir değişim neticesinde hacminde değişim olmasını meydana getiren durumdur. Her malzeme ısı ile şekil ve boy değişikliğine uğrar. Bu etkiler uzun hatlarda daha sık ve rahat görülür, bu uzamalar sisteme yüksek oranda mekanik yük bindirir. Uzun sistemlerde örneğin tren rayları ve elektrik kabloları güneşten almış oldukları ısı neticesinde özellikle yaz aylarında boylarında değişim meydana getirerek sistem üzerine mekanik yük bindirirler. Busbar sistemlerinde de ısıl genleşme ve kuvvetler çok önemlidir. Dikkat edilmez ise ciddi sorunlara neden olabilir. Elektrik sistemlerinde en ufak hatanın insan hayatına doğrudan etki edeceği büyük kazalara can ve mal kayıplarına yol açacağı unutulmamalıdır. Zamanla yorulma ve kısa devreye dönüşme riskleri barındırır. Elektrik dağıtım hatları elektrik enerjisi iletken üzerinden akarken iletkenin öz direnci sebebiyle ısı üretir ısı üreten sistemler de diğer sistemler gibi içinde bulundurduğu bileşenlerinin fiziksel boyutlarını değiştirir. Bu nedenle önlem alınması gerekir. Aksi takdirde bağlantılarda, askılarda ve dönüş modüllerinde de büyük stres oluşur. Bu stresler kimi zaman hat üzerinde yamulmalara kimi zaman ise kısa devre oluşup sistemin zarar görmesine sebep olur.



Şekil 3. Termal kuvvete maruz kalmış busbar

How EAE Expansion - Dilatation module works

Normal Situation

5 cm expansion capability

30 degree torsion capability

R&D

EAE BUSBAR CALCULATIONS FOR THERMAL EXPANSION AND FORCES

Thermal Expansion

$$\Delta L = \alpha \cdot L1 \cdot \Delta T$$

ΔL	mm	Expansion
α	1/ C	Expansion Const.
$L1$	mm	Lenght (mm) at First Temp.
ΔT	C	(Last Temp. - First Temp.)

Thermal Force

$$F = \epsilon \cdot A \cdot (\Delta L / L)$$

F	N	Thermal Force
ϵ	N/m2	Elastic Moduls (Young's Moduls)
A	mm2	Cross Section

KBC BUSBAR
Conductor : E-CU %99.95 purity
Housing : Sheet metal

KBC BUSBAR		THERMAL EXPANSION	THERMAL FORCE
α (steel)	0,000011	Copper ΔL	F Copper
α (copper)	0,000017		
α (aluminium)	0,000023	2,907 mm	81396 N
L1 (mm)	3000		
T1 (first temp.)	23		
T2 (last temp.)	80		
ϵ (steel)	2E+11	Housing ΔL	F Housing
ϵ (copper)	1,2E+11		
ϵ (aluminium)	7,E+10		
A1 (Copper)	busbar	1,881 mm	121387,2 N
A2 (Housing)	busbar		
A1 = (7x 100)	700 mm2		
A2 = (Housing)	968 mm2		

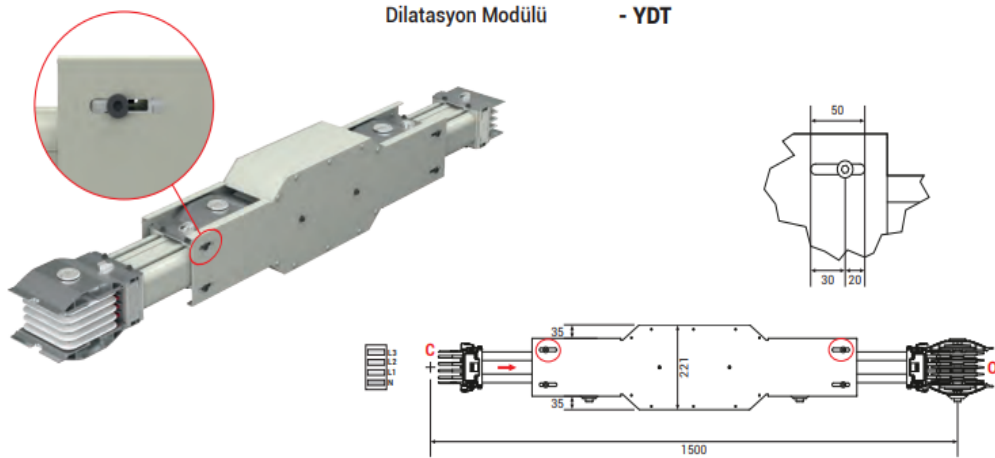
From EAE catalog

R&D

Şekil 4. Termal kuvvet hesaplama

4. Dilatasyon Modülü

Busbar sistemleri iletkenlerin içerisinde akım aktıkça, iletkenin öz direnci ve iletkenin boyutsal kapasitesi etkenleriyle ısınır. İletkenin ısınması, ısı transferiyle gövdeyi ısıtır. Bu durumda sistemdeki her bir parça ısınır. Bu ısınmalara ek olarak sistemin bulunduğu ortam sıcaklığı da gece ve gündüze mevsim geçişlerine bağlı olarak sıcaklık farklılıkları gösterecektir. Tüm bu koşulları dikkate aldığımızda busbar sisteminin boyutları uzama yönünde etki gösterir. Bu uzamanın genel elektrik sistemine ve askılama sistemine zarar vermemesi için belli aralıklarda dilatasyon modülü kullanılmalıdır. Busbar projelendirilmelerinde 40-50 m 'de bir yatay dilatasyon modülü kullanıp buradaki ortalama toplam 35 mm uzamanın kompanse edilmesi beklenir. Dilatasyon modülleri sistemin uzamasını kendi içine alarak sistemde herhangi bir ısıdan kaynaklı mekanik yük oluşmasını engeller. (Kalane ve ark., 2018; URL 1.; Tzeneva ve ark) Dilatasyon modüllerinin iç yapısını incelediğimizde modüler yapının devamı için başlangıcında ve sonunda rijit iletkenler ortasında ise esneme kabiliyeti gösteren, esnek iletken elemanı olarak adlandırılan bakır malzemeler bulunur. Mevcut uygulamalarda bu geçiş blok ek modülü veya cıvata somun bağlantısı ile yapılmaktadır.



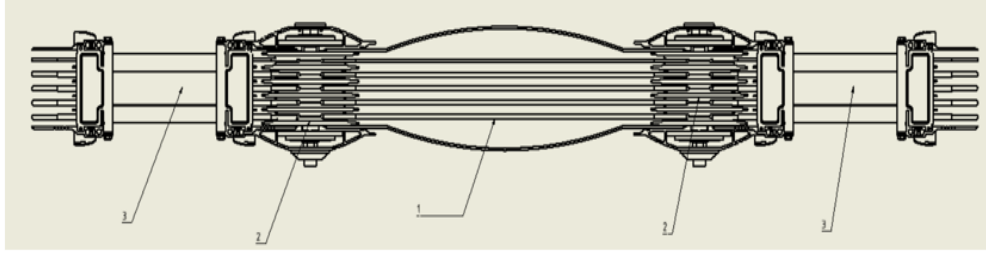
Şekil 5. Termal kuvvete maruz kalmış busbar

5. Modül Birleştirme Şekilleri

5.1. Blok Ekli Dilatasyon Modülü

Blok ekli bağlantıda blok ekin bir ucuna rijit iletken diğer ucuna ise esneme kabiliyeti gösteren iletken takılır. Esnek iletkenin diğer ucu içinde aynı işlem Şekil 6'da olduğu gibi rijit eleman bağlantısı blok ek ile gerçekleştirilir. Blok ek, çalışma şekli olarak iletkenin her iki yüzeyine de baskı yaparak yüzey alanını arttıran diğer faz iletkenleri arasına izolatör yerleştirilerek elektriksel yalıtıklık sağlanıp bir saplama sistemi ile tüm iletkenlerin yüzeylerinden geçiş almayı sağlayan modüldür. İletken yüzeylerindeki direnç busbar sistemi için en büyük çözülmesi gereken etmenlerin başındadır. Blok ek noktasında basınç değeri ile geçiş direnci ters orantılı olarak değişir. Basınç arttıkça direnç düşmektedir. Bu ilişki lineer değil parabolik bir eğri oluşturur. Birbiri üzerine gelen bölümlerde kontak basıncının eşit şekilde dağılmış olması gerekmektedir. İletkenin kontak yüzeyindeki basınç, lineer olarak sağlanmalıdır. Bu sistemin basıncının lineer şekilde aynı kalması için yaylı plakalardan

aydalanılır. Bu yöntem ile birleştirme ölçümlerde Tip B olarak belirtilmiştir. Rijit iletkenler 6x110 tam radüslü bakır lamalardan seçilmiştir. Esnek iletken elemanlar ise 6x110 0,4 kalınlığında 15 adet bakır esnek iletken levhadan oluşmaktadır. Birleştirilmiş parçaların toplam uzunluğu 1,5m dir.



- 1- Esnek eleman
- 2- Blok ek
- 3- Busbar

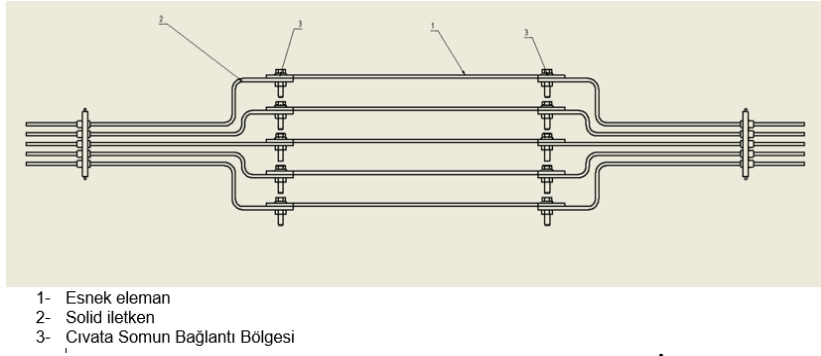
Şekil 6. Blok ekli dilatasyon modülü (TİP B)

Dilatasyon modülü içerisinde fazlardan ek modüllerinin kullanılması maliyeti arttırdığı gibi ekstra olarak kontrol edilmesi gereken bir bölüm oluşturur. Sistem içinde yıllar içinde bakım gerektirir. Yapılması büyük işçilik maliyetleri getirir.

5.2. Cıvata Bağlantılı Dilatasyon Modülleri

Cıvata somun bağlantılı dilatasyon modülleri, rijit iletken ile esnek iletkenin üzerinde iletken kesitine uygun konumlarda delik veya delikler bu deliklerden cıvata somun bağlantısı yapılması esasına dayanır. Bu bağlantılar çanak pul veya tırtıklı pul ile gevşemeye karşı dirençli hale getirilir. Bu modelde Şekil-7’de görüleceği üzere iletkenler tek yüzlerinden temas alırlar. Sonuç olarak iki yüzeyden baskı ve kontak sağlayan blok ekli sisteme göre geçiş direncinin daha yüksek olmasına sebep olur. Cıvata-somun bağlantısı nedeniyle yalıtım mesafesine dikkat edilmesini gerektirir. Rijit iletkenler 6x110 tam radüslü bakır lamalardan seçilmiştir. Esnek iletken elemanlar ise 6x110 0,4 kalınlığında 15 adet bakır esnek iletken levhadan oluşmaktadır. Birleştirilmiş parçaların toplam uzunluğu 1,5m dir.

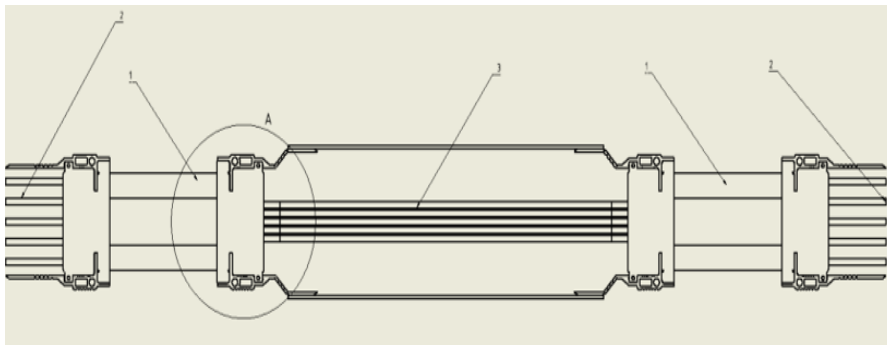
Yalıtım mesafesinin sağlanması iletkenlerin arasının açılmasıyla mümkün olacaktır. Bu boşlukların desteklenmesi fazladan malzeme sarfiyatını arttırdığı gibi, iletkenlerin birbirinden uzaklaştırılması empedans değerini etkilediği bilindiği için gerilim düşümünü etkileyerek elektriksel kayıplara sebebiyet verir. (Kalane ve ark., 2018; URL 1., 2023) Bu yöntem ile birleştirme ölçümlerde Tip C olarak belirtilmiştir.



Şekil 7. Cıvata bağlantılı dilatasyon modülü (TİP C)

5.3. Sürtünme Kaynağı ile Birleştirilmiş İletkenli Dilatasyon Modülü

Bu çalışmada yukarıda söz edilen iki yönteminde zayıflıklarını ortadan kaldıracak bir yöntem ele alınacaktır. Lama iletken ile esnek elemanın sürtünme kaynağı ile ilave malzeme gerektirmeden birleştirilmesi, geçiş direncini düşürecek, bakım gerektirmeyecek, iççilikleri ortadan kaldırmaktadır. Üretim kalitesi insan hatalarından uzaklaştırılıp makinesel çözümlere çevirmektedir. İletkenler arasında sadece yalıtım malzemesi bulunması sebebiyle gerilim düşümü minimize edilmiş olacaktır. Fazlar birbirine maksimum derecede yaklaşacağı için empedans değeri optimum seviyelere ulaşmıştır. Busbar sisteminde genel olarak 6 mm kalınlıklı iletkenler tercih edilmektedir. Bu çalışmada da rijit iletken bakır malzemeden kalınlığı 6 mm genişliği ise 110 mm olarak alınmıştır. Bu iletken kesitine uygun esnek iletken bakır malzemeden 0,4 mm kalınlığında 15 adet 110 mm genişlikli her iki uç gümüş nitrat kaynaklı bakır yaprak esnek iletken elemanı alınmıştır. Birleştirilmiş parçaların toplam uzunluğu 1,5m dir. Bu iki malzeme CNC makinaya bağlanan ergitme karıştırma ucu ile kaynak yapılmıştır. İşlem esnek elemanın diğer ucu içinde yapılmıştır. Son durumda Şekil 8’de görüleceği gibi ortası esneme kabiliyeti içeren iki ucu rijit bir iletken elde edilmiştir. Kaynak kalitesi için yeni ürünler bükme testine sokuldu herhangi bir kaynak kopması gözlemlenmedi. (Tzeneva ve ark., 2010; Kaçar ve ark., 2011; Kumar ve ark., 2020; URL 2., 2023). Bu yöntem ile birleştirme ölçümlerde Tip F olarak belirtilmiştir.



Şekil 8. Sürtünme kaynağı ile birleştirilmiş dilatasyon modülü (TİP F)

6. Sonuç

Mevcut üretimde kullanılan ürünlerde temel sorunlar bakım maliyeti gereksinimi, elektriksel kayıplar, yüzey geçişlerinden kaynaklı verim düşümü sorunları giderilmeye çalışılmıştır. Yeni iletken malzemenin oluşturduğu sistem elektriksel olarak mevcut yöntemlere oranla herhangi bir kayıp yaşatmamalıdır. İletkenlikle ilgili yapılan araştırmalarda da bilindiği üzere özdirenç birim uzunluk ve kesit alana sahip bir iletkenin elektrik akımına karşı ne ölçüde direnç gösterdiğinin bir ölçüsüdür. Özdirenç iletkenin geometrik ölçülerinden bağımsız bir büyüklük olup, sadece iletkenin yapıldığı maddenin özellikleriyle ilgilidir. Bir elektrik sisteminde sistem en az iletkenin öz direnci kadar kayıp yaşayacaktır. Pratikte olanı deneysel olarak kanıtlanması için üç farklı durum için hazırlanmış olan numuneler test edilmiştir. Şekil 9’da görüldüğü üzere iyileşme kaydedilmiştir. Test yapılırken proplar arası mesafe 1m olarak belirlenmiştir. Esnek iletken malzemenin her iki geçiş bölgesi de ölçüm içinde kalacak şekilde yerleştirilmiştir. Yapılan testler 23 °C sıcaklıkta 1 atm basınçlı laboratuvar koşullarında 60 sn süreyle ölçülmüştür. Türkak onaylı EAE Test Lab ‘da gerçekleştirilmiştir. Test ölçümünde, Metrel 100 A DC Direnç Ölçme Cihazı kullanılmıştır.



Şekil 9. Metrel 100 A DC Direnç Ölçme Cihazı

Tablo 1. Dilatasyon birleştirme yöntemlerinin direnç karşılaştırması

Ölçümler	Tip-F ($\mu\Omega$)	Tip-B ($\mu\Omega$)	Tip-C ($\mu\Omega$)
1	22,5	24,4	25,5
2	22,3	25,3	26,2
3	22,6	24,3	25,5
4	22,6	26	24,9

5	22,4	25	25,4
ORT.	22,5	25	25,5

-Arada ilave malzeme olmaması ve birbirleri arasına yüzey temasıyla değil malzemenin bir bütün gibi davranarak geçiş yaptığı için direnç değerleri düşük çıkmaktadır. Geçiş direnci düştüğü için daha az ısınma ve daha az kayıp yaşanacaktır.

-Malzemelerin yüzey kirliliği sebebiyle oluşabilecek hatalar ortadan kalkmıştır. Yüzey temaslı işlemlerde saha koşullarında mevcut üretim yöntemlerinin etkisiyle toz ve kirlilik bulunmaktadır. Bu ortamda yüzeylerde kirlilik oluşturacaktır. Kirlilik kontak yüzeylerinde önlenmediği takdirde kısa devreye sebep olabilmektedir. (Zhang ve ark., 2007)

- Malzeme bakım gerekmez hale gelmiştir. Cıvata somun bağlantısı kullanılmadığı için termal değişimler ve titreşimlerden etkilenmez ve gevşeme meydana gelemez.

- Fazların birbiri arasındaki mesafesi daha yakın olduğu için soğuma (ısı transferi) iyileşmiştir. Alternatif akımda faz farkı sebebiyle iletkenler birbirinden ne kadar uzak konumda bulunursa manyetik olarak birbirlerini daha çok etkilemektedir. Arada herhangi malzeme olmadığı için fazlar birbirine en yakın izoleli konumda bulunmaktadır. Bu da gerilim düşümüne olumlu etki edecektir. Kesit artışını engellemenin en etkili yoludur.

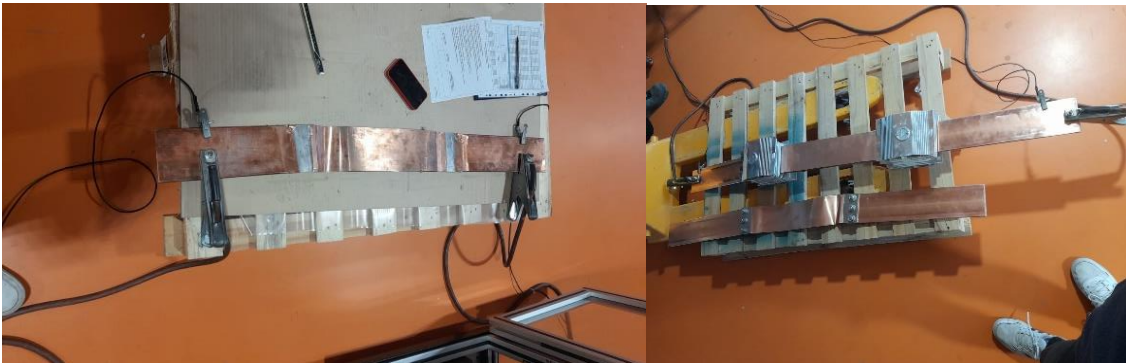
- Sonuç olarak daha verimli bir ürün ortaya çıkmıştır.

- Montaj işçiliklerini ortadan kalkmıştır.

- Cıvata somun bağlantı gevşeme durumlarını ortadan kaldırdığı için bakım gerekmemektedir.

- Ürünlerin birbirine entegrasyonu için gerekli diğer gereçleri ortadan kaldırdığı için ürün maliyetinde düşüş sağlanmıştır.

- Elektriksel geçiş direnci herhangi bir ilave iletken gerektirmediği için minimum seviyeye çekilmiştir.





Şekil 10. Test edilen numuneler

Teşekkür

Çalışmaya katkılarından dolayı EAE Elektrik, Asansör Sanayi, İnşaat, Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye teşekkür ederiz. Çalışmanın bir kısmı 2022 yılında 4. Uluslararası Avrasya Bilim, Mühendislik ve Teknoloji Konferansı'nda sunulmuştur. Yenilik ayrıca patentlenmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynakça

IEC 61439-6 standardı Alçak gerilim anahtarlama ve kontrol düzeni donanımları- Bölüm 6: Genel şebekelerdeki güç dağıtımı için donanımlar

Burali YN., Patil MB. Paper on busbar trunking system for electrical supply to industrial & commercial installation. IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN) 2014; 4(01): 01-12

Demiroglu YB., Cinar MA., Alboyaci B. Evaluation of cable and busbar system in multiconductor distribution systems in terms of current and magnetic field distributions. Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences 2021; 29(7): 3119-3132.

Kaçar R., Emre HE., Demir H., Gündüz S. Al-Cu-Al malzeme çiftinin sürtünme karıştırma nokta kaynak kabiliyeti. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 2011; 26(2): 349-357.

Kalane SP., Bobade CM. Comparative analysis of electrical parameters for three phase busbar trunking system. International Journal of Scientific Research in Science and Technology 2018; 4(5): 1698-1709.

- Kumar RD., Pagar DD., Menezes PL., Eyvazian A. Friction-based welding processes: friction welding and friction stir welding. *Journal of Adhesion Science and Technology* 2020; 34(24): 2613-2637.
- Mypati O., Anwaar T., Mitra D., Pal SK., Srirangam P. Characterization and modelling of Al and Cu busbar during charging and discharging of Li-ion battery for electric vehicles. *Applied Thermal Engineering* 2023; 218: 119239.
- Tzeneva R., Slavtchev Y., Mladenov V. Bolted busbar connections with slotted bolt holes. *WSEAS Transactions on Circuits and Systems* 2006; 7: 1021-1027.
- Tzeneva R., Slavtchev Y., Mastorakis N., Mladenov V. Bolted busbar connections with longitudinal slots. In *Proceedings of the 14th WSEAS International Conference on CIRCUITS (Part of the 14th WSEAS CSCC Multiconference)*, 23-25 Temmuz 2010, sayfa no:22-24, Corfu Island Greece.
- URL-1. <https://www.eae.com.tr/busbar-gene1-bilgi>, Erişim Tarihi: 15 Mart 2023.
- URL-2. <https://portal.turkpatent.gov.tr/anonim/arastirma/patent/sonuc/dosya?patentAppNo=2022/012342&documentsType=all>, Erişim Tarihi: 15 Mart 2023.
- Zhang JG. Effect of dust contamination on electrical contact failure. *Electrical Contacts-2007 Proceedings of the 53rd IEEE Holm Conference on Electrical Contacts*. 16-19 September 2007, sayfa no:xxi-xxx, Pittsburgh, PA, USA.

Comparison of Fatty Acid Compositions and Oil Content of Some Different Species from the Brassicaceae

Betül GIDİK^{1*}, Fadul ÖNEMLİ²

¹Bayburt University, Faculty of Applied Science, Department of Organic Farming Management, Bayburt

²Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Field Crops Department, Tekirdağ

¹<https://orcid.org/0000-0002-3617-899X>

²<https://orcid.org/0000-0002-0609-3573>

* Corresponding author: betulgidik@gmail.com

Research Article

Article History:

Received: 19.10.2023

Accepted: 20.11.2023

Published online:20.12.2023

Keywords:

Oil content

Fatty acids

Industrial plants

Brassicaceae

ABSTRACT

Crude lipid has become one of the most significant demands of nations in recent years, oil crops and their lipid yield are becoming more and more vital. The composition of fatty acids reveals the caliber of oil crops. This study aims to determine and compare the oil content and fatty acid compositions of *S. arvensis*, *B. nigra*, *B. napus*, *S. alba* and *C. sativa* plants. It was determined that the oil content of the samples belonging to the *B. nigra* varied between 27.132% and 29.350%, and the oil content of the samples belonging to the *S. arvensis* varied between 28.275% and 28.855%. Erucic acid value was determined to be highest in *S. arvensis* species, oleic and linoleic acids in *B. napus*, and linolenic acid in *C. sativa*. The data obtained showed that the oil content and fatty acid compositions of *S. arvensis* and *B. nigra* were very close to the values obtained from *B. napus*, *S. alba* and *C. sativa*, which were used as standards and grown as cultivated plants in this study. This suggests that the wild plants *S. arvensis* and *B. nigra* have the potential to be cultivated.

Brassicaceae Familyasına Ait Farklı Türlerin Yağ Asidi Bileşimleri ve Yağ Oranları

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 19.10.2023

Kabul tarihi: 20.11.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Yağ içeriği

Yağ asitleri

Endüstriyel bitkiler

Brassicaceae

ÖZ

Ham lipit, son yıllarda ulusların en önemli taleplerinden biri haline gelmiş olup, yağ bitkileri ve bunların lipit verimi giderek daha hayati hale gelmektedir. Yağ asitlerinin bileşimi, yağ bitkilerinin kalitesini ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın amacı *S. arvensis*, *B. nigra*, *B. napus*, *S. alba* ve *C. sativa* bitkilerinin yağ içeriği ve yağ asidi kompozisyonlarının belirlenmesi ve karşılaştırılmasıdır. *B. nigra* yağ oranlarının %27,132 ile %29,350 arasında, *S. arvensis* yağ oranlarının ise %28,275 ile %28,855 arasında değiştiği belirlendi. Erusik asit değerinin *S. arvensis* türünde, oleik ve linoleik asit değerinin *B. napus* türünde, linolenik asit değerinin ise *C. sativa* türünde en yüksek olduğu belirlendi. Elde edilen veriler, *S. arvensis* ve *B. nigra*'nın yağ oranları ve yağ asidi kompozisyonlarının, standart olarak kullanılan ve kültür bitkisi olarak yetiştirilen *B. napus*, *S. alba* ve *C. sativa*'dan elde edilen değerlere çok yakın olduğunu gösterdi. Bu çalışmada. Bu durum *S. arvensis* ve *B. nigra* yabancı bitkilerinin yetiştirilme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

To Cite: Gidik B., Önemli F. Fatty Acid Compositions and Oil Content of Different Species from the Brassicaceae. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek sayı): 511-521.

1. Introduction

The foundation of diversity in industrial systems is formed by native flora. There is a lot of potential for underutilized industrial crop genetic resources to replace globally recognized species or varieties that are often produced and consumed. In order to increase system resistance due to climatic unpredictability, it is vital to diversify plant resources by growing a wider variety of crops (Colak et al., 2019; Subaşı, 2020). Determining the potential oil content of plants that are growing naturally in the wild becomes crucial because of this.

Numerous vegetable, oilseed, condiment, and edible and industrial fodder crop species are members of the Brassicaceae (Cruciferae). Numerous economically significant species can be found in the Brassicaceae family. In Turkey, there are 85 genera and 567 taxa in this family, which contains 338 genera and 3709 species worldwide (Cullen, 1965; Davis, 1988; Al-Shehbaz et al., 2006). *Sinapis arvensis*, *Brassica nigra*, *Brassica napus*, *Sinapis alba* and *Camelina sativa* are some of them which are the most known. Even though studies on wild Brassicaceae species have been conducted, there are still a great number of species that need to be looked into (Sefalı, 2019). Because crude lipid has become one of the most significant demands of nations in recent years, oil crops and their lipid yield are becoming more and more vital. The composition of fatty acids reveals the quality of oil crops. Lipid production and fatty acid compositions should be assessed to define the quality of oil crops. The oil content and fatty acid compositions of *S. arvensis*, *B. nigra*, *B. napus*, *S. alba*, and *C. sativa* make them valuable plants (Al-Shehbaz et al., 2006; Gıdık et al., 2023).

Mandal et al., (2002) have reported that the total oil contents of *B. nigra* changed between 21.5% and 33.9% and the amount of erucic acid changed between 39.1%–47.2%. Although linolenic acid concentration of *B. nigra* was found 12.62% in same study. According to the researchers, main fatty acids for *B. napus*, *B. nigra*, and *S. arvensis* were oleic acid (7.4% to 41.6%), linoleic acid (9.6% to 25.1%), and erucic acid (20.6 to 44.1%) (Kayacetin et al., 2018; Zhang et al., 2014). Because they have drastically diverse fatty acid compositions for industrial purposes, *Brassica* species have a significant potential for use in future breeding projects.

There are some fatty acids studies only a few separately research about known species of Brassicaceae but it isn't enough. When the studies in the literature were examined, it was seen that there were not enough studies determining the oil content and fatty acid compositions of species with high economic value such as *S. arvensis*, *B. nigra*, *B. napus*, *S. alba* and *C. sativa*.

Studies have revealed that many plants belonging to the Brassicaceae are valuable in terms of fatty acids (Mandal et al., 2002; Kayacetin et al., 2018). *S. arvensis*, *B. nigra*, *B. napus*, *S. alba* and *C. sativa* are important oil crops that belong to Brassicaceae. This study aims to determine and compare the oil content and fatty acid compositions of these important oil crops, and determine the culture potential of wild ones.

2. Material and Method

Plant Material

S. arvensis, *B. nigra*, *B. napus*, *S. alba* and *C. sativa* samples were used as plant material. While seeds of *B. napus*, *S. alba* and *C. sativa* samples are supplied commercially from the market (Dekalb and Syngenta seed companies), seeds of *S. arvensis* L. and *B. nigra* L. samples were collected from different locations of the Thrace region of Turkey, taking into account geographical and climatic differences. Species identifications of these collected plant samples were made by Namık Kemal University, Faculty of Science and Letters, Department of Biology, Lecturer Prof. Dr. Made by Evren Cabi. *B. napus*, *S. alba* and *C. sativa* samples use as standards. Seeds of *Sinapis arvensis* was collected from natural habitat of Istanbul and Tekirdag cities, in addition, seeds of *Brassica nigra* were collected from natural habitat of Edirne, Çanakkale and Tekirdağ cities, at 03-08 July 2013. Plant samples were collected as 15 members for a population. Information of locations where *S. arvensis* and *B. nigra* seed samples were collected shows at Table 1. Commercial variety name and abbreviation information of *S. alba*, *B. napus*, *B. napus*, and *C. sativa* seed samples shows at Table 2.

Table 1. Information of locations where *S. arvensis* and *B. nigra* seed samples were collected

Name of location	Sample code	Species	Altitude (m)	Latitude	Longitude
Çatalca/Çakıl Köyü	A	<i>S. arvensis</i>	154	41°07'29.67"K	28°25'49.09" D
Çerkezköy/Büyükyoncalı	B	<i>S. arvensis</i>	155	41°22'15.79"K	27°55'49.98" D
Enez/Çavuşköy Köyü	C	<i>B. nigra</i>	63	40°41'23.32"K	26°10'11.01" D
Gelibolu/Ocaklı Köyü	D	<i>B. nigra</i>	117	40°29'25.98"K	26°38'02.78" D
Keşan/Yerli Su Köyü	E	<i>B. nigra</i>	198	40°43'20.35"K	26°44'10.61" D
Şarköy/Eriklice	F	<i>B. nigra</i>	18	40°38'30.94"K	27°11'17.81" D
Meriç/Küplü Köyü	G	<i>B. nigra</i>	16	41°06'21.03"K	26°20'57.77" D

Table 2. Commercial variety name and abbreviation information of *S. alba*, *B. napus*, *B. napus* and *C. sativa* seed samples

Commercial variety name	Sample code	Species
White mustard	SA	<i>S. alba</i>
NK Caravel	CA	<i>B. napus</i>
Excalibur	EX	<i>B. napus</i>
Camelina WG5	CW	<i>C. sativa</i>

In addition to the seed materials collected from each location, approximately 500-600 g of soil samples were also labeled and collected from a depth of 30-60 cm and analyzed in the Trakya Birlik Soil Analysis Laboratory by using method reported by Page et al., (1982). Within the scope of soil analyzes of the locations where the populations were collected, pH, electrical conductivity, saturation, organic matter, lime, phosphorus, calcium, potassium and magnesium contents of the soil were determined (Table 3).

Table 3. Soil analysis results of the locations where seed samples were collected

Sample code	pH (Sat)	EC ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	S (%)	OM (%)	L (%)	P (kg/da)	Ca (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)
A	7.09	967	49	1.74	1.43	5.59	4480	172.7	181.3
B	7.38	702	41	1.43	7.77	10.83	6166	117.1	246.6
C	6.72	1248	60	2.54	1.96	19.49	6089	653.9	286.8
D	7.58	1590	76	0.51	11.76	2.72	5401	210.7	184.8
E	7.24	607	44	2.19	10.93	4.89	5855	897.9	165.5
F	7.31	1326	52	1.43	15.98	7.26	5835	727.9	777.9
G	6.72	529	36	1.36	1.43	32.13	3691	251.7	242.3

pH, electrical conductivity (EC), saturation (S), organic matter (OM), lime (L), phosphorus (P), calcium (Ca), potassium (K) and magnesium (Mg) content of the soil

According to the soil analysis results, generally soil samples were found to be poor in organic matter, highly calcareous and slightly alkaline (Gedikoğlu, 1990; Ülgen and Yurtsever, 1995).

Annual average relative humidity, annual average wind speed, annual average temperature and annual average precipitation data (MGM, 2013) of the provinces where the samples of the natural flora of the Thrace Region are collected for the years 2012 and 2013 are shown in Table 4.

Table 4. Climate data for locations in 2012 and 2013

Climate data	İstanbul		Tekirdağ		Edirne		Çanakkale	
Years	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
ARH (%)	87.04	85.73	83.30	77.68	68.80	70.47	68.47	71.54
AWS (m/sn.)	7.22	6.76	2.74	2.70	2.00	1.93	3.26	4.11
AT (°C)	12.50	12.63	15.35	15.41	14.77	15.06	17.18	15.67
AP (mm)	72.06	38.93	42.67	37.20	42.85	51.43	37.55	49.20

annual average relative humidity (ARH), annual average wind speed (AWS), annual average temperature (AT) and annual average precipitation (AP)

Cultivation of plant material

S. arvensis and *B. nigra* samples and standards were planted in 5 rows on 16.10.2014 in the trial field of Namık Kemal University Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, according to the Random Block Trial Design, with 4 replications, with a row length of 4 m and a distance between rows of 20 cm. The altitude of the experimental area located in Süleymanpaşa district of Tekirdağ province is 29 meters above sea level. It is also located between 40°59' north latitude and 27°34' east longitude. Soil samples were taken from the experimental area for three different depths, 0-30 cm, 30-60 cm and 60-90 cm, and analyzed at Trakya Birlik Soil Analysis Laboratory by using method reported by Page et al., (1982). According to the data obtained from this analysis, the soil properties of the experimental area are shown in Table 5.

Table 5. Soil properties of the experimental area

D (cm)	PH (Sat.)	EC $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	OM (%)	S (%)	P (P_2O_5) kg/da	Ca ppm	K ppm	Mg ppm	L (%)	Cu ppm	Fe ppm	Mangan (Mn) ppm	Çinko (Zn) ppm
0-30	7.78	866	1.37	42	10.83	6076	209.6	240.6	1.82	0.746	3.806	8.826	0.151
30-60	7.82	720	1.18	43	7.26	6055	151.3	246.9	3.71	0.674	3.623	6.600	0.101
60-90	7.85	631	0.92	43	5.59	5911	124.5	263.2	8.06	0.622	3.619	7.079	0.093

The depth from which the soil was taken (D), soil pH, electrical conductivity (EC), saturation (S), organic matter (OM), lime (L), phosphorus (P), calcium (Ca), potassium (K), magnesium (Mg), copper (Cu), iron (Fe), manganese (Mn) and zinc (Zn) content

The seeds of the plants whose capsules filled the grains and dried and reached harvest maturity were collected separately and stored in a shaded and cool environment until the oil contents and fatty acid compositions were determined. An example of a plant reaching harvest maturity is shown in Figure 1.



Figure 1. *S. arvensis* species grown in the experimental area; a-capsule development, b-capsule structure reaching harvest maturity

Monthly average climate data for the years 2014, when the plants were planted, and 2015, when they were harvested, and the province of Tekirdağ, where the field trial was established, are shown in Table 6.

Table 6. Monthly average climate data for province of Tekirdağ, belong 2014 and 2015 years.

Aylar	2014					2015				
	AOS (°C)	AMR (m/sn)	AOR (m/sn)	AON (%)	ATY (mm)	AOS (°C)	AMR (m/sn)	AOR (m/sn)	AON (%)	ATY (mm)
Ocak	8.0	12.6	2.3	90.4	44.0	5.8	21.2	3.0	82.0	49.5
Şubat	8.7	13.9	2.5	84.8	6.0	6.5	25.6	3.2	78.9	90.6
Mart	9.9	16.9	2.3	81.6	65.2	8.5	15.8	2.9	81.9	29.3
Nisan	13.4	13.2	2.4	83.3	41.2	11.4	15.0	2.8	74.3	60.1
Mayıs	17.5	12.7	2.3	80.4	65.2	18.5	13.5	2.5	74.8	7.5
Haziran	21.8	12.7	2.5	76.3	60.0	21.3	13.1	2.8	73.3	58.4
Temmuz	24.7	15.5	2.5	73.6	91.6	24.9	13.8	3.0	70.5	0.5
Ağustos	25.2	16.2	2.7	74.7	6.3	26.1	15.4	3.4	68.9	0.0
Eylül	20.6	17.3	2.6	77.9	92.2	22.7	12.1	2.8	77.2	34.9
Ekim	15.6	17.9	2.9	79.9	131.0	16.4	14.6	3.2	80.1	83.7
Kasım	11.2	14.4	2.3	85.2	21.7	13.8	19.7	2.9	80.8	48.5
Aralık	9.3	13.7	2.6	89.3	97.0	7.3	13.3	2.5	79.9	0.7

Determination of oil content and fatty acids composition

The seeds of the following plants were ground, put in the extractor portion of the soxhlet apparatus (Buchi B-811), and extracted with hexane for an average of four hours in order to extract the lipids from the samples: *S. arvensis*, *B. nigra*, *B. napus*, *S. alba*, and *C. sativa*. Hexane was extracted from the resultant lipid after it was finished. The composition of fatty acids was ascertained and fatty acid methyl esters were synthesized. GC-MS was used to assess the samples' content of fatty acids. Ten milliliters of hexane are used to dissolve 100 milligrams of the resultant lipid in order to prepare fatty acid methyl esters. Following a 30-second vortex, 100 µL of 2N methanolic potassium hydroxide is added, and the mixture is centrifuged. After centrifugation, 1 mL of the supernatant is removed, and a GC-MS fatty acid analysis is carried out (EEC, 1991). As a carrier gas, helium and DB-23 60 m × 0.25 mm ID, 0.15 µm (J&W 122-2361) column was utilized. Furthermore, the methyl esters (YAME) and linolenic acid methyl ester (LAME) analyses were performed on a gas chromatograph (GC) apparatus in compliance with TS EN 14103, while the fatty acid composition analysis was conducted using TS EN ISO 12966.

Statistical Analysis

Variance analysis was performed with *S. arvensis*, *B. nigra*, *B. napus*, *S. alba* and *C. sativa* samples using the SPSS 26.0 version software program. The obtained values were divided into LSD (5%) significance groups with the same program.

3. Findings and Discussion

Variance analyzes were performed using the oil content of the samples used in the study (Table 7) and according to the results, a difference was found between the oil content of the samples at the 1% significance level and according to these results, significance groups were determined with LSD (5%) analyzes (Table 8).

Table 7. Variance analysis results of oil content (%) of the samples used in the study.

VK	SD	KT	KO	F
Recurrence	3	6.02	2.07	2.62
Samples	10	1274.86	106.24	138.53**
Eror	36	27.61	0.77	
General	51	1308.49		
C.V.		2.87		

(Variance source: VK, Degrees of freedom: SD, Sum of squares: KT, Mean squares: Mean squares: KO) **: %1 Significant on a statistical level

Table 8. Oil content (%) values and significance groups of the samples grown in the experimental area.

Sample	Oil content (%)	Group
A	28.275	defg
B	28.855	de
C	28.740	def
D	27.865	efg
E	27.810	efg
F	29.350	d
G	27.132	gh
SA	26.457	h
CA	40.367	b
EX	42.665	a
CW	33.145	c
LSD (%5)	1.256	

It was determined that the oil content of the samples grown in the experimental area was between 26.457% and 42.665%. The highest oil rate was seen in *B. napus* species, while the lowest oil rate was seen in *S. alba* species. When the importance groups were examined, it was seen that the Excalibur variety of *B. napus* was in the first group, the Caravel variety was in the second group, and the WG5 variety of *C. sativa* was in the third group. It was determined that the oil content of the samples belonging to the *B.nigra* species varied between 27.132% and 29.350%, and the oil content of the samples belonging to the *S. arvensis* species varied between 28.275% and 28.855%. The data obtained in this study showed similarities to data from previous years, but also some differences. While Warwick and Wall (1998), reported the oil content in harvested *S. arvensis* seeds as 28% in their study. Mandal (2002), reported the oil content in *B. napus* seeds as 23.9%-42.7%, for *B. nigra* 23.5% to 25.1% and 21.5% to 33.9% for *S. alba*, reported in their study. Başalma (2004), reported that the oil content of *B. napus* was between 40.2% and 47.7%, and Koç (2014), reported that the oil content of *C. sativa* was between

35.30% and 37.55%. In his study with *B. napus*, Çakmakçı (2016), stated that the total oil rate varied between 35.1% and 42.4%. Haq et al. (2023), reported that the oil content of *S. alba* 6%, in addition Tan (2009) and Rayati et al. (2020), reported parallel results to our study, for *B. napus*. *S. alba* is among the oil seed plants in the world, and used as the standard in this study. It was determined that *S. arvensis* and *B. nigra* contain higher amounts of oil than *S. alba*. It has also been observed that *S. arvensis* and *B. nigra* contain as much oil as, soybean, which is among the top two plants that contribute the most to oil production in the world. These data support the idea that these two species can be potential oil plants. Fatty acid composition of *S. arvensis*, *B. nigra*, *B. napus*, *S. alba* and *C. sativa* samples are shown in Table 9.

When the samples used in the study were examined in terms of erucic acid content, it was seen that it varied between 44.07% and 0.02%. The highest erucic acid value was determined in *S. arvensis*, and the lowest value was determined in *C. sativa*.

Table 9. Fatty acids compositions of the samples grown in the experimental area.

Sample	Myristic %	Palmitic %	Palmitoleic %	Stearic %	Oleic %	Linoleic %	Arachidic %	Linolenic %	Erucic %
A	0.74	3.14	0.12	1.17	12.82	14.62	0.76	11.92	37.64
B	0.08	3.70	0.22	1.30	12.92	16.47	0.96	0.00	44.07
C	0.07	3.11	0.15	1.11	11.85	14.15	0.77	13.12	39.15
D	0.54	3.04	0.14	1.11	11.02	13.92	0.82	12.84	37.95
E	0.06	3.03	0.11	1.11	10.99	12.62	0.84	12.62	39.75
F	0.08	3.61	0.23	1.55	12.13	16.30	1.63	15.03	32.91
G	0.13	4.74	0.38	1.57	11.94	19.52	1.43	14.85	30.04
SA	0.08	3.15	0.21	1.17	10.74	12.42	0.89	12.42	37.87
CA	0.06	4.90	0.37	1.42	61.08	19.77	0.60	9.12	0.74
EX	0.07	4.98	0.29	1.67	62.19	20.55	6.67	1.39	0.95
CW	0.06	5.89	0.25	2.34	13.09	16.68	1.78	35.15	0.02

In the study of Tonguç and Erbaş, (2012), it was reported that *S. arvensis* contained 38.24% of erucic acid, and in the study of Katar, (2013), *C. sativa* was reported to contain 3.04% to 3.39% of erucic acid. It was reported that the presence of erucic acid was not found in the study conducted by Çakmakçı, (2016), with summer varieties of *B. napus*. When previous studies are examined, it is seen that the results obtained in this study are supported by some (Tonguç and Erbaş, 2012, Çakmakçı 2016), while in some studies (Mandal et al., 2002, Qatar, 2013), it was reported that lower values were obtained compared to the results in this study. It is thought that the differences between the studies may be due to the fact that the plants were grown in different climatic conditions.

When the fatty acid composition of all samples grown in the experimental area was examined, the highest values of linoleic acid and oleic acid were found in the Excalibur variety belonging to the *B. napus* species. In addition the highest values of linolenic acid, archidic acid, stearic acid, and palmitic

acid were found *C. sativa* species. It has been observed that it was determined that the highest value of palmitoleic acid was in *B. nigra* and the highest value of myristic acid was in *S. arvensis*.

Kurt and Seyis, (2008), supported the results obtained in this study by stating that *C. sativa* contains 35%-45% linolenic acid and 15%-20% linoleic acid. Katar et al., (2012), found that *C. sativa* contained linoleic acid between 18.45% and 23.36%, and the results of this study were found to be compatible with the results of the study. In his study where Karabaş, (2013), determined the fatty acid composition of *B. napus* for biodiesel use, oleic acid was 63.20%, linoleic acid was 21.82%, linolenic acid was 10.30%, stearic acid was 1.90% and palmitic acid was 1.90%. It was found to be 0.30%. Katar, (2013), found oleic acid values of *C. sativa* between 15.43%-16.60%, linoleic acid values between 19.45%-20.63%, and linolenic acid values between 29.90%-32.09%. It was determined that there were some differences between the literature results and the results obtained in this study. Cakmakçı, (2016), in his study where he determined the fatty acid composition of *B. napus*, oleic acid 73.98-63.90%, linolenic acid 1.93-0.93%, linoleic acid 17.88-14.59%, palmitic acid % It was seen that there were some differences as well as similarities with his study, which found values between 6.21-4.21 and stearic acid 4.15-2.27%.

4. Conclusion

Oil crops are of great importance to meet the increasing population and food needs. In addition, the use of products obtained from vegetable oils in different areas such as fuel and paint production increases the importance of these plants. In our study, the oil content and fatty acid compositions of different species were examined. The highest oil content was determined in *B. napus* species. In addition, *S. arvensis* and *B. nigra* were found to contain higher amounts of oil than *S. alba*. Moreover, erucic acid value was determined to be highest in *S. arvensis* species, oleic and linoleic acids in *B. napus*, and linolenic acid in *C. sativa*. The data obtained showed that the oil content and fatty acid compositions of *S. arvensis* and *B. nigra* were very close to the values obtained from *B. napus*, *S. alba* and *C. sativa*, which were used as standards and grown as cultivated plants in this study. This suggests that the wild plants *S. arvensis* and *B. nigra* have the potential to be cultivated. It was determined that the plant materials collected from nature and used in the study had high oil content and rich fatty acids. This suggests that the plant materials used may be raw materials in the food, paint industry and energy production fields. It is thought that more comprehensive studies can be conducted on this subject and this study can be a source for future studies.

Acknowledgements

This paper was prepared from the data collected for Ph. D. thesis of Gıdık, B. 2016, "Evaluation of Thrace Region Flora Wild Mustard (*Sinapis* sp.) Genotypes for Molecular and Morphological Characterization, Yield and Quality Characters in Field Conditions" under supervision of Prof. Dr. Fadul Önemli, Department of Field Crops, Graduate School of Natural and Applied Sciences Tekirdağ Namık

Kemal University, Tekirdağ, Turkey. This study was supported by Tekirdağ Namık Kemal University Science Research Projects NKÜBAP with the project number NKUBAP.00.24.DR.13.04.

Declaration of Conflict of Interest

The author(s) declares that there is no conflict of interest regarding the study.

Researchers' Contribution Rate Statement

The authors declare that they have contributed equally to the study.

References

- Al-Shehbaz IH., Beilstein MA., Kellogg EA. Systematics and phylogeny of the Brassicaceae (Cruciferae): an overview. *Plant Systematics and Evolution* 2006; 259(1): 89-120.
- Başalma D. Kışlık kolza (*Brassica napus ssp oleifera* L.) çeşitlerinin Ankara koşullarında verim ve verim öğeleri yönünden karşılaştırılması. *Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Bilim. Derg.* 2004; 10 (2): 211-217.
- Colak AM., Kupe M., Bozhuyuk RM., Ercisli S., Gundogdu M. Identification of some fruit characteristics in wild bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) accessions from Eastern Anatolia. *Gesunde Pflanzen* 2019; 70: 31-38.
- Cullen J. *Hesperis*. Notes R.B.G. Edinburgh 1965; pp:26-192. 2.
- Çakmacı T., Uçar Y., Erbaş S. Atık su uygulamalarının kanola'da (*brassica napus* l.) yağ oranı ve yağ asitleri kompozisyonuna etkisi. *YYÜ Tar Bil Dergisi* 2016; 26(2): 145-151.
- Davis PH., Mill RR., Tan K. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands (supplement)*. Edinburgh, 1988; pp:50-54. 3.
- Gedikoglu İ. Toprak verimliliğinin tayininde kullanılan laboratuvar analiz yöntemleri. KHGM, Şanlıurfa Araş. Enst. Müd. Yay. Genel Yayın No: 55, Teknik Yayın No:11, Şanlıurfa. 1990.
- Gıdık B., Gül V., Önemli F., Girgel Ü. Fatty acid composition and biodiesel quality of *brassica nigra*, *brassica napus* and *sinapis arvensis* seeds. *Bahçe* 2023; 52(1): 1-6.
- Mandal S., Yadav S., Singh R., Begum G., Suneja P., Singh M. Correlation studies on oil content and fatty acid profile of some Cruciferous species. *Genetic Resources and Crop Evolution* 2002; 49: 551-556.
- Katar D. Determination of fatty acid composition on different false flax (*camelina sativa* (l.) crantz) genotypes under Ankara ecological conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 2013; 18(1): 66-72.
- Katar D., Arslan Y., Subaşı İ. Kışlık Farklı ekim zamanlarının ketencik (*camelina sativa* (l.) crantz) bitkisinin verim ve verim öğelerine etkisi. *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 2012; 29(1): 105-112.

- Kayacetin K., Efeoglu B., Sarioglu G. Evaluation of fatty acid compositions of some important wild and domestic Turkish mustard genotypes (*Brassica* spp.). *International Journal of Secondary Metabolite* 2018; 5(4): 270-278.
- Koç N. Farklı zamanlarda ekilen ketencik [*camelina sativa* (L.) crantz]'in verim ve bazı agronomik özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, T.C. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya. 2014.
- MGM. Tekirdağ: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. 2013.
- Page AR., Miller K., Keeney D. *Methods of soil analysis. Part 2 (Chemical and Microbiological Properties Second Edition)*. Soil Science Society of America. Inc. Publisher Madison, Wisconsin USA. 1982.
- Rayati M., Islami RH., Mehrgan SM. Light intensity improves growth, lipid productivity, and fatty acid profile of *Chlorococcum oleofaciens* (Chlorophyceae) for biodiesel production. *BioEnergy Research* 2020; 13: 1246-1260.
- Regulation H. Commission regulation (EEC) No. 2568/91 of 11 July 1991 on the characteristics of olive oil and olive-residue oil and on the relevant methods of analysis. *Off. J.L.* 1991, 248:1-83.
- Sefali A. Biology and economic importance of *Brassica* species in Türkiye. *Türkiye* 2019; pp:4-39.
- Subaşı İ. Seed fatty acid compositions and chemotaxonomy of wild *Crambe* (Brassicaceae) taxa in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*: 2020; 44(6): 11.
- Tan AS. Yield potential of some rapeseed (canola) cultivars in Menemen conditions. *Anadolu Journal of Aegean Agricultural Research Institute* 2009; 19(2): 1-32.
- Tonguç M., Erbaş S. Evaluation of fatty acid compositions and some seed characters of common wild plant species of Turkey, TÜBİTAK. *Turk J Agric For* 2012; 36: 673-679.
- Ülgen N., Yurtsever N. Türkiye gübre ve gübreleme rehberi (4. Baskı). T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, Ankara. 1995.
- Warwick SI., Wall DA. The biology of Canadian weeds. 108. *Erucastrum gallicum* (Willd.) O.E. Schulz. *Can. J. Plant Sci.* 1998; 78: 155–165.
- Zhang X., Lu G., Long W., Zou X., Li F., Nishio T. Recent progress in drought and salt tolerance studies in *Brassica* crops. *Breeding Science* 2014; 64(1): 60-73.

Farklı Lokasyonlarda İki Farklı Yönteme Göre Yetiştirilen Doğu Anadolu Kırmızı Buzağlarında Büyüme Özelliklerinin Fenotipik Değerlendirilmesi

Sadrettin YÜKSEL^{1*}

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 25070, Erzurum

¹<http://orcid.org/0000-0003-4478-8605>

*Sorumlu yazar: syuksel@atauni.edu.tr

Araştırma Makalesi

ÖZ

Makale Tarihiçesi:
Geliş tarihi: 14.08.2023
Kabul tarihi:30.10.2023
Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:
Büyüme
Fenotipik değerlendirme
Doğu Anadolu Kırmızı
Buzağı
Ex-situ yetiştiricilik
In-situ yetiştiricilik

Bu çalışmada farklı lokasyonlarda *ex-situ* ve *in-situ* koşullarda yetiştirilen, Doğu Anadolu Kırmızısı ırkı buzağlarının büyüme özelliklerinin fenotipik değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırma materyalini iki farklı lokasyonun her birinde *ex-situ* ve *in-situ* yöntemlerle yetiştirilen buzağlar oluşturmuştur. *Ex-situ* şartlarda 128 dişi, 133 erkek toplam 261 baş, *in-situ* şartlarda 34 dişi, 36 erkek toplam 70 baş buzağı değerlendirilmiştir. Her iki lokasyondaki buzağların doğum ve süten kesim dönemi canlı ağırlıkları ve vücut ölçüleri farklılıklarının analizi yapılmıştır. Bu işlem için Deskriptif analiz yöntemi kullanılmıştır. Buzağların morfolojik karakterleri arasındaki korelasyon katsayıları Pearson Bivariete tekniği ile belirlenmiştir. Doğum ve süten kesim ağırlıklarının tahmini için vücut ölçülerinden istifade edilmiştir. Bu işlem Çoklu Regresyon Analizi kapsamında Stepwise tekniği ile yapılmıştır. *Ex-situ* koşullardaki buzağlar doğum ile süten kesim dönemi vücut ölçüleri değişim farklılıkları bakımından *in-situ* koşullara göre daha büyük varyasyon göstermiştir. Doğum ağırlığı ile aynı dönem vücut ölçüleri arasında önemli ($p<0,01$) korelasyonlar tespit edilmiştir. Canlı ağırlık tespiti için geliştirilen Çoklu Regresyon Denklemi R^2 değerleri doğum ağırlığı ve süten kesim ağırlığı için sırasıyla 0,66; 0,77 dir. Sonuç olarak yapılması planlanan yeni araştırmalar için farklı lokasyonlardaki durum hakkında literatür bilgisi elde edilmiştir.

Phenotypic Evaluation of Growth Traits in Eastern Anatolian Red Calves Reared in Two Process Different in Different Locations

Research Article

ABSTRACT

Article History:
Received: 14.08.2023
Accepted: 30.10.2023
Published online: 20.12.2023

Keywords:
Growth
Phenotypic evaluation
Eastern Anatolian Red
Calf
Ex-situ rearing
In-situ rearing

This study aimed to phenotypically evaluate the growth characteristics of East Anatolian Red breed calves whose they were reared under *ex-situ* and *in-situ* conditions in different locations. The research material consisted of calves reared *ex-situ* and *in-situ* methods in each of two different locations. It were evaluated a total of 261 heads, 128 females and 133 males in *ex-situ* condition, and a total of 70 calves, 34 females and 36 males in *in-situ* condition. The analysis was performed that involved the differences in body weights and body measurements of calves at birth and weaning periods in both locations. Descriptive analysis method was used for this process. The correlation coefficients between the morphological characters of the calves were determined by the Pearson Bivariete technique. Body measurements were used to estimate birth and weaning weights. This process was done with the Stepwise technique in scope Multiple Regression Analysis. Calves in *ex-situ* conditions showed greater variation in terms of body measurements differences for between birth and weaning than *in-situ* conditions. Significant correlations ($p<0,01$) were found between birth weight and body measurements in the same period. Multiple Regression Equation R^2 values developed for live weight

determination were for birth weight and weaning weight, 0,66 and 0,77 respectively. As a result, literature information about the situation in different locations was obtained for new studies planned to be conducted.

To Cite: Yüksel S. Farklı Lokasyonlarda İki Farklı Yönteme Göre Yetiştirilen Doğu Anadolu Kırmızı Buzağlarda Büyüme Özelliklerinin Fenotipik Değerlendirilmesi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 522-532.

Giriş

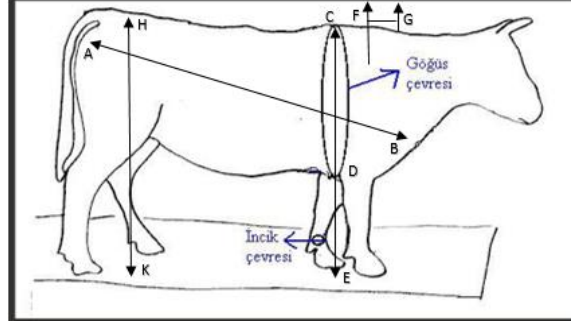
Hayvanlarda büyüme, hem genetik, hem de genetik olmayan faktörler tarafından belirlenen bir dizi oluşumların etkisiyle, vücut hücrelerinin sayısal ve hacimsel olarak artışı biçiminde meydana gelen komplike bir işlemdir (Lawrence ve ark., 2012). Bu olayın seyrini, fizyolojik aktivite ve kalıtsal mekanizmayla doğrudan alakalı olduğu için, çok sayıda hormonal, immünolojik ve genetik endojenler ve çevre şartları gibi eksojenler belirlemektedir. Büyüme üzerinde özellikle etkin olduğu bilinen genotip*çevre interaksyonu (Şekerden, 2000) son zamanların yüksek trendli bilimsel araştırmalarının konuları arasına girmiştir. Ancak çevre şartları, her ne kadarda, büyüme performansını önemli düzeyde etkiliyor olsa da, genetik potansiyel de tartışılmaz temel bir belirleyicidir. Bu doğrultuda, büyüme performansı ve vücut yapısı özellikleri, bir ırk karakteri olarak değerlendirilmekte olup, herhangi bir çiftlik hayvanı ırkının genetik olarak iyileştirilmesi ve geliştirilmesi işleminde önemli bir potansiyel parametre olarak ele alınmaktadır. Büyüme karakteri yerli hayvan ırklarında daha bir ön planda tutulmaktadır. Zira bu hayvanların marjinal alanların değerlendirilmesinde belirgin bir üstünlüğü olsa da, daha yavaş büyüme seyri sergiledikleri gözlemlenmektedir. Menşe aldıkları bölge başta olmak üzere, geniş çaplı çevresel şartlara iyi adapte olabilen yerli hayvan ırkları (Ertuğrul ve ark., 2000) uygun yetiştiricilik modellerinde yetiştiricisine belli ölçüye kadar sigorta olma potansiyeline de sahiptir. Bu hayvanların dünya genelinde değişen yaşam koşulları, artan ihtiyaçlar, Single Nucleotide Polymorphism (SNP), mikrosatalit analizler gibi teknolojik değişimlerin (Decker ve ark., 2009) seyrine göre ve biyoçeşitliliğin devamı (Alderson, 1992) bakımından tanımlanması ve bu tanımlamanın geniş çaplı güncellenmesinin büyük önemi vardır.

Anadolu coğrafyası, konumu ve geçmişinden dolayı, çok sayıda yerli hayvan ırkına sahiptir. Bu ırklardan biri de Doğu Anadolu Kırmızısı (DAK) sığıridir. Daha önceleri geçim teminatı, gıda temin materyali, iş gücü ve ulaşım kaynağı (Üresin, 1936) olan bu ırk, son zamanlarda yetiştiricilerin farklı ırklara yöneliminden dolayı, ciddi düzeyde sayısal azalım göstermeye başlamıştır (Yüksel, 2019). Bundan dolayı Türkiye’de, diğer bazı koruma yöntemleri gibi, *in-situ* ve *ex-situ* yöntemleri de yürürlüğe konmuştur. Bu çalışmada farklı lokasyonlarda, *in-situ* ve *ex-situ* yetiştirme sistemlerine göre korumaya alınan Doğu Anadolu Kırmızısı buzağlarda büyüme özelliklerinin fenotipik bakımdan değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Bu çalışma Eylül 2005 - Aralık 2022 döneminde Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından uygulanıp, Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü

(DATAE) tarafından yürütülen merkez yerleşkedeki *ex-situ* ve Erzurum/Olur/Kekikli Köyündeki *in-situ* koruma sürüsü üzerinde yürütülmüştür. Araştırmanın *ex-situ* sürüsünün bulunduğu lokasyon, deniz seviyesinden 1850 m yükseklikte, 39°55'15.49"K, 41°17'12.90D koordinatlarında az yağışlı ve soğuk, *in-situ* koruma sürüsünün bulunduğu Kekikli Köyü ise daha ılıman ve yağışlı bir mevsim özelliğine sahiptir. Araştırmada *ex-situ* yetiştirme sistemi için 128 dişi, 133 erkek, toplam 261 baş; *in-situ* için ise 34 dişi, 36 erkek, toplam 70 baş DAK buzağı ile çalışılmıştır. Tartımlar 0,1 kg hassasiyetli baskülle, vücut ölçüleri ise aşağıda belirlenen prosedür (Şekil. 1) doğrultusunda ölçü bastonuyla alınmıştır.



Şekil 1. Hayvan vücut ölçüleri görseli

- Vücut uzunluğu (VU), göğüs kemiğinin ön çıkıntısından leğen kemiğinin dış çıkıntısına kadarki yatay mesafe
- Cidago yüksekliği (CY), omuz başı uç noktasından ön ayağın dibine olan dikey mesafe
- Göğüs derinliği (GD), ön ayak ile karının birleştiği noktadan omuz başı tepe noktası arasındaki mesafe
- Göğüs genişliği (GG), iki skapula kemiği dış yüzeyleri arasındaki yatay mesafe
- Göğüs çevresi (GÇ) ön ayakların karınla birleştiği noktadan başlayıp omuz başını kapsayacak biçimde olan mesafe
- Sağrı yüksekliği (SY) kalça kemiğinin tepesinden yere dik olan zemine kadar mesafe
- Ön incik çevresi (ÖİÇ) ön ayak bileği çevresi

Ex-situ ve *in-situ* koşullarda yetiştirilen DAK buzağularının doğum - süttten kesim döneminde vücut ölçülerindeki değişim düzeyi, doğum dönemindeki değerlerle, süttten kesim dönemindeki değerlerin farkı olarak ele alınmış, tespit edilen değerlere ait tanımlayıcı istatistikler Deskriptif İstatistik tekniğine göre analiz edilmiştir (SPSS. 20.0). Tüm morfolojik karakterler arasındaki korelasyon katsayılarının tespitinde Pearson Korelasyon tekniği uygulanmıştır. Vücut uzunluğu, cidago yüksekliği ve göğüs çevresi ölçülerine göre doğum ağırlığı ve süttten kesim ağırlığının tahminlenmesinde, aynı bireylerden elde edilen ölçüler arasındaki ilişkilere dayalı olarak, Stepwise Çoklu Linear Regresyon tekniği kullanılmıştır.

Bulgular

Araştırmada *ex-situ* koşullarda yetiştirilen buzağların doğum ve süttten kesim ölçülerine ait değişim miktarları Tablo 1’de verilmiştir. Dişilerde canlı ağırlık değişim ortalamasının (X) 28,6 kg, değişim aralığının ise 42 kg olduğu tespit edilmiştir. Erkek buzağlarda elde edilen sonuçlar (sırasıyla 29,6; 40,2 kg), dişilerde elde edilenlere benzer bir seyir izlemiştir. Vücut uzunluğu ve cidago yüksekliği bakımından cinsiyetler arasında fazlaca bir değişim gözlenmemiş, erkeklerde cidago yüksekliğine ait değişim aralığı hariç, bu sonuçların birbirlerine yakın değerlerde oldukları gözlemlenmiştir. Ancak erkeklerde cidago yüksekliğine ait değişim aralığının dişilere nazaran (sırasıyla 25,0; 22,0 cm) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, göğüs derinliği, göğüs genişliği ve göğüs çevresi farklılıklarına ait değişim ortalamaları dişi ve erkekler arasında yakın bir değere sahip olmalarına karşın (sırasıyla 8,5; 6,7; 29,6 cm ve 8,6; 6,9 ve 29,1 cm) bu karakterlere ait değişim aralığı erkeklerde daha yüksek bulunmuştur (sırasıyla 9,0; 10,0; 25,0 cm ve 12,0; 12,0; 36,0 cm). Benzer bulgular dişiler ve erkeklere ait sağrı yüksekliği ve ön incik çevresi farkları için de gözlemlenmiştir. Sağrı yüksekliği farklılık ortalamaları dişi ve erkeklerde, sırasıyla 14,3; 14,4 cm, değişim aralığı sırasıyla 19,0; 22,0 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 1. Ex-situ koşullarda yetiştirilen DAK buzağların doğum - süttten kesim dönemi ölçülerindeki değişim miktarına ait tanımlayıcı istatistikler

MK	Dişi (n = 128)					Erkek (n = 133)				
	X	SS	Max	Min	D	X	SS	Max	Min	D
CA (kg)	28,6	7,3	49,8	7,8	42,0	29,6	8,5	47,8	7,6	40,2
VU (cm)	15,2	5,0	36,0	3,0	33,0	15,3	5,8	35,5	3,0	32,5
CY (cm)	12,7	7,2	27,0	5,0	22,0	12,7	4,9	25,0	2,0	25,0
GD (cm)	8,5	3,0	11,0	2,0	9,0	8,6	3,2	14,0	2,0	12,0
GG (cm)	6,7	2,1	12,0	2,0	10,0	6,9	2,3	13,0	1,0	12,0
GÇ (cm)	29,6	7,4	37,0	12,0	25,0	29,1	8,0	44,0	8,0	36,0
SY (cm)	14,3	7,8	25,0	6,0	19,0	14,4	5,1	27,0	5,0	22,0
ÖİÇ (cm)	0,9	0,6	2,0	1,0	3,0	0,8	0,6	3,0	1,0	4,0

MK: Morfolojik karakterler, CA: Canlı ağırlık, VU: Vücut uzunluğu, CY: Cidago yüksekliği, GD: Göğüs derinliği, GG: Göğüs genişliği, GÇ: Göğüs çevresi, SY: Sağrı yüksekliği, ÖİÇ: Ön incik çevresi, D: Değişim, Min: minimum, Max: maksimum, X: Ortalama, SS: Standart sapma

In-situ koşullarda yetiştirilen DAK buzağların doğum süttten kesim arasındaki vücut uzunluk değişim ortalamaları dişi ve erkeklerde sırasıyla 13,9 ve 12,0 cm, söz konusu ölçüt için değişim aralığı ise sırasıyla 21,0 ve 20,0 cm olarak tespit edilmiştir (Tablo 2). Cidago yüksekliği farklılık ortalamaları dişi ve erkeklerde yakın bulunmuştur (sırasıyla 9,9; 9,6 cm). Söz konusu ölçüt için değişim aralığı erkeklerde daha yüksek (11,0 cm) çıkmıştır. Göğüs derinliğine ait değişim ortalamaları dişi ve erkeklerde yakın değerlere sahip olmasına rağmen (sırasıyla 8,0 ve 7,6 cm) bu karaktere ait değişim aralığı cinsiyet bakımından farklılık göstermiştir (sırasıyla 5,0 ve 8,5 cm). Göğüs genişliği

farklılıklarına ait değişim ortalamaları dişi ve erkeklerde, sırasıyla 7,5; 5,7 cm ve göğüs çevresi değişim ortalamaları aynı cinsiyet sırasıyla 18,5; 16,4 cm olarak tespit edilmiştir. Ön incik çevresi değişim miktarı ortalaması dişiler ve erkeklerde sırasıyla 1,3 ve 1,4 cm olarak tespit edilmiştir.

Tablo 2. In-situ koşullarda yetiştirilen DAK buzağuların doğum ve süten kesim dönemi vücut ölçülerindeki değişim miktarına ait tanımlayıcı istatistikler

MK	Dişi (n = 34)					Erkek (n = 36)				
	X	SS	Max	Min	D	X	SS	Max	Min	D
VU (cm)	13,9	7,9	32,0	11,0	21,0	12,0	5,2	22,0	2,0	20,0
CY (cm)	9,9	6,0	18,0	8,0	10,0	9,6	3,7	14,0	3,0	11,0
GD (cm)	8,0	4,5	9,0	4,0	5,0	7,6	2,7	10,5	2,0	8,5
GG (cm)	7,5	2,6	11,0	4,0	7,0	5,7	2,7	9,5	2,0	9,5
GÇ (cm)	18,5	8,1	29,0	7,0	22,0	16,4	6,5	31,0	3,0	28,0
ÖİÇ (cm)	1,3	0,9	3,0	0,1	2,9	1,4	0,7	3,5	0,5	3,0

MK: Morfolojik karakterler, VU: Vücut uzunluğu, CY: Cidago yüksekliği, GD: Göğüs derinliği, GG: Göğüs genişliği, GÇ: Göğüs çevresi, ÖİÇ: Ön incik çevresi, D: değişim, Min: minimum, Max: maksimum, X: Ortalama, SS: Standart sapma

Araştırmada *ex-situ* şartlarda yetiştirilen buzağuların doğum ve süten kesim dönemine ait morfolojik karakterleri arasındaki korelasyon değerleri Tablo 3' te verilmiştir. Ele alınan karakterler arasındaki etkileşimin gücünü ve yönünü belirleme amacıyla yapılan analizde doğum dönemi verileri arasında istatistiksel olarak önemli ($p < 0,01$) etkileşimler tespit edilmiştir. Yapılan analizlerde doğum ağırlığı ile göğüs çevresi arasında orta düzeyde ($0,71$; $p < 0,01$) etkileşim gücü tespit edilmiştir. Vücut uzunluğu en yüksek etkileşimi cidago yüksekliğiyle yapmıştır ($0,60$; $p < 0,01$). Aynı dönemde sağrı yüksekliğinin cidago yüksekliği ile $0,97$ ($p < 0,01$), göğüs derinliği ile $0,85$ ($p < 0,01$) düzeyinde etkileşim yaptığı tespit edilmiştir.

Sütten kesim ağırlığı ile göğüs çevresi arasında $0,73$ ($p < 0,01$) büyüklüğünde etkileşim tespit edilmiştir. Vücut uzunluğunun cidago yüksekliği ile $0,53$ ($p < 0,01$), sağrı yüksekliği ile $0,55$ ($p < 0,01$) gücünde bir etkileşime sahip olduğu gözlemlenmiştir. Cidago yüksekliği ile göğüs derinliği arasında orta ($0,63$; $p < 0,01$), sağrı yüksekliği ile ise yüksek ($0,93$; $p < 0,01$) korelasyon bulunmuştur. Aynı dönemde göğüs genişliği ile göğüs çevresi arasında $0,64$ ($p < 0,01$) büyüklüğünde etkileşim gözlemlenmiştir.

Tablo 3. Ex-situ şartlarda yetiştirilen DAK buzağuların doğum ve sütten kesim dönemlerine ait morfolojik karakterler arasındaki korelasyon değerleri

MK	Doğum						
	DA	VU	CY	GD	GG	GÇ	SY
VU	0,68**						
CY	0,67**	0,60**					
GD	0,55**	0,58**	0,84**				
GG	0,48**	0,39**	0,76**	0,74**			
GÇ	0,71**	0,55**	0,69**	0,56**	0,61**		
SY	0,66**	0,59**	0,97**	0,85**	0,78**	0,67**	
ÖİÇ	0,61**	0,50**	0,63**	0,50**	0,52**	0,70**	0,63**
Sütten Kesim							
SKA							
VU	0,55**						
CY	0,71**	0,53**					
GD	0,58**	0,34**	0,63**				
GG	0,38**	0,15*	0,31**	0,49**			
GÇ	0,73**	0,26**	0,55**	0,57**	0,64**		
SY	0,70**	0,55**	0,93**	0,61**	0,37**	0,55**	
ÖİÇ	0,69**	0,51**	0,56**	0,32**	0,10	0,40**	0,61**

MK: Morfolojik karakterler, DA: Doğum ağırlığı, SKA: Sütten kesim ağırlığı, VU: Vücut uzunluğu, CY: Cidago yüksekliği, GD: Göğüs derinliği, GG: Göğüs genişliği, GÇ: Göğüs çevresi, ÖİÇ: Ön incik çevresi, **: p<0,01

In-situ şartlarda yetiştirilen buzağuların doğum ve sütten kesim dönemlerine ait morfolojik karakterler arasındaki korelasyon değerleri tablo 4’te verilmiştir. Doğum ağırlığı ile vücut ölçüleri arasında düşük dereceli ve istatistiksel olarak önemsiz korelasyon değerleri tespit edilmiştir. Vücut uzunluğu ile cidago yüksekliği (0,75; p<0,01), göğüs derinliği (0,75; p<0,01), göğüs çevresi (0,81; p<0,01) ve sağrı yüksekliği (0,78; p<0,01) arasında yüksek korelasyonlar bulunmuştur. Diğer yandan cidago yüksekliği ile göğüs çevresi ve sağrı yüksekliği arasındaki korelasyon değerleri (sırasıyla 0,82; 0,85) yüksek ve anlamlıdır (p < 0,01). Benzer şekilde göğüs çevresi ile sağrı yüksekliği yüksek etkileşim (0,85; p<0,01) tespit edilmiştir. *In-situ* şartlarda sütten kesim dönemine ait vücut uzunluğu ile cidago yüksekliği (0,53) ve göğüs derinliği (0,55) arasında orta düzeyde anlamlı (p<0,01) etkileşimler bulunmuştur. Benzer güç ve yönde sonuçlar cidago yüksekliği ile sağrı yüksekliği ve göğüs çevresi ile sağrı yüksekliği arasında mevcuttur.

Tablo 4. In-situ şartlarda yetiştirilen DAK buzağuların doğum ve sütten kesim dönemlerine ait morfolojik karakterler arasındaki korelasyon değerleri

MK	DA	VU	CY	GD	GG	GÇ	SY
Doğum							
VU	0,19						
CY	0,18	0,75**					
GD	0,21	0,75**	0,66**				
GG	0,22	0,47**	0,44**	0,59**			
GÇ	0,21	0,81**	0,82**	0,74**	0,38**		
SY	0,16	0,78**	0,85**	0,71**	0,37**	0,85**	
ÖİÇ	0,24	0,67**	0,61**	0,65**	0,40**	0,65**	0,65**
Sütten kesim							
CY		0,53**					
GD		0,55**	0,35**				
GG		0,29**	0,20	0,30**			
GÇ		0,44**	0,57**	0,51**	0,30**		
SY		0,44**	0,68**	0,37**	0,46**	0,53**	
ÖİÇ		0,33**	0,26*	0,19	-0,16	0,38**	0,20

MK: Morfolojik karakterler, VU: Vücut uzunluğu, CY: Cidago yüksekliği, GD: Göğüs derinliği, GG: Göğüs genişliği, GÇ: Göğüs çevresi, ÖİÇ: Ön incik çevresi, *: p<0,05, **: p<0,01

Araştırmada bazı morfolojik karakterler kullanılarak doğum ve sütten kesim ağırlıklarının tahminlenmesine yönelik belirlenen regresyon eşitlikleri tablo 5'te verilmiştir. Doğum ağırlığının tahmini için elde edilen eşitlikte R² nin 0,65 (p<0,01), sütten kesim ağırlığı için ise 0,77 (p<0,01) olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5. Vücut ölçüleri baz alınarak doğum ve sütten kesim ağırlıklarının tahmin modelleri

Fizyolojik dönem	Model	R ²	p
DA	DA = -26,34 + 0,31GÇ + 0,32VU + 0,23CY - 0,22GD	0,65	0,000
SKA	SKA = -98,60 + 0,57GÇ + 4,34ÖİÇ + 0,43CY + 0,24VU	0,77	0,000

DA: Doğum ağırlığı, SKA: Sütten kesim ağırlığı, VU: Vücut uzunluğu, CY: Cidago yüksekliği, GD: Göğüs derinliği, GÇ: Göğüs çevresi, ÖİÇ: Ön incik çevresi

Tartışma

Sığırlarda doğum ağırlığı ile büyüme, verim, üreme performansı, yaşama gücü gibi özellikler arasında yakın ilişkiler gözlemlenmesine rağmen, konu üzerinde aynı yoğunlukta çalışmalar mevcut değildir (Linden ve ark., 2009). Yetiştiricilikte ideal olan husus, ırk karakterleri ölçüleri içerisinde bir doğum ağırlığının gerçekleşmesidir. Zira bu karakter ırk tanımlama kriteri olarak değerlendirilir ve normal ölçülerden yüksek ya da düşük olması arzu edilmez. Ancak sonraki dönemlerde büyüme hızının

yüksek olması karlı yetiştiricilik bakımından önem arz etmektedir. Bu hızın, özellikle sütten kesim dönemine kadarki sürede yüksek seyretmesi buzağı için riskli dönem olarak nitelendirilen kritik periyodun en az kayıpla atlatılması için bir başka önemli gerekliliktir. Mevcut araştırmada hem *ex-situ*, hem de *in-situ* şartlardaki buzağuların doğum ile sütten kesim dönemi arasındaki ağırlık artışı cinsiyetler bazında geniş bir varyasyon göstermiştir. Cooke ve ark., (2013) Holstein buzağularında üç aylık yaş süresinde doğum ağırlığının yaklaşık iki katı kadar hızlı bir büyüme oluştuğunu bildirmişlerdir. Diğer yandan, farklı genotipteki hızla büyüyen genç buzağularda kümülatif büyüme eğrilerinin tipik bir artış eğilimi sergilediği bildirilmiştir (Bailey ve Mears, 1990). Karamaeva ve ark., (2020) ve Grøndahl ve ark., (2007) farklı besleme gruplarından oluşan buzağularında ilk bir aylık dönemde hızlı bir büyüme ve önemli bir kümülatif artış olduğunu bildirmişlerdir. Archer, (2021) süt buzağularının doğum dönemine ait değişim aralığının 5 birim olduğunu bildirmiştir.

Buzağularında vücut ölçüleri büyümenin en bariz göstergeleri olarak değerlendirilmektedir. Vücut uzunluğu gerek et tipi, gerekse süt tipi hayvanlarda özgün bir önem taşımaktadır. Özellikle hayvanda uzun vücutluluk özelliği önemli bir ıslah kriteri olarak değerlendirilebilmektedir. Bu nedenle sürünün vücut uzunluk varyasyon derecesi son zamanlarda araştırılan bir konu olmuştur (Kolkman ve ark., 2009). Benzer şekilde cidago yüksekliği, özellikle ekstansif yetiştiriciliğin, en dikkat çeken karakterlerindedir. Mevcut çalışmada doğum sütten kesim dönemine ait cidago yüksekliği farklılığının, gerek *ex-situ*, gerekse *in-situ* yetiştiricilikte, geniş bir varyasyona sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum özellikle ırkın korunmasına yönelik çalışmalarda olumlu bir bulguyu oluşturmaktadır. Zira en düşük frekanslı genden, en yüksek frekanslı gene kadar geniş bir gen yoğunluğunun en belirgin göstergesidir. Kolkman ve ark., (2009) Belçika Mavisı ırkında morfolojik karakterler bakımından sürüde yaptıkları varyasyon genişliği tespit çalışmasında bu değerın sınırlı bir aralıkta kaldığını tespit etmişlerdir. Yetiştiricilikte üzerinde en fazla durulan morfolojik karakterlerden biri de göğüs çevresidir. Zira bu karakter hayvanların canlı ağırlık tahmininden (Lukuyu ve ark., 2016; Rotondo, 2021) süt ve et verim tahminlerine kadar bir çok alanda kullanılmaktadır. Araştırmada doğum ile sütten kesim dönemi arasında buzağuların göğüs çevresi farklılık değerleri *ex-situ* ve *in-situ* yetiştirme yöntemlerinde geniş bir varyasyon göstermiştir. Bu durum sürüler bakımından olumlu karşılanmıştır. Zira kırsal alanda coğrafik koşullar yetiştiriciliğe yönelik bazı alet ve edevatların kullanımını sınırlamaktadır. Bu durum, özellikle canlı ağırlık tespitlerinde, başta göğüs çevresi olmak üzere, vücut ölçülerinden istifadeyi gündeme getirmektedir.

Morfolojik karakterler arasındaki etkileşimin en etkin göstergelerinden biri olarak uygulanan korelasyon analizinde *ex-situ* koşullardaki buzağuların doğum ağırlığı ile ele alınan tüm vücut ölçüleri arasında orta/ortanın üzerinde bir değer tespit edilmiştir. Kolkman ve ark., (2021) Belçika Mavisı buzağularında doğum ağırlığı ile vücut uzunluğu arasında bu araştırma bulguları ile benzer güçte ve yönde etkileşim tespit etmişlerdir. Coşkun ve ark., (2022) farklı büyüme ve gelişme döneminde olan Siyah Alaca hayvanlarda canlı ağırlık ile göğüs çevresi, cidago yüksekliği, vücut uzunluğu, göğüs derinliği ve sağrı yüksekliği arasında yüksek düzeyde etkileşimler tespit etmişlerdir. Araştırmacıların

korelasyon kat sayıları bu araştırma bulgularından daha yüksek, ancak istatistiksel olarak anlamlılık bakımından bu araştırma bulguları ile benzerlik göstermiştir. Umoh ve ark., (2020) yerli Fulani buzağılarda canlı ağırlıkla vücut uzunluğu ve göğüs çevresi arasında yüksek oranda etkileşim tespit etmişlerdir. Söz konusu araştırmacıların morfolojik karakterler arasındaki korelasyon gücünün anlamlı olması bu araştırma bulguları ile benzerlik göstermiştir. *Ex-situ* koşullarda doğum dönemi vücut uzunluğu ile cidago yüksekliği ve sağrı yüksekliği arasında orta dereceli korelasyonlar tespit edilmiştir. Bu araştırmada elde edilen tespitler Kolkman ve ark., (2010)'nın aynı karakterler arasındaki bildirişleriyle uyumludur. Araştırmada *in-situ* şartlarda vücut uzunluğu ile göğüs çevresi ve sağrı yüksekliği arasında yüksek düzeyde etkileşim belirlenmiştir. Morfolojik karakterler arasındaki etkileşimin gücünü tespit için yürütülen araştırmada vücut uzunluğu ile cidago yüksekliği arasında, bu araştırma bulgularından farklı olarak, yüksek dereceli korelasyonlar tespit edilmiştir (Umoh ve ark., 2020). Benzer sonucu Coşkun ve ark., (2022) Siyah Alacalar için bildirmişlerdir. *Ex-situ* koşullarda doğum dönemine ait göğüs çevresi ve sağrı yüksekliği arasındaki etkileşim güç olarak Coşkun ve ark., (2022)'nin bildirişlerinden düşük, yön ve anlamlılık olarak benzerdir.

Mevcut araştırmada doğum ve süttten kesim ağırlıklarının tahminlenmesi için veriler ve sürü özelliklerine göre eşitlikler geliştirilmiştir. Bu uygulama yapılan araştırmalarla (Ulutaş ve ark., 2002; Tebug ve ark., 2018; Umoh ve ark., 2020) desteklenmiştir.

Sonuç

Yapılan analizlerde doğum ve süttten kesim dönemleri arasındaki canlı ağırlık ve vücut ölçüleri farklılıklarının geniş bir dağılım gösterdiği ve varyasyonun büyük olduğu tespit edilmiştir. Her iki lokasyon ve yetiştirme sistemindeki buzağılarda morfolojik karakterleri arasında farklı güç ve anlamda korelasyonlar tespit edilmiştir. Bu tespit yapılması planlanan yeni araştırmaların kurgulanmasında literatür bilgisi sağlayacaktır. Diğer yandan buzağılarda canlı ağırlıklarının tespitine yönelik geliştirilen eşitliklere ait R^2 değerinin orta ile yüksek arasında ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma, farklı hipotezlere göre planlanacak bilimsel başka bir araştırmaya DAK sınırlarının büyüme karakterinin fenotipik değerlendirmeleri hususunda bilgi sağlayacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmanın sürdürülme aşamalarında gerekli her türlü desteği sağlayan Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) HAYSUD Başkanlığı idareci ve çalışanlarına, Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (DATAE) idareci ve çalışanlarına ve ırkın *in-situ* yetiştiricilerine teşekkür ederim.

Kaynakça

- Archer SC. An observational study of growth rate and body weight variance partition for United Kingdom dairy calves from birth to 20 weeks of age. *JDS Communications* 2021; 2: 248-252
- Alderson L. The categorisation of types and breeds of cattle in Europe. *Archivos de Zootecnia* 1992; 41: 325-344.
- Bailey CB., Mears GJ. Birth weight in calves and its relation to growth rates from birth to weaning and weaning to slaughter. *Canadian Journal of Animal Science* 1990; 70: 167-173
- Cooke JS., Cheng Z., Bourne NE., Claire Wathes D. Association between growth rates, age at first calving and subsequent fertility, milk production and survival in Holstein-Friesian heifers. *Open Journal of Animal Sciences* 2013; 3(1): 1-12
- Coşkun G., Şahin Ö., Özkan Aİ., AYTEKİN İ., Siyah Alaca sığırlarda farklı büyüme ve gelişme dönemlerindeki vücut ölçülerinden canlı ağırlık tahmininde kullanılan veri madenciliği algoritmalarının karşılaştırılması. *Ziraat Mühendisliği* 2000; 375: 37-46.
- Decker JE., Pires JC., Conant GC. Resolving the evolution of extant and extinct ruminants with high-throughput phylogenomics. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2009; 106: 18644 - 18649.
- Ertuğrul M., Akman N., Dellal G., Goncagül T. Hayvan gen kaynaklarının korunması ve Türkiye hayvan gen kaynakları. *Türkiye Ziraat Mühendisliği 5. Teknik Kongresi (2. Cilt)* yayın no:38, Ankara
- Grøndahl AM., Skancke EM., Mejdell CM., Jansen JH. Growth rate, health and welfare in a dairy herd with natural suckling until 6–8 weeks of age: a case report. *Acta Veterinaria Scandinavica* 2007; 49: 16 -21
- Karamaeva AS., Karamaev SV., Valitov KZ., Bakaeva LN., Soboleva NV. Growth and development of calves depending on the method of feeding with cereal and milk. *BIO Web of Conferences* 2020, 17.
- Kolkman I., Opsomer G., Aerts S., Hoflack G., Laevens H., Lips D. Analysis of body measurements of newborn purebred Belgian Blue calves. *Animal* 2010; 4(5): 661-671.
- Lawrence TLJ., Fowler V R., Novakofski J E. *Growth of farm animals*. CABI Digital Library, 3rd Edition: 2012; 1-5.
- Linden TC., Bicalho RC., Nydam DV. Calf birth weight and its association with calf and cow survivability, disease incidence, reproductive performance, and milk production. *Journal of Dairy Science* 2009; 92: 2580 – 2588
- Lukuyu MN., Gibson JP., Savage DB., Duncan AJ., Mujibi FDN., Okeyo AM. Use of body linear measurements to estimate liveweight of crossbred dairy cattle in smallholder farms in Kenya. *SpringerPlus* 2016; 5: 63-77

- Rotondo VR. Predicting Body weight with linear body measurements in beef calves. Thesis for the degree of Master of Science in Animal Bioscience Guelph, Ontario, Vanessa Rosa Rotondo, Canada, 2021
- SPSS. Statistical Package for the Social Sciences. SPSS. 2004; Inc., 444 Michigan Avenue, Chicago, IL 60611
- Şekerden Ö. Hayvan ıslahının genetik esasları, Antakya, 2000.
- Tebug SF., Missohou A., Sabi SS., Juga J., Poole EJ., Tapio M., Marshal K. Using body measurements to estimate live weight of dairy cattle in low-input systemsin Senegal. Journal of Applied Animal Research 2018; 46, 1: 87-93.
- Ulutaş Z., Saattçi M., Özlütürk A. Prediction of body weight from body measurement in Eastern Anatolian Red calves: Indian Journal of Animal Science 2002; 72(10): 878–881
- Umoh BI., Okon UM., Ekpo JS. Correlation of milk intake and body weight with linear body measurements of white Fulani calves in semi-intensive system of management. Nigerian Journal of Animal Production 2020; 47(3): 16 - 21
- Üresin ER. Kars sütçülüğü hakkında tetkikler. T.C. Yüksek Ziraat Enstitüsü Çalışmalarından, Sayı: 14, Ankara, Köyhocası Matbaası, 1936
- Yüksel S. Doğu Anadolu Kırmızısı (DAK) sığır ırkının yöresel durumu ve yetiştirme yöntemlerinin bazı ırk karakterlerine etkisi üzerine bir çalışma. Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi 2019; 59(2): 64 - 71

Mardin'de Farklı Etnik Gruplarda Yabani Gıda Bitkilerinin Gastronomik Açından Araştırılması

Abdullatif YILMAZ¹, Hasan AKAN^{2*}

¹Şanlıurfa Milli Eğitim Müdürlüğü, 75. Yıl Mesleki Eğitim Merkezi, Şanlıurfa, Türkiye

²Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

¹ <https://orcid.org/0000-0003-4986-5980>

² <https://orcid.org/0000-0002-3033-4349>

*Sorumlu yazar:hakan@harran.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 29.04.2023

Kabul tarihi:26.08.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Mardin

Etnik gruplar

Yenilebilen yabani bitkiler

ÖZ

Bu çalışma 2021 ve 2022 yılları arasında Mardin'in Midyat, Nusaybin, Ömerli ve Yeşilli ilçelerine bağlı 11 mahallede farklı etnik gruplar üzerinde yapılmıştır. Çalışmanın amacı yörede değişen yabani gıda bitkilerinin halk arasındaki gastronomik kullanım biçimlerini araştırmaktır. Bu kapsamda Süryani, Kürt ve Arap köylerinden bazıları örneklem alanı olarak seçilmiş ve farklı yaş ve eğitim düzeyine sahip 66 kaynak kişi ile görüşmeler yapılmıştır. 50 farklı bitkinin halk geleneğindeki gıda bitkisi olarak kullanım şekilleri belirlenmiştir. Alandan belirlenen en fazla taksona sahip familyaların dağılımı; Asteraceae (6 takson), Rosaceae (6 takson), Brassicaceae (4 takson), Lamiaceae (3 takson), Moraceae (3 takson)'dir. Alanda belirlenen en fazla taksona sahip cinsler ise; *Allium* (3 takson), *Cerasus* (2 takson), *Morus* (2 takson) ve *Rumex* (2 takson)'dir.

Gastronomic Research of Wild Food Plants in Different Ethnic Groups in Mardin

Research Article

Article History:

Received: 29.04.2023

Accepted: 26.08.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Mardin

Ethnic groups

Wild edible plants

ABSTRACT

This study was conducted on different ethnic groups in 11 neighborhoods of Mardin's Midyat, Nusaybin, Ömerli and Yeşilli districts between 2021 and 2022. The aim of the study is to investigate the gastronomic use of wild food plants among the people. In this context, some Syriac, Kurdish and Arab villages were selected as sample study areas and interviews were conducted with 66 informants of different ages and education levels. The usage patterns of 50 different plants as food plants in the folk tradition were determined. Distribution of families with the highest number of taxa determined from the area; Asteraceae (6 taxa), Rosaceae (6 taxa), Brassicaceae (4 taxa), Lamiaceae (3 taxa), Moraceae (3 taxa). The genera with the highest number of taxa determined in the area are; *Allium* (3 taxa), *Cerasus* (2 taxa), *Morus* (2 taxa) and *Rumex* (2 taxa).

To Cite: Yılmaz A., Akan H. Mardin'de Farklı Etnik Gruplarda Yabani Gıda Bitkilerinin Gastronomik Açından Araştırılması. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 533-554.

1. Giriş

İnsanoğlu varoluşundan itibaren beslenme ihtiyacını karşılamak amacıyla bitkilerden çok çeşitli şekillerde faydalanmıştır. İlk çağlardan elde edilen kalıntılara bakıldığında, insanlar besin sağlamak ve beslenme ihtiyaçlarına çözüm bulmak amacıyla, öncelikli olarak bitkilerden yararlanmışlardır (Nohutçu ve ark., 2019).

Türkiye’de yabani olarak yetişen yenilebilir bitkiler, bölgenin kültürel özelliklerine göre farklı yemeklerin yapımında kullanılmaktadır. Yenilebilir bitkilerden çok çeşitli yemekler yapılmaktadır. En önemlileri arasında çorbalar, sebze yemekleri, sarma ve salatalar gelmektedir.

Bitkilerin; kök, gövde, yumru, soğan, tomurcuk, meyve, yaprak, çiçek vb. gibi farklı organlarının çiğ veya pişirilerek yenilmesi ya da tüketilmesi ot kültürü olarak adlandırılmaktadır. Bu bitkiler aynı zamanda, insan sağlığı açısından fayda içeren ve gıda olarak yararlanılan bitkiler olarak da tanımlanmaktadır (Çetinkaya ve Yıldız, 2018).

Gastronomi kelimesinin etimolojik kökenleri incelendiğinde, kelimenin Yunanca ‘gastros’ (mide) ve ‘nomos’ (yasa, kural) sözcüklerinden oluştuğu dikkat çekmektedir. Gastronomi, yiyecek ve içeceklerin hijyen ve sanitasyon kuralları çerçevesinde belirli bir sistematik düzen içinde hazırlanarak göz ve damak tadına hitap edecek şekilde sunulduğu yemek kültürü veya yemek sanatı olarak ifade edilmektedir. Yöresel lezzetler, gelenek ve görenekler, beslenme kültürü, pişirme ve hazırlamada kullanılan araç gereçlerin hepsi Türk gastronomik kimlik mirasının oluşumunda çeşitlilik sağlamıştır (Özdemir ve Altınar, 2019). Bu gastronomik değerlerin bazı turistler için çok önemli olması seyahat tercihlerinin ana sebebini oluşturmakta ve bu durum “gastronomi turizminin” ortaya çıkmasına zemin oluşturmaktadır (Küçükkömürler ve ark., 2018). Günlük hayatta yaygın olarak kullanılmaya başlanan gastronomi kavramı ilk olarak M.Ö. 4. yy.’da Sicilya’da yaşamış olan Arcestratus tarafından kullanılmıştır (Dalby, 2013). Gastronomi sözcüğü Joseph Berchoux’un “gastronomi ya da tarladan sofraya insan” (1801) adlı eserinde kullanılınca da dile yerleşmiş, daha sonra 1835 yılında Fransız Akademisi “gastronomi” sözcüğünü resmileştirmiştir (Karaca ve ark., 2015). Türkiye’de 1980 yılından bu yana gastronomi kavramı ile ilgili araştırmalar yoğunlaşmaya başlamıştır (Özdemir ve Altınar, 2019). Gastronomik çalışmalar arasında; gastronomi turizmi üzerine genel bir değerlendirme (Bucak ve Aracı, 2013), Gastronomi Turizmi ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi Gastronomik Unsurları (Aksoy ve Sezgi, 2015), Kapadokya Yemek Kültürü ve Mustafapaşa Beldesi (Ardıç Yetiş, 2015), Dünyada ve Türkiye’de gastronomi turizmi (Küçükkömürler ve ark., 2018) ve yöresel mutfakların gastronomi turizmindeki önemi: Kastamonu mutfağı örneği (Çam ve Çılgınlıoğlu, 2021)’dir.

Son yıllarda yöresel yemekler gastronomi turizmi açısından çok önemli bileşen haline gelmiştir. Bunun da temel nedeni, turistlerin elde ettikleri tat deneyiminin o yöreye has olduğunu bilerek, bu lezzete başka bir yerde rastlamayacak olmasından kaynaklanmaktadır (İflazoğlu ve Yaman, 2020).

Anadolu’da tarih boyunca bitki ve insan arasındaki ilişki süregelmiştir. Bu nedenle Anadolu’da zengin bir yabani bitki kullanımı kültürü gelişmiştir. Özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde doğal

olarak yetişen birçok yabancı gıda bitkisi toplanarak yiyecek olarak tüketilmektedir (Mükemre ve ark., 2016).

Çalışma alanımız olan Mardin ili, yenilebilir yabancı gıda bitkileri açısından oldukça zengindir. Mardin, farklı etnik grupları yapısında barındırdığından yemek kültürü de Arap, Kürt ve Süryani kültürlerini yansıtmaktadır. Mardin'de farklı etnik grupların birlikte yaşaması sonucunda, farklı kültürler o kadar iç içe geçmiş ki, birlikte yaşamının doğal bir sonucu olarak oluşan kültürel etkileşimler büyüyen bir kültür zenginliği haline gelmiştir (İflazoğlu ve Yaman, 2020).

Türkiye Bitkileri Listesi'ne göre (Güner ve ark., 2012) Türkiye'de 167 familya, 1320 cins ve bu cinslere ait toplam 11707 takson bulunmaktadır. Bu taksonlardan 3649'u ülkemiz için endemiktir. Türkiye Florasında doğal yayılış gösteren yaklaşık 1600 farklı taksondan gıda amaçlı olarak yararlanıldığı kaydedilmiştir (Urhan ve ark., 2016).

Ülkemizde ve bölgede konu ile alakalı yapılan diğer önemli çalışmalar ise; Bodrum'un yabancı gıda bitkileri (Ertuğ, 2004), Orta ve Batı Anadolu'nun yabancı gıda bitkileri (Doğan ve ark., 2004), Pertek'in yabancı gıda bitkileri (Doğan ve Tuzlacı, 2015), Nevşehir'in yabancı gıda bitkileri (Şenkardeş ev Tuzlacı, 2016), Iğdır'in geleneksel gıda bitkileri (Çakır, 2017), Yeşilli'nin yabancı gıda bitkileri (Yeşil ve ark., 2019), Hasankeyf'in yabancı gıda bitkileri (Yeşil ve İnal, 2019), Ağrı'nın yabancı gıda bitkileri (Kadioğlu ve ark., 2020), Mardin'in geleneksel gıda bitkileri (Demir ve Ayaz, 2022), Yenilebilir Doğal Bitkilerin Etnobotanik ve Gastronomik Açısından Değerlendirilmesi: Edremit Körfezi (Balıkesir) Örneği (Aladı ve ark., 2022), ve Mardin'in dağlık bölgelerinde İnsan Tüketimi Amaçlı Yenilebilir Bitkiler (Eksik ve Akan, 2023)'dir.

Bu çalışma ile amacımız farklı etnik gruplarda yabancı gıda bitkilerinin gastronomik açıdan kullanım şekillerini ortaya koymaktır. Yabancı gıda bitkilerinin mutfak kültüründeki sürdürülebilirliği önem arz etmektedir. Mardin iline özgü yabancı gıda bitkilerinden yapılan yemeklerin tescil edilmesi, bu yemeklerin yerel lokanta menülerinde yer almalarının sağlanması ve ülkemiz gastronomik bilgi birikimine katkı sunmaktır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma, 2020-2022 yılları arasında Mardin iline bağlı Midyat, Nusaybin, Ömerli ve Yeşilli ilçelerine ait bazı mahallelerdeki bazı yabancı gıda bitkilerinin Kürt, Arap ve Süryani halkları arasındaki gastronomik kullanım biçimlerini araştırmak amacıyla yapılmıştır.

Araştırma alanının tarihi: Mardin birçok uygarlığa ev sahipliği yapmış, Anadolu ve Mezopotamya medeniyetlerinin kesiştiği bir yerde kurulmuştur (Dağ, 2007). Bizans, Roma, Selçuklu ve Osmanlı devleti gibi birçok medeniyete ev sahipliği yapmış, birçok farklı kültür, din ve dil birlikteliği ile önemli bir yerdir (Ahunbay, 2005). Cumhuriyetin ilanından sonra il konumunu sürdürmüş ve 2012 yılında büyükşehir statüsüne kavuşmuştur.

Alanın coğrafik yapısı: Mardin ili, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır. Mardin il nüfusu 2021 yılı verilerine göre 862.857'dir. Yüzölçümü, 8.8891 km² olup, 36° 55 - 38° 51

Kuzey Enlemleri ve 39° 56 - 42° 54 Doğu Boylamları arasında yer almakta olup Suriye ile sınır komşusudur. Şehir merkezinin rakımı 1100 metre civarında olup, ortalama yükseklik 600 metredir (Dağ, 2007). Mardin Eşiği dağları olarak isimlendirilen dağ silsilesi hâkim olup, ovalar ise daha çok güneyde yer almaktadır. Araştırma alanı İran-Turan fitocoğrafik bölgesinde yer alıp, Türkiye Florası'ndaki kareleme (Grid) sistemine göre C8 karesi içinde konumlanmıştır (Davis, 1965-1985).

İklim: Sıcak ve ılıman bir iklim hakimdir; Mardin'de kış aylarında yaz aylarından çok daha fazla yağış düşmektedir. Son 30 yıllık veriler baz alındığında, Mardin ilinin yıllık ortalama sıcaklığı 16,8 °C, yıllık ortalama yağış miktarı ise 432 mm'dir. Temmuz yılın en kurak ayıdır (Anonim, 2020).

Genel Toprak yapısı: Mardin' de genellikle kahverengi orman toprakları hakimdir. Dağlık ve yüksek alanların güney kesimlerinde ise kırmızımsı kahverengi topraklar geniş yer tutmaktadır. Ovalarda ise genellikle alüvyal topraklar görülmektedir (Biricik, 1974).

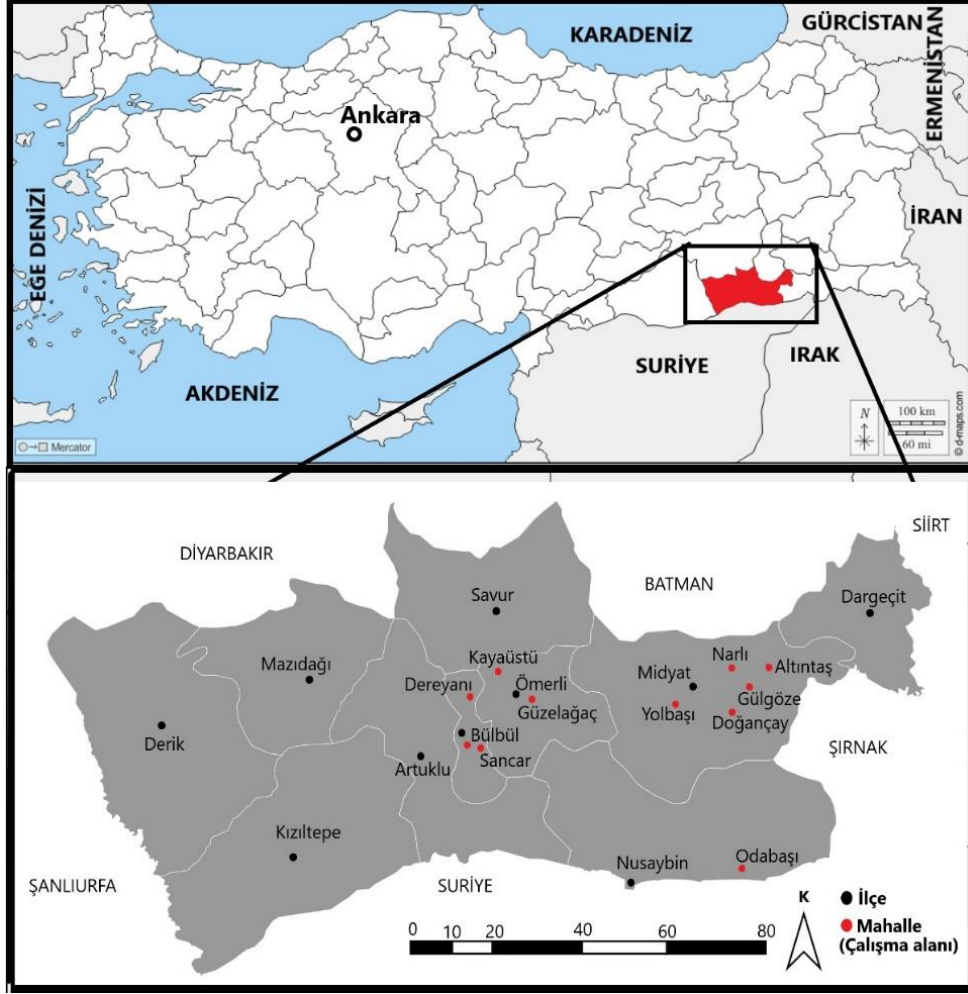
Tarımsal faaliyetler: İlin %43,35 tarımsal alan, %32,12 yerleşim yerleri ve kullanılmayan alan, %18,33 ormanlık alan, %6,18 çayır ve mera ve geriye kalan %0,02 ise nadas alanıdır. Tarım ürünleri olarak en çok buğday, arpa, mercimek, bamya, sivri biber, domates, havuç, salatalık, karpuz, kavun, sarımsak ve soğan yetiştirilmektedir. Bağcılık son derece gelişmiştir (Aydın, 2019).

Genel bitki örtüsü: Bölgede hâkim olan genel bitki örtüsü steptir. Bölgede korunaklı mikroklima olması nedeniyle Yeşilli, Derik ve Mazıdağı çevresinde zeytin, meşe ve maki türleri görülmektedir. Bölge; Poaceae ve Fabaceae taksonları açısından zengindir (Odabaşı ve Boydak, 1984).

Alan seçimi: Mardin, zengin yemek kültürü nedeniyle yenilebilen yabani bitkileri tespit etmek amacıyla araştırma yapılmaya değer bulunmuştur. Özellikle Türk, Kürt, Arap ve Süryani gibi farklı kültürlerdeki bitki kullanımlarının benzerlik ve farklılıklarını ortaya koymak amacıyla alan seçimi de ona göre yapılmıştır. Örneklem çalışma olarak 11 mahalle seçilmiştir (Şekil 1).

Kaynak kişilerin seçimi ve etnobotanik bilgi formları: Çalışma alanında 66 kaynak kişi ile yüz yüze görüşülmüş ve katılımlı gözlem tekniği kullanılmıştır. Kaynak kişilerle yapılan görüşmelerde; bitkilerin yöresel isimleri, kullanılan kısımları, kullanım şekilleri, toplandığı dönem gibi sorular sorulmuştur (Ek 1). Farklı etnik gruplardaki kaynak kişilerin bilgilerine başvurulmuştur. Bitkilerin kullanımları hakkında deneyimli olmalarına özen gösterilmiştir. Eğitim düzeyleri ve yaş gruplarının farklı olması tercih edilmiştir. Kaynak kişilerin yaşı, eğitim durumu ve yaşadıkları mahalleler belirtilmiştir (Tablo 1).

Bitki örneklerinin toplanması ve adlandırılması: Çalışma materyalini bölgeden toplanan bitki örnekleri oluşturmaktadır. Bitkilerin yoğun olduğu vejetasyon dönemlerinde belirli aralıklarla hedeflenen bölgelere gidilmiştir. Araştırma süresince 50 takson tespit edilmiştir. Bitkilerin lokalitesi, rakımı ve toplandığı tarih kayıt altına alındıktan sonra numaralandırılıp, preslenmiş ve herbaryum örneği haline getirilmiştir. Bitkilerin teşhisinde Türkiye Florası'nın ilgili ciltlerinden (Davis, 1965-1985; Davis ve ark., 1988; Güner ve Ekim, 2014; Güner ve ark., 2018) yararlanılmıştır. Bitki örnekleri, Harran Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Herbaryumu (HARRAN)'nda saklanmaktadır. Bitkilere ait bazı görseller ekler bölümünde verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı haritası

Tablo 1. Çalışma alanında görüşme yapılan kaynak kişilerin yaş, eğitim ve etnik grupları

Kaynak Kişi Adı-soyadı	Cinsiyeti	Yaşı	Mesleği	Eğitim Durumu	Yerleşim Yeri	Etnik Grubu
K1	Kadın	85	Ev hanımı	Okuryazar değil	Sancar /Yeşilli	Kürt
K2	Kadın	52	Ev hanımı	Okuryazar değil	Sancar /Yeşilli	Kürt
K3	Erkek	30	Çiftçi	İlkokul	Sancar/Yeşilli	Kürt
K4	Kadın	80	Ev hanımı	Okuryazar değil	Sancar /Yeşilli	Kürt
K5	Erkek	60	Pazarıcı	İlkokul	Sancar /Yeşilli	Kürt
K6	Erkek	59	Pazarıcı	Ortaokul	Sancar /Yeşilli	Kürt
K7	Kadın	67	Ev hanımı	İlkokul	Sancar /Yeşilli	Kürt
K8	Erkek	61	Çiftçi	İlkokul	Sancar /Yeşilli	Kürt
K9	Kadın	66	Ev hanımı	Okuryazar değil	Sancar/Yeşilli	Kürt
K10	Kadın	43	Ev hanımı	İlkokul	Sancar / Yeşilli	Kürt
K11	Kadın	48	Ev hanımı	İlkokul	Sancar /Yeşilli	Kürt
K12	Erkek	34	Çiftçi	İlkokul	Sancar /Yeşilli	Kürt
K13	Kadın	50	Ev hanımı	İlkokul	Sancar /Yeşilli	Kürt
K14	Erkek	58	Çiftçi	İlkokul	Sancar /Yeşilli	Kürt
K15	Kadın	52	Ev hanımı	Okuryazar değil	Güzelagaç/Ömerli	Kürt
K16	Erkek	55	Çiftçi	İlkokul	Güzelagaç/Ömerli	Kürt
K17	Erkek	77	Çiftçi	İlkokul	Güzelagaç/Ömerli	Kürt
K18	Erkek	70	Serbest	İlkokul	Gülgöze/Midyat	Süryani
K19	Erkek	48	Serbest	Ortaokul	Gülgöze/Midyat	Süryani
K20	Erkek	71	Çiftçi	İlkokul	Gülgöze/Midyat	Süryani
K21	Erkek	63	Avcı	İlkokul	Doğançay/Midyat	Süryani

K22	Erkek	73	Çiftçi	İlkokul	Doğançay/Midyat	Süryani
K23	Erkek	85	Çiftçi	Okuryazar	Doğançay/Midyat	Süryani
K24	Erkek	45	Çiftçi	İlkokul	Dereyanı/Yeşilli	Kürt
K25	Erkek	48	Çiftçi	İlkokul	Dereyanı/Yeşilli	Kürt
K26	Kadın	43	Ev Hanımı	Okuryazar	Dereyanı/Yeşilli	Kürt
K27	Erkek	27	Köy korucusu	Lise	Kayaüstü/Ömerli	Arap
K28	Erkek	35	Öğretmen	Lisans	Kayaüstü/Ömerli	Arap
K29	Kadın	65	Ev hanımı	Okuryazar	Kayaüstü/Ömerli	Arap
K30	Erkek	69	Çiftçi	İlkokul	Kayaüstü/Ömerli	Arap
K31	Erkek	40	Serbest	Lise	Altıntaş/Midyat	Arap
K32	Kadın	62	Ev hanımı	Okuryazar değil	Altıntaş/Midyat	Arap
K33	Kadın	43	Ev hanımı	Okuryazar değil	Altıntaş/Midyat	Arap
K34	Kadın	52	Ev hanımı	Okuryazar değil	Altıntaş/Midyat	Arap
K35	Kadın	86	Ev hanımı	Okuryazar değil	Sancar / Yeşilli	Kürt
K36	Kadın	63	Ev hanımı	Okuryazar değil	Sancar /Yeşilli	Kürt
K37	Kadın	56	Ev hanımı	Ortaokul	Sancar/Yeşilli	Kürt
K38	Kadın	56	Ev hanımı	Okuryazar değil	Sancar /Yeşilli	Kürt
K39	Erkek	45	Çiftçi	Ortaokul	Bülbül /Yeşilli	Süryani
K40	Erkek	48	Çiftçi	İlkokul	Bülbül /Yeşilli	Süryani
K41	Erkek	90	Çiftçi	Okuryazar	Bülbül /Yeşilli	Süryani
K42	Erkek	76	Çiftçi	Okuryazar	Bülbül/Yeşilli	Süryani
K43	Kadın	43	Ev hanımı	İlkokul	Bülbül/ Yeşilli	Süryani
K44	Erkek	62	Çiftçi	İlkokul	Odabaşı /Nusaybin	Süryani
K45	Erkek	48	Çiftçi	İlkokul	Odabaşı Nusaybin	Süryani
K46	Erkek	73	Çiftçi	Okuryazar	Odabaşı Nusaybin	Süryani
K47	Kadın	72	Ev hanımı	Okuryazar	Odabaşı Nusaybin	Süryani
K48	Erkek	56	Çiftçi	İlkokul	Odabaşı Nusaybin	Süryani
K49	Erkek	52	Çiftçi	İlkokul	Odabaşı/Nusaybin	Süryani
K50	Erkek	32	İşçi	İlkokul	Narlı / Midyat	Kürt
K51	Kadın	29	Ev hanımı	İlkokul	Narlı / Midyat	Kürt
K52	Kadın	70	Ev hanımı	Okuryazar değil	Narlı Midyat	Kürt
K53	Erkek	40	Çiftçi	İlkokul	Narlı / Midyat	Kürt
K54	Erkek	51	Çiftçi	İlkokul	Narlı/ Midyat	Kürt
K55	Erkek	80	Çiftçi	Okuryazar değil	Narlı / Midyat	Kürt
K56	Erkek	82	Çiftçi	Okuryazar	Altıntaş /Midyat	Süryani
K57	Erkek	70	Çiftçi	Okuryazar	Altıntaş/ Midyat	Süryani
K58	Kadın	46	Çiftçi	Ortaokul	Altıntaş /Midyat	Süryani
K59	Erkek	78	Çiftçi	Okuryazar değil	Altıntaş/ Midyat	Arap
K60	Erkek	76	Çiftçi	Okuryazar değil	Altıntaş/ Midyat	Arap
K61	Erkek	56	Minare ustası	İlkokul	Yolbaşı/ Midyat	Arap
K62	Kadın	55	Ev hanımı	Okuryazar	Yolbaşı/ Midyat	Arap
K63	Kadın	54	Ev hanımı	Okuryazar	Yolbaşı/ Midyat	Arap
K64	Erkek	62	İnşaatçı	İlkokul	Yolbaşı /Midyat	Arap
K65	Kadın	53	Ev hanımı	Okuryazar	Yolbaşı /Midyat	Arap
K66	Kadın	62	Ev Hanımı	Okuryazar değil	Yolbaşı/ Midyat	Arap

3. Bulgular

Bitki listesi familya düzeyinde alfabetik olarak verilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Bitkilerin geleneksel kullanım amaçları ve kullanım şekilleri ve tanımlayan kaynak kişiler

Familyası	Bitkinin Bilimsel Adı ve toplayıcı no	Bitkinin Yöresel Adı	Bitkinin Türkçe adı	Kullanım Şekli	Kullanılan Kısım	Kaynak Kişiler
Amaranthaceae	<i>Amaranthus retroflexus</i> L. ALY 1002	Kunsohrk (K), Koksohrk (K), Silkwaş (A)	Tilkikuyruğu	Yapraklar ayıklanır, temizlenir, doğranır ve soğan ile birlikte yağda kavrulur, sonra da üzerine yumurta kırılıp yemeği yapılır.	Yaprak	K1-K35
Amaranthaceae	<i>Chenopodium album</i> L. ALY 1003	Serbimast (K), Selmast (K)	Sirken	Yapraklar doğranır, kendi suyunda pişirilir, soğan ve yağ eklenerek, yumurta ile birlikte kavurulur. Ayrıca, bulgur pilavı pişirilirken bitkinin yaprakları ile birlikte pişirilir.	Yaprak	K1-k14
Amaryllidaceae	<i>Allium noeanum</i> Reut. ex Regel ALY 1022	Sirik (K), Sirdım (K) Basalatül Hayyé (A), Baslo (S)	Ekin soğanı	Taze yaprakları çiğ olarak tüketilir, bulgur köftesi (yöresel adı Belloi) ile birlikte salata şeklinde yenilir. Yaprakları otlu peynir yapımında da kullanılır. Soğanı ve toprak üstü kısımları ise bulgur pilavına katılır.	Yaprak, Soğan	K1-K66
Amaryllidaceae	<i>Allium cepa</i> L. ALY 1006	Külilk-É Pivaza (K), Zeker Basal (A)	Soğan Soğan Erkeği	Pedunkul taze olarak toplanır, salatalarda yeşil soğan gibi tüketilir. Yaprakları ise özellikle Şam börek denilen yöresel bir yemek yapımında kullanılır.	Yaprak, Pedunkul	K1-K17, K24-K35
Anacardiaceae	<i>Pistacia khinjuk</i> Stocks ALY 1038	Kızvan (K), Bıttım (A), Şigoro (S).	Bıttım	Meyvesi kavrulup tuzlanır, çerez olarak yenilir. Meyvesi çiğ olarak tüketilir veya kahve yapımında kullanılır.	Meyve	K1-K66
Anacardiaceae	<i>Rhus coriaria</i> L. ALY 1012	Sımak (K), Sımmak (K), Sımmak (A), Hamsıfto, Hımsiso (S)	Sumak	Meyveleri toz olarak baharat halinde kullanılır. Sumak suyu elde etmek için meyveleri bir kaba konur ve üzerine kaynar su ilave edilir. Beş dakika beklendikten sonra süzülüp içilir. Sumak suyu sarma ve dolma yemeğine katılır. Ayrıca, sumak ekşisi yemek ve salatalarda sos olarak kullanılır.	Meyve	K1-K66

Apiaceae	<i>Coriandrum sativum</i> L. ALY 1034	Gıjniş (K), Kızbara (A) Kısberfto (S)	Kışniş	Tohumları ezilip toz haline getirilir ve baharat olarak kullanılır.	Meyve	K1-K66
Apiaceae	<i>Eryngium campestre</i> L. ALY 1005	Nankösik (K) Zell(A)Bellikr aned (S)	Yerkesta nesi	Taban yaprakları çiğ olarak yenilir. Gövdesi soyularak çiğ olarak tüketilir.	Yaprak, Kök	K1-K17, K27-K38
Araceae	<i>Biarum carduchorum</i> (Schott) Engl ALY 1001	Kardi (K) Kardiyyé (A) Zıbbılrum (S)	Kardi	Taze toplanan yapraklar sumak eklenerek kaynatılır. Haşlandığı sumaklı su dökülür. Bu işlem ile zehirli yapısı giderilir. Kürt kökenli ailelerde bulgur ve et konularak salçalı yemeği yapılır. Arap ailelerde ise bulgur yerine pirinç de eklenir. Süryanilerde ise soğan veya yumurta ile birlikte kavurması yapılır ve iç konularak sarması yapılır.	Yaprak	K1-K66
Araceae	<i>Arum rupicola</i> Boiss var. <i>rupicola</i> (ENDEMİK) ALY 1041	Kardi (K), Tırşkardi (K), Zıbebuabd (A), Zıbbılrum (S)	Dağsorsalı	Taze toplanan yapraklar sumak eklenerek kaynatılır. Haşlandığı sumaklı su dökülür. Bu işlem ile zehirli yapısı giderilir. Kürt kökenli ailelerde bulgur ve et konularak salçalı yemeği yapılır. Arap ailelerde ise bulgur yerine pirinç de eklenir. Süryanilerde ise soğan veya yumurta ile birlikte kavurması yapılır ve iç konularak sarması yapılır.	Yaprak, Yaprak sapı	K1-K66
Asparagaceae	<i>Ornithogalum narbonense</i> L. ALY 1040	Sersıpik (K), Mığtitil anış (A)	Akbaldır	Toprak üstü kısımları doğranır ve kendi suyunda haşlandıktan sonra soğan ve baharat eklenerek yağda kavrulur. Ayrı bir tavada yumurta tek başına kızartılır ve üzerine konularak servis edilir. Bulgur pilavına da katılmaktadır.	Toprak üstü kısımları	K1- K317, K24- K26
Asparagaceae	<i>Ornithogalum orthophyllum</i> Ten/ ALY 1023	Sersıpik (K)	Bayrııldızı	Yaprakları haşlandıktan sonra yağda kavurularak, yumurta eklenerek yemek şeklinde tüketilir. Bulgur içerisine katılarak pilavı yapılıyor. Soğanı, çiğ olarak salatalarda veya yemeklerin yanında taze olarak yenilmektedir.	Yaprak, soğan	K1- K317, K24- K26
Asteraceae	<i>Carduus pycnocephalus</i> L. subsp. <i>breviphyllarius</i> P.H.Davis ALY 1011	Kerbeş (K), Şevk (A), Kubêdehmoê (S)	Kilindor	Bitki temizlendikten sonra kuşbaşı et, arpacık soğan ve zeytinyağı kullanılarak sulu yemeği yapılır. Ispanak gibi kullanılarak yumurtalı ve soğanlı kavurması yapılmaktadır.	Yaprak, gövde	K1-K66
Asteraceae	<i>Centaurea hyalolepis</i> Boiss .	Strizerk(K) Şevkil Ehmar(A)	Çakıl Dikeni	Haşlandıktan sonra soğan ile birlikte yağda kavrulur, üzerine yumurta kırılır ve yemek şeklinde tüketilir.	İlk çıkan yapraklar	K1-, K38

	ALY 1007	Kubêdeh morê (S)				
Asteraceae	<i>Gundelia mesopotamica</i> Fırat ALY 1010	Kereng(K) Heşef Heşefê(A) Ėerkuvê(S)	Kenger	Kök kısmı ve taze yaprakları temizlenir, çeşitli baharatlar eklenir, yağda kavurular ve yumurta kırılarak yemeği yapılır. Haşlanan kengerler bulgur pilavına katılarak yemek yapılır.	Kök, yaprak	K1-K66
Asteraceae	<i>Notobasis syriaca</i> (L.) Cass. ALY 1042	Kelbeş (K), Kerbeş (K), Şevki ahmar (A), Kubêdeh morê (S).	Yavankenger	Bitkinin gövdesi soyularak taze olarak yenilmektedir. Ayrıca, taban yaprakları soğan ve yumurta ile kavrulularak yenilmektedir.	Gövde, taban yapraklar	K1-K66
Asteraceae	<i>Tragopogon porrifolius</i> L. subsp. <i>longirostris</i> (Sch.Bip.) Greuter ALY 1009	Darsıpik(K) Jinebil ğeyr(A) Gezriko(S)	Helevan	Genç sürgünler, yapraklar ve kökü sebze olarak tüketilir. Çiçekleri çiğ olarak salatalara eklenir. Ayrıca, haşlanarak Bulgur pilavına katılır.	Yaprak, kök	K1-K38
Asteraceae	<i>Tragopogon porrifolius</i> L. subsp. <i>abbreviatus</i> (Boiss.) Coşkunçelebi & M. Gültepe ALY 1008	Xilo(K) Gilok(A) Hibleb(S)	Çayır yemliği	Genç yapraklar ve sürgünler çiğ tüketilir, ayrıca salatalara eklenir. Ayrıca yapraklar doğranıp ıspanak gibi kavurular ve yumurta eklenerek de yenir. Bulgur pilavına da katılmaktadır.	Toprak üstü kıyımları	K1-K66
Boraginaceae	<i>Anchusa azurea</i> Mill. var. <i>azurea</i> ALY 1035	Gwırız,(K) Hımhım(A) Gurze Aynıto(S)	Sığırdili	Taze yaprakları temizlenir, yıkanır ve doğranarak kendi suyunda haşlanır. Soğan ve baharatlar eklenerek yağda kavrulur. İsteğe göre bazen de yumurta konulur.	Yaprak	K1-K38
Boraginaceae	<i>Onosma alborosea</i> subsp.	Mijmijok (K), Mısasa (A), Mısaso(S)	Emzik otu Kaya emziği	Çiçeklerin dip kısmı ağza alınıp emilir. Buradaki tatlı nektarın ağza alınmasıyla keyifli bir lezzet elde edilir.	Çiçek	K1-K38, K52-K66

	<i>alborosea</i> Fisch.& C.AMey ALY 1013					
Brassicaceae	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik ALY 1014	Bakıdhılu(K) Şekıdhılvé(A)	Çobançantası	Haşlandıktan sonra soğan ile birlikte yağda kavrulur, üzerine yumurta kırılarak, yemek şeklinde tüketilir. Yapraklar bulgur pilavına katılır. Yaprakları baharatlar eklenerek et suyu veya normal su ile çorba şeklinde tüketilir.	Yaprak	K1-K17, K27- K38, K5 9-K66
Brassicaceae	<i>Lepidium draba</i> L. ALY 1015	Knéber(K) Hımhım(A) Kınevırê(S)	Diğnik	Genç yapraklar ve sürgünler çiğ tüketilebilir ve salatalara eklenir. Ayrıca yapraklar doğranıp ıspanak gibi kavurularak da yenir. Bulgur pilavına katılarak da yenir.	Yaprak	K1- K66
Brassicaceae	<i>Nasturtium officinale</i> L. ALY 1016	Tozmask(K), Kızmazé(A)	Su teresi	Genç yapraklar ve sürgünler çiğ tüketilebilir ve salatalara eklenir. Ayrıca yapraklar doğranıp ıspanak gibi kavurularak da yenir. Bulgur pilavına katılarak da yenir	Yaprak	K1-K17, K27-K38
Brassicaceae	<i>Sinapis arvensis</i> L. ALY 1017	Xerdel(K) Ğerdel(A)	Hardal	Taze yaprakları çiğ olarak yemeklerin yanında veya salatalarda yenir. Çok taze olan haliyle haşlanarak yağda soğan ile birlikte kavrulur, baharatlar eklenerek yenilir.		K1-K17, K27-K38
Capparaceae	<i>Capparis sicula</i> Veill. subsp. <i>sicula</i> ALY 1019	Kulilkakember, (K) Şefellah (A)	Deli Karpuzu	Bitkinin meyvesi turşu yapımında kullanılır.	Tomurcuk	K1-K17, K27-K38
Cannabaceae	<i>Celtis tournefortii</i> L. ALY 1012	Tı'ı,(K) Tüok(K). Gırgıno(A).Gırgınosé(S)	Dardağan	Meyveleri çiğ olarak yenir. Meyveleri çekirdekleri ile birlikte ezilerek ezmesi pestile benzer bir şekilde saklanır. Bu yemiş kış gecelerinde badem, ceviz gibi kuru yemişlerle birlikte yenir.	Meyve	K1-K66
Fabaceae	<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.var. <i>glabra</i> ALY 1043	Süs K), Ave Suse (K), Irk sus (A).	Meyan	Bitkinin kökleri soğuk suda bekletilir, demlendikten sonra şerbet olarak içilir.	Kök	K1-K17, K27-K38
Fabaceae	<i>Lathyrus cicera</i> L. ALY 1044	Şokıl (K), Bakille (A), Şokkille (S)	Çolban	Meyvesi ve tohumları çiğ olarak tüketilir.	Meyve, Tohum	K1-K66

Fagaceae	<i>Quercus brantii</i> Lindl ALY 1045	Dara berru (K), Beru (K), Ballot (A), Balutê (S)	Kara meşe	Meyve ve tohumları çiğ olarak tüketilir. Kış aylarında meyveleri sobanın üzerine konularak közlenir ve kestane gibi yenilir.	Meyve, Tohum	K1-K66
Iridaceae	<i>Crocus cancellatus</i> Herb. subsp. <i>damascenus</i> (Herb.) B.Mathew ALY 1020	Pivok(K)Hılhl eye(A)	Pivok	Yeraltındaki yumruları soyularak çiğ tüketilir.	Yumru	K1-K38,
Juglandaceae	<i>Juglans regia</i> L. ALY 1046	Guz (K), Cevz (A), Gevzê (S)	Ceviz	Meyve ve tohumları çerez olarak yenilir. Tatlı, yemek ve salatalarda kullanılır. Özellikle üzüm şırası ile birlikte cevizli sucuk elde edilir.	Meyve, Tohum	K1-K66
Lamiaceae	<i>Mentha longifolia</i> (L.) L. subsp. <i>typhoides</i> (Briq.) Harley ALY 1037	Pung(K) Nıhne(A) Numıbo(S)	Derenanesi	Taze yaprakları kısır, ve bulgur köfteleriyle birlikte çiğ olarak tüketilir. Taze yapraklar suda haşlanarak, sumak, et, nohut, salça ve baharatlar da eklenerek “ekşili yahnisi” de yapılır.	Taze yapraklar	K1-K66
Lamiaceae	<i>Thymbra spicata</i> L. subsp. <i>spicata</i> ALY 1039	Cahhter (K), Zahteré (A)	Zahter	Bahar aylarında toplanarak kurutulur. Yemeklere lezzet vermek için baharat olarak kullanılır. Ayrıca çay şeklinde demlenerek içilir.	Toprak üstü kısımları	K1- K317, K24- K26
Malvaceae	<i>Malva neglecta</i> Wallr ALY 1024	Tolık (K), Ğıbbes (A) Tolké(S)	Ebe Gümeci	Yapraklar doğranıp ıspanak gibi kavrulur, yumurta kırılarak yenir. Bulgur pilavına katılarak da yenir	Yaprak	K1-K66
Moraceae	<i>Ficus carica</i> L. subsp. <i>carica</i> ALY 1047	Hejir (K), Tin (A), Têno (S)	İncir	Meyvesinden reçel yapılır, çerez olarak veya taze iken yenilir.	Meyve	K1-K66

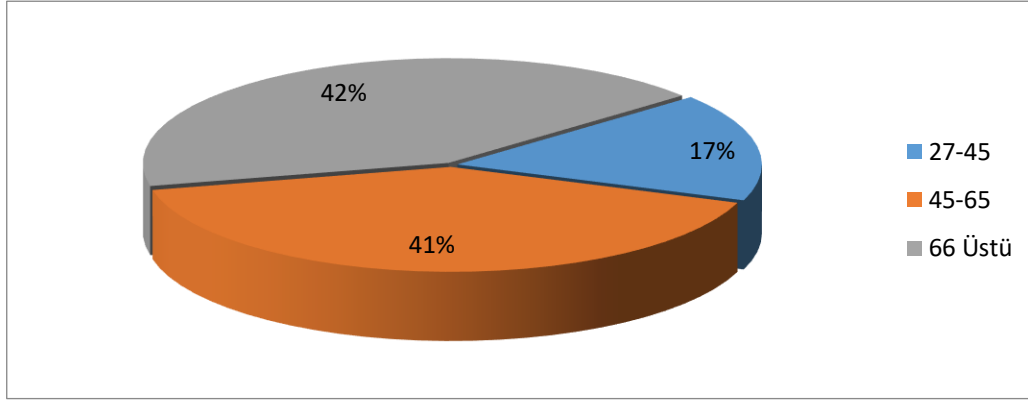
Moraceae	<i>Morus nigra</i> L. ALY 1025	Tu Şemi (K) Tut hamıs(A) Tutso Humso(S)	Karadut	Çiğ olarak, kurutulularak ve reçeli yapılarak tüketilir. Pekmezi de yapılır. Baharda taze dut yapraklarından sarma yapılır.	Meyve, Yaprak	K1-K66
Moraceae	<i>Morus alba</i> L. ALY 1026	Tu Spi(K) Tut ebyed(A) Tutso(S)	Beyaz Dut	Çiğ olarak, kurutulularak ve reçeli yapılarak tüketilir. Pekmezi de yapılır. Baharda taze dut yapraklarından sarma yapılır.	Meyve, Yaprak	K1-K66
Oleaceae	<i>Olea europaea</i> L. subsp. <i>europaea</i> . ALY 1050	Zeytin (K), Zeytune (A), Zaytün (A), Zeytā (S)	Zeytin	Yaprakları çay şeklinde demlenerek içilir. Meyveleri salamura edilerek sofralık olarak kullanılır. Ayrıca, meyvelerin sıkılmasıyla yağ elde edilir.	Meyve, Yaprak	K1-K66
Papaveraceae	<i>Papaver rhoeas</i> L. ALY 1027	Küliké Erebo(K) Ceybuğuten(A) , Şuşané(S)	Gelincik	Taze yaprakları toplanır, doğranır, kendi suyunda haşlandıktan sonra yağda soğan ile kavurulur. Baharatlar ve kırmızı pul biber eklenerek yenir. İsteğe göre kavrulurken üzerine yumurta da kırılabilir.	Yaprak	K1- K38
Polygonaceae	<i>Rumex tuberosus</i> L. subsp. <i>tuberosus</i> ALY 1029	Tırşuké Kevé (K),Hımmayda (A) Hıwloye (S)	Kuzukırdağı	Yapraklarından sarma yapılır. Yaprakları çiğ olarak yemeklerin yanında veya salataya doğranarak yenir. Çorba için yaprakları doğranır, soğan ile birlikte pişirilir.	Yaprak	K1- K38
Polygonaceae	<i>Rumex pulcher</i> L. subsp. <i>rullini</i> (Boiss.) Rech.f. ALY 1030	Sabun-É Qıjaké (K) Hımmayda(AH) ılewloyé(S)	Akkufelik	Yapraklarından sarma yapılır. Yaprakları çiğ olarak yemeklerin yanında veya salataya doğranarak yenir. Çorba için yaprakları doğranır, soğan ile birlikte pişirilir.	Taze yapraklar	K1-- K38
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L. ALY 1028	Perpar(K) Pırparé(A) Kişbni(S)	Semizotu	Semizotu ayıklanır, temizlenip, doğranır. Bir tencerede kendi suyunda haşlanır. Haşlanan yapraklar süzülür. Ayrı bir tencerede küçük doğranan soğanlar yağda pembeleşinceye kadar kavurulur. Sonra haşlanmış ve süzölmüş olan semizotu eklenir. Üç-dört dakika daha kavrulmaya devam edilir. Ayrı bir tavada kavruan yumurtalar eklenerek servis edilir. Semizotu salatası veya cacığı da yapılır.	Toprak üstü kısmıları	K1-K66

Rosaceae	<i>Amygdalus communis</i> L. ALY 1031	Bıf,Beif (K) Fırke (A) Luğze (S)	Badem	Baharda çiğ yenir. Ayrıca, etli, salçalı sulu yemeği yapılır. Olgunlaşınca da kuru yemiş olarak tüketilir ve badem şekeri olarak satılır.	Meyve	K1-K66
Rosaceae	<i>Rosa canina</i> L. ALY 1048	Gulşilav (K), Verdenif (A)	Kuşburnu	Taze veya kuru çay olarak demlenip içilmektedir. Ayrıca, marmelatı yapılmaktadır.	Meyve	K1- K17,K59 -K66
Rosaceae	<i>Cerasus microcarpa</i> Boiss. ALY 1032	Bılaluk (K) Karasya (A)	Yaban Kirazı	Meyveler çiğ yenir.	Meyve	K1- K17,K24 -K38, K58-K66
Rosaceae	<i>Cerasus mahaleb</i> Boiss. ALY 1033	Kennér (K) Mehleb (A) Mehlebé (S)	Mahlep	Meyvelerin çekirdekleri kurutulup öğütülür ve yöresel çöreklerde ile unlu mamullerinde kullanılır. Meyveleri kurutulup günde bir kaşık kadar çiğneyerek tüketilir.	Meyve	K1-K66
Rosaceae	<i>Crataegus azarolus</i> L. ALY 1004	Gühij (K) İzeran (A) İzrolé (S)	Müzmüldek	Sonbaharda olgunlaşan meyveler çiğ yenir.	Meyve	K1-K66
Solanaecae	<i>Lycium depressum</i> Stocks ALY 1018	Hat (K)	Eğritekedikeni	Baharda taze yaprakları bulgur pilavına katılarak pilav yapılır. Hem pilava lezzet katar, hem de yeşil renginden dolayı pilavın rengini güzel yapar.	Yaprak	K1-K17
Urticaceae	<i>Urtica dioica</i> L. ALY 1002	Gezgezk (K) Héşişil Heyye (A) Herméke (S)	Isırgan	Toplanan taze yapraklar yıkanıp doğranır ve kendi suyunda haşlanır. Haşlandıktan sonra suyu süzülür. Bir tencerede doğranmış soğanlar yağda kavrulurken üzerine haşlanmış ve doğranmış bitkiyi ilave edilip kavrulur. Kurutulmuş yaprakları çay gibi demlenerek çayı içilir.		K1 -K66
Vitaceae	<i>Vitis vinifera</i> L. ALY 1049	Tri (K), İnib (A), İnbê (S)	Asma	Meyvesi hem taze olarak hem de kurularak tüketilir. Ayrıca, pekmez, pestil ve cevizli sucuk yapılır. Yapraklarından sarma yapılır. Ayrıca sirke yapımında kullanılır.	Meyve, Yaprak	K1 -K66

4. Sonuç ve Tartışma

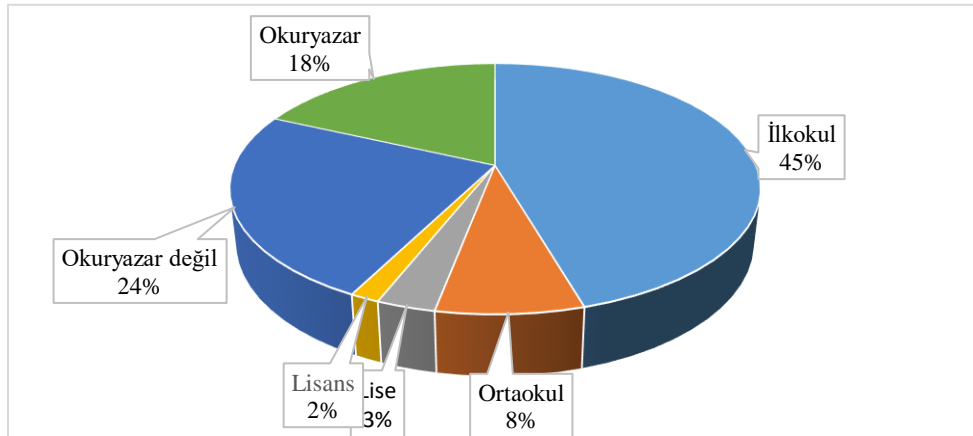
Bu araştırma, Mardin iline bağlı 4 ilçe ve 11 mahallede yapılmıştır. Yabani gıda bitkilerinin yerel isimleri ile kullanım amaçlarını ve kullanım şekillerini belirlemek amacıyla 66 kaynak kişi ile görüşmeler yapılmıştır.

Kaynak kişilerin 27'si kadın 39 tanesi erkektir. Görüşülen kişiler 27-90 yaş arası olup genellikle 40 yaşın üzerinde olan bireylerden oluşmaktadır. Araştırma alanındaki kaynak kişiler; 27-45, 46-64, 65 üstü olarak gruplandırılmıştır (Şekil 2).



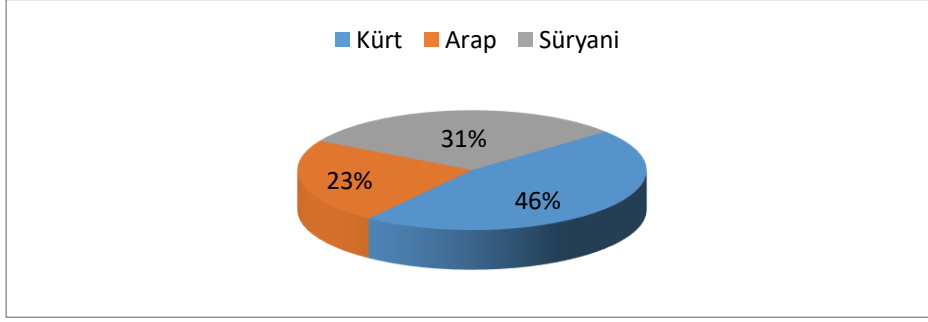
Şekil 2. Kaynak kişilerin yaş dağılımı

Erkekler daha çok bitkileri tanıma, isimlerini söyleme ve yapılan yemeğin lezzeti konusunda bilgi paylaşmışlardır. Kaynak kişilerin eğitim durumları okuryazar olmayan, okuryazar, ilkokul, ortaokul, lise ve üniversite (Lisans) olarak ayrılmıştır (Şekil 3).

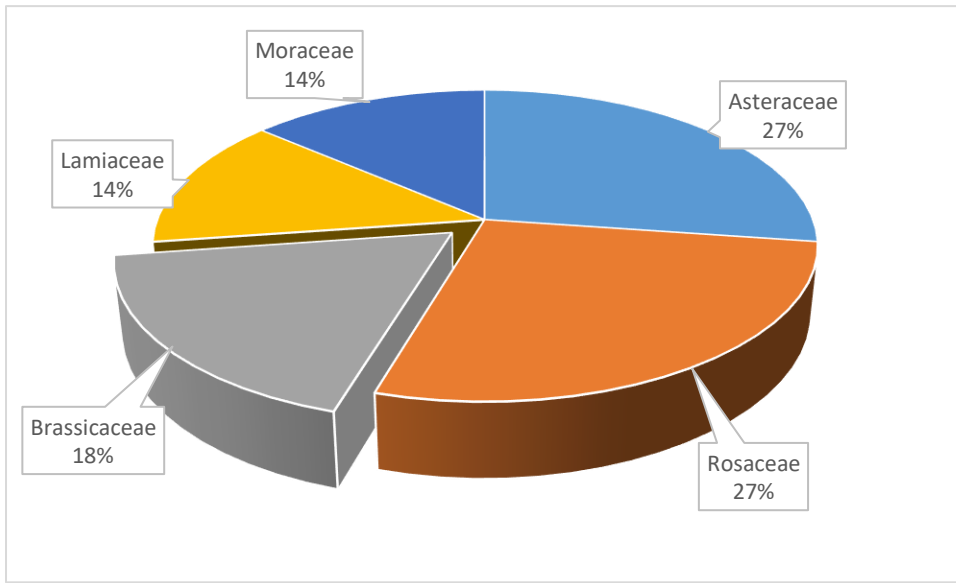


Şekil 3. Kaynak kişilerin eğitim durumu

Araştırma alanında kaynak kişiler farklı etnik gruplardan oluşmaktadır. Buna göre; 30'u Kürt, 20'si Süryani ve 15'i de Arap kökenlidir (Şekil 4).

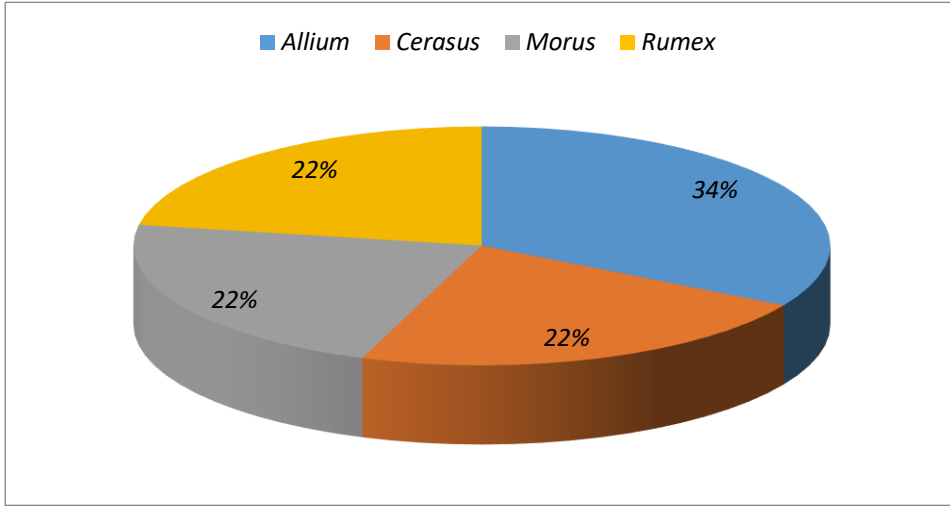


Şekil 4. Kaynak kişilerin etnik dağılımı
 Alandan belirlenen en fazla taksona sahip familyaların dağılımı ise; Asteraceae (%27; 6 takson), Rosaceae (%27; 6 takson), Brassicaceae (%18; 4 takson), Lamiaceae (%14, 3 takson), Moraceae (%14; 3 takson)'dır (Şekil 5).



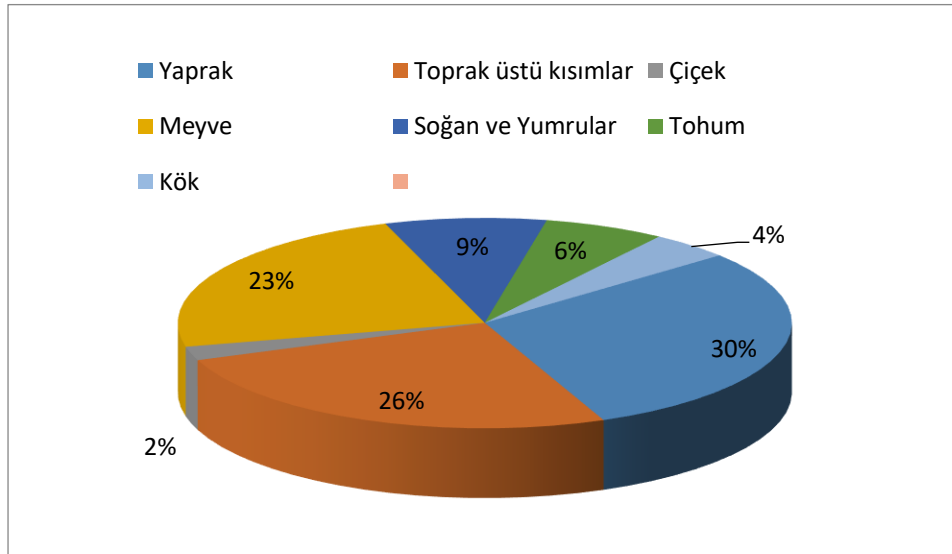
Şekil 5. Alanda tespit edilen en fazla taksona sahip familyalar

Alanda belirlenen en fazla taksona sahip cinsler ise; *Allium* (%34; 3 takson), *Cerasus* (%22; 2 takson), *Morus* (%22; 2 takson), *Rumex* (%22; 2 takson)'dır (Şekil 6).



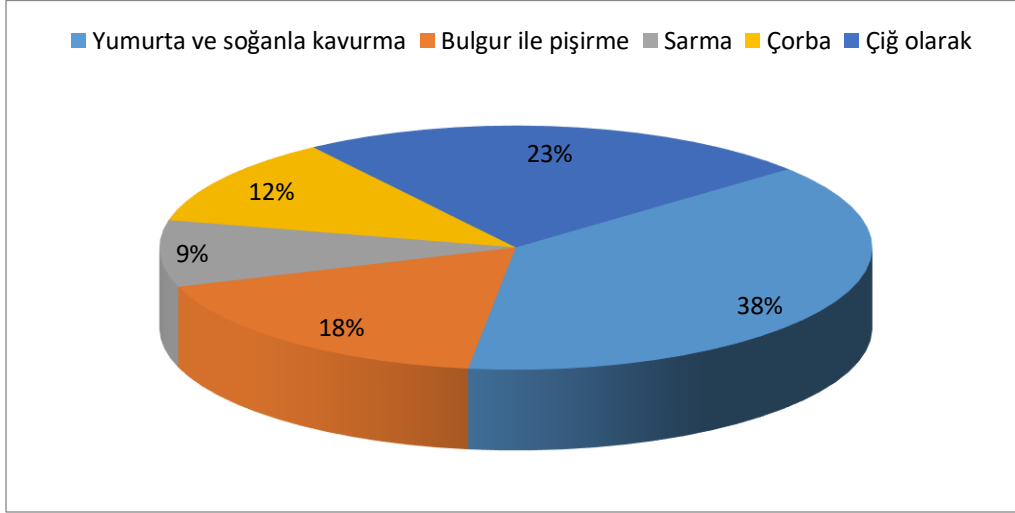
Şekil 6. Alanda en fazla takson içeren cinsler

Alanda belirlenerek kayıt altına alınan bitkilerin kullanımı konusunda kaynak kişilerin verdiği bilgiler; 14 bitkinin sadece yaprakları, 12 bitkinin topraküstü kısımları, 1 bitkinin çiçekleri, 11 bitkinin meyveleri, 4 bitkinin soğan ve yumruları, 3 bitkinin tohumları ve 2 bitkinin de köklerinden faydalandığı tespit edilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Bitkilerin kullanılan kısımları

Alandan tespit edilen bitkilerin farklı kullanımı ise şöyledir: 26 bitki yumurta ve soğanla kavurulduğu, 12 bitkinin bulgur içinde pişirildiği, 6 bitkinin yapraklarından sarma yapıldığı, 8 bitkinin çorbalarda kullanıldığı, 16 bitkinin de çiğ olarak tüketildiği tespit edilmiştir (Şekil 8). Gıda amaçlı kullanılan bitkilerin en çok meyve ve yaprak kısımlarıdır.



Şekil 8. Bitkilerin kullanım şekilleri

Çalışmamızın farklı araştırmalarla karşılaştırılması Tablo 3’te verilmiştir. Çalışmamızın sonuçları önceki araştırmalarla paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma alanımıza en yakın araştırma olan Yeşilli ilçesinde 74 taksonun yabani gıda bitkisi olarak kullanıldığı (Yeşil ve ark. (2019), Yeşil ve İnal (2019) tarafından Batman’da yapılan çalışmada ise 86 taksonun gıda bitkisi olarak kullanıldığı görülmüştür. Aladı ve ark. (2022) tarafından Edremit Körfezi (Balıkesir) civarında yapılan araştırmada 56 taksonun etnobotanik ve gastronomi açısından değerleri ortaya konulmuştur. Çalışma alanımızda bitkilerin etnik gruplar açısından; baharat kullanımı, yoğurt ekleme, sumak ekşisi ekleme vb. farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3. Farklı çalışmalarla karşılaştırma

Çalışmanın adı	Familya sayısı	Cins sayısı	Takson sayısı
Bu çalışma	26	46	50
Yeşil ve ark. (2019).	31	57	74
Demir ve Ayaz (2022)	34	92	117
Aladı ve ark. (2022)	21	45	56

Bu çalışmada, özellikle bazı bitkilerin farklı etnik gruplardaki yöresel isimleri ilk kez ortaya konulmuştur. Örneğin Bakıthillo (*Capsella bursa-pastoris*), Strizerg (*Centaurea hyalolepis*) ve sabuneqıjaké (*Rumex pulcher*)’dır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Teşekkür

Çalışmalarımıza katkı sunan Maruf Balos'a, Cahit Çeçen'e, Hacire Yılmaz'a ve Mehmet Aslan'a, bilgilerinden yararlandığımız yöre halkına ve maddi destek sunan HÜBAK (Proje no: 22074)'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Ahunbay M. Taşın Belleği Mardin. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları; 2005.
- Aksoy M., Sezgi G. Gastronomi turizmi ve Güneydoğu Anadolu bölgesi gastronomik unsurları. *Journal of Gastronomy Studies* 2015; 3(3):79-89.
- Aladı Hİ., Satıl F., Selvi S. Yenilebilir doğal bitkilerin etnobotanik ve gastronomik açıdan değerlendirilmesi: Edremit Körfezi (Balıkesir) örneği. *Journal of the Institute of Science and Technology* 2022; 12 (3):1375-1385.
- Anonim. <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/mardin/mardin-288/>(Erişim tarihi:15.12.2021); 2020.
- Ardıç Yetiş, Ş. Kapadokya yemek kültürü ve Mustafapaşa beldesi (Sinassos) örneği. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies* 2015; 2(3): 12-19.
- Aydın A. Mardin ilinde tarım sektörünün potansiyeli ve geleceği: sorun ve fırsatlar. *International Social Sciences Studies Journal* 2019; 5(29):290-296.
- Biricik S. Mardin ve mücavir mıntikasının strüktür ve jeomorfolojisi. *Türk Coğrafya Dergisi* 1974; 22: 121-134.
- Bucak T., Aracı ÜE. Türkiye'de gastronomi turizmi üzerine genel bir değerlendirme. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 2013; 16(30):203-216.
- Cakir EA. Traditional knowledge of wild edible plants of Iğdir Province (East Anatolia, Turkey). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 2017; 86(4): 3568.
- Çam, O., Çılgınoğlu, H. Yöresel mutfakların gastronomi turizmindeki önemi: Kastamonu mutfağı örneği. *Uluslararası Türk Dünyası Turizm Araştırmaları Dergisi* 2021; 6(1): 176-192.
- Çetinkaya N., Yıldız S. Erzurum'un yenilebilir otları ve yemeklerde kullanım şekillerine yönelik bir araştırma. *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi* 2018; 2(1):482-503.
- Dağ Y. Mardin Bir Tarih Hazinesi. Ankara: Gündüz Kitabevi Yayınları; 2007.
- Dalby A., *Siren Feasts: A History of Food And Gastronomy in Greece*, Routledge, 2013.
- Davis PH. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Edinburgh: Edinburgh Univ. Press. 1-9; 1965-1985.
- Davis PH., Mill RR., Tan K. (edlr.) *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Edinburgh: Edinburgh University Press, vol. 10; 1988.
- Demir İ., Ayaz N. Wild edible plants contributing to the traditional foods of Mardin (Turkey) province. *Indian Journal of Traditional Knowledge* 2022; 21(3):569-582.
- Doğan A., Tuzlaci, E. Wild edible plants of Pertek (Tunceli-Turkey). *Marmara Pharmaceutical Journal*

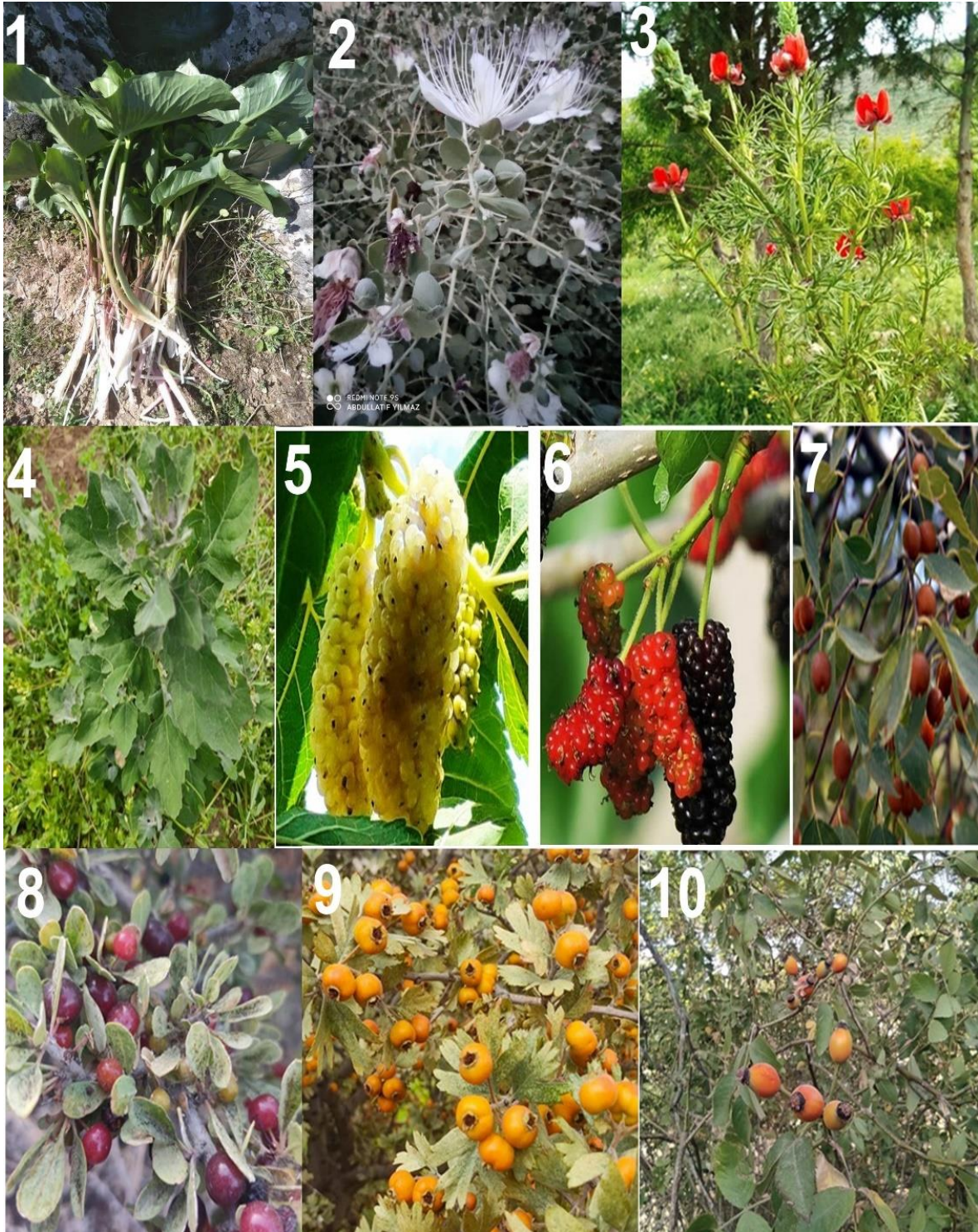
- 2015; 19 (2): 126-135.
- Dogan Y., Baslar S., Ay G., Mert HH. The use of wild edible plants in western and central Anatolia (Turkey). *Economic Botany* 2004; 58(4): 684–690.
- Eksik C., Akan H. A survey on edible plants for human consumption in some mountainous district of Mardin, Turkey. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2023; 23(3): 555-575.
- Ertuğ F. Wild edible plants of the Bodrum area (Muğla, Turkey). *Turkish Journal of Botany* 2004; 28(1):161-174.
- Güner A., Ekim T. *Resimli Türkiye Florası (Illustrated Flora of Turkey), Cilt 1.* Istanbul, Turkey: Ali Nihat Gökyiğit Vakfı. Flora Araştırmaları Derneği ve Türkiye Is Bankası Kültür Yayını; 2014.
- Güner A., Aslan S., Ekim T., Vural M., Babaç MT. *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler).* İstanbul: Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını; 2012.
- Güner A., Kandemir A., Menemen Y., Yıldırım H., Aslan S., Ekşi G., Güner İ. Çimen AÖ (Eds.), *Resimli Türkiye Florası cilt 2.* ANG Vakfı Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları; 2018.
- İflazoğlu N., Yaman M. Yöresel mutfakların gastronomi turizminde yer alma durumu: Mardin yerel restoran menülerinin incelenmesi. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies* 2020; 8(3): 1943-1957.
- Kadioglu Z., Cukadar K., Kalkan NN. Vurgun H., Kaya O., Wild edible plant species used in the Ağrı province, eastern Turkey. In *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 2020; 77 (2): e098-e098.
- Karaca OB., Yıldırım O., Çakıcı C. Gastronomi turizminde otlar, ot yemekleri ve sağlıkla ilişkisi üzerine bir değerlendirme. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies* 2015; 3(3): 27-42
- Küçükkömürler S., Şırvan, NB., Sezgin, AC. Dünyada ve Türkiye’de gastronomi turizmi. *Uluslararası Turizm Ekonomi ve İşletme Bilimleri Dergisi* 2018; 2(2): 78-85.
- Mükemre M., Behçet L., Çakılcıoğlu U. Survey of wild food plants for human consumption in villages of Çatak (Van-Turkey). *Indian Journal of Traditional Knowledge* 2016; 15(2): 183-191.
- Nohutçu L., Tunçtürk M., Tunçtürk R. Yabani bitkiler ve sürdürülebilirlik. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2019; 24(2): 142-151.
- Odabaşı T., Boydak M. Güneydoğu Anadolu Projesi'nde (GAP) ormancılığın yeri ve katkıları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 1984; 4 (3): 33-48.
- Özdemir G., Altınar, DD. Gastronomi kavramları ve gastronomi turizmi üzerine bir inceleme. *Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 2019; 12(1): 1-14.
- Şenkardeş İ., Tuzlacı E. Wild edible plants of southern part of Nevşehir in Turkey. *Marmara Pharmaceutical Journal* 2016; 20(1): 34-43.
- Urhan Y., Ege MA., Öztürk B., Elgin Cebe G. Türkiye gıda bitkileri veritabanı. *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi* 2016; 40(2): 43-57.
- Yeşil Y., Çelik M., Yılmaz B. Wild edible plants in Yeşilli (Mardin-Turkey), A multicultural area. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 2019;. 15(1): 1-19.

Yeşil Y., İnal İ. Traditional knowledge of wild edible plants in Hasankeyf (Batman province, Turkey). Acta Societatis Botanicorum Poloniae 2019; 88(3): 3633.

Ekler

Ek 1. Etnobotanik bilgi formu

Bitkinin Bilimsel Adı		Toplayıcı No:
Bitkinin Türkçe Adı		
Bitkinin Yöresel adı		
Kullanılan kısım		
Kullanım Amacı		
Kullanım Şekli		
Bitkinin Toplandığı Dönem		
Yapıldığı, Kullanıldığı Yemekler		
Kaynak kişinin Eğitim Durumu ve Mesleği		
Kaynak kişinin Etnik Kökeni		
Kaynak kişinin Adı, Soyadı, yaşı		



Ek 2: 1) *Arum rupicola* 2. *Capparis sicula* 3. *Papaver rhoeas* 4. *Chenopodium album* 5. *Morus alba* 6. *Morus nigra* 7. *Celtis tournefortii* 8. *Crataegus azarolus* 9. *Cerasus microcarpa* 10. *Rosa canina*



Ek 3: 1. *Gundelia mezopotamica* 2. *Gundelia mezopotamica*'nin etli yemeği 3. *Gundelia mezopotamica*'nin yumurta ile kızartılarak yapılmış yemeği 4. *Lycium depressum*'un temizlenmiş hali 5. *Lycium depressum*'un doğranmış hali 6-7 *Lycium depressum*'un bulgur pilavı ile pişirilmiş hali 8. *Mentha longifolia* 9. *Rumex pulcher* ile yapılan yemek 10. *Mentha longifolia* subsp. *typhoides* ile yapılmış nohutlu etli yemeği 11. *Chenopodium album* yemeği 12. *Tragopogon porrifolius* bitkisinin yapılan yemek 13. *Amygdalus communis* yemeği 14. *Portulaca oleracea* kavurması 15. *Centaurea hyalolepis* kavurması 16. *Arum rupicola* 17. *Arum rupicola* bitkisinin temizlenmesi ve yıkanması 18. *Arum rupicola* doğranmış hali 19. *Arum rupicola* bitkisinin pişirilmiş hali 20. *Anchusa azurea* 21-23 *Anchusa azurea* bitkisinin gözleme yapılmış hali

Yarı Küresel Burunlu Torpido Benzeri Geometri Etrafındaki Akışın POD Analizi

Ömer KENAN¹, Bülent YANIKTEPE^{2*}, Ertugrul SEKEROGLU³, Muammer OZGOREN⁴, Ezgi AKBUDAK⁵, Tahir DURHASAN⁶, Alpaslan KILAVUZ⁷, Besir SAHİN⁸, Huseyin AKILLI⁹, Levent Ali KAVURMACIOGLU¹⁰

^{1,2,3,5}Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 80000, Osmaniye

⁴Necmettin Erbakan Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Mühendisliği Bölümü, 42000, Konya

⁶Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü, 01000, Adana

^{7,9}Adana Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 01000, Adana

⁸İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 34000, İstanbul

¹⁰İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 34000, İstanbul

¹<https://orcid.org/0000-0002-3919-6923>

²<https://orcid.org/0000-0001-8958-4687>

³<https://orcid.org/0000-0002-6592-3872>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-9088-5679>

⁵<https://orcid.org/0000-0002-7766-8303>

⁶<https://orcid.org/0000-0001-5212-9170>

⁷<https://orcid.org/0000-0002-5180-3837>

⁸<https://orcid.org/0000-0003-0671-0890>

⁹<https://orcid.org/0000-0002-5342-7046>

¹⁰<https://orcid.org/0000-0002-9981-8034>

*Sorumlu yazar: byaniktepe@osmaniye.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 04.10.2023

Kabul tarihi: 17.11.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

PIV

POD

Yarı küresel burun

Torpido benzeri geometri

Türbülanslı akış

Girdaplı akış

ÖZ

Geçtiğimiz on yılda geniş bir uygulama yelpazesine sahip su altı araçlarına ilgi artmıştır. Bu çalışmada, Myring profiline sahip ortak, torpido benzeri bir geometri etrafındaki akış özellikleri, Parçacık Görüntüleme Hız Ölçme (PIV) verilerinin Uygun Orthogonal Ayırıştırma (POD) analizi kullanılarak geometri boyuna göre tanımlanan Reynolds sayısının $Re = 20000$ değerinde incelenmiştir. Bu çalışmada PIV ve Uygun Orthogonal Ayırıştırma (POD) analizleri sonucunda; anlık akım çizgisi topolojisi Ψ , anlık girdap $\omega L/U_\infty$ konturları, anlık akış yönünde hız bileşeni u/U_∞ grafikleri, çapraz akış yönünde hız bileşeni v/U_∞ grafikleri, anlık girdap $\omega L/U_\infty$ grafikleri, akış yönüne dik, anlık girdap grafikler ve zaman ortalamalı TKE grafikleri değerlendirildi ve karşılaştırıldı. Aynı zamanda PIV analizi sonucunda zaman ortalamalı akım çizgisi topolojisi $\langle \Psi \rangle$ ve Zaman ortalamalı girdap $\langle \omega L/U_\infty \rangle$ kontur değerleri verilmiştir. POD yöntemini kullanarak elde ettiğimiz akış özelliklerini PIV sonuçlarıyla karşılaştırdığımızda POD verilerinin genel olarak PIV sonuçlarına oldukça benzer olmasına rağmen POD analiz sonuçlarının daha düzgün bir yapıya sahip olduğu ve girdap türbülansının daha az olduğu belirlendi.

POD Analysis of Flow around Torpedo-Like Geometry with a Hemispherical Nose

Research Article

Article History:

Received: 04.10.2023

Accepted: 17.11.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

PIV

POD

Hemispherical nose

ABSTRACT

There has been an increased interest in underwater vehicles for a wide range of applications over the past decade. In the current study, flow characteristics around a common, torpedo-like geometry with a Myring profile were investigated at a length-based Reynolds number of $Re = 20000$ using the Proper Orthogonal Decomposition (POD) analysis of Particle Image Velocimetry (PIV) data. As a result of PIV and Proper Orthogonal Decomposition (POD) analyzes in this study; instantaneous streamline topology Ψ , instantaneous vorticity $\omega L/U_\infty$ contours,

Torpedo-like geometry
Turbulent-flow
Vortical flow

instantaneous streamwise velocity component u/U_∞ graphs, cross-streamwise velocity component v/U_∞ graphs, instantaneous vorticity $\omega L/U_\infty$ graphs, perpendicular to the flow direction, instantaneous vortex graphs and time-averaged TKE graphs were evaluated and compared. At the same time, as a result of PIV analysis, time-average streamline topology $\langle \Psi \rangle$ and Time-averaged vorticity $\langle \omega L/U_\infty \rangle$ contours values are given. When the flow characteristics were compared by using the obtained POD method of the PIV results, it was determined that although the POD data were generally quite similar to the PIV results, the POD analysis results had a more uniform flow structure and vortex turbulence was lessened.

To Cite: Kenan Ö., Yanıktepe B., Sekeroglu E., Ozgoren M., Akbudak E., Durhasan T., Kılavuz A., Sahin B., Akıllı H., Kavurmacıoğlu LA. POD Analysis of Flow around Torpedo-Like Geometry with a Hemispherical Nose. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(Ek Sayı): 555-566.

1. Introduction

Flow structures surrounding an unmanned underwater vehicle (UUV) remain appealing topics for academics, as the usage of UUV in fields such as search-and-rescue, exploration, and defence has increased in recent years due to their multitasking capability. UUVs can be designed for specific tasks, however the majority of them feature a cylindrical hull with converging sterns, mainly based from Myring's (1976) profiles created for high efficiency military underwater vehicles like submarines and torpedoes. In general, streamlined elliptical noses are preferred in high velocity and surface layer applications; meanwhile, deep-water underwater vehicles utilize hemi-spherical or slender ellipsoids (Desa et al. 2006). The majority of the unmanned underwater vehicle research, is optimization studies in uniform flow conditions in terms of nose and stern geometries and hull length ratios (Evans and Nohan, 2004; Tyagi and Sen, 2006; Jagadeesh et al. 2009; Dantas and Barros, 2013). The maneuverability of the underwater vehicles in uniform flow is often studied for large pitching angles of attack in order to provide useful data for gliders, water to surface, and surface to water torpedoes. Lower angles of attack studies (de Barros et al., 2008; Yagmur, 2016), on the other hand, are often used in combined yawing angles of attacks studies as well as in self-adjusting route of autonomous underwater vehicles (AUVs). Experimental investigations of a torpedo-like geometries for different angles of attack and submersion ratios were performed by Kılavuz et al. (2022a, 2022b and 2022c) and Sarıgüzel et al. (2022). They emphasized that free-surface has a dominant effect when the submersion ratio is less than a diameter of the geometry and the elliptical noses provide a better performance near the surface. The investigation of flow characteristics, particularly the vortex structures in turbulent wakes is essential in both the cruising flow optimization and maneuverability studies.

Proper Orthogonal Decomposition (POD), first introduced in turbulence studies by Lumley (1967), is an effective method for identifying features in turbulent flow (Berkooz et al. 1993). POD extracts the coherent structures from the experimental data then provides modes in order of their contribution to the energy of the flow with "mode 1" being the largest contributor. While there are various methods to obtain the modes, this study uses the snapshot POD method introduced by Sirovich (1987) which has been commonly used by many researchers (Noack et al., 2010; Wei et al., 2016; Durhasan 2020). POD analysis has been used as a powerful postprocessing tool to identify dominant coherent flow patterns and to construct reduced order flow models that capture the largest amount of energy with the smallest

number of modes. When the flow is dominated by large-scale convective structures, as is the case in the vortex shedding studied, POD modes are found to occur in pairs that represent the orthogonal components of the harmonics of the vortex-shedding process as stated by Yang et al. (2021). Researchers studied the flow characteristics of torpedoes under uniform flow conditions (Kenan et al., 2022a; Kenan et al., 2022c; Kenan et al., 2023; Akbudak et al., 2022a, Akbudak et al. 2022b).

In the current study, snapshot POD method was employed to the experimental PIV data at $Re=20000$ in order to reveal coherent flow structure around the around the torpedo-like geometry under uniform flow conditions. The obtained flow characteristics from POD analysis such as the instantaneous velocity and vortical structure fields, streamlines and the time-averaged turbulent kinetic energy (TKE) taken at vertical rakes were compared to the PIV data. The chosen hemispherical nose was found to be well suited for deep water applications, and the presented findings can be utilized to verify the numerical setup by presenting high energy spots within the wake to focus on.

2. Material and Methods

The profile of the used underwater vehicle along with Myring equations is provided in Figure 1. The nose, hull, and stern lengths of the model are $L_N = 20$ mm, $L_H = 100$ mm and $L_S = 80$ mm, respectively while it has a diameter of $D = 40$ mm. The nose section is simply a hemisphere and the stern profile is given in Equation 6, where the angular parameter of the stern, θ , was taken as $\theta \cong 30^\circ$.

$$r_S(x) = \frac{1}{2}D - \left[\frac{3D}{2L_S^2} - \frac{\tan\theta}{L_S} \right] (x - L_N - L_H)^2 + \left[\frac{D}{L_S^3} - \frac{\tan\theta}{L_S^2} \right] (x - L_N - L_H)^3 \quad (6)$$

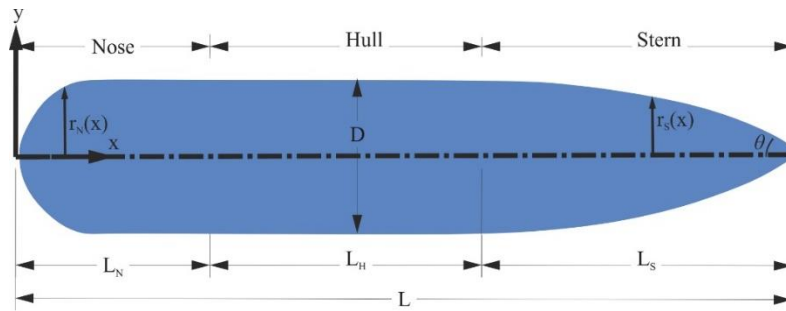


Figure 1. Parameters of the Myring profile showed on the used underwater vehicle geometry.

The Particle Image Velocimetry (PIV) technique provides quantitative data on the flow features. PIV measurements were carried out in the Advanced Fluid Mechanics PIV laboratory of Osmaniye Korkut Ata University using a 1000×800 mm² rectangular cross-sectioned closed-loop water channel. The water height in the channel was kept at 800 mm. A Dantec PIV system consisting of a 532 nm Nd:YAG laser source, CCD camera, and a synchronizer was used to acquire a total of 1000 double-framed images in 15 Hz frequency. The time interval between the frames was taken as approximately 8 ms. The velocity field of 7326 (99×74) vectors was obtained from the cross-correlating movement of the

illuminated 10 μm suspended seed particles between the frames of a single image. 32×32 pixel interrogation windows were using the cross-correlation algorithm with a 50% overlap. The schematic of the experimental setup and considered field of views (FoVs) are provided in Figure 2. The magnitude of uncertainty was found to be less than 2% considering the non-homogeneous seeding particle distribution, out of plane motion and noise, (Westerweel 1994; Ozgoren 2006), and more detailed information was cited therein.

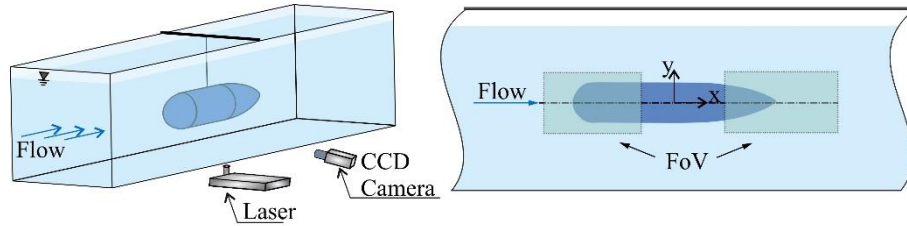


Figure 2. Sketch of experimental setup

Proper Orthogonal Decomposition is a powerful method for system description that aims to obtain low-dimensional approximate descriptions for multidimensional systems. POD provides a basis for modal decomposition of a system of functions, as do data obtained through experiments. It provides an efficient way to capture the dominant components of a multidimensional system and represent it with a desired precision using a relevant set of modes, thus reducing the degree of the system. POD consists of two parts that take a “snapshot” of a data sequence and then “mirror” the data through various modes (Anonymous, 2016).

The basic principles of the POD were briefly provided by Wang et al. (2014) as follows; first, the mean velocity field is removed from instantaneous snapshots. Equations 1-5 on the fluctuating velocity components, $u = (u, v)$ where u and v are the fluctuating velocities. Fluctuating velocity components from N snapshots are then arranged in a matrix U as $U = [u^1 u^2 \dots u^N]$. Then, an autocovariance matrix, C , is created as $C = U^T$ and,

$$\tilde{C}A^i = \lambda^i A^i \quad (1)$$

is solved for the eigenvalue, λ^i . The calculated eigenvalues are then ordered as:

$$\lambda^1 > \lambda^2 > \dots > \lambda^N = 0 \quad (2)$$

where the eigenvalues represent the portion of the total energy for each mode. The normalized POD models, φ^i , are constructed from the projection of the eigenvectors, A^i as:

$$\varphi^i = \frac{\sum_1^N A_n^i u^n}{\|\sum_1^N A_n^i u^n\|}, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

where the notation $\|\cdot\|$ is defined as

$$\|y\| = \sqrt{y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_M^2} \quad (4)$$

Each instantaneous velocity field is then expanded into a series of the POD modes with expansion coefficients (POD coefficients), a_i , for each mode. The POD coefficients are determined by projecting the fluctuating part of the velocity field onto the POD mode as i.e., $a^n = \psi^T u^n$ where $\psi = [\varphi^1, \varphi^2 \dots \varphi^N]$. The expansion of the fluctuation part of an instantaneous field is then calculated from:

$$u^n = \sum_{i=1}^N a_i^n \varphi^i \quad (5)$$

The procedures of the snapshot POD method were outlined by Meyer et al. (2007) and Yin et al. (2019). In this study, the POD analysis has been performed by using the Dynamic Studio software of the Dantec Dynamics company (Anonymous, 2016).

3. Results and Discussion

Time-averaged streamline topology $\langle \Psi \rangle$ for PIV presented in Figure 3. There are two foci points and one saddle point in the wake region. These points F_1 ; $x/D = 2.51$, $y/D = 0.23$, F_2 ; $x/D = 2.54$, $y/D = -0.23$ and S ; $x/D = 2.9$, $y/D \cong 0$ are in position. In other words, it is seen that a symmetrical structure is formed according to the center line. Both foci points are located within separation bubbles, and the vortex shedding seems to be alternating between the upper and lower shear layers in a regular manner to create a symmetric time-averaged streamline topology. Time-average vorticity $\langle \omega L/U_\infty \rangle$ contours for PIV presented in Figure 4. It has been observed that the torpedo-like geometry extends downstream in the wake region of the lower and upper shear layers. It was observed that positive and negative contours were formed and a symmetrical structure was formed.

Instantaneous streamline topology Ψ for PIV and POD presented in Figure 5. As a result of PIV analysis, there are 4 foci points and 3 saddle points. These points F_1 ; $x/D = 2.42$, $y/D = 0.29$, F_2 ; $x/D = 2.31$, $y/D = -0.29$, F_3 ; $x/D = 2.48$, $y/D = 0.10$, F_4 ; $x/D = 3.09$, $y/D = -0.04$, S_1 ; $x/D = 2.67$, $y/D = 0.29$, S_2 ; $x/D = 2.31$, $y/D = -0.29$ and S_3 ; $x/D = 2.48$, $y/D = 0.10$ are in position. As a result of POD analysis, there are 4 foci points and 2 saddle points. F_1 ; $x/D = 2.29$, $y/D = 0.29$, F_2 ; $x/D = 2.27$, $y/D = -0.27$, F_3 ; $x/D = 2.61$, $y/D = -0.13$, F_4 ; $x/D = 3.12$, $y/D = -0.06$, S_1 ; $x/D = 2.62$, $y/D = -0.22$ and S_2 ; $x/D = 3.00$, $y/D = 0.06$ are in position. Instantaneous vorticity $\omega L/U_\infty$ contours for PIV and POD presented in Figure 6. While it was

observed that more turbulent vorticity structures were formed as a result of PIV analysis, it was observed that smoother vorticity structures were formed as a result of POD analysis.

Figures 8 and 9 give a presentation of the vertical rakes to show the distributions of the pointwise variations of the instantaneous and time-averaged PIV data alongside the POD results which further depict the main structures of the flow. Comparison of instantaneous streamwise velocity component u/U_∞ , cross-streamwise velocity component v/U_∞ and instantaneous vorticity $\omega L/U_\infty$ along the stations shown in Figure 7 for PIV and POD presented in Figure 8. When looking at the instantaneous streamwise velocity component u/U_∞ ; In both cases, it was observed that the reverse flow region occurred at $x/D = 2.5$ and $x/D = 3.0$ stations, but did not occur at $x/D = 3.5$ station. While more turbulent results are obtained for PIV analysis, it can be seen that the POD analysis results form a symmetrical structure. When looking at the instantaneous cross-streamwise velocity component v/U_∞ ; While the PIV analysis result was seen to be more turbulent at the $x/D = 2.5$ station, the POD analysis result was more smooth. At all stations, the maximum and minimum points of the PIV analysis were higher than the POD analysis result. When looking at the instantaneous vorticity $\omega L/U_\infty$; While it was observed that more turbulent vorticity structures were formed as a result of PIV analysis, it was observed that smoother vorticity structures were formed as a result of POD analysis. At the same time, it was observed that as the x/D aperture ratio increased, the min-max vorticity values in the line graphs decreased and turned into an asymmetric structure. In addition, at $x/D=3.5$, it is seen in the dotted line graph that the POD and PIV graphs are quite close in the instantaneous vorticity value. Time-average TKE distributions $\langle TKE/U_\infty^2 \rangle$ across the stations shown in Figure 7 for PIV and POD presented in Figure 9. As a result of PIV analysis, TKE values were higher for all stations. For both PIV and POD analysis results, it is seen that TKE values increase with increasing station distances. When we look at the maximum TKE values at $x/D = 3.5$, it is seen that it is 0.016 for PIV analysis and 0.015 for POD analysis.

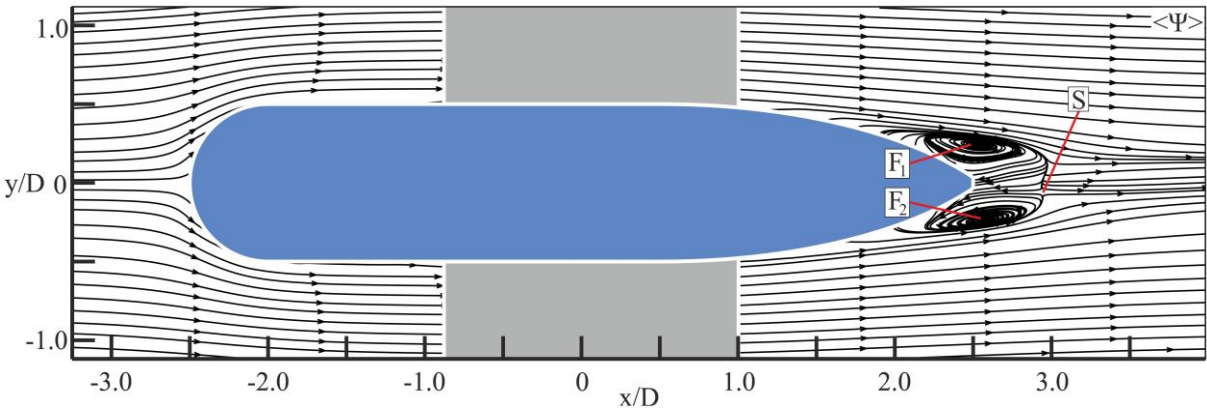


Figure 3. Time-averaged streamline topology $\langle \Psi \rangle$ for PIV

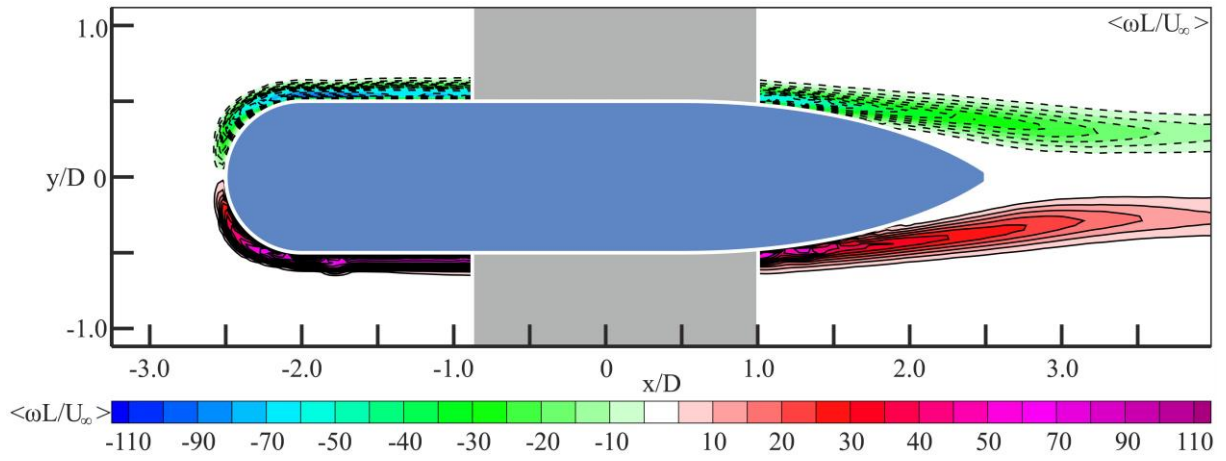


Figure 4. Time-averaged vorticity $\langle \omega L/U_\infty \rangle$ contours for PIV

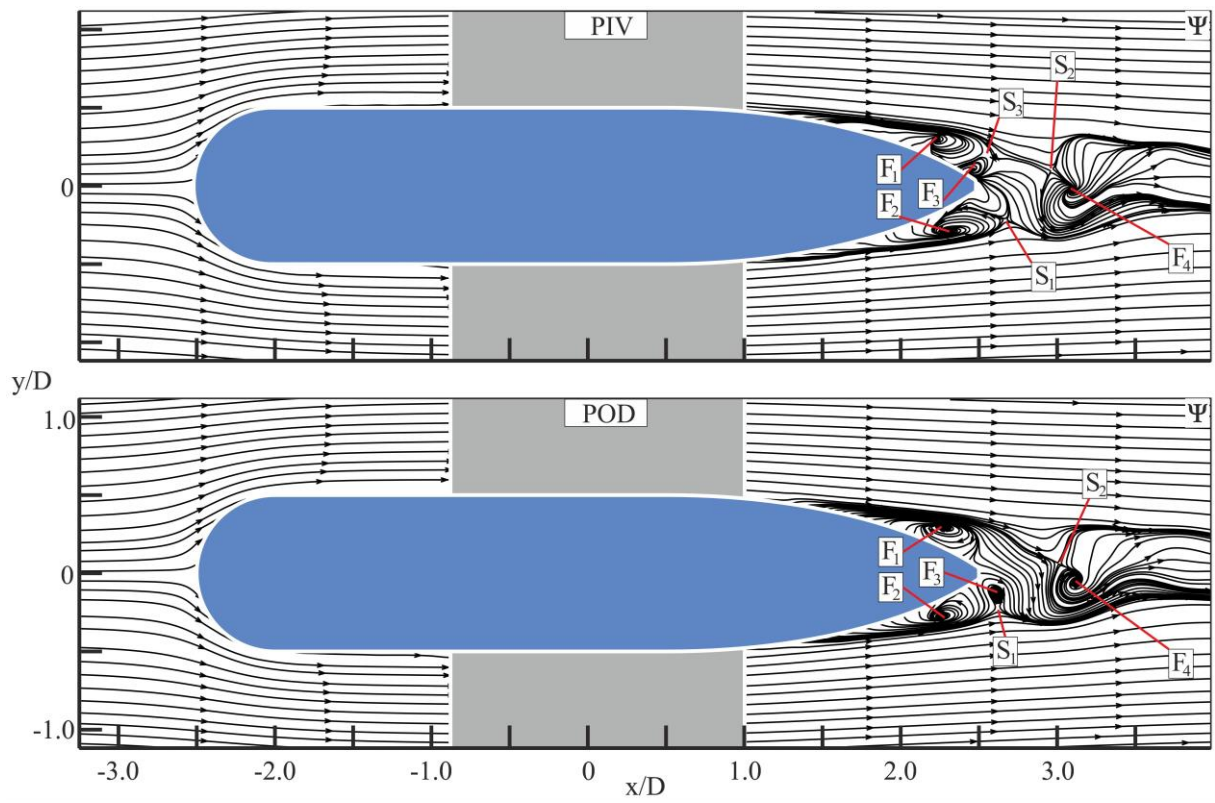


Figure 5. Instantaneous streamline topology Ψ for PIV and POD

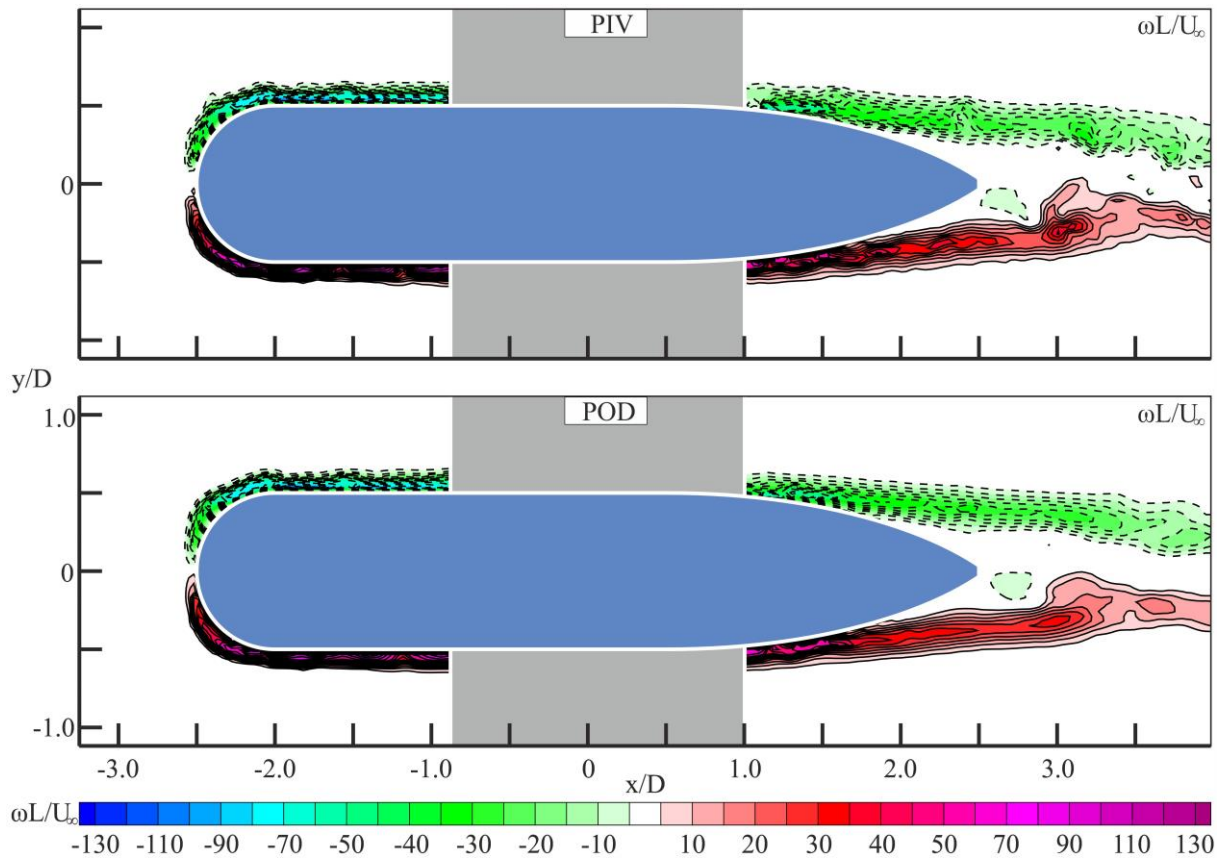


Figure 6. Instantaneous vorticity $\omega L/U_\infty$ contours for PIV and POD

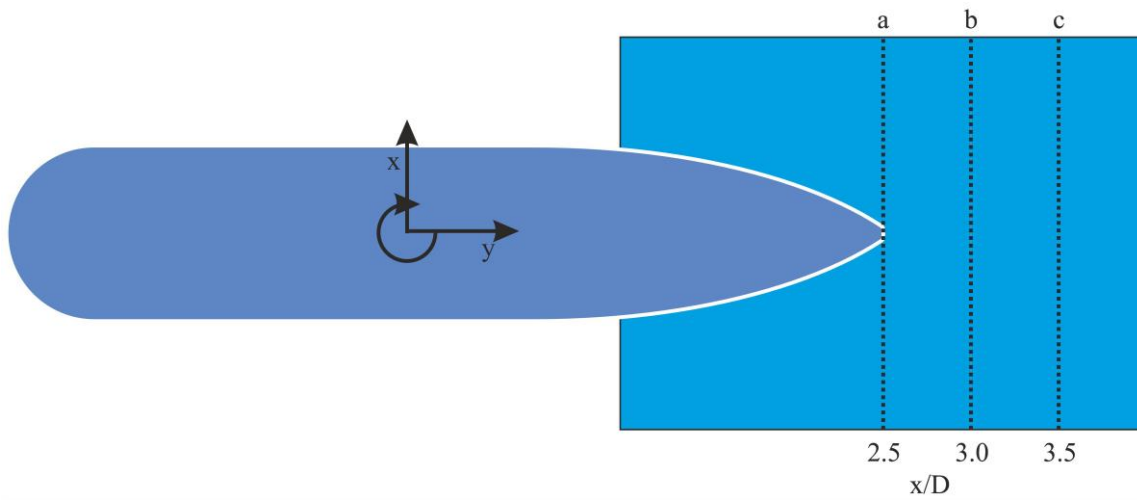


Figure 7. Present presentation of the vertical rakes to show the derived of the pointwise variations of the instantaneous and time-averaged PIV along with POD data in Figures 8 and 9

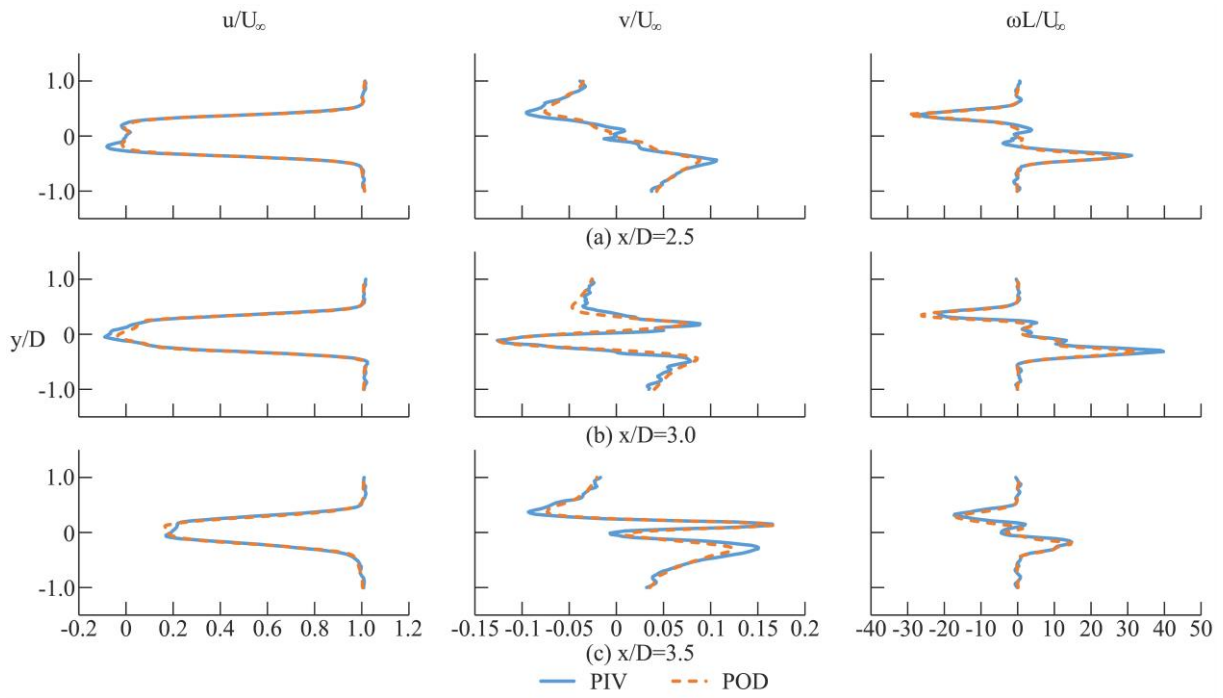


Figure 8. Comparison of instantaneous streamwise velocity component u/U_∞ , cross-streamwise velocity component v/U_∞ and instantaneous vorticity $\omega L/U_\infty$ along the stations shown in Figure 7 for PIV and POD

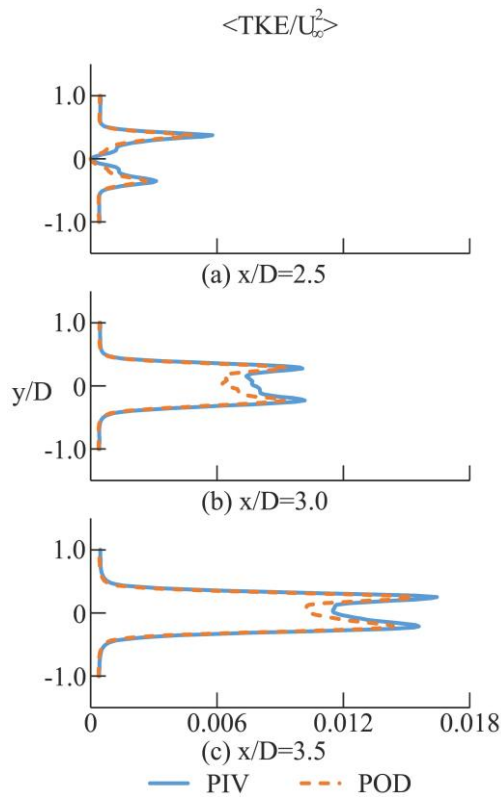


Figure 9. Time-averaged TKE distributions $\langle TKE/U_\infty^2 \rangle$ across the stations shown in Figure 7 for PIV and POD

4. Conclusion

As a result of PIV and POD analyzes in this study; instantaneous streamline topology Ψ , instantaneous vorticity $\omega L/U_\infty$ contours, instantaneous streamwise velocity component u/U_∞ graphs, cross-streamwise velocity component v/U_∞ graphs, instantaneous vorticity $\omega L/U_\infty$ graphs, perpendicular to the flow direction, instantaneous vortex graphs and time-averaged TKE graphs were evaluated and compared. At the same time, as a result of PIV analysis, time-average streamline topology $\langle \Psi \rangle$ and Time-averaged vorticity $\langle \omega L/U_\infty \rangle$ contours values are given.

The POD method provide the data to outline, focus and study the dominant flow characteristics. When the flow characteristics of the POD data were compared to the PIV results, it was discovered that, while the POD data were generally relatively similar to the PIV results for a torpedo-like geometry cruising at $\alpha=0^\circ$ under uniform flow conditions. Furthermore, the POD analysis depicted less vortex turbulence by focusing on the dominant wake structures.

It has been observed that as the x/D opening ratio increases, the reverse flow region for instantaneous streamwise velocity component u/U_∞ gradually decreases and ends completely at $x/D = 3.5$. At the same time, it was observed that as the x/D aperture ratio increased, the min-max vorticity values in the line graphs decreased and turned into an asymmetric structure. In addition, at $x/D = 3.5$, it is seen in the dotted line graph that the POD and PIV graphs are quite close in the instantaneous vorticity value. In future, more detail analysis will be performed for POD analysis at different angles of attack.

Acknowledgment

The authors would like to acknowledge the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) under Contract No. 214M318 and thank the Advanced Fluid Mechanics PIV laboratory of Osmaniye Korkut Ata University, Turkey for using the water channel and measurement systems. In addition, the authors thank the OKU Scientific Research Projects Unit for their support with the project number OKÜBAP-2022-PT2-033 and OKÜBAP-2022-PT2-043.

References

- Anonymous. Dynamic Studio software of the Dantec Dynamics, <https://www.dantecdynamics.com> (Access 13.11.2023), 2016.
- Akbudak E., Yaniktepe B., Şekeroğlu E., Kenan Ö., Özgören M. Investigation of the flow structures for two tandem arrangement of torpedo-like geometries. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2022a; 1(5): 135-155.
- Akbudak E., Şekeroğlu E., Yaniktepe B., Kenan Ö., Özgören M. Investigation of flow characteristics around a blunt nose and conical stern geometry with single and tandem arrangements. *UNEC Journal of Engineering and Applied Sciences* 2022b; 2(2): 49-55.
- Berkooz G., Holmes P., Lumley JL. The proper orthogonal decomposition in the analysis of turbulent flows. *Annu Rev Fluid Mech* 1993; 25: 539-575.

- de Barros EA., Dantas JLD, Pascoal AM. de S ´a E. Investigation of normal force and moment coefficients for an AUV at nonlinear angle of attack and sideslip range. *Journal of Oceanic Eng* 2008; 33(4): 538-549.
- Desa E., Madhan R., Maurya P. Potential of autonomous underwater vehicles as new generation ocean data platforms. *Current Science* 2006; 90(9): 1202-1209.
- Durhasan T. Flow topology downstream of the hollow square cylinder with slots. *Ocean Eng*, 2020; 209: 107518.
- Kilavuz A., Ozgoren M., Kavurmacioğlu LA., Durhasan T., Sarigiguzel F., Sahin B., Akilli H., Sekeroglu E., Yaniktepe B. Flow characteristics comparison of PIV and numerical prediction results for an unmanned underwater vehicle positioned close to the free surface. *Applied Ocean Research* 2022a; 129: 103399.
- Kilavuz A., Durhasan T., Ozgoren M., Sarigiguzel F., Sahin B., Kavurmacioğlu LA., Akilli H., Sekeroglu, E., Yaniktepe B. Influence of free-surface on wake flow characteristics of a torpedo-like geometry. *Journal of Marine Science and Technology* 2022b; 27(3): 1130-1147.
- Kilavuz A., Sarigiguzel F., Ozgoren M., Durhasan T., Sahin B., Kavurmacioğlu LA., Akilli H., Sekeroglu E., Yaniktepe B. The impacts of the free-surface and angle of attack on the flow structures around a torpedo-like geometry. *European Journal of Mechanics-B/Fluids* 2022c; 92: 226-243.
- Kenan O., Yaniktepe B., Sekeroglu E., Akbudak E., Ozgoren M. Experimental investigation of instantaneous flow properties around a hemispherical nose torpedo-like geometry exposed to uniform flow. 4. International Baku Scientific Research Congress, 30 November-01 December 2022a, page number:542-551, Baku.
- Kenan O.,Yaniktepe B., Sekeroglu E., Akbudak E., Ozgoren M. Experimental investigation of instantaneous flow properties around a cambered nose torpedo-like geometry exposed to uniform flow. 3. International Cappadocia Scientific Research Congress, 11-12 December 2022b, page number: 884-894, Nevşehir.
- Kenan O.,Yaniktepe B., Sekeroglu E., Akbudak E., Ozgoren M. Experimental investigation of instantaneous flow properties around a hemispherical nose, 3-wing torpedo-like geometry positioned in smooth flow conditions. 1. Uluslararası Boğaziçi Bilimsel Çalışmalar Kongresi, 13-14 May 2023, page number:444-454, İstanbul.
- Kumley JL. The structure of inhomogeneous turbulent flow. In: Yaglom AM, Tatarski VI (eds) *Atmospheric turbulence* 1967.
- Meyer KE., Pedersen JM., Ozcan O. A turbulent jet in crossflow analysed with proper orthogonal decomposition. *J. Fluid Mech* 2007; 583: 199–227.
- Myring, DF. Theoretical study of body drag in subcritical axisymmetric flow 1976; 27: 186–194.
- Noack BR., Morzynski M., Tadmor G. Reduced-order modeling for flow control. *CISM courses and lectures*. No. 528. Springer; 2010.

- Sarigiguzel F., Kilavuz A., Ozgoren M., Durhasan T., Sahin B., Kavurmacioğlu LA., Akilli H., Sekeroglu E., Yaniktepe B. Experimental investigation of free-surface effects on flow characteristics of a torpedo-like geometry having a cambered nose. *Ocean Engineering* 2022; 253: 111174.
- Ozgoren M. Flow structure in the downstream of square and circular cylinders. *Flow Meas Instrum* 2006; 17: 225–235.
- Sirovich L. Turbulence and the dynamics of coherent structures. III. Dynamics and scaling. *Q. Appl. Math* 1987; 45: 583-590.
- Wang HF., Cao HL., Zhou Y. POD analysis of a finite-length cylinder near wake. *Exp. Fluids* 2014; 55: 1790
- Wei Z., Zang B., New TH., Cui YD. A proper orthogonal decomposition study on the unsteady flow behaviour of a hydrofoil with leading-edge tubercles. *Ocean Engineering* 2016; 121: 356-368.
- Westerweel J. Efficient detection of spurious vectors in particle image velocimetry data. *Exp Fluids* 1994; 16(3-4): 236–247.
- Yagmur S. Investigated of flow structure around torpedo like geometries. Selçuk University Institute of Science and Science Master's Thesis, page number:154, Konya, Türkiye, 2016.
- Yang Y., Probsting S., Liu Y., Zhang H., Li C., Li Y. Effect of dual vortex shedding on airfoil tonal noise generation. *Phys. Fluids* 2021; 33: 075102.
- Yin S., Fan Y., Sandberg M., Li Y. PIV based POD analysis of coherent structures in flow patterns generated by triple interacting buoyant plumes. *Build and Environ* 2019; 158: 165-181.

Investigation of Body Compositions and Performance Values of Veterans and Young Long-Distance Runners

Kürşat HAZAR^{1*}, Orhan GÖK², Muhammed Said YANAR³

¹Osmaniye Korkut Ata University, High School of Physical Education and Sports, Department of Physical Education and Sports Teaching, 80010, Osmaniye

²Osmaniye Korkut Ata University, High School of Physical Education and Sports, Sports Management Department, 80010, Osmaniye

³Osmaniye Korkut Ata University, High School of Physical Education and Sports, Sports Management Department, 80010, Osmaniye

¹<https://orcid.org/0000-0002-6159-2631>

²<https://orcid.org/0000-0003-2038-8682>

³<https://orcid.org/0000-0001-7708-9814>

*Corresponding author: kursathazar@osmaniye.edu.tr

Research Article

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 28.09.2023

Kabul tarihi: 20.11.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Veterans

Body composition

Performance values

ABSTRACT

This study aims to examine the body composition and performance values of veterans and young long-distance runners and to investigate the differences between them. Fifteen athletes, including seven veterans (mean age: 54.42 ±5.99 years; mean body weight: 72.28±3.72 kg; mean height: 171.42±5.34 cm) and eight young-distance runners (mean age: 16.12±0.83 years; mean body weight: 59.12±5.35 kg; mean height: 166.50±3.84 cm) participated in this study voluntarily. Body mass index, Hand grip strength, Flexibility measurements, Back strength test, Aerobic capacity test and Anaerobic Power test were used for obtaining the data. IBM SPSS 26 version program was used for statistical analyses and the Mann-Whitney U Test, one of the non-parametric tests, was used for pairwise comparisons between groups. It was determined that while the difference between the flexibility, hand grip, back strength and vertical jump values was not significant ($p>0.05$), there was a significant difference in the participants' back strength and aerobic capacity values in favour of the young athletes ($p<0.05$). According to the body composition values of the participants, it was determined that there was a significant difference in favour of young athletes in body mass index, liquid kg, fat mass and fat percentage values, and a significant difference in favour of veterans in lean body mass, muscle kg and bone mineral values ($p<0.05$). While the aerobic and anaerobic capacities of veteran athletes were lower than young athletes, lean mass, muscle kg and bone mineral density values were found to be higher.

Veteran ve Genç Uzun Mesafe Koşucularının Vücut Kompozisyonları ve Performans Değerlerinin İncelenmesi

Araştırma Makalesi

Article History:

Received: 28.09.2023

Accepted: 20.11.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Veteranlar

Vücut kompozisyonu

ÖZ

Bu araştırmanın amacı; veteran ve genç uzun mesafe koşucularının vücut kompozisyonları ve performans değerlerini incelemek ve veteranlar ile genç sporcular arasındaki farklılıkları ortaya koymaktır. Araştırmaya 7 veteran (yaş ort: 54,42±5,99 yıl; vücut ağırlığı ort: 72,28±3,72 kg; boy ort: 171,42±5,34 cm) mesafe koşucusu ve 8 genç (yaş ort: 16,12 ±0,83 yıl; vücut ağırlığı ort: 59,12±5,35 kg; boy ort: 166,50±3,84 cm) mesafe koşucusu olmak üzere toplamda 15 erkek sporcu gönüllü olarak katılmıştır. Araştırma verileri beden kitle indeksi, el kavrama kuvveti, esneklik

ölçümü, sırt kuvveti testi, aerobik kapasite testi ve anaerobik güç testi ile elde edilmiştir. Araştırmanın istatistiksel analizleri IBM SPSS 26 versiyon programında ele alınmış olup gruplar arası ikili karşılaştırmalarda non parametrik testlerden Mann-Whitney U Testi kullanılmıştır. Katılımcıların, sırt kuvveti ve aerobik kapasite değerlerinde genç koşucuların lehine anlamlı farklılık ($p<0,05$) olduğu görülürken esneklik, el kavrama, sırt kuvveti ve dikey sıçrama değerleri arasındaki farkın ise anlamlı olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Vücut kompozisyon değerlerinde ise beden kitle indeksi, sıvı kg, yağ kütlesi ve yağ yüzdesi değerlerinde genç atletlerin lehine, yağsız kütle, kas kg ve kemik mineral yoğunluğu değerlerinde ise veteran atletlerin lehine anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). *Sonuç olarak*; Veteran atletlerin aerobik ve anaerobik kapasiteleri genç atletlerden daha düşük bulunurken yağsız kütle, kas kg ve kemik mineral yoğunluğu değerleri ise daha yüksek bulunmuştur.

To Cite: Hazar K., Gök O., Yanar MS. Investigation of Body Compositions and Performance Values of Veterans and Young Long-Distance Runners. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(Ek Sayı): 567-577.

1. Introduction

Increasing world population, technological developments and inactivity are among the most important reasons that negatively affect human health and quality of life. It is known that people are more conscious and willing to participate in recreational and sports activities to improve their quality of life and live healthy and long.

Over the last 20 years, there has been a tremendous increase in the number of older individuals who, in addition to staying healthy, engage in regular exercise and competitive athletics. While most of these individuals prefer to exercise due to its benefits in preventing mortality and increasing physiological functions, the other part competes in veteran competitions focusing on performance (Güven, et al., 2009). Veteran athletes compete in events designed specifically for older adults. Although the age at which one becomes a veteran athlete varies depending on the sport, women are 35 years old and over, and men are 40 years old and over. Competition is graded by age, usually at 5-year intervals. For “senior” gaming events, participation is limited to those aged 50 and over (Rosenbloom and Bahns, 2005).

Determining body composition is the cornerstone of human nutritional assessment for healthcare providers, clinical researchers, and epidemiologists. Similarly, determining lean body mass, muscle mass, fat mass, and bone quantity and quality is a topic of ongoing interest and practice in the multidisciplinary field of exercise science (Lukaski, 2017). There are different methods used to estimate body composition. Bioelectrical impedance analysis is preferred due to its affordable cost and ease of use (Yavuz and Başığit, 2023). As age increases, a person’s body weight increases. Free fat mass gradually increases after the age of 30. This condition occurs due to the previously discussed decrease in muscle mass and loss of bone mineral. The amount of body fat increases, and lean body weight decreases with aging. It is attributed to the increase in the amount of activity with aging (Günay et al., 2017)

It is known that athletes competing in different sports branches have different heights, weights, fat percentages, lean body mass, muscle mass and even different body proportions, and the potential effect of body composition on performance (Bayraktar and Kurtoğlu, 2009). There are methods to

determine performance values, track and regulate sports efficiency, and objectively reveal numerical values (Cooper and Storer, 2001). Physiological measurements such as body composition such as weight, height, BMI, muscle percentage, lean body weight, fat percentage, bone mineral ratio, body fluid amount, flexibility, hand grip strength, back strength, vertical jump, anthropometric and aerobic capacity related to posture were made in this study.

Knowing various aspects of body composition, especially the amount and distribution of body fat and the amount and composition of lean body mass, affects performance values and other components of health outcomes in athletes. Measurements are increasingly considered valuable in sports settings and clinical practice. It is essential in this study to compare the data obtained from veteran athletes with the data obtained from young athletes in the same branch and to know to what extent older athletes maintain their body composition. The study aims to know how effective veteran long-distance runners' daily running training of an average of 20 km is in maintaining their body composition values, and to reveal positive or negative differences by comparing them with the values of young-distance runners in the same branch.

2. Material and Method

2.1. Study Group

The population of the study is the long-distance runners. The samples are 15 volunteer male athletes, including 7 veterans (mean age: 54.42 ± 5.99 years) and 8 young distance runners (mean age: 16.12 ± 0.83 years), residing in Osmaniye. The distance runners in the study were determined by convenience sampling, one of the purposeful sampling methods. The reason for choosing the research sample was that the veteran runners were competitive athletes who had been in the national teams in the past and still do approximately 20 km of active running training on a daily basis despite their advanced age, and the inclusion criteria were that the young runners were in the national teams and were high-level elite athletes. The data of the study was obtained at Osmaniye Youth and Sports Provincial Directorate Tosyalı Athletics Track in 2023.

2.2. Data Collection Tools

Height and Weight Measurement: The height and weight of samples were measured by the Radwag brand height and weight measuring device. Height (cm) was measured barefoot, and weight (kg) was measured in a T-shirt and shorts.

Body Mass Index (BMI): Body analyses were performed with the Tanita MC-580 Segmental Body Analysis Scale (TANITA MC-580, Tanita, Japan). BMI measurement was made automatically through the program on the computer connected to this device. Participants were informed that they should be

hungry before the tests, should not exercise the day before, and should not consume alcohol and caffeine (Bostan, 2022).

Hand Grip Strength Measurement: The dominant hand grip strength of the participants was measured with a hand dynamometer (Takei, TKK-5401, Japan). While the participant was in an upright position, the dynamometer was adjusted so that the participant could grasp it comfortably. Hand grip strengths were measured while the participant's arm was straight and open to the side at an angle of 10-15 degrees from the shoulder joint. Measurements were made twice with an interval of 3 minutes. The best of the two measurements was calculated and recorded in weight (kg) (Temur and Türker, 2023).

Flexibility Measurements: Sit and Reach test was used to measure flexibility. The participant sat on his hips and stretched his feet on the barefoot test bench. He reached forward with his hands in front, leaning his body forward without bending his knees. He waited at the farthest point for 1–2 seconds without stretching forward or backward. Measurements were made twice, and the highest (cm) value was recorded as the flexibility score (Güder et al., 2022).

Back Strength Test: Back strength was measured with a back and leg dynamometer (Takei, TKK-5402, Japan). After the athletes placed their feet on the dynamometer with their knees slightly bent, their arms stretched, their backs straight and their bodies slightly bent forward, they pulled the dynamometer bar, which they held with their hands, vertically upwards, using the highest amount of force from their back. Athletes performed this pull twice and each athlete's highest value was recorded (Saygın et al., 2005).

Aerobic Capacity Test (20 Meter Shuttle Run): Participants were placed between designated buoys at 20 meters from each other. The sound recording required for the test was started with the sound of a whistle. Participants were asked to reach the next line (one foot must cross the line) by the next sound. The distances of the whistle sound coming from the audio recording started to get shorter and shorter. The tests of the participants who missed the whistle sound twice before reaching the line were completed. Vo^2 max values (ml/kg/min) of each participant were calculated with a calculation ruler specific to this test (Günay et al., 2006).

Anaerobic Power Test (Vertical Jump): Some tests can evaluate an athlete's peak power (a measure of muscular power and speed) and anaerobic capacity, or both. One is the vertical jump test (Sands et al., 2004). Anaerobic power capacities, body weight and vertical jump values of the participants were calculated in Watts (W) by applying the formula in the "Lewis Protocol" (Fox et al., 1988).

$$P = \sqrt{(4,9) * (Body\ weight) * \sqrt{(Jump\ Distance)}}$$

The athlete stood under the measurement system marked on the wall for the vertical jump test. The participant was asked to fully extend dominant arms and touch them at the highest possible point to

determine the maximum standing reaching height. The athlete was then asked to jump as high as possible with two legs. The difference between the athlete's arm reach and jumping distance was determined and recorded. The test was repeated twice for the athlete, with at least three minutes of rest, and the best result was recorded (Martinez, 2017).

2.2. Statistical Analysis

IBM SPSS 26 version program was used for statistical analysis, and the Mann-Whitney U Test, one of the non-parametric tests, was used for pairwise comparisons between groups.

3. Results

Table 1. Identifying information of participants

Groups	Variables	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Veterans	Age (year)	7	44.,00	62.,00	54.,42	5.,99
	Height (cm)	7	163.,00	178.,00	171.,42	5.,34
	Weight (kg)	7	68,00	78.,00	72.,28	3.,72
	Sports age (year)	7	8.,00	23.,00	15.,71	5.,43
Young athletes	Age (year)	8	15.,00	17.,00	16.,12	.,83
	Height (cm)	8	164.,00	170.,00	166.,50	3.,84
	Weight (kg)	8	50.,00	65.,00	59.,12	5.,35
	Sports age (year)	8	3.,00	6.,00	4.,50	1.,06

Table 2. Performance values of participants

Groups	Variables	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Veterans	Sports age (year)	7	8.,00	23.,00	15.,71	5.,43
	Flexibility (cm)	7	9.,00	19.,00	12.,57	3.,59
	Hand grip(kg)	7	40.,00	52.,50	44.,92	4.,54
	Back strength(kg)	7	103.,00	155.,00	121.,28	16.,74
	Aerobic capacity (ml/kg/min)	7	40.,80	46.,20	43.,31	2.,24
	Vertical jump (watt)	7	737.,00	1027.,00	873.,71	119.,98
Young athletes	Sports age (year)	8	3.,00	6.,00	4.,50	1.,06
	Flexibility (cm)	8	9.,00	22.,00	16.,12	4.,35
	Hand grip(kg)	8	40.,00	49.,00	45.,00	2.,61
	Back strength(kg)	8	120.,00	166.,00	138.,50	16.,12
	Aerobic capacity (ml/kg/min)	8	46.,80	60.,00	53.,41	4.,30
	Vertical jump (watt)	8	790.,00	975.,00	901.,25	69.,21

Table 3. Mann-Whitney U Test for comparison of performance values of participants

Variables	Groups	N	Mean Rank	Sum of Ranks	U	p
Sports age (year)	Veterans	7	12.,00	84.,00	0.,00	0.,01
	Young athletes	8	4.,50	36.,00		
Flexibility (cm)	Veterans	7	6.,07	42.,50	14.,50	0.,16
	Young athletes	8	9.,69	77.,50		
Hand grip (kg)	Veterans	7	7.,50	52.,50	24.,50	0.,68
	Young athletes	8	8.,44	67.,50		
Back strength (kg)	Veterans	7	5.,50	38.,50	10.,50	0.,04
	Young athletes	8	10.,19	81.,50		
Aerobic capacity (ml/kg/min)	Veterans	7	4.,00	28.,00	.,00	0.,01
	Young athletes	8	11.,50	92.,00		
Vertical jump (watt)	Veterans	7	7.,14	50.,00	22.,00	0.,48
	Young athletes	8	8.,75	70.,00		

As seen in Table 3, it is understood that there is a significant difference between the sports years of veterans and young distance runners in favour of the veterans, and in the back strength values and aerobic capacity values in favour of the young athletes ($p < 0.05$). It was determined that the difference between the participants' flexibility, hand grip, back strength and vertical jump values was not significant ($p > 0.05$).

Table 4. Body composition values of participants

Groups	Variables	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Veterans	BMI (kg/height ²)	7	21.,70	27.,00	24.,45	1.,87
	Liquid (kg)	7	40.,20	44.,40	42.,44	1.,69
	Fat mass (%)	7	8.,00	14.,70	11.,85	2.,55
	Lean body mass (kg)	7	54.,70	63.,90	60.,11	3.,16
	Muscle (kg)	7	52.,00	60.,70	57.,10	3.,00
	Body fat percentage (%)	7	11.,70	21.,20	16.,45	3.,27
	Bone mineral density (kg)	7	2.,80	3.,20	3.,01	.,13
Young athletes	BMI (kg/height ²)	8	15.,70	20.,90	18.,98	1.,67
	Liquid (kg)	8	36.,90	43.,10	39.,60	2.,08
	Fat mass (%)	8	3.,10	8.,10	5.,35	1.,84
	Lean body mass (kg)	8	49.,20	59.,60	55.,07	3.,50
	Muscle (kg)	8	48.,00	56.,60	52.,46	3.,03
	Body fat percentage (%)	8	5.,20	11.,90	8.,65	2.,50
	Bone mineral density (kg)	8	2.,60	3.,00	2.,80	.,11

Table 5. Mann-Whitney U Test regarding the body composition values of the participants

Variables	Groups	N	Mean rank	Sum of ranks	U	p
BMI (kg/height ²)	Veterans	7	12.,00	84.,00	0.,00	0.,01
	Young athletes	8	4.,50	36.,00		
Liquid (kg)	Veterans	7	11.,00	77.,00	7.,00	0.,15
	Young athletes	8	5.,38	43.,00		
Fat mass (kg)	Veterans	7	11.,86	83.,00	1.,00	0.,02
	Young athletes	8	4.,63	37.,00		
Lean body mass (kg)	Veterans	7	10.,86	76.,00	8.,00	0.,21
	Young athletes	8	5.,50	44.,00		
Muscle (kg)	Veterans	7	10.,86	76.,00	8.,00	0.,21
	Young athletes	8	5.,50	44.,00		
Body fat percentage (%)	Veterans	7	11.,86	83.,00	1.,00	0.,02
	Young athletes	8	4.,63	37.,00		
Bone mineral density (kg)	Veterans	7	11.,07	77.,50	6.,50	0.,11
	Young athletes	8	5.,31	42.,50		

According to Table 5, it was determined that there was a significant difference in favour of young athletes in BMI, liquid kg, fat mass and fat percentage values, and in favour of veterans in lean body mass, muscle kg and bone mineral values ($p < 0.05$).

4. Discussion

In this research, which was conducted to examine the body composition and performance values of veteran and young long-distance runners and to reveal the differences between the groups, the following results were obtained and supported by discussion with literature information.

It was concluded according to Tables 2 and 3 that the average back strength values were $121.,28 \pm 16.,74$ kg in veterans and $138.,50 \pm 16.,12$ kg in young people, and the average aerobic capacity values were $43.,31 \pm 2.,24$ ml/kg/min in veterans and $53.,41 \pm 4.,30$ ml/kg/min in young athletes. It was concluded that there was a significant difference between the groups' back strength and aerobic capacity values in favour of young distance runners ($p < 0.,05$). Bayraktar et al. (2012), in their study on athletes and wrestlers at Athlete Training Centres, reported that the aerobic capacity values of young athletes were $56.,28 \pm 6.,81$ ml/kg/min. Bayraktar (2017), in a study involving 685 actively licensed athletes and wrestlers between the ages of 13-17, reported that the aerobic capacity values of young athletes were $58.,31 \pm 5.,26$ ml/kg/min.

According to the analysis results of 109 studies conducted in 37 countries in which aerobic capacity was determined by the 20 m Shuttle Running Test conducted with children and young athletes, Olds et al. (2006) reported that the average aerobic capacity was 53.,1 ml/kg/min for 15-year-old males ($n=22465$), 54.,1 ml/kg/min for 16-year-old males ($n=13311$), and 54.,3 ml/kg/min for 17-year-old

males (n=15108). The results in the literature are parallel to this study in terms of the aerobic capacity values of young athletes.

Eleven males (mean age 58 ± 5) and nine females (mean age 63 ± 6) competing in the 18th European Veterans Athletics Championship (EVAC) held in Germany participated in the study conducted by Bagley et al. (2019), and they concluded that the aerobic capacity values of the athletes were 40.0 ± 2.7 (ml/kg/min) for males and 41.7 ± 3.1 (ml/kg/min) for females. It has been stated that this situation is related to the slowing down of the heart rate with aging due to degenerative changes in the autonomic nervous system, and as a result of these changes, prolongation of atrioventricular conduction in the conduction pathways, heart rate variability, a decrease in the heart rate response due to exercise and a corresponding decrease in maximum oxygen consumption (aerobic capacity), (Zoghi, 2010).

The reasons for the decrease in muscle strength and volume with aging can be listed as the decline in the nervous system, the decrease in growth hormone, androgens and oestrogen hormones, and the decrease in basal metabolic rate (Nair, 2005; Saini et al., 2009). In parallel with this statement, it was concluded in this study that the back strength value of veterans was lower than that of young athletes. Hand grip strength is a function of the muscles in the forearm in addition to the muscles in the hand (Zorba, 2000). As a result of the study, it was concluded that the average value of hand grip strength of veterans was 44.92 ± 4.54 kg and that of young people was 45 ± 2.61 kg. According to Mackenzie (2005), in hand grip strength tests for male athletes between the ages of 16-19, norm values are medium between 45-50 kg, above average between 51-56 kg, and excellent for values bigger than 56 kg. The value determined for young athletes in this study findings is parallel to the norm level values (medium).

According to the results in Tables 4 and 5, the average body fat percentage was $16.45\pm 3.27\%$ in veterans and $8.65\pm 2.50\%$ in young people, and this result was found to be significant in favour of young people ($p<0.05$). Body fat percentage is considered not only a health criterion but also an important indicator of sports performance (Bayraktar, 2017). It is known by sports scientists that there is a negative relationship between performance criteria and body fat percentage in many sports branches (Açıkada et al., 1991). It was concluded in this study that the average body fat percentage was $16.45\pm 3.27\%$ in veterans and $8.65\pm 2.50\%$ in young athletes and that this result was significant in favour of young people. Bayraktar (2017) reported that the average body fat percentage of young athletes between the ages of 13-17 who actively engage in licensed sports was 10.80 ± 3.76 . Mackenzie (2005) stated that the body fat percentage value should be between 6-12% in young male athletes and reported 8-10% as the norm value in runners. The body fat percentage values of the young athletes in the study group are similar to the values in these studies.

It is known that the body mass index (BMI) value, which indicates a person's weight limits, is related to total body fat (Açıkada, 2008). As a result of this study, it was concluded that the average BMI value of veterans was 24.45 kg/m² and that of young athletes was 18.98 kg/m². In the study

conducted by Kusy and Zieliński (2014), the BMI values of distance runners with an average age of 46.8 ± 15.4 years were reported as 23.0 ± 2.0 . According to the BMI classification made by the World Health Organization (WHO), if BMI is below 18.5 kg/m^2 , it is underweight; if it is between 18.5 - 24.9 kg/m^2 , it is normal; if it is between 25 - 29.9 kg/m^2 , it is overweight; and if it is above 30 kg/m^2 , it is obese. When the study findings were compared with these values, it was observed that BMI values in both groups were at the accepted normal level.

According to the bone mineral density results in Tables 4 and 5, it was determined that there was a significant difference in favour of young athletes in BMI, liquid kg, fat mass and fat percentage values, and a significant difference in favour of veterans in lean mass, muscle kg and bone mineral values ($p < 0.05$). In the study, which was conducted to determine the intensities of different exercise and load types on the values, in which 15 runners, consisting of women cyclists, swimmers and sedentary women, participated, the bone mineral density of the participants' total body, waist and femoral neck was measured and it was reported that the values of runners were higher than those of swimmers and sedentaries. Because running activities place greater stress on bones, bone mineral density in certain areas has been reported to be higher than in other groups (Duncan et al., 2002). As a result of the study investigating the bone mineral density levels of sedentary people in the same age group, athletes and individuals in different occupational groups (barbers, industrial workers and drivers), the bone mineral density of athletes and industrial workers was found to be higher, and it was emphasized that the exercises planned for the prevention of osteoporosis should be resistance exercises with high impact impact (Hazar et al., 2020).

In conclusion, veterans' aerobic and anaerobic capacities were low, but their lean mass, muscle kg and bone mineral density values were high. It is thought that the high values found in veteran runners are due to the fact that they have been practicing sports for many years. Considering that the average age of veteran runners is 54.42, daily 20 km running training may cause different physiological adverse effects in these people. For this reason, despite the old age, it is thought that it would be appropriate for them to focus on moderate aerobic exercises rather than intense and maximal loads in their training content. In addition, it is recommended that they focus on exercises such as high-impact games (rope jumping, climbing and descending stairs, volleyball, basketball) to preserve bone mineral content, and to investigate the physiological negative effects of heavy and intense training in veteran distance runners over the age of 50.

Conflict of Interest

The authors of the article declare that they do not have any conflict of interest.

Researchers' Contribution Percentage

The authors declare that they have contributed equally to the article.

References

- Açıkada C., Ergen E., Alpar R., Sarpyener K. Erkek sporcularda vücut kompozisyonu parametrelerinin incelenmesi. *Spor Bilimleri Dergisi* 1991; 2(2); 1-25.
- Açıkada C. Atletizm yetenek modeli raporu. Ankara: Atletizm Federasyonu Eğitim Kurulu Yayınları; 2008.
- Bagley L., McPhee J. S., Ganse B., Müller K., Korhonen M. T., Rittweger J., Degens H. Similar relative decline in aerobic and anaerobic power with age in endurance and power master athletes of both sexes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2019; 29(6): 791–799. <https://doi.org/10.1111/sms.13404>
- Bayraktar B., Kurtoğlu M. Sporda performans, etkili faktörler, değerlendirilmesi ve artırılması. *Klinik Gelişim Dergisi* 2009; 22(1): 16-24.
- Bayraktar I., Deliceoğlu G., Kahraman E., Kamiloğlu D. Genç atlet ve güreşçilerin dayanıklılık ile sürat yetilerini etkileyen bazı motorik özelliklerin incelenmesi. *Akademik Sağlık ve Tıp Bilimleri Dergisi* 2012; 2(2): 47-55.
- Bayraktar I. Atlet ve güreşçilerin bazı fiziksel ve fizyolojik parametrelerinin normatif çalışması (13-17 Yaş Grubu). (1. Baskı). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık; 2017.
- Bostan G. Fitness ve EMS (Electromyostimulation) antrenman tekniklerinin vücut kompozisyonu üzerine etkileri. *Türkiye Diyabet ve Obezite Dergisi* 2022; 6(2): 149-158.
- Cooper CB., Storer TW. Exercise testing and interpretation: a practical approach. Cambridge University Press 2001.
- Duncan CS., Blimkie CJ., Cowell CT., Burke ST., Briody JN., Howman GR. Adölesan kadın sporcularda kemik mineral yoğunluğu: egzersiz türü ve kas gücü ile ilişkisi. *Spor ve Egzersizde Tıp ve Bilim* 2002; 34, 286-294.
- Fox EL, Bowers RW., Foss ML. The physiological basis of physical education and athletics. 4th Edition, Saunders Collage Publishing, Philadelphia 1988.
- Güder F., Canbolat B., Günay M. 12-14 yaş tekvandocularında vücut kompozisyonu kuvvet ve esneklik ilişkisinin incelenmesi. *Akdeniz Spor Bilimleri Dergisi* 2022; 5(1): 166-175.
- Günay M., Cicioğlu İ., Şıktar E., Şıktar E. Çocuk, kadın, yaşlı ve özel gruplarda egzersiz. Ankara: Gazi Kitabevi 2017.
- Günay M., Tamer K., ve Cicioğlu İ. Spor fizyolojisi ve performans ölçümü (1. Baskı). Ankara: Gazi Kitabevi 2006.
- Güven Ö. Özdemir G., Ersoy G. Ankara ilindeki veteran atletlerin beslenme bilgi ve alışkanlıklarının saptanması. *Sportre Beden Eğitimi ve Spor Bilim Dergisi* 2009; 7(3):125–133.
- Hazar K., Gürsoy R., Çullu N. Farklı meslek gruplarındaki yetişkin bireyler, hareketsiz kişiler ve aynı yaş grubundaki sporcularda kemik mineral yoğunluğu düzeylerinin araştırılması. *Beden Eğitimindeki Gelişmeler* 2020; 10, 251-261.

- Kusy K., Zieliński J. Hız-güç sporcularında aerobik kapasite. *Scand J Med Sci Sports* 2014; 24: 68-79. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01496.x>
- Lukaski HC. Body composition in perspective. *Body composition: Health and performance in exercise and sport* 2017; 3–11. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Martinez DB. Consideration for power and capacity in volleyball vertical jump performance. *Strength and Conditioning Journal* 2017; 39(4): 36-48.
- Mackenzie B. VO2max. 2005. (11.01.2010). URL: <http://www.brianmac.co.uk/vo2max.htm>
- Nair KS. Aging muscle. *Am J Clin Nutr* 2005; 81(5): 953-963.
- Olds T., Tomkinson G., Léger L., Cazorla G. Worldwide variation in the performance of children and adolescents: An Analysis of 109 Studies of The 20-m Shuttle Run Test in 37 Countries. *Journal of Sports Sciences* 2006; 24(10): 1025-1038.
- Rosenbloom C., Bahns M. What can we learn about diet and physical activity from master athletes?. *Nutrition Today* 2005; 40(6): 267-272.
- Saini A., Faulkner S., Al-Shanti N., Stewart C. Powerfull signals for weak muscles. *Ageing Res Rev* 2009; 8(4): 251-267.
- Sands WA, McNeal JR, Ochi MT, Urbanek TL, Jemni M., Stone MH. Comparison of the Wingate and Bosco anaerobic tests. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2004; 18(4): 810–815.
- Saygın Ö., Polat Y., Karacabey K. Çocuklarda hareket eğitiminin fiziksel uygunluk özelliklerine etkisi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Tıp Dergisi* 2005; 19(3): 205-212.
- Temur HB., Türker Ü. Ergenlik dönemindeki bireylerin anaerobik zirve güç ve kuvvet düzeylerinin farklı değişkenler bağlamında incelenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi* 2023; 12(1): 279-287.
- Yavuz CM., Başığit N. Genç erişkinlerde vücut kompozisyonu, fiziksel aktivite ve el kavrama kuvveti ilişkisi. *Sportmetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi* 2023; 21(1): 47-56.
- Zoghi M. Cardiovascular functions in the elderly. *Turkish Journal of Geriatrics* 2010; special issue, 2, 1-4.
- Zorba E. *Fiziksel uygunluk*. Ankara: Neyir Matbaası; 2000.

Probiyotik Gıda Tüketimi ve Obezite İlişkisi

Esma KADAKAL¹, Emel ÜNAL TURHAN^{2*}

¹Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gıda Teknolojisi Bölümü, 80760, Osmaniye

²Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gıda Teknolojisi Bölümü, 80760, Osmaniye

¹<https://orcid.org/0000-0002-5147-0649>

²<https://orcid.org/0000-0002-0284-574X>

*Sorumlu yazar: emelunal@osmaniye.edu.tr

Derleme

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 28.04.2023

Kabul tarihi: 23.07.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Probiyotik

Probiyotik gıda

Obezite

Bağırsak mikrobiyotası

ÖZ

Probiyotikler yeterli miktarda alındıklarında insan sağlığı üzerinde yararlı etkileri olan canlı mikroorganizmalardır. Probiyotik gıda ise, bu probiyotik mikroorganizmaları (en az 6 log kob/g veya mL) içeren gıdalar olarak tanımlanır. Son yıllarda önemli sağlık sorunlarından biri olan obezite ve probiyotikler arasında ilişki olduğu ortaya çıkarılmıştır. Obezitede enerji alımı ve harcanması arasındaki dengesizlik, sağlıksız yaşam biçimi ve genetik faktörler rol oynamaktadır. Obeziteyi tedavi etme veya önlemede yeni yaklaşımlardan biri de bağırsak mikrobiyotasının probiyotik ve fonksiyonel gıdalar gibi bileşenlerle modülasyonudur. Probiyotikler; lipid ve glikoz metabolizmasını destekleyerek, bağırsak mikrobiyota kompozisyonunu düzenleyerek ve metabolik inflamasyonu baskılayarak obeziteye karşı bir mekanizma geliştirirler. Probiyotik gıda tüketimi ile birlikte ise; bağırsak mikrobiyotasındaki çeşitlilik artar ve bu mikrobiyael hücrelerin metabolik fonksiyonları ile obezite riski azaltılır. Bu derlemede; probiyotik gıda tüketiminin bir sonucu olarak bağırsak mikrobiyotasındaki probiyotik mikroorganizma varlığı ve çeşitliliğinin obezite ile ilişkisi üzerinde durulmuştur.

The Relationship Between Probiotic Food Consumption and Obesity

Reviews

Article History:

Received: 28.04.2023

Accepted: 23.07.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Probiotic

Probiotic food

Obesity

Gut microbiota

ABSTRACT

Probiotics are live microorganisms that have desirable effects on human health when taken in adequate amounts. Probiotic food, on the other hand, is defined as food containing these probiotic microorganisms (minimum 6 log cfu/g or mL). In recent years, it has been discovered that there is a relationship between obesity, and probiotics, which is a significant health concern. The imbalance between energy intake and expenditure, unhealthy lifestyle, and genetic factors play a role in obesity. Manipulating the gut microbiota with components including probiotics and functional food products is one of the novel approaches to treat or prevent obesity. Probiotics work to combat obesity by improving lipid and glucose metabolism, regulating intestinal microbiota composition, and suppressing metabolic inflammation. With the consumption of probiotic food, the diversity in the intestinal microbiota increases and thus reducing the obesity risk as a result of the metabolic functions of these microbial cells. In this review, the relationship between the presence and diversity of probiotic microorganisms in the intestinal microbiota and obesity as a result of probiotic food consumption is emphasized.

To Cite: Kadakal E., Turhan EÜ. Probiyotik Gıda Tüketimi ve Obezite İlişkisi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 578-587.

1. Giriş

Probiyotikler yeterli miktarda alındıklarında konak mikrobiyotası üzerinde olumlu etkileri olan ve gastrointestinal sistemde canlılıklarını koruyan mikroorganizmalardır. Birçok sağlık sorununun çözümünde probiyotik kullanımının faydalı olabileceği bildirilmiştir (Zhang ve ark., 2022; Zhong ve ark., 2020; Abenavoli ve ark., 2019). Günümüz teknoloji çağında değişen yaşam biçimi ile birlikte önemli halk sağlığı sorunlarından biri olan obezite tedavisinde de probiyotiklere başvurulmuştur (Ejtahed ve ark., 2019). Obezite, enerji dengesindeki bozulmanın bir sonucu olarak insan vücudunda çok fazla miktarda yağ birikiminden kaynaklanan ciddi bir hastalıktır (Çatak ve ark., 2021). Obezitenin oluşmasına sebep olan faktörler, çevresel (sosyal değişimler, ekonomik değişimler, şehirleşme, sağlığı önemseme, yemek seçimi, vücut imajı, diyet uygulaması, fiziksel aktivite, diyetin yağ içeriği, kalori içeriği, metabolizma hızı) ve genetik faktörlerdir. Bireylerin beslenme alışkanlıklarının market raflarındaki yüksek kalorili gıdalar yönünde değişmesi ve yanı sıra düzensiz ve sağlıksız beslenme ile birlikte alınan enerjinin harcanan enerjiyi geçmesi sonucu çağın en önemli sağlık sorunlarından biri olan obezite ortaya çıkar (Abenavoli ve ark., 2019; Ayas, 2016). Obezite üzerinde etkili faktörlerin başında beslenme alışkanlıkları ve buna bağlı olarak intestinal sistemindeki mikroorganizma profili gelmektedir. Nitekim beslenme biçimi bağırsak mikrobiyotası bileşiminde ve dolayısıyla dengesinde doğrudan etkilidir (Arslan, 2014). Bağırsak mikrobiyotasındaki dengesizlik ve obezite arasındaki ilişkinin önemine dair çeşitli hipotezler vardır. Bağırsak mikrobiyotası değişikliklerinin obezitenin başlamasında ve daha da gelişmesinde merkezi rol oynadığına dair bilimsel kanıtlar birikmektedir (Aguilera ve ark., 2022; Tekin ve ark., 2018; Tennyson ve Friedman, 2008). Gastrointestinal yol boyunca mikrobiyael popülasyonların bileşimleri farklılık gösterir. Yemek borusu ve mide en düşük bakteri yükünü taşıırken, baskın olarak bulunan bakteriler ise ağız boşluğundan gelen fakültatif anaerob bakterilerdir (Streptokoklar ve Laktobasiller gibi). Bağırsak mikrobiyotası ağırlıklı olarak Bacteroidetes ve Firmicutes şubesindeki bakterilerden oluşur ve mikrobiyotadaki bu bakterilerin dağılımı obezite ve ağırlık kaybı ile ilişkilendirilmiştir (Abenavoli ve ark., 2019). İnsanlarda bağırsak mikrobiyotası ve obezite arasında ilişki olduğu hipotezini ilk olarak ortaya çıkaran araştırmacı Ley ve ark. (2005) obezitesi olan bireylerde düşük Bacteroidetes ve yüksek Firmicutes varlığına dikkat çekmiştir. Bu sebeple diyet tedavileri ile mikrobiyotadaki Bacteroidetes/Firmicutes oranının Bacteroidetes yönünde baskın olması sağlanmış ve böylece obezite riski azaltılmıştır.

Sağlıklı bir mikrobiyota, mikroorganizma çeşidi ve sayısı bakımından zengin olma eğilimindedir. Obezitesi olan bireylerin bağırsak mikrobiyotası sağlıklı bireylerle karşılaştırıldığında çeşit ve işlev bakımından farklıdır. Bağırsak mikrobiyel çeşitliliğindeki azalış ile birlikte; inflamasyon, insülin direnci ve karaciğer yağlanması gibi sağlık sorunları kendini gösterir (Çatak ve ark., 2021). Bağırsak mikrobiyotası, vitamin sentezi, metabolizmanın düzenlenmesi, iştah ve bağışıklık sistemi kontrolü gibi farklı süreçlerde yer alan bir ekosistemdir (Aguilera ve ark., 2022). Bağırsak mikrobiyotasındaki yararlı bakterilerin yani probiyotiklerin varlığı metabolizmanın iyileştirilmesini ve böylece obezite

gelişiminin kontrolünü sağlar. Probiyotikler enerji regülasyonu sağlar ve sindirilemeyen diyet gıdaları fermente ederek kısa zincirli yağ asitlerinin oluşumunu destekler. Ayrıca diyabet ve kolesterolü tedavi edici etkileri ile vücut yağ oranının azalmasına da katkı sağlarlar. Deneysel çalışmaların çoğu probiyotiklerin, özellikle *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium*'un obeziteyi önleyici özelliklerini göstermektedir (Mazloom ve ark., 2019; Kobylak ve ark., 2016).

Probiyotiklerin obezite tedavisindeki rolleri; lipid, glikoz ve kolesterol metabolizmasını düzenleyici etkileri, antioksidatif ve antiinflamatuvar etkileri, bağışıklık cevapları ve intestinal mikrobiyotayı düzenleyici etkileri ile açıklanmaktadır (Tang ve ark., 2021). Önceki çalışmalara göre; *Lactobacillus kefri*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus sakei*, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* ve *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* gibi probiyotiklerin lipid metabolizmasını düzenlemede etkili oldukları saptanmıştır. Lipoliz ve lipogenez bozukluğunun olması lipolizle ilgili genlerin ekspresyonu ve lipojenik maddelerin düzenlenmesinde sorunların olduğu anlamına gelir ve bu durum yağ birikimine neden olan faktörlerden biridir. Glikoz metabolizması iyi çalışmadığı zaman ise insülin direnci ve glikoz birikimi gözlenir. Probiyotik bakteriler (*L. kefiranofaciens*, *L. kefiri*, *L. plantarum*, *L. brevis*, *L. paracasei*, *L. sakei*, *L. plantarum*, *L. fermentum*, *B. animalis* subsp. *lactis*, *Bacillus amyloliquefaciens*) glikozu parçalayacak enzimleri (α -glikozidaz) sağlayarak glikoz metabolizmasının düzenlenmesine yardımcı olur. Kolesterol metabolizmasının düzenlenmesinde etkili olan probiyotiklerin ise *L. plantarum*, *L. rhamnosus* ve *L. paracasei* olduğu bildirilmiştir (Tang ve ark., 2020).

Probiyotiklerin obeziteyi önleyici ve olumlu metabolik etkilerini destekleyen çok sayıda çalışmaya rağmen, bu etkilerin hem bakteri suşuna hem de konakçıya bağlı olarak önemli ölçüde değişebileceği unutulmamalıdır (Kobylak ve ark., 2016). Mikrobiyota ve dolayısıyla probiyotik yoğunluğu üzerinde etkili olan birincil faktör olarak beslenme biçimi üzerinde durulur. Aşırı yağlı, yüksek proteinli ve probiyotik yönünden fakir beslenme biçimlerinin bağırsak mikrobiyotası üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu birçok çalışmada ileri sürülmüştür (Erkul ve ark., 2020). Aksine probiyotik takviye ve/veya probiyotik gıda tüketimi ile bağırsak mikrobiyotasında metabolizmayı destekleyen yararlı mikroorganizma yükü artarken zararlı mikroorganizmaların azaldığı bildirilmiştir. Probiyotik ağırlıklı beslenme biçimlerinin obeziteye karşı mücadelede birincil yaklaşım olması gerektiği vurgulanmaktadır (Barathikannan ve ark., 2019). Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda ağırlıklı olarak obezite ve mikrobiyota veya probiyotik ilişkisi üzerinde durulmuş ancak probiyotik gıda tüketiminin obezite ile ilişkisi hakkında sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Obezite ve mikrobiyota arasındaki ilişkinin varlığı, araştırmacıları probiyotik gıda tüketimi ve obezite arasındaki ilişkiyi incelemeye yönlendirmektedir. Bu derlemede probiyotik ve/veya probiyotik gıda tüketimi ve obezite arasındaki ilişki açıklanmıştır.

2. Bağırsak Mikrobiyotası, Metabolizma ve Obezite

Gastrointestinal sistemde kolonize olan bakteri, virüs, mantar, protozoa gibi mikroorganizmalardan oluşan ve organ gibi işlev gören ekosistem bağırsak mikrobiyotası olarak tanımlanmaktadır. İnsan bağırsağı, yararlı ve zararlı olmak üzere çeşitli bakteri gruplarını bulundurur (Şener ve ark., 2019; Zhang ve ark., 2020). Bağırsak mikrobiyotasında 2000'den fazla türe ait en az 100 trilyon (10¹⁴) mikrobiyel hücre bulunur ve bunların çoğunluğu anaeroblardan (%95) oluşur (Arslan, 2014). İntestinal sistemde bulunan mikrobiyota ökarya, bakteri ve arkea olmak üzere 3 temel gruba bölünmüştür, ancak bakteriler en baskın grubu oluşturur. Gastrointestinal sistemde 500-1000 farklı türde bakteri bulunmakla birlikte fekal bakterilerin yaklaşık %90'ı Firmicutes ve Bacteroidetes'lerden oluşur. Gastrointestinal sistemde %64 Firmicutes (*Clostridiales*, *Bacillales*, *Lactobacillales*), %23 Bacteroidetes (*Bacteroidales*), %8 Proteobacteria (*Actinomycetales*, *Desulfobacteriales*, *Enterobacteriales*, *Campylobacteriales*) ve %3 Fusobacteria (*Fusobacteriales*), Verrucomicrobia (*Verrucomicrobiales*) ve Actinobacteria (*Bifidobacteriales*) bulunur (Abenavoli ve ark., 2019).

Bağırsak mikrobiyotası profili obeziteyi olumlu ya da olumsuz etkileyebilen bir faktördür (Şener ve ark., 2019). Bağırsakların kararsız mikrobiyotası yani disbiyozu, normal bakteriyel mikrobiyotanın değişmesi anlamına gelir. Disbiyoz olarak da adlandırılan bağırsak mikrobiyota dengesizliği; besin tüketimi sonrasında metabolik faaliyetlerle enerji regülasyonu ve yağ depolanması üzerindeki etkileriyle; sinir sistemi veya metabolik yollar aracılığıyla bağırsak-beyin ekseninde obezite ve obeziteyle ilişkili metabolik bozukluklara neden olabilir (Çatak ve ark., 2021). Bağırsak mikrobiyotasını etkileyen çeşitli çevresel faktörler (Doğum şekli, doğum sonrası beslenme şekli, beslenme ve diyet, antibiyotik vb. ilaç kullanımı, yaşanan coğrafi bölge, yaşam tarzı, sigara ve alkol kullanımı vb.), disbiyoz ve obezite ile yakından ilişkilidir. Obezite mikrobiyotası tipik olarak, Firmicutes artışı ve Bacteroidetes azalışı ile karakterize edilir (Barathikannan ve ark., 2019). Bacteroidetes, lipid ve karbonhidrat metabolizmasında yer alan enzimleri üreten genlere sahiptir. Metabolizmada etkili olan bakteriyel genlerin çeşitliliği de obeziteyi önleyici etki ile ilişkilendirilmiştir (Mazloom ve ark., 2019). Bağırsak mikrobiyotasının metabolizma üzerindeki etkileri şu şekilde sıralanır: Tüketilen besinlerdeki karbonhidrat ve posayı (lifleri) kısa zincirli yağ asitlerine (SCFA) dönüştürmeye yardımcı olur, müninleri ve diyet liflerini emilime hazır basit şekerlere dönüştürür, bağırsak epitel proliferasyonunu uyarır, besinlerin emilimini ve metabolizmasını destekler. Bağırsak mikroorganizmalarının, nişastayı, emilmeyen şekerleri, selülozik ve selülozik olmayan polisakkaritleri ve müninleri bağırsakta SCFA'lara ve gazlara fermente edebilme yetenekleri ile vücuttaki yağ birikiminin önüne geçilir. Bağırsakta üretilen SCFA'ların ve gazların türü ve miktarı, diyet (örneğin, sindirilmemiş karbonhidratların mevcudiyeti), bağırsak mikrobiyotasının bileşimi, kolonik geçiş süresi ve yağ asitlerinin bulunduğu kolon segmenti gibi birçok faktöre bağlıdır (Abenavoli ve ark., 2019). Ayrıca mikrobiyota, bağırsak peptid sinyali yoluyla, kandaki hormonal

etkiler yoluyla veya doğrudan sinir sistemini modüle ederek enerji dengesinin, gıda alımının ve tokluğun kontrolünde rol alır (Mazloom ve ark., 2019).

Bağırsaklarımızda bulunan mikrobiyel ekosistem, metabolik özelliklerimiz ve vücut ağırlığı üzerinde belirleyicidir. Obezite üzerine yapılan çalışmalarda obezitesi olan bireylerde bakteriyel çeşitliliğin azaldığı, ayrıca Bacteroidetes azalışı ve Firmicutes artışının ortaya çıktığı saptanmıştır. Probiyotik bakterilerden olan ve insan bağırsak ekosisteminde baskın bir bakteri popülasyonu olmayan Bifidobakterlerin obezitesi olan bireylerin bağırsak mikrobiyotasında genellikle az sayıda bulunması obezite riskinin indikatörü olarak görülmektedir (Arslan, 2014). Probiyotiklerin, enerji ekstraksiyonunu, endotoksemiye, yağ depolanmasını azaltıp, doyumluk ve enerji harcanmasını artırarak obezite riskini azaltacak potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir. Obezite tedavisinde laktobasilluslar ve bifidobakterilerin bazı türlerinin etkili olduğu tespit edilmiştir (Mekkes ve ark., 2014; Alagözlü, 2016; Ejtahed ve ark., 2019). Örneğin; *Lactobacillus* (*L. casei* Shirota, *L. gasseri*, *L. rhamnosus*, *L. plantarum*) ve *Bifidobacterium* (*B. infantis*, *B. longum* ve *B. breve*) gibi probiyotik bakterilerin tüketimi ile birlikte kilo alımı ve yağ birikiminin düşürülebildiği saptanmıştır. Probiyotiklerle obezite tedavisinde üç temel etki mekanizmasından bahsedilir: Patojen mikroorganizma gelişimi üzerindeki antagonistik etkiler ve bağırsak mukozası ve epitelyuma rekabetçi adezyon (antimikrobiyel aktivite), artmış bağırsak mukus tabakası üretimi ve azalmış bağırsak geçirgenliği (bariyer fonksiyonu) ve gastrointestinal bağışıklık sisteminin modülasyonu (immünomodülasyon). Tüm bu mekanizmalar “yağsız bağırsak mikrobiyotası” doğrultusunda çalışarak bağırsak mikrobiyota kompozisyonunu ve konakçı metabolizmasını dengeleyebilir (Cerdo ve ark., 2019).

Çeşitli çalışmalarda deneklerin probiyotik takviyelerle beslenmesi sonucunda probiyotiklerin antidiyabetik etkileri ile insülin direncini düşürme ve kolesterolü önleyici etkileri ile karaciğerde lipid birikimini önleme gibi etkilerinin bir sonucu olarak vücut ağırlıklarında azalma gözlenmiştir. Kan şekerini kontrol altında tutma özelliği ile vücut ağırlığının azalmasında rol oynayan belli başlı probiyotikler; *Lactobacillus rhamnosus*, *Saccharomyces boulardii* Biocodex, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus paracasei*, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* ve *Bifidobacterium adolesanis* olarak sıralanmıştır. Probiyotik bakterilerin kolesterolü önleyici etkileri; safra tuzlarını serbest asitlere parçalamaları ve intestinal sistemden hızlı bir şekilde uzaklaştırmak suretiyle serum kolesterolünü düşürmeleri ile açıklanır. Kolesterolü düşürücü etkileri ile vücut yağ kitlesinde azalma sağlayan probiyotikler; *Bifidobacterium* L66-5, *Bifidobacterium* FS31-12, *Bifidobacterium adolesans*, *Lactobacillus paracasei*, *Bifidobacterium breve* ve *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus curvatus* olarak sıralanmıştır (Mazloom ve ark., 2019; Kobylak ve ark., 2016).

3. Probiyotik Gıda Tüketimi ve Obezite İlişkisi

Probiyotikler terimi FAO (Gıda ve Tarım Örgütü) ve WHO (Dünya Sağlık Örgütü)'ya göre "yeterli miktarda tüketildiğinde sağlığa yararı olan canlı mikroorganizmalar" olarak tanımlanmıştır. Günümüzde probiyotikler, sürekli büyüyen ve oldukça karlı bir endüstri için gıda sağlamakta ve dünya çapında en sık tüketilen gıda takviyelerinden birini oluşturmaktadır. *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* suşları fonksiyonel gıdalarda ve diyet takviyelerinde hala en yaygın olarak kullanılan probiyotiklerdir (Vallianou ve ark., 2020). Probiyotikler, bazı maya ve bakteri türlerinin birtakım proseslerden geçirilmesiyle tablet, kapsül, paket veya toz halinde sağlanabilir. Bunun yanı sıra probiyotikler çeşitli fermente gıda ürünlerinin (yoğurt, kefir, peynir, turşu, zeytin, sirke, tarhana, sucuk, sosis vb.) bileşiminde fermantasyon prosesinden kaynaklı doğal olarak bulunabilir veya fonksiyonel gıdalardan biri olan probiyotik gıda üretim prosesi ile çeşitli bitkisel ve hayvansal gıda ürünlerinin bileşimine (probiyotik tahıl gevrekleri, probiyotik yoğurtlar, probiyotik meyve suları, probiyotik dondurma vb. gibi) ilave edilerek de tüketilebilir (Erkul ve ark., 2020). Beslenme, obezitenin önlenmesindeki en önemli faktörlerden biridir ve mikrobiyotanın dengesi ile de yakından ilişkilidir. Beslenme ve intestinal mikrobiyota arasındaki ilişki yıllardır araştırılmaktadır. Araştırmalar sonucunda beslenme alışkanlıklarının bağırsak florasının bakteri kompozisyonunu etkilediği saptanmıştır (Zhang ve ark., 2020; Şener ve ark., 2019; Yardım, 2019; Alagözlü, 2016). Mikrobiyotayı etkileyen faktörlerden biri olan beslenme; doğumdan sonra bebeklerdeki beslenme şekli ile başlar ve yaşam boyu devam eder. Özellikle bebeklerin probiyotikler yönünden zengin bir bileşime sahip olan anne sütü alma durumu mikrobiyotanın da probiyotikler yönünden zengin olmasını sağlar (Şener ve ark., 2019). Obezitesi olan bireylerin ağırlığını azaltmak için tasarlanmış probiyotiklerle desteklenmiş beslenme biçimlerinin bağırsak mikrobiyotasının tür kompozisyonunu önemli ölçüde değiştirdiği bulunmuştur (Barathikannan ve ark., 2019). Obeziteyle mücadelede bağırsak mikrobiyotasını geliştirmeyi hedef alan fonksiyonel gıda tüketimi yeni bir yaklaşım olmakla birlikte umut verici potansiyeli vardır (Çatak ve ark., 2021). Hastalıklarda germ teorisinin (mikroorganizmalar hastalığa neden olmakta ve hastalığı canlıdan canlıya yayabilmektedir) kabulü ile birlikte insanlardaki birçok sağlık sorununun mikroorganizma kaynaklı olduğu bildirilmiştir. Bu durum, bağırsak mikrobiyotasındaki mikroorganizmaların da insan sağlığı üzerinde etkili olduğu görüşünü desteklemiştir (Abenavoli ve ark., 2019).

Probiyotiklerin obeziteyi önleyici özellikleri ile ilgili birçok çalışma mevcuttur ancak çok azı probiyotik hücreler için bir dağıtım aracı olarak gıda matrisinin önemini vurgulamaktadır. Bir probiyotik suşun, kapsüllenmiş bir tablet takviyesi olarak kullanımı durumunda depolama, sıcaklık, oksijen ve zor bir gastrointestinal ortam dahil olmak üzere çeşitli stres faktörlerine karşı direnci düşük olabilmektedir. Ancak probiyotik hücrelerin bir gıda matrisine ilave edilmesi ile üretilen fonksiyonel gıdalar, probiyotik bileşenlerle çeşitli şekillerde etkileşime girerek gastrik sistemde daha dirençli olmayı sağlar. Probiyotiklerin gıda matrisine dahil edilmesinin; hücre canlılığını koruma, fermantasyon substratı sağlama ve lezzet sağlama gibi avantajları vardır. Birçok çalışmada doğrudan

probiyotik takviye yerine probiyotik gıda tüketiminin daha faydalı olacağı bildirilmiştir (Barengolts ve ark., 2019; Mouzaffariann ve ark., 2019; Yardım, 2019; Green ve ark., 2020; Zhong ve ark., 2020). Ağırlıklı olarak çalışılan probiyotik gıda ürünü, bağırsaktaki probiyotik fonksiyonları etkili bir şekilde tamamlayabilen antimikrobiyel, immünomodülatör ve probiyotik özellikler sergilediği bilinen süt ve türevi süt ürünleridir. Süt ürünlerine ek olarak, araştırmalar malt, arpa ve buğday gibi birçok tahılın stresli koşullarda probiyotik bakterilerin gelişimini ve direncini desteklediğini ve böylece kısıtlı beslenme ihtiyaçları olan bireyler için alternatif bir probiyotik ürün sunduğunu göstermektedir. Probiyotik suşların canlılığı ve stabilitesi, diğer gıda maddelerinin yanı sıra fermente edilebilir sebze içeceklerinde, meyve sularında ve fıstık ezmesinde de gösterilmiştir. Obezite ile mücadelede probiyotik takviyelerin yanı sıra bu probiyotik gıdaların etkilerinin de incelenmesinin yararlı olacağı düşünülür (Green ve ark., 2020).

Probiyotik gıda tüketimi ve obeziteyi tedavi edici potansiyeli ile ilgili sınırlı da olsa bazı çalışmalar mevcuttur. *Lactobacillus acidophilus* ve *Lactobacillus casei*'nin probiyotik suşları ile takviye edilmiş geleneksel Hint yoğurdu “dahi”nin kullanıldığı araştırmalar, hiperglisemi ve hiperinsülinemi iyileştirebileceğini göstermiştir (Yadav ve ark., 2007; Yadav ve ark., 2008). *Lactobacillus gasseri* SBT2055 içeren fermente sütün tüketiminin ise vücut ağırlığında azalışa yol açtığı ve metabolik bozukluklar üzerinde yararlı etkisinin olduğu bildirilmiştir (Kobyliak ve ark., 2016). Probiyotik ve fermente süt ürünlerinden biri olan kefir ile beslenen farelerde probiyotik kefir tüketiminin ağırlık kaybı ile ilgili biyokimyasal süreçte etkili olan lipid oksidasyonunu teşvik etme potansiyelinin olduğu belirtilmiştir. Bu durum, kefir tüketiminin obezite ile ilişkili sistemik düşük dereceli inflamasyonu kısmen hafiflettiğine işaret etmektedir (Kim ve ark., 2017). Lau ve ark. (2019) araştırmalarında probiyotik takviyesi veya yoğurt tüketiminin metabolik sağlık, özellikle de obezite ve hipertansiyon ile yararlı ilişkisinin olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Zhong ve ark. (2020), probiyotik fermente yaban mersini suyunun obeziteye karşı etkisini araştırdıkları çalışmalarında bağırsak florasında düşük Firmicutes popülasyonu (*Oscillibacter* ve *Alistipes*) ve yüksek Bacteroidetes popülasyonu (*Akkermansia*, *Barnesiella*, *Olsenella*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*) saptamışlardır. Ayrıca glikoz ve lipit metabolizmasındaki gen ekspresyon seviyelerinin regülasyonunu gözlemişlerdir. Araştırmacılar, probiyotik (*L. plantarum*, *L. acidophilus*, *L. paracasei*, *L. rhamnosus*, *L. acidipiscis*, *S. cerevisiae*, *Bacillus coagulans*) fermente yaban mersini suyu tüketiminin obezite tedavisini destekleyici yönde bir yaklaşım olabileceğini ileri sürmüşlerdir (Zhong ve ark., 2020). Mozaffarian (2019), yoğurt ve peynir gibi fermente gıda ürünlerindeki probiyotiklerin kilo alımını azalttığını bildirmişlerdir. Tang ve ark. (2021), *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophiles* içeren probiyotik yoğurtla beslenen farelerde glikoz metabolizmasının düzene girdiğini saptamışlardır.

Şu ana kadar yapılan çalışmaların çoğunda probiyotik takviye veya probiyotik gıda tüketiminin obezite tedavisi için alternatif bir yaklaşım olabileceği bildirilse de sınırlı sayıda olmakla birlikte hiçbir etkisinin bulunmadığını bildiren çalışmalarda mevcuttur (Yardım, 2019). Örneğin; Barengolts ve ark. (2019), obezitesi olan hastalarda glikoz kontrolünü iyileştirmek için geleneksel yoğurtla

karşılaştırıldığında probiyotik yoğurt tüketiminin istatistiksel olarak önemli bir faydasının olmadığını saptamışlardır. İlgili çalışmada obezitesi olan hastalarda probiyotik ve/veya geleneksel yoğurt veya diğer probiyotik fermente sütün (örn. kefir) faydalarını doğrulamak için daha büyük araştırmalara ihtiyaç olduğu bildirilmiştir.

4. Sonuçlar

Firmicutes/Bacteroidetes oranı ile obezite arasında belli bir derecede korelasyon bulunmaktadır. Özellikle obezitesi olan bireylerde zayıf bireylerle karşılaştırıldığında bağırsak mikrobiyotası bileşiminin karmaşıklaştığı ve bağırsak mikrobiyota dengesizliği gözlenmiştir. Bağırsak mikrobiyotasının obeziteyle mücadelede probiyotikler ile tedavisinin mümkün olduğunu gösteren birçok çalışma mevcuttur. Obezite tedavisinde birincil yaklaşım olarak bağırsak mikrobiyotasını dengeleyerek metabolizmayı iyileştirecek probiyotik ağırlıklı beslenme biçimleri önerilir. Ancak probiyotik gıda tüketimi ve obezite arasındaki ilişkiyi ortaya koyan çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Probiyotik gıda tüketiminin bağırsak mikrobiyotası ve dolaylı olarak obezite üzerine etkilerini daha iyi anlamak için geniş kapsamlı ve daha çok insanlar üzerinde yapılacak çalışmalara gereksinim vardır.

Çıkar çatışması beyanı

Makale yazarları herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların katkı oranı beyan özeti

Yazarlar makaleye %50 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

Kaynakça

- Abenavoli L., Scarpellini E., Colica C., Boccuto L., Salehi B., Sharifi-Rad J., Aiello V., Romano B., Lorenzo A., Izzo AA., Capasso R. Gut microbiota and obesity: A role for probiotics. *Nutrients* 2019; 11(11): 2690.
- Aguilera XEL., Manzano A., Pirela D., Bermúdez V. Probiotics and gut microbiota in obesity: Myths and realities of a new health revolution. *Journal of Personalized Medicine* 2022; 12(8): 1282.
- Alagözlü H. Barsak mikrobiyotası ve obezite. *Türkiye Klinikleri J Gastroenterohepatol-Special Topics* 2016; 9(2): 28-33.
- Arslan N. Obezite ile barsak mikrobiyotası ilişkisi ve obezitede prebiyotikler ve probiyotiklerin kullanımı. *Beslenme ve Diyet Dergisi* 2014; 42(2): 148-153.
- Ayas I. Obezite ile mücadelede obezite vergilerinin algılanan etkinliği. *Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Sayfa no:240, Sakarya, Türkiye, 2016.*
- Barathikannan K., Chelliah R., Rubab M., Daliri EBM., Elahi F., Kim DH., Agaistian P., Oh SY., Oh DH. Gut microbiome modulation based on probiotic application for anti-obesity: A review on efficacy and validation. *Microorganisms* 2019; 7(10): 456.

- Barengolts E., Smith ED., Reutrakul S., Tonucci L., Anothaisintawee T. The effect of probiotic yogurt on glycemic control in type 2 diabetes or obesity: A meta-analysis of nine randomized controlled trials. *Nutrients* 2019; 11(3): 671.
- Cerdó T., García-Santos JA., G. Bermúdez M., Campoy, C. The role of probiotics and prebiotics in the prevention and treatment of obesity. *Nutrients* 2019; 11(3): 635.
- Çatak J., Yıldırım E., Memiş N. Obezite ve mikrobiyota etkileşimlerine genel bakış. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2021; 31: 275-291.
- Ejtahed HS., Angoorani P., Soroush A. R., Atlasi R., Hasani-Ranjbar S., Mortazavian AM., Larijani B. Probiotics supplementation for the obesity management; A systematic review of animal studies and clinical trials. *Journal of Functional Foods* 2019; 52: 228-242.
- Erkul C., Alphan ME. Bağırsak mikrobiyotası ve obezite ilişkisi. *İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi* 2020; 5(1): 35-39.
- Green M., Arora K., Prakash S. Microbial medicine: Prebiotic and probiotic functional foods to target obesity and metabolic syndrome. *International Journal of Molecular Sciences* 2020; 21(8): 2890.
- Kim DH., Kim H., Jeong D., Kang IB., Chon JW., Kim HS. Kefir alleviates obesity and hepatic steatosis in high-fat diet-fed mice by modulation of gut microbiota and mycobiota: Targeted and untargeted community analysis with correlation of biomarkers. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 2017; 44: 35-43.
- Kobyliak N., Conte C., Cammarota G., Haley AP., Styriak I., Gaspar L., Fusek G., Rodrigo L., Kruzliak P. Probiotics in prevention and treatment of obesity: A critical view. *Nutrition & Metabolism* 2016; 13(1): 1-13.
- Lau E., Neves JS., Ferreira-Magalhães M., Carvalho D., Freitas P. Probiotic ingestion, obesity, and metabolic-related disorders: Results from NHANES, 1999–2014. *Nutrients* 2019; 11(7): 1482.
- Ley RE., Bäckhed F., Turnbaugh P., Lozupone CA., Knight RD., Gordon JI. Obesity alters gut microbial ecology. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2005; 102, 11070-11075.
- Mazloom K., Siddiqi I., Covasa M. Probiotics: How effective are they in the fight against obesity?. *Nutrients* 2019; 11(2): 258.
- Mekkes MC., Weenen TC., Brummer RJ., Claassen E. The development of probiotic treatment in obesity: A review. *Beneficial Microbes* 2014; 5(1): 19-28.
- Mouzaffarian D. Dairy foods, obesity, and metabolic health: the role of the food matrix compared with single nutrients. *Advances in Nutrition* 2019; 10(5): 917S-923S.
- Şener D., Yüksel D., Keskin CN., Albayrak G., Biberoglu FM. Obezite ve mikrobiyota ilişkisi. In 2nd International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences 2019. Publisher: e-book. Ankara.
- Tang C., Kong L., Shan M., Lu Z., Lu Y. Protective and ameliorating effects of probiotics against diet-induced obesity: A review. *Food Research International* 2021; 147: 110490.

- Tekin T., Çiçek B., Konyalıgil N. İntestinal mikrobiyota ve obezite ilişkisi. Sağlık Bilimleri Dergisi 2018; 27(1): 95-99.
- Tennyson CA., Friedman G. Microecology, obesity, and probiotics. Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity 2008; 15(5): 422-427.
- Vallianou N., Stratigou T., Christodoulatos GS., Tsigalou C., Dalamaga M. Probiotics, prebiotics, synbiotics, postbiotics, and obesity: Current evidence, controversies, and perspectives. Current Obesity Reports 2020; 9: 179-192.
- Yadav H., Jain S., Sinha PR. Antidiabetic effect of probiotic dahi containing *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* in high fructose fed rats. Nutrition 2007; 23(1): 62-68.
- Yadav H., Jain S., Sinha PR. Oral administration of dahi containing probiotic *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* delayed the progression of streptozotocin-induced diabetes in rats. Journal of Dairy Research 2008; 75(2): 189-195.
- Yardımcı HN. Obez ve obez olmayan bireylerin probiyotik besin tüketim sıklıklarının karşılaştırılması. Haliç Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik, Yüksek Lisans Tezi, Sayfa no:46, İstanbul, Türkiye, 2019.
- Zhang J., Mu J., Li X., Zhao X. Relationship between probiotics and obesity: A review of recent research. Food Science and Technology 2022; 42.
- Zhong H., Deng L., Zhao M., Tang J., Liu T., Zhang H., Feng F. Probiotic-fermented blueberry juice prevents obesity and hyperglycemia in high fat diet-fed mice in association with modulating the gut microbiota. Food & Function 2020; 11(10): 9192-9207.

Hücreli Bitkisel Gıdalarda Kütle Transferini Arttırmak İçin Vurgulu Elektrik Alan Teknolojisinin Kullanımı

Serap ALDEMİR^{1*}

¹Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya Metalürji Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul

¹<https://orcid.org/0000-0002-4766-7748>

*Sorumlu yazar: serap.aldemir@std.yildiz.edu.tr

Derleme Makalesi

ÖZ

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 25.01.2023

Kabul tarihi: 18.06.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Vurgulu elektrik alan
Hücreli bitkisel gıdalar
Kurutma
Ekstraksiyon
İnfüzyon

Son yıllarda hücreli bitkisel gıdaları işlemede ısı olmayan bir teknoloji olarak vurgulu elektrik alan (VEA) uygulamasının önemi giderek artmaktadır. Hücreli bitkisel gıdaların VEA ile işlenmesi, ürün kalitesinin iyileştirilmesinde, yeni ürünlerin eldesinde ve enerji sarfiyatını düşürmede umut verici bir teknoloji olma potansiyeline sahiptir. Bitkisel dokuların geçirgenliğini sağlamada ön işlem olarak VEA uygulanması ile kurutma, ekstraksiyon ve infüzyon işlemlerinde dokulardan suyun ve değerli bileşiklerin kütle transferini arttırdığı gösterilmiştir. Bu çalışmada, bitki dokularının elektroporasyonunun temel mekanizmaları ve elektrikle indüklenen hücre hasarının tespit yöntemleri konusunda bilgi verilmiştir. Aynı zamanda hücreli bitkisel gıdaları işlemede, VEA ön işlem uygulamasının kurutma, ekstraksiyon ve infüzyon gibi çeşitli proseslerde etkisinin belirlendiği çalışmalar üzerinde durulmuştur.

Use of Pulsed Electric Field Technology to Enhance Mass Transfer in Cellular Plant Foods

Review Article

ABSTRACT

Article History:

Received: 25.01.2023

Accepted: 18.06.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Pulsed electric field
Cellular plant foods
Drying
Extraction
Infusion

In recent years, the importance of the application of the pulsed electric field (PEF) as a non-thermal technology in processing cellular plant foods has been increasing. PEF processing of cellular plant foods has the potential to be a promising technology for improving product quality, obtaining new products, and reducing energy consumption. It has been shown to increase the mass transfer of water and valuable compounds from tissues in drying, extraction, and infusion processes with the application of PEF as a pre-treatment in ensuring the permeability of plant tissues. In this study, information is given about the basic mechanisms of electroporation of plant tissues and the detection methods of electrically induced cell damage. At the same time, studies in which the effect of PEF pre-treatment on various processes such as drying, extraction, and infusion were determined in the processing of cellular plant foods were emphasized.

To Cite: Aldemir S. Hücreli Bitkisel Gıdalarda Kütle Transferini Arttırmak İçin Vurgulu Elektrik Alan Teknolojisinin Kullanımı. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 588-605.

1. Giriş

Biyoteknolojide gen aktarımında elektroporasyon olarak bilinen tekniğin gıda işlemedeki potansiyeli üzerine çalışmalar son yıllarda giderek artmaktadır (Donsi ve ark., 2010; Ariza-gracia ve ark., 2020;

Zhao ve ark., 2021). Elektroporasyon tekniği bir hücre geçirgenleştirme yöntemidir. Bu yöntemde göre, iki elektrot arasına alınan hücresel yapılar kısa süreli vurgulu elektrik alana (VEA) maruz bırakıldıklarında hücre zarlarının hasarına yol açmaktadır (Yaşar, 2017). VEA işleminin önemli bir ısı artışına neden olmayan bir yöntem oluşu ve geleneksel yöntemlere (dondurup-çözme, ısıtma, enzimatik, mekanik) kıyasla düşük enerji maliyetinden dolayı gıda işlemede ilgi çekmektedir. Gıda işleme alanındaki çalışmaların çoğu mikrobiyal inaktivasyonu sağlamaya yöneliktir. Yapılan çeşitli çalışmalarda VEA'nın vegetatif hücreleri başarılı bir şekilde inaktif ettiği rapor edilmiştir. VEA'nın sporlar üzerine etkisinin ise sınırlı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle bu alandaki çalışmalarda VEA'nın daha çok sıvı gıdaların (süt, sıvı yumurta, meyve suyu gibi) pastörizasyonunu sağlaması üzerinde durulmuştur (Wouters ve ark., 2001; Buckow ve ark., 2013; Fincan, 2015; Ariza-gracia ve ark., 2020; Emanuel ve ark., 2020). VEA'nın gıda işlemede ilgi çeken diğer bir alanı ise sağlam dokulardan kütle transferinin gerektiği kurutma, ekstraksiyon ve infüzyon gibi çeşitli proseslerde kütle transferini kolaylaştırmasıdır. Bitkisel dokuların hücre içinde vakuolde çeşitli endüstriyel, tıbbi ve aromatik bileşenler (fenolik maddeler, protein, şeker, pigment ve aroma) bulunması ve bunların çoğunun ısıyla degradasyona uğramasından dolayı VEA'nın ekstraksiyonda kütle transferini iyileştirici etkisi yoğun olarak çalışılmıştır. Bunun yanında, bitkisel dokulara VEA uygulamasının, hücre zarı hasarı ile kütle transferini arttırıp, dokudan suyun çıkışını kolaylaştırmasına yönelik kurutma üzerine etkileri çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (Phoon ve ark., 2008; Donsi ve ark., 2010; Cemeroğlu 2011; Xue ve Farid, 2015; Yaşar 2017; Nowacka ve ark., 2019).

2. Bitkisel Doku Morfolojisi

Bitki dokuları, kendilerini çevreleyen hücre dışı matris içinde, yan yana dikey ve yatay dizili hücrelerin bir araya gelmesiyle oluşur. Dokular, hücre içi ve hücre dışı bölgesinde iki türde sıvı içerir. Sıvının büyük bir kısmı hücre içinde bulunurken, çok azı hücre dışı alanda bulunur. Bu sıvı, içersinde aktif ve inaktif biyolojik maddeleri bulunduran sudur. Doku içerdiği sıvı ile yarı katı niteliğe sahiptir. Hücreler arasında çok az hava boşluğu bulunur (Fincan, 2003). Doku hücreleri daha çok izodiametrik veya çok yüzlü şekle sahip olan parankima hücrelerinden oluşur ve bu hücrelerin boyutu 40-200 µm arasında değişir. Hücreler, dış ortam ile sınırlarını belirleyen plasmalemma denen ince bir hücre zarı ve hücre duvarı ile çevrilidirler. Hücrelerin yapılarında bir çekirdek, sitoplazma ve sitoplazmada dağınık olarak bulunan farklı görevleri olan birçok farklı organeller (mitokondri, golgi organları, endoplazmik retikulum, ribozomlar, plastitler) bulunur. Sitoplazmada %60-90 su bulunur ve sitoplazmadaki kuru katı içeriğinin %40-50'i protein ve %2-3'ü lipitlerden meydana gelir. Olgun canlı bitki hücreleri, hücrenin toplam hacminin %80 ile %90'ını kaplayan büyük bir vakuol bulundurur. Vakuol, tonoplast denen bir zar ile çevrilidir ve bu zar içinde şekerler, organik asitler, proteinler, fenolik bileşikler, antosiyaninler vb. gibi çeşitli maddeleri içeren sulu bir sıvı bulunur (Soliva-Fortuny ve ark., 2009; Gonzalez ve Barrett, 2010; Cemeroğlu 2011; Aldemir, 2019)

Hücre zarı, hücrenin iç ve dış kısmı arasında madde akışını düzenlemede önemli bir göreve sahiptir. Kalınlığı 7,5-10 nm olup, yapısında %55 protein, %25 fosfolipid, %13 kolesterol ve %7 diğer lipit ve karbonhidratlar bulunur. Elastik yapılıdır. Hücre zarının dışında, hücre duvarı bulunur. Hücre duvarı, sert bir yapıdadır. Hücre zarına destek verir, hücrenin boyutunu ve şeklini sınırlandırır. Hücre duvarı primer duvar, sekonder duvar ve orta lamel olmak üzere üç katmandan oluşur. Tüm bitki hücreleri orta lamel ve primer hücre duvarına sahiptir fakat hepsinde sekonder hücre duvarı yoktur. Primer duvar, büyüyen bitki hücrelerinde orta lamel ile hücre zarı arasında oluşturulur ve ince elastik bir yapıdadır. Sekonder duvar, hücrenin büyümesi sona erince primer duvar ile plasmalemma arasında oluşturulur ve primer duvara göre daha katı ve kalın bir yapıya sahiptir. Orta lamel, hücre duvarı tabakasının en dışındaki katmandır ve yan yana gelmiş iki hücreyi birbirine bağlar, pektin adı verilen polisakkaritleri içerir. Primer hücre duvarı bileşimi (%9-25) selüloz, (%25-50) hemiselüloz, (%10-35) pektik maddeler ve (%10) proteinlerden oluşur. Ayrıca hücre duvarında peroksidazlar, pektinazlar, selülazlar ve ekspansinler gibi çeşitli enzimler de bulunur. Sekonder hücre duvarı, yaklaşık olarak %41-45 selüloz, %30 hemiselülozdan oluşur. Ancak bazı sekonder hücre duvarları yapısında, selülozdan çok daha sert olan lignin de (%22-28 oranında) bulundurabilir (Fincan, 2003; Cemeroğlu, 2011; Yaşar, 2017; Aldemir, 2019).

3. Elektroporasyon Teorisi ve Parametreleri

Elektroporasyon; elektrotlar arasına yerleştirilen biyolojik hücrelerin, kısa süreli (μ s veya ms) vurgulu elektrik alana (VEA) maruz bırakılmasıyla, hücre zarlarında geçici veya kalıcı gözeneklerin (porların) oluşumudur (Yaşar, 2017). Gözeneklerin oluşum mekanizması için birçok teorik model önerilmiş olmasına rağmen, en çok kabul gören Zimmermann tarafından (Zimmermann, 1986) ortaya atılan, dielektrik parçalanma teorisidir. Bu teoride, hücreler kesikli elektrik alana maruz kaldıklarında, dielektrik hücre zarının iç ve dış yüzeyinde serbest bulunan iyonlar, zıt iyon kümeleri şeklinde birikerek transmembran potansiyel (TMP)'inde artışa neden olur. TMP'deki artış ile zarın her iki yanındaki iyonların çekiminden dolayı sıkıştırma basıncı artar ve zar kalınlığında azalma meydana gelir. Elektrik alanın artmasıyla TMP yaklaşık 0,2-1,0 V civarında olduğunda hücre zarında gözenek oluşumu veya elektroporasyon başlar. Uygulanan elektrik alan kuvvetinin büyüklüğü kritik değere eşit veya çok az aşmışsa ve toplam hücre zarı yüzeyine göre gözeneklerin boyutu çok küçükse geri dönüşümlü elektroporasyon meydana gelir. Ancak uygulanan elektrik alan kuvvetinin büyüklüğü kritik değerden daha fazla olduğunda ve toplam hücre zarı yüzeyine göre gözeneklerin boyutu büyükse geri dönüşümsüz elektroporasyon meydana gelir (Zimmermann, 1986; Pataro ve ark., 2011). Hücre zarı elektroporasyonu, elektriksel parametrelere, ortamla ilgili parametrelere, hücre ve doku tipine bağlı olarak değişir (Yaşar, 2017).

3.1. Elektriksel parametreler

3.1.1. Elektrik alan kuvveti ve toplam işlem süresi

Elektrik alan kuvveti/yoğunluğu ve toplam işlem süresi VEA işlemlerinde doku/hücre zarı hasarını etkileyen en önemli işlem parametreleridir. Bu parametreler zar geçirgenliğini büyük ölçüde etkilemektedir (Barba ve ark., 2015). İşlem süresi dokunun, elektrik alan kuvvetine maruz kalma süresidir. Bu süre vurgu sayısı ile etkin vurgu süresi çarpılarak bulunur (Mohamed ve Eissa, 2012). Yapılan bir çalışmada, patates ve portakal dokularının 400 V/cm ve 1000 V/cm elektrik alan kuvvetlerindeki doku hasar kinetiği hesaplanmış ve elektrik alan kuvvetinin artmasıyla hasar kinetiğinin hızlandığı tespit edilmiştir (Ben Ammar ve ark., 2011). Hülshager ve ark., (1981) yaptığı çalışmada bakterilerin ölümünün nispi oranının elektrik alan şiddeti ve işlem süresi tarafından yönetildiğini bildirmişlerdir.

3.1.2. Vurgu süresi (genişliği)

Vurgu süresinin etkinliği üzerine yapılan çalışmalarda sonuçlar farklılık göstermektedir. Raso ve ark., (2000) yaptığı çalışmada aynı işlem süresi uygulamasında mikroorganizmadaki inhibasyonu vurgu süresinden (genişliği) bağımsızdır. Bazı çalışmalarda ise vurgu süresi değişimi doku/hücre zarı hasarını etkilemektedir. Saulis ve Saule (2012) vurgu süresinin zarda gözenek boyutu ilişkisi üzerine yaptığı çalışmada, uygulanan milisaniye ölçekli vurguların mikrosaniye ölçekli vurgulara göre zarda daha büyük gözenek oluşumuna yol açtığını bildirmiştir.

3.1.3. Vurgular arası süre

Vurgular arası süre ve buna bağlı olan vurgu frekansının ($f=1/\text{vurgular arası süre}$) elektroporasyon üzerindeki etkisi konusunda yapılan çalışmalar çelişkili sonuçlar vermiştir. Bazı çalışmalara göre yüksek frekansın elektroporasyonda daha büyük biyo-etkiler ve verimlilik sağladığı bildirilirken (Vernier ve ark., 2006; Nuccitelli ve ark., 2010; Jiang ve ark., 2011) bazı çalışmalarda ise düşük frekansın elektroporasyon üzerinde daha etkili olduğu bildirilmiştir (Sensoy ve Sastry, 2004; Asavasanti ve ark., 2011; Lamberti ve ark., 2015).

3.1.4. Vurgu sayısı

Vurgu sayısını arttırmanın hücre zarı hasarı üzerine etkisi sınırlıdır. Dokulara uygulanan ilk 10-20 vurgunun zar hasarı üzerinde etkisi büyük olurken vurgu sayısının artmasıyla bu etki azalmaktadır (Maskooki ve Eshtiaghi, 2012). Arevalo ve ark., (2004) yaptığı çalışmada vurgu sayısının 5'ten 120'ye çıkarılması patates dehidrasyon oranlarını değiştirmemiştir.

3.1.5. Vurgu şekli

Elektrik vurguları; kare, iki kutuplu kare, üstel azalma, iki kutuplu üstel azalma ve çift üstel gibi farklı dalga biçimlerine sahiptir. Kare tipi vurgularda, elektrik alan yoğunluğunun, üstel azalma vurgularından daha uzun süre yüksek ve sabit genlikte kalması kare vurguların etkisini arttırmaktadır.

Vurgu dalga şekli ayrıca iki dalga biçimi, “monopolar” ve “bipolar” olarak ayrılabilir. Hücre üzerindeki mono ve bipolar kare vurguların etkinliği konusunda sonuçlar çelişkilidir. Daha önceki çalışmalar, sıvı bir ortamdaki mikrobiyal hücreler üzerinde bipolar kare vurguların monopolarlara göre daha etkili olduğunu göstermiştir. Yeni bir çalışmada ise araştırmacılar, mikroalg hücrelerinden hücrel bileşiklerin ekstraksiyonunda monopolar kare vurguların bipolar kare vurgulardan daha etkili olduğunu bildirmişlerdir (Naliyadhara ve ark., 2022).

3.2. Ortamla ilgili parametreler

3.2.1. Sıcaklığın etkisi

Hücre zarı, yüksek sıcaklığa maruz bırakıldığında, zarın akışkanlığı ve geçirgenliği artarak, hücrenin daha düşük elektrik alan kuvvetinde geçirgen hale gelmesini sağlar. Yapılan bir çalışmada, hücre zarının elektroporasyonu için, 4 °C’de 2V, 20 °C’de 1V ve 30-40 °C’de 500 mV gerektiği belirtilmiştir (Zimmermann, 1986).

3.2.2. Ortamın elektriksel iletkenliği

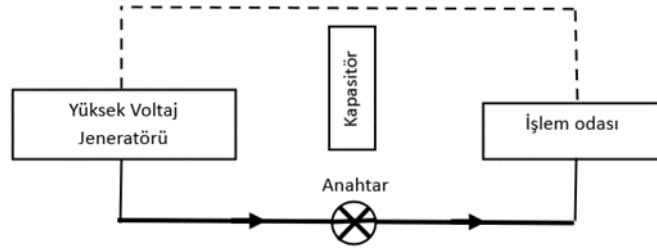
Ortamın elektriksel iletkenliğinin artması, VEA uygulama sırasında ısınma meydana getirir ve bu durumda hücrenin elektroporasyonunda ısı artışı etkili olmaktadır. Bazı çalışmalarda, elektriksel iletkenliğin azalmasıyla hücre zarı hasarının arttığı belirlenmiştir (Hülshager ve ark., 1981; Silve ve ark., 2016).

3.3. Hücre ve doku tipine bağlı parametreler

Boyutu büyük olan hücrelerin indüklenen potansiyel enerjisi, boyutu küçük olan hücelere göre daha büyük olduğundan, elektrik alana karşı daha duyarlıdır (Gaylor ve ark., 1988). Hücre zarında por oluşumu için kritik elektrik alan kuvveti, bitki hücreleri (hücre boyutu 40-200 µm) için 1 kV/cm iken boyutu daha küçük olan mikrobiyal hücrelerde (hücre boyutu 1-10 µm) ise 12-20 kV/cm’dir (Soliva-Fortuny ve ark., 2009).

4. Hücreli Bitkisel Gıdalara Vurgulu Elektrik Alan Uygulaması

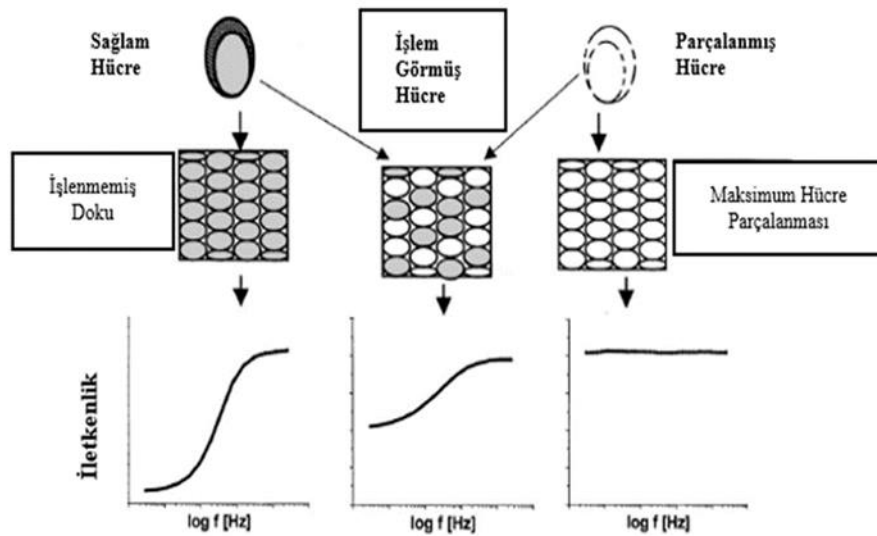
Hücreli bitkisel gıdalara VEA uygulama sisteminin en basit gösterimi Şekil 1’de verilmiştir. Genellikle VEA sistemi, yüksek voltaj DC jeneratörü, kapasitörler dizisi, yüksek voltaj anahtarı, işlem odacıkları, soğutma ekipmanı, ısı kontrol ünitesi ve kontrol sisteminden (bilgisayar) oluşmaktadır (Evrendilek, 1999; Ngadi ve ark., 2003). Sistemde, DC jeneratörü tarafından oluşturulan elektrik enerjisi kapasitörde depolanır. Sistem çalıştırıldığında kapasitördeki elektrik enerjisi istenen formda, sürede ve yoğunlukta uygulama odacığında su içinde bulunan gıdaya (sağlam doku) verilerek uygulama gerçekleşir (Ağçam ve ark., 2014; Aldemir, 2019). VEA sisteminin ana bileşenleri, yüksek voltaj jeneratörü, anahtar, kapasitör ve işlem odasıdır (elektrotlar) (Şekil 1).



Şekil 1. VEA sistemi (Seçkin ve Özgören, 2011; Yangılar ve ark., 2013).

5. Vurgulu Elektrik Alanın Hücreli Bitkisel Gıdalarda Meydana Getirdiği Değişmeler

Bitki hücreleri, iletken olmayan zarlarla çevrilidir. Hücrelerin içinde, iyonları bulunduran önemli miktarda su vardır. VEA uygulamasıyla, hücre zarında gözenekler oluşur ve hücre içindeki iyonik sıvı hücre dışına doğru salınır. Bu durumda, ölçülen doku elektriksel iletkenliğinde değişimler gözlenir. Bu gözlenen iletkenlik frekans değerine bağlıdır. α -frekans bölgesinde ($<0,1$ MHz), akım, hücreler arası bölgeden geçer ve bu bölgede yapılan ölçümler sağlam dokunun hücreleri arasındaki iyonların miktarını verir. β -frekans bölgesinde (0,1-100 MHz), hücre zarları dielektrik özelliklerini kaybeder (Maxwell-Wagner etkisi) ve bu bölgede yapılan ölçümde hem hücre içi hem de hücre dışındaki iyonlar ölçülür (Yaşar, 2017). Şekil 2’de hücreleri sağlam, kısmen parçalanmış ve tam parçalanmış bitki dokusunun frekans artırımına bağlı iletkenlik değişimi şematize edilmektedir. Sağlam dokunun iletkenliği bu şekilde Maxwell-Wagner etkisine göre frekansın artmasına bağlı olarak artmakta iken tam parçalanmış dokunun iletkenliği frekansla artmayıp sağlam dokunun 50 MHz’deki değerinde sabit kalmaktadır. Buradan anlaşıldığı üzere, sağlam doku ve tam parçalanmış doku elektriksel iletkenlikleri yüksek frekansta ölçüm yapıldığında birbirine yakın olmaktadır (Knorr ve Angersbach, 1998).



Şekil 2. 1 kHz-50 MHz frekans aralığında sağlam hücreler, kısmen parçalanmış ve tamamen parçalanmış bitki dokusunun tipik frekans-iletkenlik spektrumu (Knorr ve Angersbach, 1998;

Aldemir, 2019)

VEA'nın ekstraksiyon, kurutma gibi kütle transferi içeren gıda proseslerinde dokuyu ne oranda parçaladığı merak edilen bir konudur. Doku parçalanma düzeyi ile kütle transferi arasında kuvvetli bir ilişki vardır. Doku parçalanma oranının belirlenmesinde doku parçalanma indeksleri geliştirilmiştir. Parçalanma indeksi ile bitki dokusundaki hasarlı hücrelerin oranı ve VEA'nın elektriksel parametrelerinin etkinliği belirlenmektedir (Knorr ve Angersbach, 1998).

Knorr ve Angersbach (1998) doku parçalanma derecesini ölçmek için, dokunun frekans bağımlılığına dayanan bir doku parçalanma indeksi, Z_p , Eşitlik 1'de tanımlanmıştır:

$$Z_p = 1 - b * \frac{(\sigma'_h - \sigma'_l)}{(\sigma_h - \sigma_l)}; b = \frac{\sigma_h}{\sigma'_l}; 0 \leq Z_p \leq 1 \quad (1)$$

σ_l ve σ'_l düşük frekans aralığında (1-5 kHz) sırasıyla işlem görmemiş (sağlam) ve işlem görmüş dokunun; σ_h ve σ'_h yüksek frekans aralığında (3-50 MHz) sırasıyla işlem görmemiş ve işlem görmüş dokunun elektriksel iletkenliğidir. Sağlam dokunun $Z_p \approx 0$ iken tam parçalanmış doku için $Z_p \approx 1$ olmaktadır.

Lebovka ve ark., (2002) tarafından farklı bir parçalanma indeksi, Eşitlik 2'de tanımlanmıştır:

$$Z_p = \frac{\sigma'_l - \sigma_l}{\sigma'_{ld} - \sigma_l} \quad (2)$$

σ_l , σ'_l ve σ'_{ld} düşük frekans aralığında (1-5 kHz) sırasıyla işlem görmüş, sağlam ve tamamen parçalanmış dokunun elektriksel iletkenlik değeridir. Sağlam doku için $Z_p \approx 0$ ve tam parçalanmış doku için $Z_p \approx 1$ verir.

Fincan (2015) tarafından tanımlanan bir indeks de, Eşitlik 3'te verilmiştir:

$$Z_p = \frac{\sigma - \sigma_s}{\sigma_f - \sigma_s} \quad (3)$$

σ , σ_f ve σ_s sırasıyla işlem gören, tam parçalanmış (dondurup-çözme) dokunun ve distile suyun elektriksel iletkenliğidir. Buna göre, sağlam dokunun $Z_p \approx 0$ ve tam parçalanmış dokunun $Z_p \approx 1$ olmaktadır.

5.1. Vurgulu elektrik alan işlemi ile kurutmanın kolaylaştırılması

Arevalo ve ark., (2004) elma ile patatesin kuruma etkinliği üzerine VEA ön işleminin etkisini incelemişlerdir. Elma ve patates dokusuna 0,75-1,5 kV/cm elektrik alan kuvveti, 100µs vurgu genişliği ve 5-120 vurgu sayısında VEA işlemi uygulanmıştır. Ardından örnekler 70 °C'de bir konvektif hava fırınında kurutulmuştur. VEA ön işleminin elmanın etkin nem difüzyon katsayısına bir etkisi olmadığı görülmüştür. Patateslere 0,75 ve 1,5 kV/cm'de uygulanan elektrik alanların patateslerin kuruma özelliklerinde etkisi benzer olmuştur ve vurgu sayısının 5'ten 120'ye çıkarılması difüzyon katsayısını etkilememiştir. İşlem görmemiş patates dokusunun etkin nem difüzyon katsayısı $0,78 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ iken VEA ön işlemi görmüş örneklerin (0,75-1,5 kV/cm, 5-120 vurgu sayısı, 100 µs vurgu genişliği) etkin

nem difüzyon katsayısı $1,09 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ 'ye yükselmiştir. Elma ve patates dokusunun kuruma özellikleri üzerinde, VEA ön işleminin etkisinin farklı olması, dokular arasındaki morfolojik farklılıklar ve dokuların farklı elektrolitik bileşenlerinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Amami ve ark., (2008) havuç dokusuna santrifüj ozmotik dehidrasyon (OD) öncesi VEA işlemi uygulanmış (0,60 kV/cm, 100µs vurgu genişliğinde monopolar kare vurgu, 50 ms işlem süresi ve enerji girişi 19 kJ/kg) ardından %65 (w/w)'lik sakkaroz çözeltisine daldırılarak 1, 2 ve 4 saat boyunca, 40 °C'de, 2400 x g merkezkaç ivmesinde OD işlemi gerçekleştirilmiş ve sonra 40-60 °C'de ve sabit hava hızında (6 m³/h) kurutulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde, kurutma sıcaklığının artmasıyla işlem görmemiş ve VEA ön işlem görmüş havuç dokusunun etkin nem difüzyon katsayısı artmıştır. Ayrıca, VEA ile işlenmiş havucun etkin nem difüzyon katsayısının işlem görmemiş olan örnekten daha yüksek olduğu belirtilmiştir. VEA işlemi uygulanmış örnekler işlem görmemiş örnekler ile karşılaştırıldığında 60 °C'de kuruma süresinin 370 dakikadan 290 dakikaya düştüğü rapor edilmiştir. OD süresinin artmasıyla kuruma süresi azalmış ve 4 saat OD uygulamasından sonra örneklerin 90 dakikada kuruduğu bildirilmiştir. VEA ve OD (4 saat) uygulamasından sonra 60 °C'de kurutmada kuruma süresi işlem görmemiş örneğe göre %81 azalmıştır. İşlem görmemiş örneğe ($0,93 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$) kıyasla VEA ön işlemi görmüş örneklerin ($1,17 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$) ve VEA ile birlikte 1, 2 ve 4 saatlik OD işlemi görmüş örneklerin etkin nem difüzyon katsayısı sırasıyla $1,96 \times 10^{-9}$, $3,07 \times 10^{-9}$ ve $5 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ 'ye yükselmiştir (60 °C'de kurutmada).

Wiktor ve ark., (2013) VEA ön işleminin elma dilimlerinin kuruma kinetiğine etkisini incelemiştir. Elma dilimleri 35 mm çapında ve 5 mm kalınlığında kesilip elektrotlar arasına yerleştirilmiş ardından elektrotlar arasındaki elektrik temasını arttırmak için işlem odası ticari elma suyu (%10,2 ekstrakt) ile doldurulup 5-10 kV/cm elektrik alan kuvveti, 10-50 vurgu sayısı, 1 s vurgu aralığı, 10 ms vurgu genişliğinde monopolar üstel vurgu olacak şekilde VEA uygulanmıştır. Ardından örnekler 70 °C'de 2 m/s hava hızında kurutulmuştur. VEA işlemi hücre parçalanma indeksini (Z_p) artırmış ve bunun sonucu olarak da kurutma kinetiğini değiştirmiştir. 10 kV/cm ve 50 vurgu sayısında VEA ön işlemi kuruma süresini %12 oranında azaltmıştır. Örneğin, 60 dakikalık kurutmadan sonra, boyutsuz nem oranı, işlenmemiş örnekler için 0,26 iken VEA uygulanmış (10 kV/cm, 50 vurgu) örneklerde ise 0,18 olmuştur. VEA ile işlem görmemiş örneklerin etkin nem difüzyon katsayısının $1,04 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ olduğu, VEA ile işlem görmüş örneklerde ise etkin nem difüzyon katsayısının 5 kV/cm'de 10 vurgu sayısında $1,09 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ ve 10 kV/cm'de 50 vurgu sayısında $1,25 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ olduğu gözlenmiştir.

Won ve ark., (2015) kırmızı bibere uygulanan VEA ön işlemini kuruma hızı ve renk özellikleri açısından incelemiştir. VEA ön işlemi 1,0-2,5 kV/cm elektrik alan şiddeti, 30 µs vurgu genişliği (bipolar kare vurgu), 100 Hz vurgu frekansı ve 1s, 2s ve 4s işlem süresi olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Sonra, örnekler 45 °C'de sıcak hava fırınında kurutulmuştur. 2,5 kV/cm, 100 Hz ve 4s'lik işlem süresinde kuruma süresi %34,7 azalır iken 2,5 kV/cm, 100Hz ve 1s'lik işlem süresinde ise kuruma süresinin %20,4 azalmıştır. VEA ile işlem görmemiş örneklerde etkin nem difüzyon katsayısının $2,42 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ olduğu, VEA ön işlemi görmüş örneklerin (2,5 kV/cm, 100 Hz, 4s) ise

etkin nem difüzyon katsayısı $3,71 \times 10^{-10}$ m²/s'ye yükseldiği görülmüştür. VEA ile muamele edilmiş kırmızı biberin daha kısa kuruma süresi, artan (L^* , a^* , b^*) renk değerleri ile karotenoid pigmentlerinin daha fazla tutulmasına yol açarak, kurutulmuş biberin renk kalitesine olumlu katkısı olmuştur.

Ostermeier ve ark., (2018) soğanların kuruma kinetiği üzerine VEA ön işleminin etkisini incelemiştir. VEA ön işlemi 0,2-20,0 kJ/kg spesifik enerji, 0,36-1,07 kV/cm elektrik alan kuvveti, 40 µs vurgu genişliği, 2 Hz frekans ve üstel azalan monopolar vurgu olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Ardından örnekler 45, 60 ve 75 °C sıcaklıklarda sıcak hava ile kurutulmuştur. Farklı VEA parametrelerinin hücre parçalanma oranları üzerine etkisi incelenmiştir. 1,07 kV/cm elektrik alan kuvvetinde en fazla hücre parçalanması ($Z_p \approx 0,6$) görülmüştür. 60 °C'de kurutmada, VEA işlemi görmemiş soğan örnekleri 300 dakikada istenen nem seviyesine ulaşılırken, 1,07 kV/cm elektrik alan kuvvetinde 1, 4 ve 16 kJ/kg spesifik enerji değerlerinde VEA işlemi görmüş örneklerin kuruma süresinde ise azalma tespit edilmiştir. En hızlı kuruma süresi, soğan örneğinin 4 kJ/kg spesifik enerji girişinde işlenmesinde görülmüştür. VEA işlemi görmemiş örneğe kıyasla 4 kJ/kg spesifik enerji ile işlenen örneğin kuruma süresi 300 dakikadan 236 dakikaya düşmüş, bu da %21,4'lük bir azalma ile en hızlı kuruma sağlamıştır. 45, 60 ve 75 °C'de kurutma sıcaklıklarında kuruma süreleri işlem görmemiş örneklere kıyasla VEA ön işlemi ile sırasıyla %30,3, %21,4 ve %6,4 oranında azalmıştır.

5.2. Vurgulu elektrik alan işlemi ile ekstraksiyonun kolaylaştırılması

Fincan ve ark., (2004) kırmızı pancardan pigment ekstraksiyonunda, VEA ön işleminin etkisini incelemiştir. VEA işleminden (1 kV/cm, 10 µs sürede, 270 monopolar karasel vurgu, 7 kJ/kg enerji girişi) sonra, 1 saatlik sulu ekstraksiyonun ardından toplam %90 oranında kırmızı renk ve iyon salınımı olduğunu rapor etmişlerdir. VEA işleminin düşük enerji sarfiyatı ile pancarlardan pigmentlerin ekstraksiyonunda etkili bir geçirgenleştirme yöntemi olduğu görülmüştür.

Gachovska ve ark., (2006) yaptığı çalışmada, Alfalfa yapraklarından meyve suyu eldesinde VEA işleminin etkisini incelemiştir. Alfalfa yaprakları parçalanarak püre haline getirilmiş ve bu püreden yaklaşık 40 g alınarak elektrotlar arasına (elektrotları arasındaki mesafe=40 mm) yerleştirilip (1Hz de 6 kV besleyen 1µF kapasiteli 200 vurgu) VEA işlemi uygulanmış, ardından presleme işlemi gerçekleştirilmiştir. İlk preslemeden sonra elektrotlar arasındaki mesafe yaklaşık 10 mm'ye düşürülmüş ve tekrar VEA işlemi uygulanarak ikinci presleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Her VEA işlemini sırasıyla 2 MPa basınç ve 4 MPa basınç uygulaması takip etmiştir. VEA ön işlemi meyve suyu, protein ve mineral miktarını önemli derecede arttırmıştır.

Guderjan ve ark., (2007) kolza yağı eldesinde, yağ verimi ve fonksiyonel gıda bileşenlerinin içeriğine VEA işleminin etkisini incelemiştir. Çalışmada, kabuklu ve kabuksuz kolza tohumu kullanılmış, solvent ekstraksiyonu veya presleme işlemiyle yağ ayırma ve yağ kalitesi karşılaştırılmıştır. Maksimum yağ geçirgenliği, kabuksuz kolza tohumu için 7,0 kV/cm ve 120 vurgu sayısında (84 kJ/kg) %55 ve kabuklu kolza için 5 kV/cm ve 60 vurgu sayısında (42 kJ/kg) %17 olarak bulunmuştur. VEA yoğunluğuna bağlı olarak yağ verimi preslemenin yanı sıra solvent ekstraksiyonu ile artmış ve yağda

tokoferol, polifenol, toplam antioksidan ve fitosterol konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu görülmüştür. Doymamış özellikler ve sabunlaşma değerleri üzerinde herhangi bir etki tespit edilmemiş ancak preslemeden sonra özellikle kabuklu kolza tohumunda daha fazla serbest yağ asidi ve klorofil tespit edilmiştir.

Lopez ve ark., (2009) şeker pancarından farklı sıcaklıklarda (20-70 °C) sakkaroz ekstraksiyonunun kinetiği üzerinde VEA işleminin etkisini incelemiştir. VEA işlemi 1-7 kV/cm elektrik alan kuvveti, 5-40 vurgu sayısı, vurgu başına 0,006-0,19 kJ/kg spesifik enerji, 1-10 Hz vurgu frekansı, 2-5 ms vurgu genişliğinde kare veya üstel azalan vurgu olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon verimine, 7 kV/cm'de frekans, vurgu şekli ve vurgu genişliğinin bir etkisi yok iken sadece 20 °C'lik sıcaklıkta vurgu sayısının artmasıyla ekstraksiyon verimi artmıştır. Sakkaroz verimi elektrik alan kuvveti, enerji girişi, ekstraksiyon sıcaklığı ve süresinin artmasına bağlı olarak artmıştır. Elektrik alan kuvvetinin etkisi sıcaklık düşüğe daha yüksek olmuştur. VEA işlemi görmemiş örneklerle kıyasla 7 kV/cm'de (3,9 kJ/kg) 20 vurgu uygulanması, 20 °C ve 40 °C'de ekstraksiyon verimini sırasıyla 7 ve 1,6 kat arttırmıştır.

Fincan (2015) nane yapraklarından fenolik ekstraksiyonu eldesinde, VEA ön işleminin etkisini incelemiştir. VEA ön işlemi ekstraktlarda, toplam fenolik ve DPPH içeriğini önemli oranda artırmıştır. VEA(3 kV/cm'de 99x10µs monopolar karesel vurgu) ile sarf edilen enerjinin mikrodalga, dondurup-çözme ve ısıtma proseslerinden daha düşük olduğu ve ısıtmadaki enerji sarfiyatından %98 tasarruf sağlandığı belirlenmiştir.

Puértolas ve de Marañón (2015) VEA teknolojisi kullanımının zeytinyağı üretiminde ekstraksiyon verimi, kimyasal ve duyu kalite üzerindeki etkisini incelemiştir. Zeytin ezmesine VEA işlemi (2 kV/cm ve 11,25 kJ/kg) uygulanması, kontrole göre ekstraksiyon verimini %13,3 oranında artırmıştır. VEA işlemi ile elde edilen zeytinyağının, toplam fenolik içeriği (%11,5), toplam fitosteroller (%9,9) ve toplam tokoferoller (%15,0) kontrolden daha yüksek olduğu görülmüştür. VEA uygulamasının zeytinyağının genel kimyasal ve duyu özellikleri üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığı bildirilmiştir. Xue ve Farid (2015) beyaz kültür mantarından polisakkaritler, polifenoller ve proteinlerin ekstraksiyonunda VEA ön işleminin etkisini incelemiştir. Beyaz mantar süspansiyonuna (%9 w/w) 12,4-38,4 kV/cm elektrik alan kuvveti, 400 ve 800 Hz frekans, bipolar kare vurgu, 2 µs vurgu süresi, 4 °C ve 20 °C giriş sıcaklıkları olacak şekilde VEA işlemi uygulanmıştır. Elektrik alan kuvveti, sıcaklık ve işlem süresinin artmasıyla ekstraktlardaki polisakkaritler, polifenoller ve protein konsantrasyonu artmıştır. Geleneksel yöntemle kıyasla VEA işlemi hafif ısıtma (ohmik) ile birlikte polisakkaritler, polifenoller ve protein verimini artırmıştır. Mantar süspansiyonunun 95 °C'de 1 saatlik geleneksel ekstraksiyonunda %55,8 polisakarit, %25,2 polifenol, %44,8 protein verimi elde edilmiştir. 20 °C'deki mantar süspansiyonuna VEA işlemi (38,4 kV/cm elektrik alan kuvveti ve 272 µs işlem süresi) uygulamasıyla %97,7 polisakarit, %50,9 polifenol ve %48,9 protein verimi elde edilmiştir ve VEA işlemi sonrası ortam sıcaklığının 85 °C olduğu bildirilmiştir.

Carbonell-Capella ve ark., (2017) yaptığı çalışmada, *Stevia rebaudiana* yapraklarından steviol glikozitlerin (steviosid ve rebaudiosit A) ve antioksidan bileşiklerin (toplam fenolik bileşikler, flavonoidler, klorofiller ve karotenoidler) etanol ve su karışımıyla ekstraksiyonunda mikrodalga, ultrason, vurgulu elektrik alan ve yüksek voltajlı elektrik deşarj ön işlemlerinin etkisini incelemiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, stevia yapraklarından kalorili olmayan tatlandırıcılar (steviol glikozitler) ve antioksidan bileşiklerin ekstrakte edilebilirliğinin eş değer enerjideki ön işlem yöntemleriyle arttığını göstermektedir. Bu da öğütmeye kıyasla sonraki saflaştırma ve konsantrasyon adımlarını kolaylaştırabilmektedir. Ekstraksiyon solventi olarak su kullanıldığında, ultrason ve mikrodalga destekli ekstraksiyondan sonra, sırasıyla steviosid ve rebaudiosit A'nın ekstraksiyon veriminin en yüksek olduğu görülmüştür. Fakat ekstraksiyon solventi olarak %50 etanol kullanıldığında, her iki bileşiğin en yüksek verimi VEA ön işlemiyle (20 kV/cm, 200 vurgu) elde edilmiştir. Bu çalışmada, geleneksel olmayan ekstraksiyon teknolojileri (vurgulu elektrik alanı, vb.) kullanılarak steviosid ve rebaudiosit A'nın seçici ekstraksiyonu, işleme adımlarının azaltılmasına (öğütme, saflaştırma, vb.) ve dolayısıyla geleneksel yöntemle bir alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır.

Liu ve ark., (2019) taze çay yapraklarından fenolik ekstraksiyonunda kurutma işlemine alternatif bir ön işlem olarak VEA etkisini incelemiştir. Yapraklara öncelikle VEA ön işlemi (0,7-1,25 elektrik alan kuvveti, 100 µs vurgu süresi, 5 saniye vurgu arası ve 10-200 arası vurgu sayısı) uygulanmış, ardından yapraklardan fenolik maddeler katı-sıvı ekstraksiyon sistemi ile elde edilmiştir. Taze çay yapraklarından toplam fenolik madde miktarı, elektrik alan kuvveti ve vurgu sayısının artmasıyla artmıştır. En yüksek ekstraksiyon verimi için VEA şartları 1,0 kV/cm ve 100 vurgu (22 kJ/kg enerji girişi ve 1,5 °C sıcaklık artışı) olarak rapor edilmiştir. Fırında kurutma (80 °C'de 12 saat) ile karşılaştırıldığında, yapraklara VEA ön işlem uygulaması fenolik profili önemli ölçüde değiştirmeden ekstraksiyon oranını yaklaşık iki kat arttırmıştır. Bu çalışmada, zaman ve enerji açısından verimli bir işleme yöntemi olarak VEA'nın, çay yapraklarından daha fazla fenolik madde ekstraksiyonunda, kurutma işlemi için alternatif bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Nowacka ve ark., (2019) kırmızı pancardan betalain'in ekstraksiyonunda VEA ön işleminin etkisini 4,38 ve 6,25 kV/cm elektrik alan kuvveti, 10-30 vurgu sayısı ve 0-12,5 kJ/kg enerji girişinde incelemiştir. VEA işlemi, elektroporasyonun bir sonucu olarak pancar dokusundan daha iyi pigment ekstraksiyonuna neden olmuştur. Pancar ekstraktındaki betalain bileşiklerinin içeriğindeki en yüksek artış (VEA ön işlemi görmemiş örneklere kıyasla %329 betanin, %244 vulgaksantin), 4,38 kV/cm'de 20 vurgu ve 4,10 kJ/kg enerji girişinde görülmüştür.

Fincan ve Çiftçi (2021) VEA ön işlemi ile dereotundan fenoliklerin ekstraksiyonunu katı-sıvı ekstraksiyon sisteminde incelemiştir. Ekstraksiyon sonunda ölçülen toplam fenolik içerik, antioksidan kapasite ve antiradikal aktivite değerleri dondurma-çözme, mikrodalga, solvent işlemi ve ısıl işlem gibi ön işlemlerle karşılaştırılmıştır. Dereotu örneklerine 3 ve 4 kV/cm elektrik alan kuvveti ve 100 ms aralıklı 10 µs'lik karesel monopolar vurgulardan 99 adet VEA işlemi uygulanmıştır ve ardından

örneklerden fenolik maddeler katı-sıvı ekstraksiyon işlemiyle elde edilmiştir. En yüksek doku parçalanma oranı ($61,43 \pm 5,17$) 4 kV/cm'de $99 \times 10 \mu\text{s}$ 'lik VEA uygulamasında görülmüştür. İşlem görmemiş örneklere kıyasla VEA ön işlemi görmüş örneklerde toplam fenolik içerik artmıştır. VEA ön işlemi uygulanmış örneklerde toplam fenolik içerik ve antiradikal aktivite değerleri dondurup çözündürme ön işlemine kıyasla yaklaşık %35 oranında düşük bulunurken, ısıl işlem içeren (mikrodalga, solvent işlemi ve ısıl işlem) yöntemlerden ise ortalamada %68 oranında düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, VEA ön işlemiyle fenolik madde ekstraksiyonunun diğer ön işlemlere kıyasla daha az miktarda olmasının doku parçalanma oranının %100'e yakın olmamasından ve fenolik maddelerin polifenol oksidaz (PPO) enzimi ile bozulmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

5.3. Vurgulu elektrik alan işleminin vakum infüzyonunda kullanımı

Phoon ve ark., (2008) ıspanak yapraklarına 580 V/cm elektrik alan kuvvetinde bipolar dikdörtgen vurgular uyguladıktan sonra empedans ölçümü ile geri dönüşümlü elektroporasyonunu göstermiştir ve ardından yapraklar 20 dakika boyunca %40'lık trehaloz (antifriz) çözeltisine daldırılarak vakum infüzyon işlemi uygulanmıştır. VEA işleminden sonra vakum infüzyon yöntemiyle trehalozun ıspanak yapraklarına aktarılması yaprakların donma direncini önemli ölçüde artırmıştır.

Yaşar (2017) nane yapraklarına vakum infüzyonu ile askorbik asit (Vitamin C) aktarımında geri dönüşümlü elektroporasyonun etkisini incelemiştir. En elverişli geri dönüşümlü elektroporasyon şartları VEA'nın 100 V/cm'de 3×20 ms şiddetinde ortaya çıkmıştır. Bu şiddetteki VEA'nın etkisi farklı vurgu aralığı sürelerinde (0,1s, 1s, 5s, 10s ve 30s) çalışılmıştır. Kısa süreli vurgu aralığı (0,1 s ve 1 s) uygulandığında dokuya transfer olan askorbik asit seviyesi \approx %65-68 iken, uzun süreli vurgu aralığında (5s-30s) yaklaşık olarak \approx %32-49 seviyesinde bulunmuştur. Bu sonuç, çalışmada belirtilen kısa süreli vurgu aralığında, daha büyük gözenek alanının oluşması ile hızlı kapanan gözenek yüzdesinin daha fazla olduğu hipotezini desteklemiştir. Bu sonuçlar, hücre içine madde aktarım çalışmalarında, kısa süreli vurgu aralığı uygulanmasının daha uygun olduğunu göstermektedir.

Mashkour ve ark., (2018) VEA ön işlemine sahip vakum infüzyonu (Vİ) işleminin bütün patatesin ferrik pirofosfat ile zenginleştirilmesi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Vİ ile işlenmiş ve VEA-Vİ ile işlenmiş patateslerin demir içeriği işlenmemiş patateslere kıyasla sırasıyla yaklaşık %126 ve %457 artmıştır. Daha yoğun bir VEA ön işlemi, daha yüksek bir hücre parçalanmasına, renk ve dokusal parametrelerde düşüşe ve ayrıca işlenmiş patatesin bileşen sızıntısında artışa yol açmıştır. Bütün 180 g patateslerin VEA-Vİ işlenmesi sırasında, en yüksek demir zenginleştirmesini ve en düşük fizikokimyasal değeri elde etmek için 394 V/cm ve 36 vurguda VEA ön işleminin ardından vakum aşamasında 37 dakika boyunca 3,5 kPa'da ve atmosferik aşamada 39 dakika restorasyon süresiyle işlenmesi gerektiği belirtilmiştir.

Velickova ve ark., (2018) vakum infüzyonu ile kombine edilmiş VEA'nın dondurulup çözülmüş çileklerin kalite parametreleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Meyvelerin elektroporasyonu, 850 V/cm'lik nominal elektrik alan kuvvetinde, 100 μs genişliğinde 5 bipolar dikdörtgen vurgularda

sağlanmıştır. VEA işleminden sonra çilekler, 14 dakika boyunca bir kriyoprotektif solüsyon (12 g/100 g trehaloz ve 0,2 g/100 g antifriz proteinleri içeren iklimlendirilmiş kışlık buğday özü) ile vakumla infüze edilmiştir. Çilekler sıvı nitrojende dondurulmuş ve 20 °C'de havada çözülmüştür. Hücre canlılığı, dokusu ve rengi, donma ve çözülme döngüsünden önce ve sonra değerlendirilmiştir. Vakum infüzyonundan önce VEA ile ön işleme tabi tutulan meyve, epidermal katmanda daha yüksek hücre canlılığı sergilemiş ve sadece vakum infüzyonu ile işlenen örneklerle kıyasla %30 daha fazla kırmızı renk tutulmuştur. Ancak, VEA uygulama koşullarının damlama kaybı ve tekstür açısından çilek kalitesinin iyileştirilmesini sağlamada yeterli olmadığı belirtilmiştir.

Li ve ark., (2022) vurgulu elektrik alan ve destekli infüzyon yöntemleri (daldırma, ultrasound ve vakum) kullanılarak patates şeritlerine allin infüze edilip kızartma sonrasında sarımsak aromasının oluşumunu incelemiştir. Patates şeritleri, VEA ile işlenmiş ve ardından allin, daldırma, ultrason ve vakum destekli infüzyon kullanılarak işlenmiş şeritlere aktarılmıştır. 0,250, 0,650 ve 1,250 kJ/kg gibi daha düşük VEA yoğunluğu altında, destekli infüzyon yöntemlerin uygulanması, allin infüzyon etkinliğini önemli ölçüde iyileştirmiştir. 1,250 kJ/kg VEA işlemi ve 35 kHz ultrason destekli infüzyonun kombinasyonu, işlenmiş patates dilimlerinde daha yüksek allin konsantrasyonu ile sonuçlanmıştır. Duyusal değerlendirmeler kızartma sırasında sarımsak aromasının infüze edilen allinden oluştuğunu doğrulamıştır.

6. Sonuç

Yapılan çalışmalar, bitkisel dokulara VEA uygulamasının hücre zarı geçirgenliğinin sağlanmasında önemli avantajlara sahip olduğunu göstermektedir. Çalışmalarda, VEA'ya maruz bırakılarak, geçici gözenek oluşumu ile hücrelerin içerisine dışarıdan vitamin, mineral gibi maddelerin transferi sağlanarak fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş yeni gıda ürünlerinin elde edilmesi sağlanmıştır. VEA işlemi, bitkisel dokulara elektrik alan uygulaması sonucu kalıcı hücre hasarı ile hücre içi bileşiklerin kütle transferini, ekstraksiyonunu ve kurutma gibi prosesleri kolaylaştırmaktadır. Kurutma proseslerinde VEA ön işlem uygulaması, dokudan suyun çıkışını hızlandırarak kuruma süresini kısaltmakta ve böylece daha az enerji tüketimi sağlamaktadır. VEA ısı olmayan bir teknolojidir ve bu nedenle ısıya duyarlı hücre bileşenlerinin termal hasarı en aza indirgenmektedir. VEA ön işlemi sonrası ekstraksiyon ile toplam antioksidan, toplam fenolik bileşikler, toplam polisakkarit ve toplam karotenoid içerik gibi birçok maddelerin kaybı daha az olmaktadır. VEA ön işlem uygulaması meyve suyu üretiminde verimi ve hücrelerin iç kısmından değerli metabolitlerin (fenolik, pigment, şeker, yağ veya aroma gibi) ekstraksiyonunu arttırmaktadır.

Bu derleme içerisinde rapor edilen tüm veriler, bitkisel dokulara kurutma öncesi uygulanan VEA ön işleminin, gıdanın kuruma süresini kısalttığını göstermektedir. VEA ön işlem uygulamasıyla, bitkisel gıdalardan ekstrakte edilen besinlerde zararı en aza indirgeyerek ekstraksiyonu arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, yapılan çalışmalarda bitki hücre zarlarının VEA işlemi ile geçirgenliğinin artırılması sağlanarak, fonksiyonel bileşiklerin bitkisel gıdalara transferi ile yeni ürün geliştirmede

VEA işleminin uygulanabilir olduğu belirtilmiştir. Çalışmalarda, ürünlerin daha kısa sürede kurumasını sağlamak, ekstraksiyon verimliliğini arttırmak ve ürünlere dışardan madde transferini geliştirmek amacıyla VEA uygulamasının sağladığı optimum şartların belirlenmesi ve bu yöntemin kurutma, ekstraksiyon ve infüzyon proseslerinde kullanımının sağlanması gerektiği önerilmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazar makaleye %100 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

Kaynakça

- Ağçam E., Akyıldız A., Evrendilek GA. Vurgulu elektrik alan teknolojisi (PEF): Sistem ve uygulama odacıkları. Akademik Gıda 2014; 12: 69-78.
- Aldemir S. Vurgulu elektrik alanı kullanılarak nanenin esmerleştirilmesi ve yöntemin ‘Siyah Nane Çayı’ ürünü geliştirilmesinde potansiyelinin incelenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, Yüksek Lisans Tezi, 2019.
- Amami E., Khezami L., Vorobiev E., Kechaou N. Effect of pulsed electric field and osmotic dehydration pretreatment on the convective drying of carrot tissue. Drying Technology 2008; 26: 231–238.
- Arevalo P., Ngadi MO., Bazhal, MI., Raghavan GSV. Impact of pulsed electric fields on the dehydration and physical properties of apple and potato slices. Drying Technology 2004; 22(5): 1233–1246.
- Ariza-gracia MÁ., Cabello MP., Cebrián G., Calvo B., Álvarez I. Experimental and computational analysis of microbial inactivation in a solid by ohmic heating using pulsed electric fields. Innovative Food Science & Emerging Technologies 2020; 65(2): 102440.
- Asavasanti S., Ristenpart W., Stroeve P., Barrett DM. Permeabilization of plant tissues by monopolar pulsed electric fields: Effect of frequency. Journal of Food Science 2011; 76(1): 98-111.
- Barba FJ., Parniakov O., Pereira SA., Wiktor A., Grimi N., Boussetta N., Saraiva JA., Raso J., Martin-Belloso O., Witrowa-Rajchert D., Lebovka N., Vorobiev E. Current applications and new opportunities for the use of pulsed electric fields in food science and industry. Food Research International 2015; 77: 773-798.
- Ben Ammar J., Lanoisellé JL., Lebovka NI., Hecke EV., Vorobiev E. Impact of a pulsed electric field on damage of plant tissues: Effects of cell size and tissue electrical conductivity. Journal of Food Science 2011; 76(1): 90-97.

- Buckow R., Ng S., Toepfl S. Pulsed electric field processing of orange juice: A review on microbial, enzymatic, nutritional, and sensory quality and stability. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2013; 12(5): 455–467.
- Carbonell-Capella JM., Brnčić SR., Žlabur JŠ., Barba FJ., Grimi N., Koubaa M., Brnčić M., Vorobiev E. Electrotechnologies, microwaves, and ultrasounds combined with binary mixtures of ethanol and water to extract steviol glycosides and antioxidant compounds from stevia rebaudiana leaves. *Journal of Food Processing Preservation* 2017; 41(5): 1–9.
- Cemeroğlu BS. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık; 2011.
- Donsi F., Ferrari G., Pataro G. Applications of pulsed electric field treatments for the enhancement of mass transfer from vegetable tissue. *Food Engineering Reviews* 2010; 2(2): 109-130.
- Emanuel E., Dubrovin I., Hanya E., Pinhasi GA., Pogreb R., Cahan R. Eradication of *Saccharomyces cerevisiae* by pulsed electric field treatments. *Microorganisms* 2020; 8(11): 1684.
- Evrendilek GA., Zhang Q., Richter ER. Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Escherichia coli* 8739 in apple juice by pulsed electric fields. *Journal of Food Protection* 1999; 62(7): 793-796.
- Fincan M. Pulsed Electric Field Treatment of Plant Tissue. Lund University Department of Food Teknology, Engineering and Nutrition, Sweden, Doctoral Thesis, 2003.
- Fincan M. Extractability of phenolics from spearmint treated with pulsed electric field. *Journal of Food Engineering* 2015; 162: 31–37.
- Fincan M., Çiftci Y., Vurgulu elektrik alan ön işleme ile dereotundan fenoliklerin ekstraksiyonu: dondurup çözündürme, ısı işlem, mikrodalga ön işlemleri ve solvent ekstraksiyonu ile karşılaştırılması. *Gıda Teknoloji Derneği/The Journal of Food* 2021; 46(6): 1343-1357.
- Fincan M., De Vito F., Dejmek P. Pulsed electric field treatment for solid-liquid extraction of red beetroot pigment. *Journal of Food Engineering* 2004; 64(3): 381–388.
- Gachovska TK., Ngadi MO., Raghvan GSV. Pulsed electric field assisted juice extraction from alfalfa. *Department of Bioresource Engineering* 2006; 48(3): 33–37.
- Gaylor DC., Prakah-Asante K., Lee RC. Significance of cell size and tissue structure in electrical trauma. *Journal of Theoretical Biology* 1988; 133(2): 223–237.
- Gonzalez ME., Barrett DM. Thermal, high pressure, and electric field processing effects on plant cell membrane integrity and relevance to fruit and vegetable quality. *Journal of Food Science* 2010; 75(7): 121-130.
- Guderjan M., Elez-Martínez P., Knorr D. Application of pulsed electric fields at oil yield and content of functional food ingredients at the production of rapeseed oil. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 2007; 8: 55–62.
- Hülshager H., Potel J., Niemann EG. Killing of bacteria with electric pulses of high field strength. *Radiat Environ Biophys*, 1981; 20(1): 53–65.
- Jiang N., Cooper BY. Frequency-dependent interaction of ultrashort E-fields with nociceptor membranes and proteins. *Bioelectromagnetics* 2011; 32: 148-163.

- Knorr D., Angersbach A. Impact of high-intensity electric pulses on plant membrane permeabilization. *Trends in Food Science and Technology* 1998; 9: 185-191.
- Lamberti P., Romeo S., Sannino A., Zeni L., Zeni O. The role of pulse repetition rate in nsPEF-induced electroporation: A biological and numerical investigation. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 2015; 62(9): 2234-2243.
- Lebovka NI., Bazhal MI., Vorobiev E. Estimation of characteristic damage time of food materials in pulsed-electric fields. *Journal of Food Engineering* 2002; 54(4): 337–346.
- Li J., Dadmohammadi Y., Li P., Madarshahian S., Alireza A. Generation of garlic flavor after frying by infusing alliin into potato strips using pulsed electric field and assisted infusion methods. *Food Chemistry* 2022; 396: 133643.
- Liu Z., Esveld E., Vincken J., Bruins ME. Pulsed electric field as an alternative pre-treatment for drying to enhance polyphenol extraction from fresh tea leaves. *Food and Bioprocess Technology* 2019; 12, 183-192.
- Lopez N., Puertolas E., Condon S., Raso J., Alvarez I. Enhancement of the solid-liquid extraction of sucrose from sugar beet (*Beta vulgaris*) by pulsed electric fields. *Food Science and Technology* 2009; 42: 1674–1680.
- Naliyadhara N., Kumar A., Girisa S., Daimary UD., Hegde M., Kunnumakkara AB. Pulsed electric field (PEF): Avant-garde extraction escalation technology in food industry. *Trends in Food Science and Technology* 2022; 122: 238-255.
- Ngadı MO., Bazhal MI., Raghavan GSV. Engineering aspects of pulsed electroplasmolysis of vegetable tissues. *Journal of Scientific Research and Development* 2003; 5: 1-9.
- Nowacka M , Tappi S., Wiktor A., Rybak K., Miszczkowska A., Czyzewski J., Drozdal K., Witrowa-Rajchert D., Tylewicz U. The impact of pulsed electric field on the extraction of bioactive compounds from beetroot. *Foods* 2019; 8(7): 244.
- Nuccitelli R., Tran K., Sheikh S., Athos B., Kreis M., Nuccitelli P. Optimized nanosecond pulsed electric field therapy can cause murine malignant melanomas to self-destruct with a single treatment. *International Journal of Cancer* 2010; 127: 1727-1736.
- Mashkour M., Maghsoudlou Y., Kashaninejad M., Aalami M. Iron fortification of whole potato using vacuum impregnation technique with a pulsed electric field pretreatment. NY; Springer; 2018.
- Maskooki A., Eshtiaghi MN. Impact of pulsed electric field on cell disintegration and mass transfer in sugar beet. *Food and Bioproducts Processing* 2012; 90: 377-384.
- Mohamed MEA., Eissa AHA. Pulsed electric fields for food processing technology. In: Eissa, A.A. (ed.) *Structure and Function of Food Engineering*. Hrvatistan: InTech 2012; 275-336.
- Ostermeier R, Giersemehl P., Siemer C., Töpfl S., Jäger H. Influence of pulsed electric field (PEF) pre-treatment on the convective drying kinetics of onions. *Journal of Food Engineering* 2018; 237: 110–117.

- Pataro G., Ferrari G., Donsi F. Mass transfer enhancement by means of electroporation. *Mass Transfer* 2011; 1(8): 151-176.
- Phoon PY., Galindo FG., Vicente A., Dejmek P. Pulsed electric field in combination with vacuum impregnation with trehalose improves the freezing tolerance of spinach leaves. *Journal of Food Engineering* 2008; 88 (1): 144-148.
- Puértolas E., de Marañón, IM. Olive oil pilot-production assisted by pulsed electric field: Impact on extraction yield, chemical parameters and sensory properties. *Food Chemistry* 2015; 167; 497-502.
- Raso J., Alvarez I., Condón S., Trepas FJS. Predicting inactivation of *Salmonella* senftenberg by pulsed electric fields. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 2000; 1: 21-29.
- Saulis G., Saule R. Size of the pores created by an electric pulse: Microsecond vs millisecond pulses. *Biochimica et Biophysica Acta* 2012; 1818: 3032–3039.
- Seçkin AK., Özgören E. Gıda endüstrisinde darbeli elektrik alan uygulamaları. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi* 2011; 11: 39-48.
- Sensory I., Sastry SK. Extraction using moderate electric fields. *Journal of food science* 2004; 69(1): 7-13.
- Silve A., Leray I., Poignard C., Mir LM. Impact of external medium conductivity on cell membrane electropermeabilization by microsecond and nanosecond electric pulses. *Scientific Reports* 2016; 6(1): 1–15.
- Soliva-Fortuny R., Balasa A., Knorr D. Effects of pulsed electric fields on bioactive compounds in foods: A review. *Trends in Food Science & Technology* 2009; 20: 544-556.
- Wiktor A., Iwaniuk M., Sledz M., Nowacka M., Chudoba T., Witrowa-Rajchert, D. Drying kinetics of apple tissue treated by pulsed electric field. *Drying Technology* 2013; 31(1): 112–119.
- Won YC., Min SC., Lee DU. Accelerated drying and improved color properties of red pepper by pretreatment of pulsed electric fields. *Drying Technology* 2015; 33(8): 926–932.
- Wouters PC., Alvarez I., Raso J. Critical factors determining inactivation kinetics by pulsed electric field food processing. *Trends in Food Science & Technology* 2001; 12: 112–121.
- Xue D., Farid MM. Pulsed electric field extraction of valuable compounds from white button mushroom (*Agaricus bisporus*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 2015; 29: 178–186.
- Velickova E., Tylewicz U., Rosa MD., Winkelhausen E., Kuzmanova S., Romani S. Effect of pulsed electric field coupled with vacuum infusion on quality parameters of frozen/thawed strawberries. *Journal of Food Engineering* 2018; 233: 57-64.
- Vernier PT., Sun Y., Gundersen MA. Nanoelectropulse-driven membrane perturbation and small molecule permeabilization. *BMC Cell Biology* 2006; 7 (37): 1- 16.
- Yangılar F., Kabil E., Yılmaz F. PEF işleminin süt ve süt ürünlerinde uygulanabilirliği. *MANAS Journal of Engineering* 2013; 14(1): 73-85.

- Yaşar Ş. Nane yapraklarına vakum empregnasyonu yoluyla askorbik asit aktarımında tersinir elektroporasyonun rolü. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, Yüksek Lisans Tezi, 2017.
- Zhao J., Chen S., Zhu L., Zhang L., Liu J., Xu D., Tian G., Jiang T. Antitumor effect and immune response of nanosecond pulsed electric fields in pancreatic cancer. *Front Oncol* 2021; 10: 621092.
- Zimmermann U. Electrical breakdown, Electropermeabilization and electrofusion. *Reviews Physiology Biochemistry Pharmacology* 1986; 105: 176–250.

Yeşil Mutabakat Çerçevesinde Sürdürülebilir Atıksu Yönetimi

Ezgi ATLI¹, Nergis DİLSİZOĞLU², Ceyhun AKARSU^{3*}, Tuğba ÖLMEZ HANCI⁴, Şafak BAŞA⁵

¹İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi, 34060, İstanbul

²İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 34467, İstanbul

³İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 34320, İstanbul

⁴İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 34467, İstanbul

⁵İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi, 34060, İstanbul

¹<https://orcid.org/0000-0003-3672-3473>

²<https://orcid.org/0000-0002-1850-9070>

³<https://orcid.org/0000-0002-0168-9941>

⁴<https://orcid.org/0000-0001-9200-5420>

⁵<https://orcid.org/0000-0002-8244-9981>

*Sorumlu yazar: ceyhunakarsu@iuc.edu.tr

Derleme

Makale Tarihçesi:

Geliş tarihi: 16.01.2023

Kabul tarihi: 14.05.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Yeşil mutabakat

Atıksu yönetimi

İklim değişikliği

Döngüsel ekonomi

ÖZ

Avrupa Birliği (AB), Yeşil Mutabakatı hayata geçirerek kaynak açısından verimli ve rekabetçi ekonomiye sahip yeni bir büyüme modelini ortaya koymuştur. Bu doğrultuda Yeşil Mutabakat Eylem Planı ile sera gazı emisyonlarının azaltılması, temiz enerji üretiminin artırılması ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanılması amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda Türkiye, başta AB olmak üzere üçüncü dünya ülkelerine ihracat hususunda rekabetçiliğin korunması ve ilişkilerin güçlendirilebilmesi adına, ekonominin ve sanayinin Yeşil Mutabakat Eylem Planı çerçevesinde yeşil dönüşüm politikalarına entegrasyonuna yönelik adımlar atmaktadır. Bu adımlardan biri de üretimde ve tüketimde suların sürdürülebilir kullanımı ile atık suların yeniden kullanımının geliştirilmesidir. Nüfus artışı, hızlı sanayileşme ve küresel düzeydeki gelişmelere bağlı olarak atıksuların geri kazanılarak yeniden kullanımının geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. Bu nedenle, bu derleme çalışmasında, Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamı ve Türkiye'nin bu plana dâhil oluş süreci ile ilgili atılan adımlara yer verilmiş, atıksu arıtma tesislerinin sürdürülebilirlik çerçevesindeki önemi değerlendirilmiştir. Ayrıca dünyadaki ve Türkiye'deki artılmış suların yeniden kullanılmasına yönelik hem var olan hem de proje durumundaki çalışmalara ait örnekler sunulmuştur. Bu şekilde suyun yeniden kullanımını artırmak için yerel ve bölgesel düzeyde neler yapılabileceği belirtilmiş, döngüsel ekonomi için birincil kaynaklara olan bağımlılığı azaltma yolları ortaya koyulmuştur.

Sustainable Wastewater Management within the Framework of Green Deal

Reviews

Article History:

Received: 16.01.2023

Accepted: 14.05.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Green deal

ABSTRACT

The implementation of the Green Deal has provided a clear strategy for transforming society into a resource efficient and competitive economy. In this context, the Green Deal aims to reduce greenhouse gas emissions, increase clean energy production, and promote sustainable use of water resources. Türkiye is also taking steps integrate its economy and industry into the green transformation in order to maintain

its competitiveness in exports to third-world countries, especially the EU. One of these steps is the sustainable use of water in production and consumption and the development of the reuse of wastewater. Population growth, urbanization, and socio-economic development are expected to increase water demand. This results in a great potential for the implementation of measures for the development of diffusion of wastewater reclamation and reuse. This study, therefore, has outlined the scope of the European Green Deal and the steps taken regarding Türkiye's inclusion in this plan, and assessed the importance of wastewater treatment plants within the framework of sustainability. The study also presents examples of existing and future project studies in the world and in Türkiye on the sustainability of wastewater treatment plants. In this way, what can be done at the local and regional level to increase the water reuse and reduce dependence on primary resources for the circular economy is highlighted. In addition, a global outlook is provided on developments in case studies on sustainable use of wastewater treatment plants.

To cite: Atlı E., Dilsizoğlu D., Akarsu C., Hancı TÖ., Başa Ş. Yeşil Mutabakat Çerçevesinde Sürdürülebilir Atıksu Yönetimi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(Ek Sayı): 606-623.

1. Giriş

İklim değişikliğinin ekonomiler ve ekosistemler üzerindeki mevcut ve muhtemel etkileri ile mücadele süreci 90'lı yıllardan sonra Birleşmiş Milletler (BM) çatısı altında başlamıştır (Shevchenko ve ark., 2021). Küresel sera gazı emisyonlarına katkısı azımsanmayacak seviyelerde olan Avrupa Birliği (AB) aynı zamanda iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine yoğun olarak maruz kalan coğrafyalardan biridir (Talu, 2019).

Sürdürülebilir çevre ve enerji politikalarının gelişimi, 1972 BM iklim zirvesinden sonra Paris'te gerçekleşen Avrupa Konseyi toplantısı ile başlamıştır (Küçük ve Dural, 2022). AB ve üye devletler bugün yürürlükte olan ve atmosferdeki sera gazı yoğunluğunun dengelenmesi, sanayileşmiş ülkelerde emisyonun azaltılması, küresel olarak artan sıcaklığın düzenlenmesi, iklim değişikliğine uyarlanabilir kapasitenin ve dayanıklılığın artırılması hedeflerini içeren BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (1994), Kyoto Protokolü (1997) ve Paris İklim Anlaşması'na (2016) taraf olmuşlardır (Şahin ve Önder, 2021). Söz konusu uluslararası akitleri kendi hukuk sisteminin bir parçası haline getiren AB'nin enerji, konut ve hizmet, ulaştırma, sanayi, tarım ve ormancılık, atık yönetimi sektörleri için çok sayıda karar ve mevzuatı bulunmaktadır (Talu, 2019). AB'nin iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik getirdiği düzenlemeler, bu konuda sağladığı teşvikler ve atmak istediği adımlar Paris Anlaşması'ndan sonra Avrupa Yeşil Mutabakatı (European Green Deal, AYM) ile devam etmektedir (Şahin ve Önder, 2021).

AYM, AB'nin 2050'ye kadar karbonsuz ekonomik büyümenin ve bu büyüme sürecinde kaynak kullanımına bağlılığının sona ermesi gibi temel hedefleri içeren yeni bir büyüme stratejisidir (Fayet ve ark., 2022). Bu stratejinin en önemli bileşenlerinden biri de "döngüsel ekonomi" başlığı kapsamında ele alınan ve tam anlamıyla ekonomide döngüsellik için kritik bir öneme sahip olan atıkların azaltımı ve geri dönüşümüdür. Bu kapsamda en büyük potansiyel kaynaklardan birini atıksular oluşturmaktadır (Yapıcıoğlu, 2022). Bilindiği üzere iklim değişikliği ve küresel ısınma ile birlikte su kaynaklarında

ciddi miktarlarda azalma görülmektedir. Bununla beraber, hızlı nüfus artışı ve sanayileşme su ihtiyacının artmasına ve çeşitlenmesine sebep olmakta, beraberinde kaynakların çevresel kirliliklerden yeterince korunamamasına yol açmaktadır. Dolayısıyla mevcut su kaynakları ile sürdürülebilir ve dengeli ekonomik büyüme mümkün olamamaktadır. Bu durumu ortadan kaldırmak adına arıtılmış atıksuların alternatif su kaynağı olarak değerlendirilmesi ve yeniden kullanımı önem arz etmektedir (Akarsu ve ark., 2022). Ülkemiz de yeşil mutabakatı bir dönüşüm programı olarak kabul etmiş ve süreç içerisinde ticaret ve yatırım ortağı olarak gördüğü Avrupa Birliği ile benzer hedefler belirlemiştir. Dolayısıyla bu derleme çalışmasında; Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamı ve Türkiye'nin bu plana dâhil oluş süreci ile ilgili atılan adımlar verilmiş, atıksu arıtma tesislerinin sürdürülebilirlik çerçevesindeki önemi değerlendirilmiştir. Ayrıca dünyadaki ve Türkiye'deki hem var olan hem de proje durumundaki çalışmalara ait örnekler verilmiştir. Bu şekilde suyun yeniden kullanımını artırmak için yerel ve bölgesel düzeyde neler yapılabileceği belirtilmiş, döngüsel ekonomi için birincil kaynaklara olan bağımlılığı azaltma yolları ortaya koyulmuştur.

Tablo 1. AB'de sürdürülebilir çevre ve enerji politikalarının gelişimi (Küçük ve Dural, 2022).

Olay	Önemi
1972 Avrupa Konseyi Toplantısı	1972 yılında BM İklim Zirvesi'nden sonra Paris'te gerçekleşen toplantıda ekonomik gelişmeyi kapsayan bir çevre politikasına ihtiyaç duyulduğu belirtilmiş ve eylem programı çağrısında bulunulmuştur.
1987 Avrupa Tek Senedi kabulü	Çevre politikaları için yasal temel sağlanmıştır.
1999 Amsterdam Anlaşması	Sürdürülebilir kalkınma anlayışının AB'nin tüm sektörel politikalarına entegre edilmesine karar verilmiştir.
2005 AB Emisyon Ticaret Sistemi kurulması	Dünyanın ilk ve en büyük emisyon ticaret sistemi kurulmuştur.
2009 Lizbon Antlaşması	İklim değişikliğiyle mücadele özel bir hedef haline gelmiştir.
2015 Paris İklim Anlaşması'nın imzalanması 2016 Paris İklim Anlaşması'nın yürürlüğe girmesi	Paris İklim Anlaşması'nın hedefleri ile uyumlu iklim, çevre ve enerji politikaları belirlenmiştir.
2019 Avrupa Yeşil Mutabakatı Kabulü	2050 yılında karbon nötr iklim hedefi belirlenmiş ve bu hedeflere ulaşmak için kapsamlı politikalar geliştirilmiştir.
2020 İklim Hedefleri-2030	2030 yılına kadar karbon emisyonlarının %55 azaltılması hedefi konulmuştur.
2020 Avrupa İklim Yasası	Avrupa Yeşil Mutabakatı'nda belirlenen hedefler yasal hale gelmiştir.
2021 Sürdürülebilir Mavi Ekonomi	Okyanusların ve denizlerin korunarak Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın hedeflerine ulaşılmasını kolaylaştırmak hedeflenmiştir.

2. Avrupa Yeşil Mutabakatı Hedefleri ve Aksiyon Alanları

Avrupa Parlamentosu'nun 24 Haziran 2021 tarihinde onayladığı "Yeşil Mutabakat" adı verilen iklim yasası Avrupa'yı kaynak açısından verimli ve rekabetçi bir ekonomiye sahip, adil bir topluma dönüştürmeyi hedeflemektedir (EC, 2019a). Avrupa Komisyonu iklim açısından nötr olmayı hedefleyen bu siyasi taahhüdü yasal bir zorunluluğa dönüştürmekle AB ekonomisindeki tüm sektörlerin harekete geçmesini sağlamıştır (Ecer ve ark., 2021).

Yeşil Mutabakat, hem 2030 için orta vadeli hedefler hem de 2050 için uzun vadeli hedefler üzerinde önemli bir etkiye sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu hedeflerden en öne çıkanı AB ülkelerinin karbon emisyonlarını 2030 yılına kadar %55 azaltmayı, 2050 yılına kadar ise karbon nötr olmayı

hedeflemesidir (EC, 2019a). AYM her ne kadar endüstri sektörü ile anılıyor olsa da söz konusu stratejilerin oluşturulmasında sekiz farklı aksiyon/eylem kategorisi bulunmaktadır. Bunlar; iklim, çevre, enerji, ulaşım, tarım, finans ve bölgesel gelişme, endüstri, araştırma ve inovasyon aksiyonlarıdır. Bu kategoriler için oluşturulan 2030 çevre eylem planı hedefleri; temiz hava, su, sağlıklı toprak ve biyoçeşitlilik, yenilenmiş enerji etkin binalar, sağlıklı ve makul fiyatlı gıda, toplu taşıma, temiz enerji, inovasyon, tamir edilebilir uzun ömürlü ürünler, geri dönüşüm ve yeniden kullanım, küresel rekabet ve dirençli endüstri sistemlerinin oluşturulabilmesi olarak belirlenmiştir (Mirici ve Berberoğlu, 2022).

Hedeflerin temelinde yatan fikir; ekolojinin ve ekonominin birbiriyle ters düşmek zorunda olmadığı gibi simbiyotik bir ilişki içinde uzlaşmalarının gerekliliğine dayanmaktadır (Ecer ve ark., 2021). Yeşil Mutabakat kapsamında sanayi dönüşümünü gerektiren yeni bir büyüme stratejisi benimseneceği ve tüm politikaların iklim değişikliği ekseninde yeniden şekillendirileceği açıklanmıştır. AYM kapsamındaki ilgili eylemler, AB ekonomisini yeniden şekillendirecek olan ve her geçen yıl ivmelenen bir dönüşümün temellerini oluşturmaktadır (TB, 2021). Bu dönüşüm başta enerji sektöründe olmak üzere bir dizi teknolojiyi, yeni sektörleri ve uygulamaları devreye sokmakta olup, Avrupa'nın büyümesi ve istihdam koşullarının iyileştirilmesi açısından fırsatları da beraberinde getirmektedir (Talu, 2019). Avrupa Komisyonu Başkanı Ursula von der Leyen'e göre Avrupa Yeşil Mutabakatı, bir yandan emisyonları azaltmak, diğer yandan ise istihdam ve inovasyonu artırmakla ilgilidir (EC, 2019b).

2.1. Düşük Karbonlu ve Döngüsel Ekonomiler

Çevreyi korurken ekonomiyi modernize etmek ve ürünleri tüm yaşam döngüsü boyunca sürdürülebilir kılmak için yeşil ve dijital bir endüstriyel dönüşüm olan Döngüsel Ekonomi Eylem Planı ve AB Sanayi Stratejisi aracılığıyla desteklenmektedir. Bu doğrultuda Avrupa, yeni yasal atık reformları ile atık ithalatı ve ihracatına ilişkin yeni AB kurallarını uygulayarak küresel atık etkisini azaltmaya çalışmaktadır (EC, 2022). İklim yasasını onaylayan ülkeler Avrupa pazarına sattıkları ürün ve hizmetlerin karbon salımını belirlenmiş standartlara göre düzenlemezse, ton başına 30 ile 50 Euro arasında ek vergi ile karşılaşacaktır (Mirici ve Berberoğlu, 2022). Bu ek vergilendirme, uygulamada çeşitli zorluklar içerebilmektedir. Örneğin gelişmekte olan ülkeleri, endüstriyel verimliliği azaltabileceği yönüyle dezavantajlı hale getirebilmektedir. Ayrıca vergilendirme aşamasında yabancı üreticilerin emisyonlarının hesaplanması ve doğrulanmasında zorluklar yaşanabileceğinden bu yöntem, uygulamada zorluklar ile karşılaşabilecektir.

2.2. Kirliliği Azaltma

2050 için sıfır kirlilik vizyonu, hava, su ve toprak kirliliğinin sağlığa ve doğal ekosistemlere zararlı kabul edilmeyen seviyelere indirilmesi, gezegenimizin başa çıkabileceği sınırlara saygı gösterilmesi ve böylece toksik olmayan bir çevre yaratılması hedefiyle yola çıkan Sıfır Kirlilik Eylem Planı çeşitli

stratejiler ile desteklenmektedir. Bu doğrultuda 2030 yılı için öncelikli hedefler belirlenmiştir (EC, 2022). Bu hedefler;

- Hava kirliliği kaynaklı ölümlerin %55 oranında azalması için hava kalitesinin iyileştirilmesi;
- Atıkları, denizdeki plastik çöpleri (%50) ve çevreye salınan mikroplastikleri (%30) azaltarak su kalitesinin iyileştirilmesi;
- Besin kayıplarının ve kimyasal pestisit kullanımının %50 azaltılarak toprak kalitesinin iyileştirilmesi,
- Endüstriyel ve belediye atıklarının önemli ölçüde azaltılması olarak sıralanabilir.

3. Dünyada Yeşil Dönüşüm

Avrupa'nın karbon-nötr ilk kıta olma yönünde iddialı hedeflerinin açıklanmasının ardından 2020 yılında Güney Kore, Japonya ve Çin gibi uluslararası ticaretin önde gelen diğer aktörleri de ekonomilerinin yeşil dönüşümüne yönelik hedeflerini açıklamaya başlamıştır. Bunun yanı sıra, İsveç, Norveç, Kanada, Şili, Güney Afrika gibi ülkeler de sıfır emisyon hedeflerini beyan eden ülkeler arasında yer almıştır (Sadik-Zada, 2021).

Orta Asya ekonomilerinde fosil enerji kaynakları önemli yer kaplamaktadır. Bölge, dünyanın en karbon yoğun ekonomilerinden bazılarında ev sahipliği yapmaktadır. Kırgız Cumhuriyeti'nin başkenti Bişkek, Aralık 2020'de uluslararası hava kalitesi derecelendirmelerine göre dünyanın en kirli şehri unvanını almıştır. Böyle bir tabloda iklim açısından akıllı bir ekonomik geçişi kolaylaştıracak yatırımlara öncelik ve destek verilmesi isabetli olacaktır (Bjerde, 2022). Kazakistan, Orta Asya'da bir emisyon ticaret planı kuran ilk ülke unvanı ile 2060 yılına kadar karbon nötrlüğü sağlama sözü vermiştir. Özbekistan; tarımı modernize etme, iklim uyum çalışmaları kapsamında daha fazla yatırım yapma ve yenilenebilir enerji kullanımını artırma planı da dâhil olmak üzere 2019'dan bu yana birçok önemli politika reformunu kabul etmiştir (Bjerde, 2022).

Amerika Birleşik Devletleri'nde temiz enerji ekonomisini katalizleyen yasa 2021 yılı Aralık ayında imzalanmıştır. Federal hükümetin önceliklendirdiği hedefler arasında 2030 yılına kadar Amerika'nın temiz enerji ve teknoloji endüstrilerinin büyümesinin desteklenmesi; 2035 yılına kadar karbon kirliliği içermeyen elektrik sektörüne ulaşılması, %65 emisyon azaltımı ve 2050 yılına kadar genel federal operasyonlardan kaynaklı net sıfır emisyon hedeflerine ulaşılması yer almaktadır (Sustainability, 2023).

Sürdürülebilir kalkınma kapsamında örnekleri verilen karbon nötr çalışmaları ile birlikte atıksuların arıtılması ve arıtılmış suların yeniden kullanılması hedeflenmektedir. Ancak bu durum beraberinde daha fazla enerji ihtiyacını dolayısıyla daha fazla karbon salınımını getirmektedir. Yapılan araştırmalar atıksu toplama ve arıtım hatlarının toplam enerji tüketimindeki payını yaklaşık %5 olarak toplam sera gazı oluşumunda ise %3 olarak belirlemiştir (Bai ve ark., 2022). Suyun tek başına yeri doldurulamaz bir kaynak olduğu gerçeği ile birlikte, harcanan yüksek miktarda enerji arıtılmış suların yeniden kullanımını daha kıymetli hale getirmektedir. Arıtılmış sular genellikle, tarımsal sulama, sanayi, akifer

besleme, tuvalet sifon suyu, yeşil alan sulaması vb. amaçlarla kullanılmaktadır (Sun ve ark., 2011). Atıksu arıtma tesislerinin modernleşmesi ile birlikte arıtılmış suların yeniden kullanımı kolaylaşmıştır. Günümüzde, yaklaşık bir milyar m³ arıtılmış kentsel atıksu yeniden kullanılmaktadır. Bu miktar AB üye ülkelerinde arıtılmış atıksuların %2,4'üne tekabül etmektedir. Şu ana kadar hem İspanya, İtalya, Yunanistan, Malta, Güney Kıbrıs gibi güney AB üye devletleri, hem de Belçika, Almanya ve Birleşik Krallık gibi kuzey AB üye devletleri sulama, endüstriyel kullanım ve akifer besleme amacıyla suyun yeniden kullanımına ilişkin birçok sayıda girişime sahiptir. Güney Kıbrıs ve Malta hâlihazırda atıksularının sırasıyla %90 ve %60'ından fazlasını yeniden kullanırken, Yunanistan, İtalya ve İspanya için bu oran %5 ile %12 arasında değişmektedir (EC, 2023). Arıtılmış suların yeniden kullanımı aynı zamanda dünya su pazarında yerini alacağı ön görülüyor. Günümüzde dünya su pazarı hızla büyümekte ve hacminin 1 trilyon €'ya ulaştığı tahmin ediliyor (Smol ve ark., 2020). Bu nedenle arıtılmış suyun yeniden kullanımı yeni sektörlerin oluşumuna da imkân verebilmektedir.

Ülkemizde de döngüsel ekonomi ilkeleri kapsamında arıtılmış suların yeniden kullanımı öncelikli hedef olarak belirlenmiş ve bu doğrultuda faaliyetlerinde devam edilmektedir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı verilerine göre 2022 yılı arıtılmış suların yeniden kullanım oranı %4,2'dir. Bu oranın 2030 yılında %15'e çıkarılması hedeflenmektedir (ÇŞİDB, 2023). Bu kapsamda uluslararası politikalara uyum sağlamak, orta ve uzun vadede yaşanması muhtemel su sıkıntısının önüne geçebilmek, ekonomi ve sanayide yeşil dönüşümünün sürdürülebilir kılınması, ihracat konusunda rekabetçiliğinin korunması ve artırılması amacıyla, arıtılmış suyun yeniden kullanımına yönelik çalışmalar teşvik edilmesi planlanmaktadır (TÜBİTAK, 2022). Bu nedenle makalenin devam eden başlıklarında Türkiye'nin Yeşil Mutabakat uyum sürecinden bahsedilmiştir. Devamında dünyadaki ve Türkiye'deki hem var olan hem de proje durumundaki çalışmalara ait örnekler verilmiştir. Bu şekilde suyun yeniden kullanımını artırmak için yerel ve bölgesel düzeyde neler yapılabileceği belirtilmiş, döngüsel ekonomi için birincil kaynaklara olan bağımlılığı azaltma yolları ortaya koyulmuştur.

4. Türkiye'nin Yeşil Eylem Planına Geçiş Süreci

Mutabakat kapsamında uygulanması planlanan emisyon ticaret sisteminin, ihracatının %40'ından fazlasını AB ülkelerine gerçekleştiren ülkemizin etkilenmemesi kaçınılmazdır (Diriöz, 2021). Bilimsel veriler incelendiğinde son yıl 30 içerisinde hem nüfus artışı hem endüstriyel yatırımlardaki yükseliş sebebi ile ülkemizdeki sera gazı emisyon salınımının %130 arttığı görülmektedir (Şahin ve Önder, 2021). Dolayısıyla, AYM kapsamında uygulanan iklim değişikliği ile mücadele politikalarının, Gümrük Birliği ortağı olan ülkemizin AB'ye ticari entegrasyonu üzerinde etkilerinin olması kaçınılmaz gözükmektedir.

Ülkemiz, AB başta olmak üzere, üçüncü ülkelere olan ihracatta rekabetçiliğinin korunması ve ilişkilerin güçlendirilebilmesi adına ekonomi ve sanayinin yeşil dönüşümüne yönelik adımlar atma kararı almıştır (Kocalar, 2022). Bu karar aynı zamanda uluslararası fonlardan alacağı payın artacağı anlamına da gelmektedir. Bu kapsamda, yedi bakanlığımızın ortaklaşa düzenlemiş olduğu bir çalışma

grubu kurulmuş, özel sektör temsilcileri ile istişareler gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar neticesinde görüş, değerlendirme ve öneriler bir yol haritasına dönüştürülmüş nihayetinde ise T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın ismi T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı olarak değiştirilmiş paralelinde ilgili alt birimler kurulmuştur aynı zamanda T.C. Ticaret Bakanlığı Yeşil Mutabakat Eylem Planı 2021 raporunu yayınlamıştır (TB, 2021). Toplamda 32 hedef ve 81 eylemden oluşan bu plan Sınırdaki Karbon Düzenlemeleri, Yeşil ve Döngüsel Bir Ekonomi, Yeşil Finansman, Temiz, Ekonomik ve Güvenli Enerji Arzı, Sürdürülebilir Tarım, Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım, İklim Değişikliği ile Mücadele Diplomasi, Bilgilendirme ve Bilinçlendirme Faaliyetleri olmak üzere dokuz ana başlıktan oluşmaktadır. Bu ekonomik dönüşümün içinde yer alarak uluslararası pazardaki rekabet gücünün devamlılığını iklim değişikliği ile mücadele ederek gerçekleştirmek isteyen ülkemizin yeni normale geçiş sürecinde öncü sektörler ile işbirliği içerisinde çalışmalarını devam ettirmesi gerekmektedir (Ecer ve ark., 2021). Sadece bir çevre konusu olmayıp aynı zamanda büyüme stratejisi olarak görülen bu süreç için Eylem Planı 2021 raporunda atılması planlanan adımlar şu şekilde özetlenebilir.

Öncelikle sınırdaki karbon düzenlemeleri kapsamında, öncü sektörlerin sera gazı salınımının azaltılmasına yönelik destek mekanizmalarının oluşturulması, sektörel ihtiyaçlara yönelik gerekli eylemlerin göz önünde bulundurulması planlanmaktadır. Bu süreç ile paralel şekilde yönetilmesi gereken diğer bir sorun tekstil ve deri sektörlerinin başı çektiği su tüketiminin fazla olmasıdır. Bu kapsamda bu endüstrilerin daha az kaynak kullanarak daha temiz bir üretim gerçekleştirmesi için gerekli adımlar atılacaktır. Atılacak adımların başında bunu sağlayacak teknolojilerin ülkemizde geliştirilmesi ve kullanıma sunulmasına yönelik çalışmaların yapılması gelmektedir. Bu teknolojilerin kullanımını yüksek seviyelerde sürekli haline getiren tesislere teşvik amacıyla ulusal teşvik sisteminin, AB'nin ilgili mevzuatı da göz önünde bulundurularak hayata geçirilmesi planlanmaktadır.

Yine su kaynaklarının kontrollü kullanımı için, özellikle havza bazında su ayak izi değerlendirmesine yönelik hesaplamaların yapılması ile su kaynaklarının bilişim uygulamalarının dâhil olduğu bir sistem ile sürekli takibi çalışmaları gerçekleştirilecektir. Yine Yeşil ve Döngüsel Bir Ekonomi başlığı kapsamında endokrin bozucular başta olmak üzere farmasötikler ve mikroplastikler gibi belli başlı kirleticiler su kaynaklarında takip edilecektir.

Yeşil mutabakat çerçevesinde endüstriyel faaliyetlerin sürdürülebilir seviyede uygulanması adına temiz, ekonomik ve güvenli enerji kaynaklarının eldesi ve arzı üzerine çalışmalara ağırlık verilecektir. Bu kapsamda strateji geliştirme, kılavuz ve yol haritalarının hazırlanmasının yanı sıra rüzgâr elektrik santrali ile güneş enerji santralinin enerji kaynaklarındaki kullanım oranında artış sağlanması planlanmaktadır.

Tarımda sürdürülebilirliğin sağlanması ve organik ürün yetiştiricilik faaliyetlerinin desteklenmesine yönelik planların başında pestisit, anti-mikrobiyal ve kimyasal gübre kullanımının azaltılması çalışmaları mevcut AB hedefleri ile uyumlu şekilde gerçekleştirilmeye devam edilecektir. Örtülü

üretim ürünlerinin yetiştiriciliğinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasına önem verilecektir.

Yeşil mutabakat ile ulaşım kaynaklı kirliliğin minimize edilmesi hedeflenmektedir. Özellikle emisyon kontrol odaklı, alternatif yakıtlı ulaşım araçlarının kullanılmasına yönelik gerekli altyapı ve mevzuat çalışmalarının gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Bisiklet ve diğer bireysel elektrikli ulaşım araçlarının kullanımına ağırlık verilerek programdan azami fayda elde edilmesi planlanmaktadır.

Yukarıdaki ana başlıkların dâhil olduğu hedeflere ulaşmak için bazı yönetmelik ve mevzuatlar çıkmış, birçoğunun da hazırlıkları devam etmektedir. Hazırlık aşamasındaki mevzuatlar ve ilgili çalışma konuları aşağıda detaylı şekilde listelenmiştir (TB, 2021);

- Sürdürülebilir Akıllı Ulaşım Hedefi Doğrultusunda “Kombine Taşımacılık” Yönetmeliği ve “Lojistik Merkezler” Yönetmeliği,
- Yeşil OSB ve Yeşil Endüstri Bölgesi Sertifikasyon Sisteminin Uygulamaya Alınmasına Yönelik Mevzuat,
- AB’nin Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol (EKÖK) Mevzuatı ile Mevcut En İyi Teknikler Sonuç Dokümanlarını da İçeren Genel ve Sektörel Ulusal Mevzuatın Belirlenmesine Yönelik Yönetmelik,
- Kalıcı Organik Kirleticiler Hakkında Yönetmeliğin Güncellenmesi,
- Bazı Zararlı Kimyasalların İhracatı ve İthalatı Hakkında Yönetmeliği,
- Endokrin Bozucu Kimyasalların Mevcut Yönetmelik Olan “İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik” in EK-1’inde Yer Alan Parametrelere İlave Edilmesi,
- AB Yeni Organik Tarım Mevzuatının Mevcut Yönetmelik ile Uyarlanması,
- E-Skuterlere Yönelik Yönetmeliğin Yayınlanması,
- Bisikletli Ulaşım Ana Planlarının Hazırlanmasına Dair Yönetmelik.

5.Yeşil Mutabakatta Atıksu Arıtma Tesislerinin Yeri ve Önemi

Mutabakat değerlendirildiğinde tarım, ulaşım, enerji ve yeşil ekonomi dâhil başlıkların tamamında suyun olduğu görülmektedir. Tüm bu gelişmeler kapsamında sürdürülebilir bir yapılanma sağlanması su kaynaklarının doğru şekilde yönetilmesi ile mümkündür. 2021 Yeşil Mutabakat Eylem Planında su konusuna da önem verilmiş ve yapılması gerekenler şu şekilde sıralanmıştır (TB, 2021);

- Su kullanımının azaltılmasına yönelik politikaların izlenmesi, teknolojik yatırım ve uygulamaların bu yönde teşvik edilmesi,
- Su kullanım master planının hazırlanması,
- Arıtılmış suların yeniden kullanımının artırılması/teşvik edilmesi,
- Su ayak izlerinin belirlenmesine yönelik çalışmaların yapılması,

- Su kayıp kaçakların minimuma indirilmesi,
- Atılacak adımlarda katılımcılığın artırılması, sektörel paydaşlar ile ortak hareket edilmesi,
- Tarımsal sulama kapsamında akıllı sulama programlarının geliştirilmesi,
- Sektörlerin su ayak izlerinin belirlenmesi ve azaltılması,
- Su havzası ve risklerine yönelik daha fazla araştırma ve raporlamaların gerçekleştirilmesi, hem vatandaşın hem de işletmelerin havzalarını tanımalarına yönelik bilinçlendirme faaliyetlerin artırılması.

Bunu destekler nitelikte TUBİTAK yayınladığı “Avrupa Yeşil Mutabakatına Uyum Kapsamındaki Öncelikli Ar-Ge ve Yenilik Konuları” çağrısı kapsamında yukarıdaki başlıklara paralel içerikli çalışmalara destek vereceğini bildirmiştir (TUBİTAK, 2021).

Su kaynaklarının doğru yönetimi kapsamında değerlendirilen kaynaklardan biri de atıksu arıtma tesisleridir. Doğru şekilde yönetilen atıksu alternatif su kaynağı görevi görebilmektedir. Ancak günümüz şartlarında her tesis için aynı şeyi söylemek mümkün değildir.

İklim değişikliği ile birlikte tesis işletme koşulları değişebilmekte dolayısıyla mevcut atıksu arıtma tesislerinin yeterli hizmeti sağlayamaması ile sonuçlanabilmektedir. Örneğin, deniz seviyelerindeki yükseliş tesis deşarj noktalarında geri tepmelere sebep olmakla birlikte, düzensiz ve/veya yüksek yağış rejimleri birleşik kanalizasyon sistemine sahip tesislerde arıtılması gereken suyun hacminde artışa sebep olmakta ve arıtılan suyun kalitesinin bozulması ile sonuçlanmaktadır (Hughes ve ark., 2021). Ayrıca arıtılan atıksu miktarı arttıkça tesisten salınan sera gazı miktarında da artış gözlenmiş bu durum da yine iklim değişikliğine katkıda bulunmuştur. Bu şekilde atıksu arıtma tesislerinin işletilmesi her geçen gün zorlaşmakta, ancak doğru yönetim planlaması ve iyileştirme adımları ile önemli bir dögüsel su kaynağı haline getirilebileceği düşünülmektedir.

Bu kapsamda yapılan adımlardan biri atıksu arıtma tesislerine gelen suyun yükünü azaltmak adına yağmur suyu toplama altyapısının ayrı bir sistem olarak planlanmasıdır. Bu sayede kontrolsüz taşkınların, yüksek giriş debisi sebebi ile by-pass edilen arıtılmamış atıksuların ve giderim için harcanan yüksek enerji maliyetinin önüne geçilmiş olmaktadır. Bu tasarruflar ile süreçlerin daha iyi yönetilmesini sağlayacak alt yapı teknolojilerine harcanarak bir süreklilik kazanılmaktadır.

Yine atıksu arıtma tesislerinde kaynak tüketiminin en aza indirgenmesi ve kaynak geri kazanımına odaklanması gün geçtikçe daha önemli hale gelmektedir. Sneek (Hollanda), Amersfoort (Hollanda), Braunschweig (Almanya) gibi bazı şehirler şimdiden bu farkındalığa ulaşmış atıksu arıtma tesislerinden çıkarılan yan ürünler tarım ve enerji üretiminde kullanılabilir kaynak geri kazanımını mümkün kılmaktadır (Simha ve ark., 2017; Sichler ve ark., 2022). Bunların başında sınırlı kaynak olarak görülen azot ve fosfor gelmektedir. Birçok çalışmada bu kaynakların geri kazanımının önemi vurgulanmaktadır (EC, 2021).

6. Dünyada ve Türkiye’de Atıksu Arıtma Tesislerinde Sürdürülebilirlik Örnekleri

Yeşil mutabakat çerçevesinde hedeflerin başarıya ulaşabilmesi için atık hiyerarşisine bağlı kalınması önem arz etmektedir. Bu bağlamda, atıksu oluşumunun önlenemediği durumlarda ortaya çıkan atıksuyun kaynağında aynı veya benzer amaçlar ile kullanılabilirliği etkili bir çözüm olmaktadır (Şahin ve ark., 2022).

Ülkemizin de kurucu üyeleri içerisinde yer aldığı Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) dögüsel ekonomiye erişim hedeflerinin belirlenmesi üzerine bir anket çalışması gerçekleştirmiş ve verileri 2020 yılında rapor olarak sunmuştur. Sonuçlara göre katılımcıların %66’sı dögüsel ekonominin artırılmış suların yeniden kullanımı ile mümkün olacağına inanmaktadır. Bu kapsamda OECD’ye üye ülkeler özelinde bakıldığında bazı şehirlerin doğal kaynakların verimli ve yeniden kullanımının optimize edilmesine yönelik çalışmalar yürüttüğü görülmektedir.

Yukarıda belirtilen ankete katılan ülkelerden biri olan Hollanda’da 2050 yılına kadar dögüsel ekonomi stratejisi kapsamında, su sektörü ile tarımsal gıdaların arasında temel ilişkinin sağlam temellere oturtulması planlanmaktadır. Bu kapsamda atıksu arıtma tesislerinde hem nütrient geri kazanımı hem de arıtma çamurlarının tarımda kullanımı faaliyetlerine ağırlık verilmiş durumdadır. Ayrıca atıksu arıtma tesisleri üzerindeki yükü azaltabilmek için yeşil çatı faaliyet ve yatırımları arttırılmıştır.

Benzer bir kabulün İspanya’da da geçerli olduğunun, yayınladıkları 2030 dögüsel raporunda görülmektedir (GoS, 2018). Raporda Akdeniz ülkelerindeki su kısıtlılığı vurgulanırken, atıksu arıtma tesisi çıkış sularının özellikle havza bazlı sulama faaliyetlerinde kullanımına yönelik Ar-Ge faaliyetlerinin teşvik edildiği belirtilmiştir. Belçika’da ise Flaman hükümeti uzun vadeli dögüsel ekonomi stratejileri kapsamında Avrupa Birliği Yeşil Mutabakat Eylem Planı ile paralel olarak çalışmalarını gerçekleştirirken, özellikle endüstriyel su tüketiminin azaltımı konusunda faaliyetler yürütmekte ve bu konudaki araştırmaları desteklemektedir.

Fransa, dögüsel ekonominin atıksu alt başlığı altında işin uygulama kısmında daha belirgin çalışmalar yürütmektedir. Bunlardan biri arıtma prosesi sırasında ısınan sıcak suyun ısısının geri kazanılmasıdır. Bu şekilde 16 kamu binasının ısıtma giderleri karşılanmaktadır (UNEP, 2023). Benzer bir şekilde doğru kanalizasyon altyapısı yönetimi ile Paris Belediye Binası’nın soğutma işlemi için gerekli enerji su akışından sağlanmaktadır.

Benzer atıksu geri kazanım çalışmaları illerimizin su ve kanalizasyon idarelerince de gerçekleştirilmektedir. Ülkemiz için geri kazanılan suların öncelikli yeniden kullanım alanları,

- Tarımsal sulama, park ve bahçe sulaması,
- Sanayi soğutma ve proses suyu olarak kullanılmasıdır.

Ülkemizde arıtılmış suların sulama suyu olarak kullanılmasıyla ilgili yasal mevzuat 20 Mart 2010 tarihli ve 27527 sayılı Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği’nin 7. bölümünde verilmiştir (Resmi Gazete, 2010). Ülkemiz kişi başına düşen 1.519 m³/yıl su miktarı ile her ne kadar su sıkıntısı çeken ülke olarak sınıflandırılıyor olsa da arıtılmış suların yeniden kullanım oranı oldukça düşüktür.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2023 yılı arıtılmış suyun geri kazanım hedefini %5 olarak açıklamıştır (ÇŞİDB, 2023). Arıtılmış suyun yeniden kullanımı doğrultusunda genel dağılım oranları değerlendirilecek olursa, arıtılmış suyun orman, park ve bahçe alanlarının sulamasında kullanıldığı birkaç örnekten ibarettir. Türkiye’de sanayide arıtılmış suların tekrar kullanımı ise daha çok arıtılmış suların geri kazanılarak tesis içinde devrettirilmesi şeklinde olmaktadır. Çok su tüketen endüstri kolları için suyun az ve pahalı olduğu bölgelerde suların yeniden kazanılarak kullanılması ekonomik olmaktadır (UNEP, 2023).

Bu kapsamda Türkiye özelinde de suyun geri kazanımına yönelik akademik araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Alaton ve ark. (2007) gerçekleştirdikleri çalışmada ileri biyolojik ve biyolojik atıksu arıtma tesisleri deşarj sularının tarımsal sulama amacıyla kullanılabilirliğini araştırmış ancak o günün şartları ile suların fekal koliform açısından uygun olmadığını belirlemiştir. Bunun en önemli sebebi; tesis dezenfeksiyon süreçlerinin istenilen seviyelerde çalışmıyor olması olarak belirtilmiştir. Ancak günümüz koşullarında arıtma tesislerinde yapılan iyileştirmeler ile arıtılmış suların geri kazanım potansiyeli artmış ve buna yönelik uygulamalara önem verilmiştir. Bunların içinde Konya Atıksu Arıtma Tesisi’nde arıtılmış suların yeşil alan sulamasında yeniden kullanımı dikkat çekmektedir. Arıtılan suyun 3.600 m³/günlük kısmı geri kazanım tesisine aktarılarak 3.200 ha kentsel yeşil alan sulamasında kullanılmaktadır. Toplam sulanan alan, alan Konya ilinin yeşil alan miktarının %6,4’üne karşılık gelmektedir. Sulama sezonu boyunca yaklaşık 528.000 m³ sulama suyundan tasarruf edilmiştir. Benzer bir şekilde 2021 yılı itibari ile Konya Merkez AAT II. Kademe çalışmaları kapsamında arıtılmış suyun geri kazanılarak tarımsal sulama amacıyla kullanımı hususunda ÇED raporlarının alımı tamamlanmıştır (Balık, 2019).

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi’nin 2020 yılı Faaliyet Raporu’na göre üç ileri biyolojik atıksu arıtma tesisinden çıkan atıksular hem tesis içerisinde çamur ünitesi soğutma suyu, blower soğutma suyu ve servis suyu olarak hem de yeşil alan sulama suyu olarak kullanılmaktadır. Ayrıca Paşaköy İBAAT çıkış suyu geri kazanım amacı ile kurulan dezenfeksiyon işleminden geçirilerek bölgedeki organize sanayi bölgesinin kullanımına sunulmaktadır (İSKİ, 2020).

Mevcut atıksu arıtma tesislerinden bazılarının tarım alanların yoğun olduğu bölgeye yakınlığını bir avantaj olarak değerlendiren İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi ise üç atıksu arıtma tesisinin çıkış sularının büyük bir çoğunluğunun tarımsal sulama amacıyla kullanımına yönelik altyapı hazırlıklarına devam etmektedir. Arıtılmış suların kullanıcılara aktarımı tarımsal sulama kooperatifleri ile sağlanacak olup sürecin başarı ile tamamlanması halinde beş ayrı tesisin de benzer bir şekilde tarımsal sulama amacıyla kullanımına yönelik faaliyetlere hız verilmesi planlanmaktadır. Yine Aliğa Atıksu Arıtma Tesisinde arıtılan atıksu, TÜPRAŞ Rafinerisi tarafından yapılacak olan iletim hattı ile diğer maliyetlerin de TÜPRAŞ tarafından karşılandığı bir sistem ile endüstriyel amaçlı kullanımı sağlanmış olacaktır. Tüm bu faaliyetlerin yanı sıra, Çiğli İBAAT’ne bir pilot tesis kurulma çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Bu pilot tesis sonucunda elde edilecek 2.000 m³/gün debili arıtılmış atıksu tesis içerisinde ünite-ekipman bakım ve temizliğinde kullanılacaktır (İZSU, 2022).

Mart 2022’de Mersin’de gerçekleştirilen ‘Etkin ve Sürdürülebilir Su Yönetimi İş Birliği Protokolü’nde yapılan anlaşmaya göre Karaduvar Atıksu Tesisi’nde derin deşarj yöntemiyle denize deşarj edilen 96.000 m³/sa debili atıksu, artık Şişecam Mersin Soda Fabrikası tarafından proses işleminde kullanılmakta ve böylece kentte yer altı sularının kullanımında büyük tasarruf sağlanmaktadır. Bu proje sayesinde atıksu değerlendirilmiş, bir yandan da temiz su halkın kullanımına sunulmuştur. Ayrıca Kızkalesi’ndeki biyolojik atıksu arıtma tesisinin çıkış suyunun da refüjlerdeki bitkileri sulama amaçlı kullanılması planlanmaktadır (Özbay ve ark., 2008; MB, 2022).

Bu dört şehre ait atıksu arıtma tesisleri geri kazanım miktarları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Tesisler, atıksu geri kazanım miktarları ve mevcut durumları

Şehir	Tesis Adı	Debi (m ³ /gün)	Geri Kazanım	
			Miktarı (m ³ /gün)	Oranı
Konya	Konya	200.000	3.600	% 1,80
	Ambarlı	400.000	5.000	% 1,25
İstanbul	Ambarlı	400.000	50.000	% 12,50
	Ataköy	600.000	5.000	% 0,83
	Paşaköy	200.000	100.000	% 50
	Bayındır H.	2.000	4.200	% 100
İzmir	Tire	6.976	7.500	% 100
	Ulucak	12.960	3.000	% 23,15
	Aliağa	21.600	13.000	% 60,19
	Çiğli	604.800	2.000	% 0,33
Mersin	Karaduvar	150.000	96.000	% 64

Çevresel olduğu kadar ekonomik bir döngü olan Yeşil Mutabakat, ülkemizde faaliyet gösteren firmalar için ciddi yatırımların gerektirdiği bir durumdur. Bununla birlikte birçok özel sektör firması uluslararası arenada atılan bu adımları takip etmektedir ve buna yönelik altyapı çalışmalarına hız vermiş durumdadır. Bunların başında Koç Holding gelmektedir. Türkiye’nin ihracat lideri olan holdingin en büyük şirketi olan TÜPRAŞ, 2020 yılında yayınladıkları sürdürülebilirlik raporunda BM 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarını rehber aldıklarını bildirmiş ve 2050 yılına kadar karbon nötr seviyesini yakalayacağını taahhüt etmiştir. Şirketin İzmit Rafinerisi oluşturduğu proses suyun %97’sini, İzmir Rafinerisi ise %73’ünü geri kazanmaktadır (TÜPRAŞ, 2020). Benzer şekilde Süttaş firması Ulubat’ta yer alan entegre tesisi için kapsamlı bir atık yönetim planlaması yapmıştır. Firma sürdürülebilirlik hedeflerini Avrupa Birliği Yeşil Mutabakat ile paralel tutmakta bu kapsamda uluslararası çerçeve ve standartları gözeterek eylemler ortaya koymaktadır. Bu kapsamda, Süttaş, Ulubat’ta biyogaz tesisi atık sularının yeniden kullanımını amaçlayan bir sulak alan çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada bir süt fabrikasında inek gübreleri enerji (elektrik ve buhar) üretimi amacıyla çürütülerek katı ve sıvı olarak ayrıştırılmakta ve sıvı fraksiyon yapay sulak alanda arıtılarak güvenli deşarj limitlerinde tarımsal sulama amaçlı kullanılmaktadır. Katı fraksiyondaki fosfor ise yeniden organik gübre yapımında kullanılmaktadır. Bu pilot uygulama kaynakların tarımsal alanlarda ve bağlantılı gıda sanayisinde ekonomik ve çevresel amaçlı değerlendirilmesi açısından örnek bir

çalışmadır (Yılmaz ve ark., 2017). Benzer bir şekilde Zorlu Holding de sıfır karbon emisyon hedefine 2030 yılında ulaşmayı hedeflediğini açıklamıştır.

Bu örnekler ile birlikte atıksu arıtma tesisinden suyun, yan ürünlerin, enerjinin geri kazanımına yönelik başlıkların hepsine örnek verilebilmektedir. Bu kapsamda alternatif uygulamalara yönelik Ar-Ge faaliyetleri de devam etmektedir. Örneğin, Vindel ve ark. (2021) yüksek oranlı alg havuzları ile güneş enerjisi kullanan klasik aktif çamur proseslerini karşılaştırarak ekonomik fizibilitesini ortaya koymuştur. Sonuçta, klasik aktif çamur prosesinin daha düşük enerji gerekliliğinden dolayı, kendi kendine yeterliliği daha az alan ihtiyacı ile sağlayabildiği belirlenmiş ancak ilk yatırım maliyetleri kıyaslandığında ise yüksek oranlı alg havuzlarının daha ekonomik bir seçenek olabileceği vurgulanmıştır.

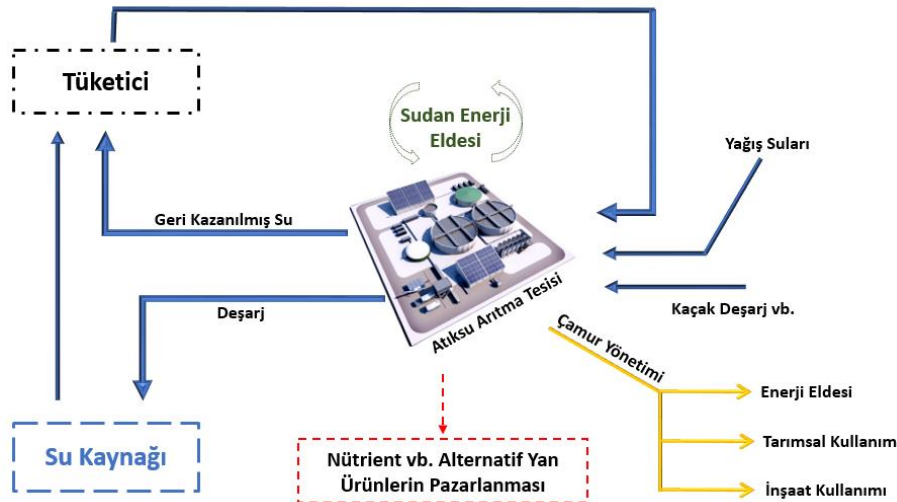
7. Sonuç ve Öneriler

Küresel iklim değişikliği ciddi bir endişe kaynağı olarak görülmekte, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltmak adına arıtılmış atıksuların yeniden kullanılması önem teşkil etmektedir. Dünya Sağlık Örgütü, iklim değişikliği, su stresi, nüfus artışı ve başarısız yönetim planı faktörlerini atıksuyun yeniden kullanımının itici kuvvetleri olarak tanımlamaktadır. Bu duruma paralel olarak son yıllarda arıtılmış suların yeniden kullanılmasına yönelik birçok ülkede ulusal ve bölgesel talimat ve yönergeler uygulanmakta, arıtımı, kullanımı, potansiyeli ve riskleri üzerine kılavuzlar aracılığıyla yol göstermektedir (Asan, 2013; Pintilie ve ark., 2016). Bu süreçte ülkemizde uygulamaya alınan politikalardan biri olan Yeşil Mutabakat Eylem Planının hedeflerinden biri de arıtılmış suların yeniden kullanımının potansiyeline ulaşmasıdır. Mevcut araştırmalar, Avrupa Birliği ülkelerinde arıtılmış suyun yeniden kullanım oranlarının %5 ile %90 arasında değiştiğini raporlamaktadır. Bu oran ülkemiz için ise %4,2'dir. Çevre, Şehircilik ve İklimlendirme Bakanlığı 2030 yılı için geri kazanım oranının %15'e çıkarılmasını hedeflemektedir. Dolayısıyla hem var olan hem de proje durumundaki tesislerin bu sürece dâhil edilme ihtiyacı oluşmuştur. Bu çalışma kapsamında da bu sürecin daha doğru yönetilebilmesi adına, ülkemizde arıtılmış suyun yeniden kullanımı üzerine var olan veya projelendirilen çalışmalara yer verilmiş, bu şekilde suyun yeniden kullanımını artırmak için yerel ve bölgesel düzeyde neler yapılabileceği belirtilmiş, döngüsel ekonomi için birincil kaynaklara olan bağımlılığı azaltma yolları ortaya koyulmuştur. Ülkemizde arıtılmış suların geri kazanıldığı durumlarda park ve bahçe sulaması, sanayi soğutma ve proses suyu olarak kullanıldığı belirlenmiştir. Burada kamu-sanayi iş birliklerinin kurulması kapsamında herhangi bir problem olmadığı görülmüştür. Kentsel atıksu arıtma tesisleri çıkış sularının endüstrilerde kullanımının gerçekleşiyor olması ve bazı tesislerde sanayi destekli Ar-Ge faaliyetlerinin yürütülüyor olması bu iş birliklerini destekler niteliktedir. Bununla birlikte ülkemizde, atıksuyun geri kazanılması ve yeniden kullanılmasına yönelik tesislerin planlanmasında takip edilecek adımlar konusunda eksiklikler olduğu görülmektedir.

Döngüsel ekonominin uygulanmasında teknik çözümlerin yeterliliği kilit nokta olarak görülüyor olsa da çözümün aslında belirli bir bölümünü temsil etmektedir. Sürdürülebilir bir döngüsel ekonomiye geçiş için farkındalığı artırarak paydaşların dâhil edilmesi, uygun yönetim modellerinin belirlenmesi, mevzuatların uygun hale getirilmesi gibi diğer unsurlar söz konusudur. Söz konusu atıksu olduğunda döngüsel ekonomi dönüşümüne uyum sağlayabilmek için yapılması gerekenlerin bir kısmı aşağıda verilmiştir.

- Düşük karbonlu atıksu yönetimi için atıksu debisinden enerji eldesine yönelik yatırımların uygulanabilirliği araştırılmalıdır.
- Atıksu arıtma tesislerinde nütrient geri kazanıma ağırlık verilmelidir.
- Tarım, inşaat ve enerji sektörleri ile işbirliği gerçekleştirilerek tam anlamıyla döngüsel bir ekonomi oluşturulmalıdır.
- Sıfır atık stratejisine uygun olarak mikrokirleticiler olarak sınıflandırılan endokrin bozucular, farmasötikler ve mikroplastiklerin atıksu arıtma tesislerinde tam verim ile giderimine yönelik araştırmalar ve ek yatırımlara ağırlık verilmelidir.
- Değişime yönelik daha esnek bir yönetim yapısı ve sıkı uyumluluk şartları ile daha hızlı müdahale imkânı sağlanması için atıksu otomasyon ve kontrol sistemlerine yönelik yatırımlara önem verilmelidir.
- Yağmur ve taşkın kontrolü de atılacak adımların sürekli ve istenilen performansı sağlamasına katkı sağlayacaktır. Çünkü yağış sularının kontrollü olarak toplanmaması, bu suların yüzeydeki kirleticileri de beraberinde sürüklemesi ile sonuçlanmakta ve alıcı ortam görevi gören yüzey sularında ekstra bir kirliliğe sebep olabilmektedir. Ayrıca yağışlar doğal afete sebep olduğu durumlarda ciddi anlamda ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Bu nedenle doğaya dayalı çözümler geliştirilerek yağmur ve sel su akışlarının yönetilmesi gerekmektedir.

Yukarıda belirtilen tüm bu maddeleri içeren tam bir atıksu döngüsü Şekil 1’ de verilmiştir.



Şekil 1. Yeşil Mutabakat çerçevesinde tam verimli atıksu arıtma tesisi kullanımı (Water Europe, 2020)

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Bu çalışmadaki her yazar eşit oranda katkı sağlamıştır.

Kaynakça

- Akarsu C., Isik Z., M'barek I., Bouchareb R., Dizge N. Treatment of personal care product wastewater for reuse by integrated electrocoagulation and membrane filtration processes. *Journal of Water Process Engineering* 2022; 48; 102879.
- Alaton IA., Tanik A., Ovez S., İskender G., Gurel M., Orhon D. Reuse potential of urban wastewater treatment plant effluents in Turkey: A case study on selected plants. *Desalination* 2007; 215: 159–165.
- Asan C. Gri suların yeniden kullanımında membran biyoreaktör (MBR) Uygulamaları. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye, 2016.
- Bai RL., Jin L., Sun RS., Cheng Y., Wei Y. Quantification of greenhouse gas emission from wastewater treatment plants. *Greenhouse Gases Science and Technology* 2022; 12: 587-601.
- Balık Y. Konya atıksu arıtma tesisinde arıtılmış atıksuların geri kazanımında membran proseslerin verimlerinin karşılaştırılması. Konya Teknik Üniversitesi, Sayfa no: 76, Konya, Türkiye, 2019.
- Bjerde A. Envisioning central Asia's green recovery. <https://thediplotomat.com/2021/06/envisioning-central-asias-green-recovery>. Erişim Tarihi: 12.12.2022.
- ÇŞİDB. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. <https://www.csb.gov.tr/aritilmis-atiksularin-yeniden-kullanim-oraninda-yuzde-4-olan-yil-sonu-hedefi-asildi-bakanlik-faaliyetleri-34168#>. Erişim Tarihi: 11.01.2023
- Diriöz AO. AB Yeşil mutabakat kapsamında yeşil ekonomiye dönüşüm süreci, Türkiye-AB ilişkilerine olası etkilerinin değerlendirilmesi. *International Crimes and History* 2021; 22: 107-130.
- EC. Avrupa Komisyonu. 2019a. The European green deal. <https://eur-lex.europa.eu/> Erişim Tarihi: 01.05.2022.
- EC. Avrupa Komisyonu. 2019b. Press remarks by President Von der Leyen on the occasion of the adoption of the European Green Deal communication. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/speech_19_6749. Erişim Tarihi: 01.05.2022.
- EC. Avrupa Komisyonu. 2021. https://eurocities.eu/wp-content/uploads/2021/06/Eurocities-Policy-Statement_Urban-Waste-Water-Treatment-Directive_Final.pdf. Erişim Tarihi: 29.04.2022.

- EC. Avrupa Komisyonu. 2022. Green alliances and partnerships, Low Carbon and Circular Economies. https://ec.europa.eu/international-partnerships/topics/green-deal_en#header-4343. Erişim Tarihi: 29.04.2022.
- EC. Avrupa Komisyonu. 2023. Water reuse. <https://ec.europa.eu/environment/water/reuse.htm>. Erişim Tarihi: 02.04.2023
- Ecer K., Güner O., Çetin M. Avrupa yeşil mutabakatı ve Türkiye ekonomisinin uyum politikaları. İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi 2021; 9(2): 125-144.
- Fayet CMJ., Reilly KH., Van Ham C., Verburg PH. The potential of European abandoned agricultural lands to contribute to the Green Deal objectives: Policy perspectives. Environmental Science & Policy 2022; 133: 44-53.
- GoS. Government of Spain. España Circular 2030: Estrategia Española de Economía Circular. <https://www.miteco.gob.es>. Erişim Tarihi: 27.04.2022.
- Hughes J., Cowper-Heays K., Olesson E., Bell R., Stroombergen A. Impacts and implications of climate change on wastewater systems: A New Zealand perspective. Climate Risk Management 2021; 31: 100262.
- İSKİ. İstanbul Su Kanalizasyon İdaresi 2020 Yılı Faaliyet Raporu. <https://www.iski.gov.tr/web/assets/SayfalarDocs/faaliyetraporlari/faaliyetraporu/pdf/2020%20FAAL%20YIL%20RAPORU.pdf>. Erişim Tarihi: 02.04.2023.
- İZSU. İzmir Su Kanalizasyon İdaresi - Atıksu arıtmada kullanılan yeni teknolojiler İEF’de tanıtılıyor. <https://www.izsu.gov.tr/tr/HaberDetay/15524?AspxAutoDetectCookieSupport=1>. Erişim Tarihi: 02.04.2023.
- Kocalar AC. Yeşil mutabakat çağında büyük veri planlama politikaları. European Journal of Science and Technology 2022; 34: 716-719.
- Küçük G., Yüce Dural B. The European green deal and the transition to a green economy: An evaluation of energy scenarios. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 2022; 22(1): 137-156.
- MB. Mersin Belediyesi. 2022. <https://www.mersin.bel.tr/haber/baskan-secer-ekolojik-bir-protokole-daha-imza-atti>. Erişim Tarihi: 27.04.2022.
- Mirici ME., Berberoğlu S. Türkiye perspektifinde yeşil mutabakat ve karbon ayak izi: Tehdit mi? Fırsat Mı?. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi 2022; 8(1): 156-164.
- Özbay İ., Kavaklı M. Türkiye’de ve diğer ülkelerde artırılmış atıksuların geri kazanım uygulamalarının incelenmesi. Kocaeli: Çevre Sorunları Sempozyumu, 2008: 1052-1065.
- Pintilie L., Torres CM., Teodosiu C., Castells F. Urban wastewater reclamation for industrial reuse: An LCA case study. Journal of Cleaner Production 2016; 139: 1-14.
- Sadik-Zada ER. Political economy of green hydrogen rollout: A global perspective. Sustainability. 2021; 13(23): 13464.

- Shevchenko H., Petrushenko M., Burkynskiy B., Khumarova N. SDGs and the ability to manage change within the European green deal: The case of Ukraine. *Problems and Perspectives in Management* 2021; 19(1): 53-67.
- Sichler TC., Adam C., Montag D., Barjenbruch M. Future nutrient recovery from sewage sludge regarding three different scenarios - German case study. *Journal of Cleaner Production* 2022; 333: 130130.
- Simha P., Ganesapillai M. Ecological sanitation and nutrient recovery from human urine: How far have we come? A review. *Sustainable Environment Research* 2017; 27(3): 107-116.
- Smol M., Adam C., Preisner M. Circular economy model framework in the European water and wastewater sector. *Journal of Material Cycles and Waste* 2020; 22: 682-697.
- Sun F., Chen M., Chen J. Integrated Management of source water quantity and quality for human health in a changing world. In: Nriagu J.O. (ed.) *Encyclopedia of Environmental Health*. Elsevier 2011; 254-265.
- Sustainability. <https://www.sustainability.gov/federalsustainabilityplan/emissions.html>. Erişim Tarihi: 10.01.2023.
- şahin G., Önder HG. Atık yönetimi, sera gazı emisyonları ve Türkiye: Avrupa yeşil mutabakatı çerçevesinde bir değerlendirme. *the Journal of Academic Social Sciences* 2021; 9(112): 194-216.
- şahin Ü., Tör OB., Kat B., Teimourzadeh S., Demirkol K., Künar A., Voyvoda E., Yelden E. Türkiye'nin karbonsuzlaşma yol haritası 2050'de net sıfır. *İstanbul Politikalar Merkezi* 2022; 9.
- Talu N. Avrupa birliği iklim politikaları. *İklim Değişikliği Eğitim Modülleri Serisi 3*, Ankara, 2019.
- TB, Ticaret Bakanlığı Yeşil Mutabakat Eylem Planı 2021. <https://ticaret.gov.tr/> Erişim Tarihi: 01.05.2022
- TÜBİTAK. Yeşil Mutabakat Kapsamındaki Öncelikli Ar-Ge ve Yenilik Konuları. https://tubitak.gov.tr/sites/default/files/26723/ek_2_1702_2021_2_yesil_mutabakat_öncelikli_alanlari_0.pdf. Erişim Tarihi: 05.05.2022
- Tüpraş. Sürdürülebilirlik Raporu 2020. <https://www.tupras.com.tr/sr-raporlari>. Erişim Tarihi: 11.01.2023
- UNEP. Birleşmiş Milletler Çevre Programı. District Energy in Cities: Paris Case Study. <https://www.districtenergyinitiative.org/sites/default/files/publications/paris-case-study-290520171142.pdf>. Erişim Tarihi: 11.01.2023
- Vindel JM., Trincado E., Sánchez-Bayón A. European union green deal and the opportunity cost of wastewater treatment projects. *Energies* 2021; 14(7): 1994.
- Yapıcıoğlu P., Yeşilnacar MI. Economic performance index assessment of an industrial wastewater treatment plant in terms of the European Green Deal: effect of greenhouse gas emissions. *Journal of Water and Climate Change* 2022; 13(8); 3100-3118.

Yılmaz A., Ünvar S., Koca T., Koçer A. Türkiye’de biyogaz üretimi ve biyogaz üretimi istatistik bilgileri. Technological Applied Sciences 2017; 12(4): 218-232.

Zorlu. akıllı hayat 2030’un yeni vizyonu neler anlatıyor?
<https://www.zorlu.com.tr/akillihayat2030/yazilar/akilli-hayat-2030un-yeni-vizyonu-neler-anlatiyor>. Erişim Tarihi: 02.04.2023.



Pasif Güneş Enerjili Havalandırma Yöntemi Olarak Güneş Bacasının Binalarda Kullanımının Örnekler Üzerinden İrdelenmesi

Okay GÖNÜLOL^{1*}, Müjde ALTIN², Koray ÜLGEN³

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bilgisi Doktora Programı, 35390, İzmir

²Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 35390, İzmir

³Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, Enerji Teknolojisi Anabilim Dalı, 35100, İzmir

¹<https://orcid.org/0000-0002-3838-1844>

²<https://orcid.org/0000-0001-6948-9463>

³<https://orcid.org/0000-0002-9560-1727>

*Sorumlu yazar: okay.gonulol@gmail.com

Derleme

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 11.04.2023

Kabul tarihi: 19.09.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Sürdürülebilir tasarım

Pasif güneş enerjili havalandırma

Güneş bacası

ÖZ

Basit ve pratik bir pasif güneş enerjili havalandırma ve soğutma sistemi olarak güneş bacaları; işletme maliyetinin azlığı, enerji gereksiniminin sifıra yakın oluşu ve karbondioksit emisyonuna olumlu katkısı nedeniyle hem ticari binalarda hem de konutlarda ısı yükünü azaltmak, doğal serinletme, havalandırma veya ısıtma sağlamak adına büyük ilgi görmektedir. Bu çalışmada pasif güneş enerjili sistemler ile ilgili kısa bir bilgi verildikten sonra pasif havalandırma ve mekân ısıtmasında kullanılan güneş bacalarının binalardaki kullanım yöntemlerine dair bilgiler verilmiş; çalışma prensibi, katmanları ve sınıflandırılması detaylı olarak anlatılmıştır. Son olarak pasif havalandırma ve serinletme amacıyla güneş bacası kullanımları üzerine yapılmış örnekler incelenerek değerlendirilmiştir.

Examination of the Use of Solar Chimney as a Passive Solar Energy Ventilation Method in Buildings through Case Studies

Review Article

Article History:

Received: 11.04.2023

Accepted: 19.09.2023

Published online: 20.12.2023

Keywords:

Sustainable design

Passive solar ventilation

Solar chimney

ABSTRACT

As a simple and practical passive solar ventilation and cooling system, solar chimneys attract intensive attention because of their low operating cost, near zero energy requirement and positive contribution to carbon dioxide emissions, ability to reduce heat load in both commercial buildings and residential and providing natural cooling, ventilation or heating. In this study, after giving a brief overview of passive solar systems, information about the use of solar chimneys used for passive ventilation and space heating in buildings is given and detailed information is given about the working principle of solar chimneys, their layers and classification. Finally, the examples studied on the use of solar chimneys for passive ventilation and cooling of the space were examined and discussed.

To Cite: Gönülol O., Altın M., Ülgen K. Pasif Güneş Enerjili Havalandırma Yöntemi Olarak Güneş Bacasının Binalarda Kullanımının Örnekler Üzerinden İrdelenmesi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(Ek Sayı): 624-644.

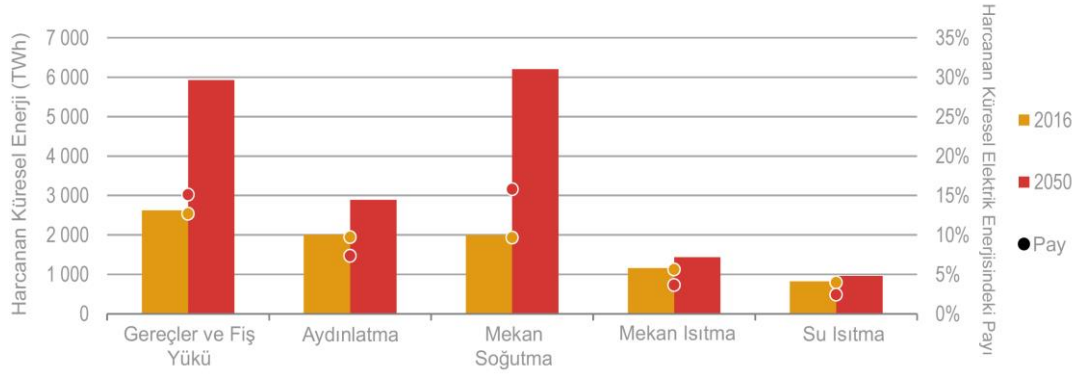
Giriş

Küresel iklim değişikliği; insan faaliyetlerinin sebep olduğu ve giderek artan sera gazı emisyonları sonucunda dünya çapında yükselen ortalama sıcaklık, deniz seviyesi yükselmesi, ekstrem hava

olayları ve biyoçeşitlilik kaybı gibi ciddi, geri dönüşü zor ya da imkânsız sonuçlara yol açmaktadır. Bu sorunların üstesinden gelebilmek için, dünya genelinde önemli çapta sera gazı emisyonu azaltımına gitmek gerekmektedir (Masson-Delmotte, 2021; World Health Organization, 2021; Pörtner, 2022). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, sera gazı emisyonlarının azaltılması ya da kontrol altına alınması ile ilgili pek çok yetki alanında çok az düzenleme yapılması veya hiç düzenleme yapılmaması ile bu sorun daha da artmaktadır (Bong ve ark., 2017; United Nations Environment Programme, 2022). Dünya nüfusunun artması ve yeni teknolojilerin hızla gelişmesi, enerji talebinin küresel çapta sürekli olarak artmasına neden olmaktadır. Fosil yakıtlar dünya çapında toplam enerji tüketiminin yaklaşık %82,4'ünü (%27 kömür, %31 petrol ve %24,4 doğal gaz) ve toplam elektrik üretiminin %61,4'ünü oluşturmaktadır (British Petroleum, 2022). Fosil yakıtların yakılması sonucu atmosfere salınan sera gazları; nitrojen ve kükürt oksitleri (NO_x ve SO_x) ile uçucu organik karbonlar gibi diğer kirleticilerin emisyonlarına yol açar. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, bu sorunların üstesinden gelinmesine yardımcı olabilir. Bu bağlamda güneş enerjisi yaygın olarak kullanılan, bol ve kirlilik içermeyen ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır (Twidell, 2021).

İnsan sağlığı ve konfor ile olan doğrudan ilişkisinden dolayı havalandırma; binalarda en önemli ihtiyaçlardan biridir. Buradan hareketle, hemen hemen tüm binalarda doğal veya mekanik havalandırma sistemlerinin kullanıldığı söylenebilir. Binalar başta ısıtma, soğutma, elektrik tüketimi ve iklimlendirme (HVAC) sistemi olmak üzere dünyadaki toplam enerji kullanımının %40'ından sorumludur (Omer, 2008; Lotfabadi, 2015). Günümüzde yaşanan küresel ısınma ve içinde bulunduğumuz iklim değişikliği nedeni ile bu enerjinin neredeyse yarısından fazlası mekanların soğutulması için harcanmaktadır (Yeang, 2006). Mekanların soğutulması için harcanan küresel enerjinin, 2050 yılında, 2016 yılındaki değerinin üç katına yükselmesi (2020 TWh'den 6200 TWh'e çıkması) beklenmektedir (Şekil 1). Bununla birlikte 2050 yılında mekânın soğutulması için harcanacak enerjinin, global elektrik kullanımındaki payının %16'ya çıkacağı ve binalarda kullanılan enerji kalemlerinde en yüksek orana (Şekil 1) sahip olacağı öngörülmektedir (IEA, 2018). Tüm bu veriler ışığında fosil yakıtların kullanımını azaltmak için en iyi yollardan birinin alternatif enerji kaynaklarını ya da doğal yolları kullanarak dolaylı ve direkt yoldan binalarda kullanımlarını azaltmak olduğu söylenebilir (Stern ve ark., 2016; Cabeza ve Chàfer, 2020; Mostafavi ve ark., 2021).

İnşaat sektörü, enerji tüketimini öncelikli olarak fosil yakıtlardan sağlaması sebebiyle, sera gazı emisyonlarına olumsuz yönde büyük katkı sağlamaktadır. İnşaat sektöründeki, enerji gereksinimlerinin tamamını olmasa da ısıtma, soğutma, elektrik temini ve iklimlendirme sistemi gibi hatırı sayılır bir kısmını karşılamak için güneş enerjisinden büyük ölçüde yararlanılması mümkündür (Hayat ve ark., 2019; Karimi ve ark., 2019).



Şekil 1. 2016'da ve 2050'de harcanması öngörülen küresel enerjinin tüketim kalemlerine ayrılmış gösterimi ve soğutma için harcanması ön görülen payı (IEA, 2018)

Konfor koşullarını sağlarken pasif tasarımdan yararlanmak bu amaçla kullanılan fan ve klima gibi elektrikli aletlerin kullanımını azaltacağından büyük bir enerji tasarrufu sağlamaktadır. Mekânın serinletilmesi ve havalandırılmasında doğal havalandırma yöntemlerinin kullanılması yaz döneminde enerjiden tasarruf etmenin etkin yöntemidir (Khanal ve Lei, 2014). Özellikle nemli sıcak iklimler gibi rüzgârı mekân içerisine almakta zorlanılan bölgelerde, etkin bir doğal havalandırma sağlayan sistemlerden biri de güneş bacasıdır (IEA, 2018; Moret Rodrigues ve ark., 2019). Bu çalışmada yaz döneminde havalandırma ve serinletme amacıyla etkin olarak kullanılan güneş bacalarının tasarımı, işleyişi ve performansı incelendikten sonra güneş bacalarının yapıdaki uygulamaları örnekler üzerinden değerlendirilecektir.

Aktif ve Pasif Güneş Enerjisi Sistemleri

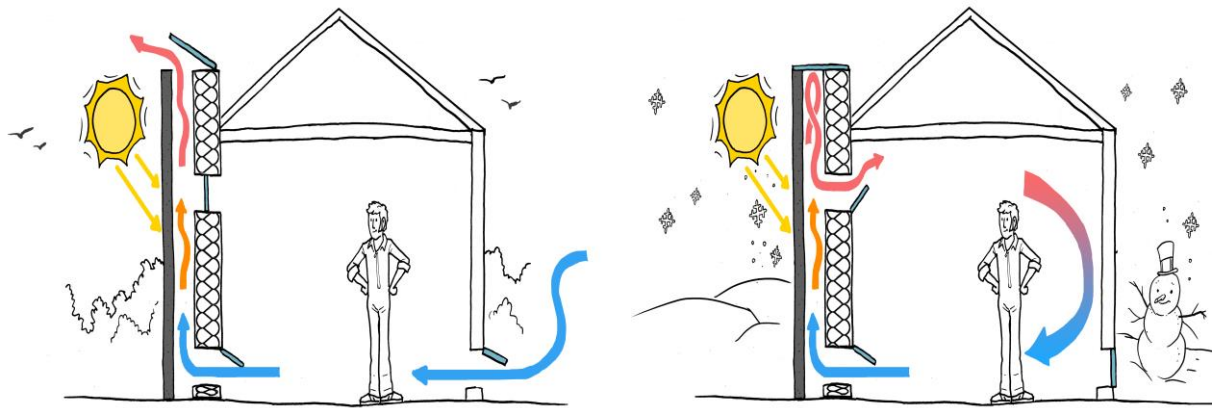
Güneş enerjisi sistemleri binaların ısıtma, soğutma ve aydınlatma gibi ihtiyaçlarını karşılamak için tasarlanmıştır. Bu sistemler; aktif veya pasif yöntemlerle güneş enerjisini kullanılabilir forma dönüştürürler. Pasif güneş enerjisini elde etmek için bina kabuğu tasarımı kullanılırken, bir akışkanı ısıtmak için güneş enerjisi toplayıcısının kullanılması ise aktif güneş ısıyı sağlar (Dickinson, 2018; Singh, 2021). Binaların tasarım aşamasında mekânların ısıtılması ya da soğutulması için güneş enerjisinden faydalanılıyorsa pasif güneş sistemi, bu tasarıma eklenen her teknolojik ürün ise aktif güneş enerjisi sistemi olarak adlandırılır.

Aktif Güneş Enerjili Soğutma Teknolojileri

Aktif güneş enerjili soğutma sistemleri güneş ışınımını elektrik ve ısı enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Bu sistemler çeşitli mekanik ve elektronik sistemlerin bir araya gelmesiyle oluşturulmaktadır. Güneşten elde edilen ısı enerjisi direkt olarak mekânın ısıtılması ya da soğutulması için kullanmazlar. Bunun yerine güneşten elde edilen ısı enerjisi önce bir akışkanda ya da depolama özelliği yüksek bir katıda depolanır. Daha sonra ısı enerjisi mekânın soğutulması veya ısıtılması için enerji kaynağı olarak kullanılır (Boero ve Agyenim, 2020; Goel ve ark., 2022). Endüstriyel süreçler yan ürün olarak bu sistemlerde kullanılabilir ve güneş enerjisine alternatif olabilecek atık ısı üretir.

Güneş bacasının da kullandığı, pasif güneş enerjili havalandırmanın temel konsepti şu şekildedir; soğurucu, koyu renkli yüzey veya plaka güneş ışınımı tarafından ısıtılır, böylece bacadaki hava ısıtılarak, boşluk içinde daha yüksek hava sıcaklığı oluşturulur. Sıcaklık artışına bağlı olarak hava yoğunluğunun azalması da havanın yükselmesine neden olur. Isıtılan hava daha sonra güneş bacasının konumlandırıldığı mekândan, buradan açılan menfez yardımı ile değiştirilir. Hava değişiminin yarattığı çekim etkisi ve binanın kabuğunda oluşturulan kontrollü açıklık aracılığı ile dış ortamdan alınan hava odanın içinden geçer, bacaya açılan açıklıktan baca boşluğuna çekilir, son olarak bacanın tepesindeki açıklıktan çıkar (Awbi, 2003; Harris ve Helwig, 2007; Dimoudi, 2009). Bu değişim sırasında mekân içindeki hava hızının da artmasından dolayı, mekân içinde yaşayanlar hem bir serinleme hisseder hem de iyi bir havalandırma yapılarak iç hava kalitesi yükseltilir (Şekil 3). Yürüme esnasında oluşan hava hızı değeri olan 1m/s hava hızının, ortamda hissedilen sıcaklığı 3°C kadar düşürdüğü bilinmektedir (Yeang, 2006). Güneş bacası sistemi dört ana unsurdan oluşur. Bunlar; dış mekân hava girişi açıklığı, baca hava girişi açıklığı, baca hava boşluğu ve ısıl depo ya da termal soğurucudur.

Güneş bacalarının hangi amaçla kullanılacağı iklim koşullarına göre şekillenir; kuru-ılıman ve nemli-sıcak iklim koşullarında, yukarıda belirtilen şekilde kullanılıp iç mekânda artan hava hareketi yardımıyla ısıyı dağıtır ve kullanıcılar için ısıl konfor sağlar (Sudprasert ve ark., 2016). Bu kullanımdan ayrı olarak güneş bacaları, soğuk-yağışlı iklim koşullarında binaları ısıtmak için de kullanılabilir. Bu senaryoyu uygulamak için normalde sıcak havanın dış ortama bırakıldığı, bacanın en üst konumunda bulunan açıklık kapatılır ve iç mekânı güneş bacasına bağlayan menfezler açılarak sıcak havanın buradan tekrar binaya girmesi sağlanır (Şekil 3). Güneş bacası, bu kullanım ile mekân içindeki sıcaklığı artırmak amacıyla, ısıyı yeniden üretme ve depolama birimi olarak kullanılır (Godoy-Vaca ve ark., 2017; Wang ve ark., 2022; Zhang ve ark., 2023).



Şekil 3. Güneş bacasının mekânı soğutmak (solda) ve ısıtmak (sağda) için kullanım yöntemleri (Venturewell, 2022)

Güneş bacalarının mekanizması sadece doğal havalandırma ve mekânın ısıtılması için kullanılmamaktadır. Ayrıca güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmek için kullanılan mekanizmalardan biridir. Güneş bacalarının elektrik enerjisi üretmek için kullanıldığında, çalışma

prensibi en basit haliyle şöyledir: güneş ışınımı, ucu açık, üste doğru daralan bir kuleye alınarak, bu kulenin en üst kısmında sıcaklığa dayalı bir yoğunluk farkı oluşturur. Bu yoğunluk farkı, aşağıdaki soğuk havanın, kulenin üst ucuna doğru çekim hareketi ile hızlı bir şekilde yükselmesine neden olur. Bu çekim hareketinin enerjisi daha sonra kule içine yerleştirilmiş türbinler kullanarak mekanik enerjiye dönüştürülür ve mekanik enerji de elektriğe dönüştürülür (Guo ve ark., 2019; Pradhan ve ark., 2021; Cuce ve ark., 2022). Güneş bacaları; konumuna göre; dikey, eğimli ve dikey-eğimli, kabuktaki yerine göre; çatıya bitişik, duvara bitişik, çatı ve duvara bitişik, tutturulduğu binanın kat sayısına göre; çok katlı ve tek katlı, kullanım amacına göre; mekân ısıtma, serinletme (mekân havalandırması) ve enerji üretimi, içerdiği şeffaf yüzey sayısı; tek yüzeyde ve birden çok yüzeyde olarak sınıflanabilir. Güneş bacası birçok etkenin, kurgunun ve dış faktörlerin bir araya gelmesiyle çalışan bir sistem olduğu için verimini etkileyecek çok fazla unsur bulunmaktadır. Baca performansı çevresel faktörler, mevsimsel değişiklikler, cihaz-malzeme kalitesi ve coğrafi durum gibi diğer parametrelerden etkilenebilir. Güneş bacası sisteminin verimiyle doğrudan ilişkili olan etki parametrelerini bulmak için bazı çalışmalar yürütülmüştür (Bassiouny ve Korah, 2009; Shi ve ark., 2018; Abdeen ve ark., 2019; Duy ve Pham, 2021; Sengupta ve ark., 2022). Bu çalışmalardan biri olan, Shi ve arkadaşları (2018) tarafından yapılan çalışmadan yola çıkarak ve geliştirerek, aşağıdaki faktörler ve onların alt içeriklerinin güneş bacası sisteminin veriminin artırılmasında daha baskın olduğu söylenebilir:

- Güneş bacasının yükseklik, derinlik, bu parametrelerin oranları ve sistemin giriş çıkış açıklıklarını içeren; sistemin geometrisi,
- Güneş bacasının eğim açısını, güneş kolektörü alanını, yerleşim yerini ve sistemdeki açıklıkların ebatlarını içeren; sistemin kurulumu,
- Güneş bacasının şeffaf yüzey alanı, soğurucu yüzey alanı, içerdiği yalıtım türü-alanı ve ısı depo kısmının özelliklerini içeren; malzeme seçimleri,
- Sistemin içinde bulunduğu alanın güneş ışınımı, rüzgâr hızı, sıcaklık farkı ve mevsimsel değişiklikleri içeren; çevresel faktörler (Şekil 4).



Şekil 4. Güneş bacasının verimliliğine etki eden etmenler

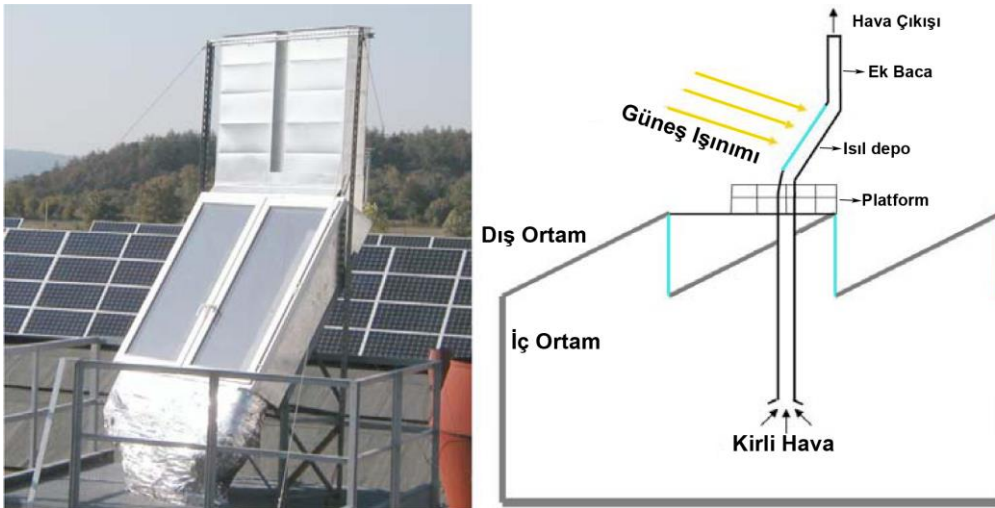
Örnek Güneş Bacası Çalışmaları

Bu çalışma kapsamında güneş bacası ile havalandırma üzerine günümüze kadar gerçekleştirilmiş uygulamalardan bazıları örneklendirilerek irdelenmiştir. Bu örnekler; Brno Teknoloji Üniversitesi Laboratuvarı (Brno T.U.L.), Bangkok'ta Çok Katlı Konut (Bangkok Ç.K.K.), P+ Binası, İskenderiye'de Konut Binası (İskenderiye K.B.), Kuching'de Konut Binası (Kuching K.B.), Khosravi Evi'dir. Bu örneklerin ortak özellikleri güneş bacası yardımıyla mekanın havalandırılmasını sağlamalarının yanında, yukarıda belirtilen ve sisteminin verimliliğini etkileyen bir ya da birkaç etmeni odağına alması ve bu etmenleri geliştirmek ya da iyileştirmek üzerine çalışmalar yapılmasıdır.

Brno Teknoloji Üniversitesi Laboratuvarı

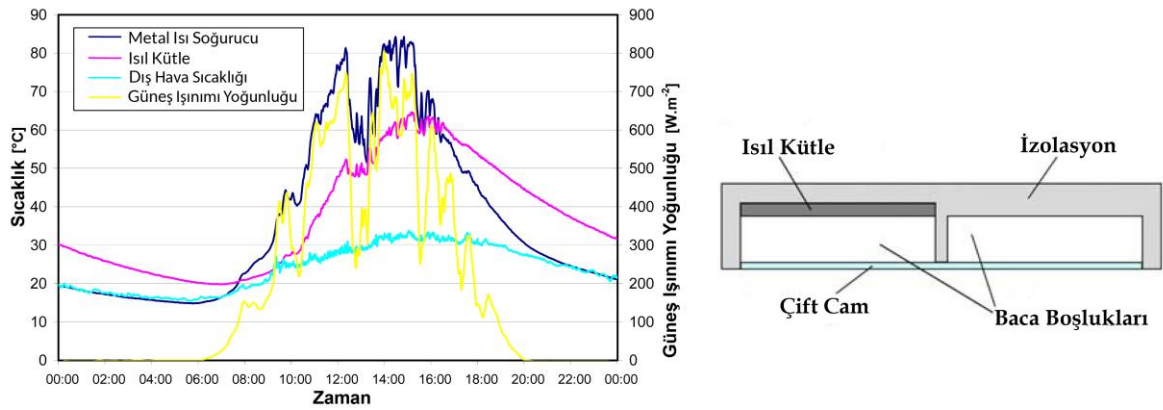
Charvat ve ark. (2004), güneş bacasında ısı soğurucu türünün, güneş bacasının havalandırma performansına etkisini irdelemek için, nemli karasal iklime sahip, Çekya'nın Brno bölgesinde, Brno Teknoloji Üniversitesi Termodinamik ve Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarı çatısına bir güneş bacası düzeneği kurmuş ve sonuçları gözlemlemiştir.

Binanın çatısına konumlandırılan bacanın dış strüktürü yalıtımlı metalden oluşturulmuştur. Birbirleri ile aynı ölçülerde iki parçadan oluşan bacanın ısı deposu 75x150x20 cm ebatlarında ve 30° eğimlidir. Isıl deponun bir kısmında ısı soğurucu olarak 5 cm kalınlığında, yüzeyi siyaha boyanmış beton blok kullanılmıştır. Diğer bölümde ise siyah yüzeyli metal bir tabaka kullanılmıştır. Isıl deponun şeffaf yüzeyini çift camlı pencereler oluşturmaktadır. Şeffaf yüzeyi güneşe yönlendirilen ısı depo, laboratuvar çatısında oluşturulan bir platformun üstüne yerleştirilmiştir (Şekil 5). Isıl depo bölümünün üst kısmına, 1,5 m uzunluğunda ve dikey konumlu bir baca daha eklenmiş ve laboratuvar ile olan bağlantısı, yerleştirildiği platformun alt tarafından, 5 m uzunluğundaki dikey bir boru ile yapılmıştır.



Şekil 5. Brno Teknoloji Üniversitesi laboratuvarının çatısına yerleştirilen güneş bacasının ısı deposu (solda) ve (sağda) bacanın çalışma sistemi ile parçalarının şematik gösterimi (Charvat ve ark., 2004)

Güneş bacasıyla yürütülen deneyde; kış, sonbahar ve erken ilkbahar dönemlerinde, bacanın çalışması için yeterli sıcaklığın elde edilemediğinden dolayı dikkate değer bir değişim ya da fark olmamıştır. Yaz günlerinde ise gündüz saatlerinde metal tabakalı güneş bacasının sıcaklığı hızlı bir şekilde 80 °C seviyesine yükselirken beton blok içeren bacanın sıcaklığı yavaş bir ivmeyle sadece 60 °C'lere ulaştığı gözlemlenmiştir (Charvat ve ark., 2004). Gündüz bu durumda olan baca içi sıcaklık değerleri, güneşin batmasıyla; metal tabakalı güneş bacasında hızlı bir şekilde dış ortamla aynı seviyeye ulaşırken termal kütle içeren güneş bacası ısısını koruyarak yavaş bir seyirde soğuduğu görülmektedir (Şekil 6). Bu durum ısıl kütleli güneş bacasının gece de çalışmasını ve buna bağlı olarak ortam sıcaklığını daha da azalmasını sağlamaktadır.



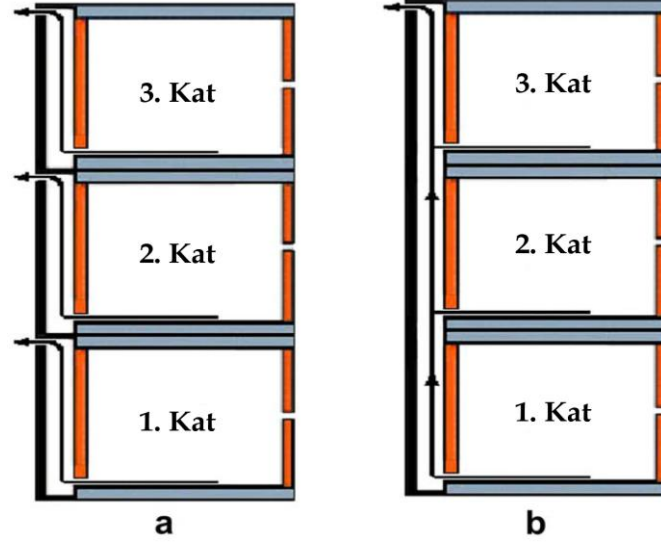
Şekil 6. Güneş bacalarında kullanılan ısıl soğurucuların sıcaklık değişimi (solda) ve (sağda) ısıl deponun kesiti (Charvat ve ark., 2004)

Bacalarla bir başka deney ise şeffaf yüzey üzerine yapılmıştır. Bir tarafın şeffaf yüzeyi yalıtım ile kapatılmış ve bu tarafın normal bir baca olarak çalışması sağlanmıştır. Bu deneyin sonunda ise normal bacanın yine havalandırma işlemini yerine getirdiği ama hava hızı bakımından güneş bacasından %20 oranında daha düşük kaldığı gözlenmiştir.

Bangkok'ta Çok Katlı Konut

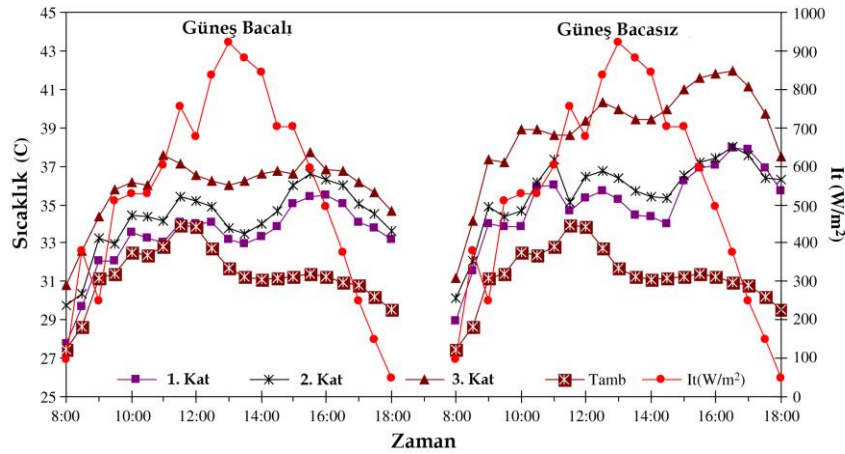
Punyasompun ve ark. (2009), tropikal savana iklimine sahip Bangkok'ta inşa ettikleri birbirlerinden ayrı üç adet üç katlı ve her bir katının ölçüleri 1,2x2x1 m olan apartman maketleriyle karşılaştırmalı bir çalışma yapmıştır. Bu maketlerden ilki sadece üç birimin üst üste konulduğu kontrol maketidir. Güney cephesine 0,2x1,2 m ebatlarında güneş bacası yerleştirilen diğer iki apartman maketinin biri her katta dış ortamdan ayrı hava giriş ve çıkışı olan, her katta 1 m yüksekliğe sahip, toplamda üç tane (ayrılmış) güneş bacası içermektedir. Diğer apartman maketi ise her katta dış ortamdan hava girişi olan ama güneş bacasında sadece üçüncü katın en üstünden dış ortama hava çıkışı olan, apartman maketinin üç katı boyunca (3 m) uzanan, güneş bacasının uzun (sıralanmış) versiyonunu içermektedir (Şekil 7). Deney üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, ayrılmış güneş bacası içeren apartman maketi ile kontrol maketi karşılaştırılmıştır. Bulgular, ayrılmış güneş bacası içeren apartman maketinin iç mekan sıcaklığının dış hava sıcaklığından 6 °C daha yüksek, kontrol maketinin iç mekan sıcaklığından 4 °C

daha az olduğunu ortaya koymuştur. Aynı aşamada, güneş bacalarının içindeki hava akış hızları ölçülmüştür. Üçüncü kattaki güneş bacası çıkışında en yüksek akış hızı $0,043 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak belirlenmiştir.



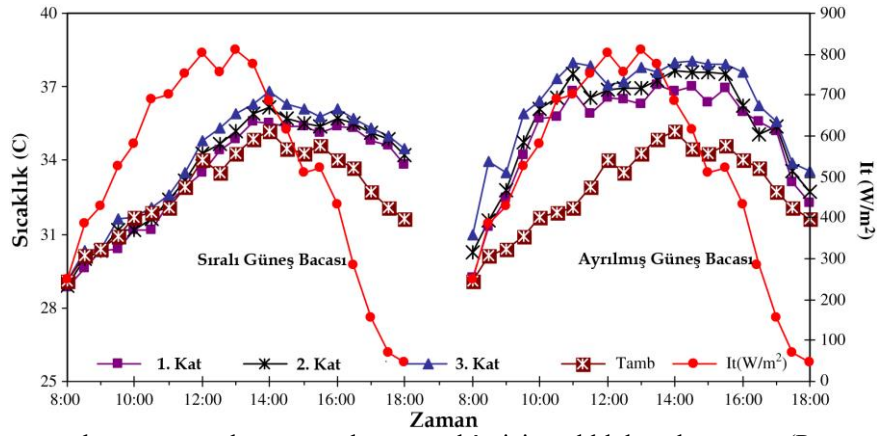
Şekil 7. Ayrılmış güneş bacası (a) ve (b) sıralı güneş bacasının şematik gösterimi (Punyasompun ve ark, 2009)

İkinci aşamada da sıralı güneş bacası içeren maket ile kontrol maketi karşılaştırılmış ve sıralı güneş bacasının iç mekân sıcaklığının, dış mekân sıcaklığından $2 \text{ }^\circ\text{C}$ daha fazla, kontrol maketine göre $4 \text{ }^\circ\text{C}$ daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Şekil 8). Üçüncü kattaki güneş bacası çıkışındaki en yüksek akış hızı $0,045 \text{ m}^3/\text{s}$ olarak kaydedilmiştir.



Şekil 8. Sıralı güneş bacalı maket ve güneş kontrol maketinin iç mekân sıcaklıkları (Punyasompun ve ark, 2009)

Üçüncü ve son aşamada, iki farklı güneş bacası kurgusuna sahip maketlerin iç mekân sıcaklıkları karşılaştırılarak incelenmiştir. Sıralı güneş bacası kurgusuna sahip maketin iç mekân sıcaklığının, ayrılmış güneş bacası kurgusuna göre $5-6 \text{ }^\circ\text{C}$ daha düşük olduğu bulunmuştur (Şekil 9). Bu sonuçlar, sıralı güneş bacasının iç mekân hava sıcaklığını düşürmede daha etkili olduğunu ve kesintisiz uzunluğu sayesinde daha yüksek hava akışı sağladığını göstermektedir.

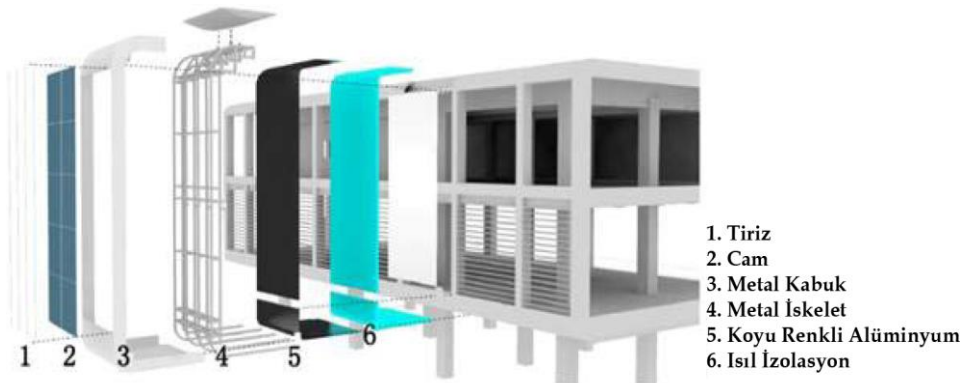


Şekil 9. Sıralı güneş bacası ve ayrılmış güneş bacası mekân içi sıcaklık karşılaştırması (Punyasompun ve ark, 2009)

P+ Binası

Zha ve ark. (2017) çalışmalarında; nemli alt tropikal iklime sahip Çin'in Şangay bölgesi, Cangzhou kentinde inşa edilmiş P+ binası üzerine önce 6,2x2,8 m x0,35 m ebatlarında bir güneş bacası eklemiş ve bu bacanın performansını incelemişlerdir. Bacanın performansı incelendikten sonra çıkan sonuçlar teorik hesaplamalar ve numerik simülasyon ile karşılaştırılmıştır. Son olarak deneyde elde edilen veriler bir programa işlenerek binanın enerji simülasyonu yürütülmüştür.

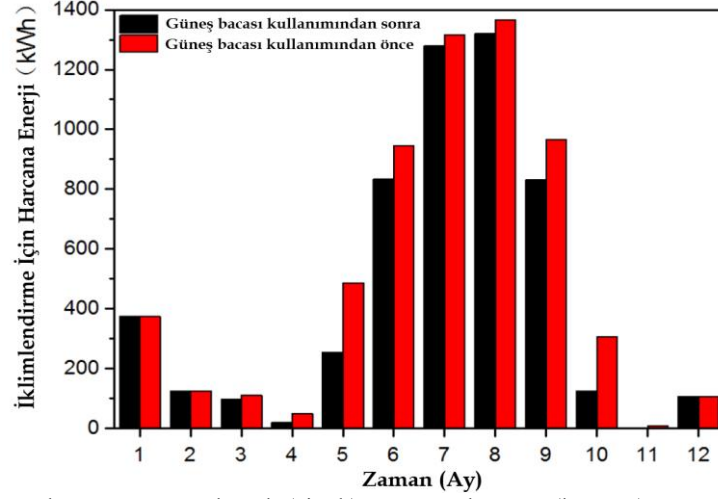
Katmanları ve kurgusu Şekil 10'da verilen bacanın performansını ve çevresel etmenleri ölçmek için bir deney yürütülmüştür. Bu yürütülen deneyde güneş bacasının hava boşluğundaki hava hızının 0,02 m/s'den 0,45 m/s'ye yükseldiği bilgisi verilse de iç mekan sıcaklık değişimi hakkında herhangi bir bilgi verilmemiştir. Bu deneyden elde edilen bilgiler teorik hesaplamalar ve nümerik simülasyon ile karşılaştırılmış, gerçekleştirilen deneyde alınan hava hızı değerlerinin diğer iki yöntemle elde edilenlerden daha az olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 10. P+ Binası ve binada kullanılan güneş bacasının katmanları ve kurgusu (Zha ve ark, 2017)

P+ Binası'nda yürütülen ilk deneyden elde edilen veriler bir modelleme programa işlenmiş ve burada enerji simülasyonu yürütülmüştür. Yürütülen enerji simülasyonu neticesinde, Şangay koşullarında Nisan ayından Ekim ayına kadar kullanımı uygun olan güneş bacası, en fazla 0,467 m³/s havalandırma

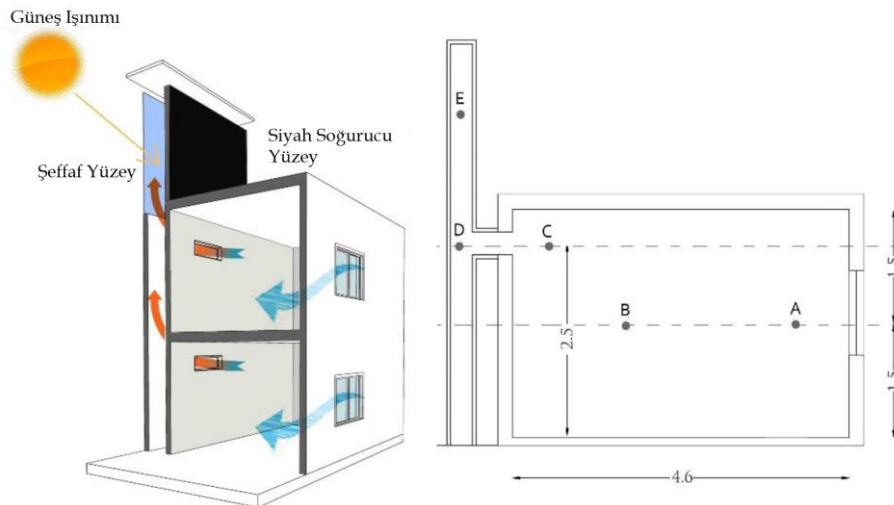
seviyesine ulaşmıştır. Elde edilen veriler ışığında; yıllık enerji tasarrufun %12,9, soğutma sezonu olarak adlandırılan Nisan – Ekim ayları arasında harcanan enerjiden edilen tasarrufun ise %14,5 olduğu bilgisi verilmiştir. Güneş bacası sayesinde soğutma için harcanan enerjiden en fazla Mayıs ayında tasarruf edildiği bilgisi de eklenmiştir (Şekil 11). Bu ayda tasarruf edilen enerji miktarı 232,2 kWh'dir.



Şekil 11. P+ Binası'nın aylara göre güneş bacalı (siyah) ve güneş bacasız (kırmızı), soğutma için harcadığı enerji (Zha ve ark., 2017)

İskenderiye'de Konut Binası

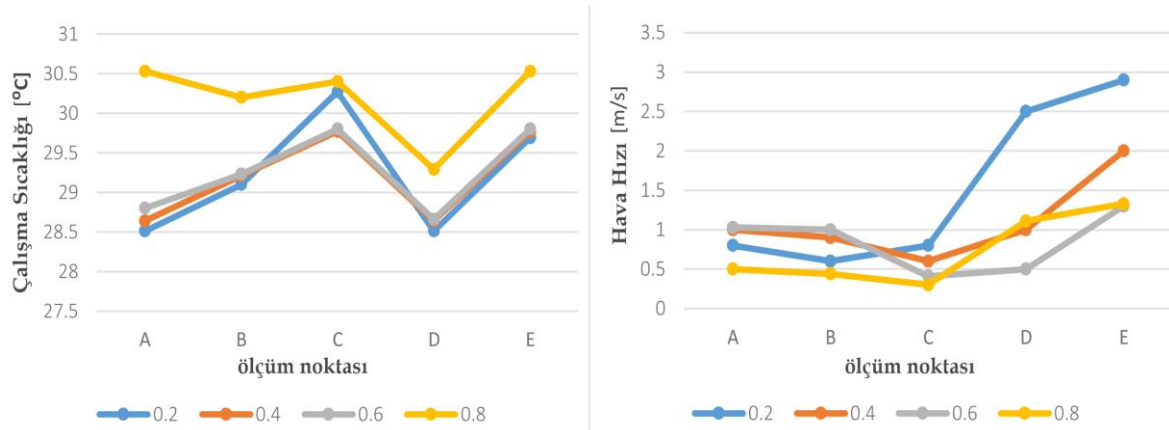
Mekkawi ve Elgendy (2016) çalışmalarında; sıcak çöl iklimi hakim olan Mısır'ın İskenderiye kentinde, iki katlı konut binasının güney cephesine bir güneş bacası yerleştirilerek modellenmiş (Şekil 12) ve güneş bacasının performansını hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) analizi yöntemi yardımıyla gözlemlenmiştir. Güneş bacasının performans verileri alındıktan sonra, derinliği artırılarak, baca verimi ile ilgili alınan sonuçlar ortaya konulmuştur.



Şekil 12. İskenderiye'deki konut modelinin kesiti ve ısı, sıcaklık ve hava hızı ölçüm noktalarının konumları (Mekkawi ve Elgendy, 2016)

Modellenen evin güneş bacası 8x1,5x0,2 m ebatlarındadır. Güneş bacasının bina bitiminden sonraki iki metrelik kısmı, ısı deposu olarak kullanılması için güney yönüne bakan yüzeyinde cam kullanılmış, aynı kısmın kuzeye bakan yüzeyinde ise binanın duvarı devam ettirilip siyah renge boyanmıştır. Baca üst katta yatak odasına, alt katta ise yemek odasına 0,8x0,4 m ebadında menfezlerle bağlanmıştır. Her iki katta da sisteme taze hava girişi, kuzey cephesinde konumlanmış, 1x1,2 m ebatlarında pencerelerden sağlanmaktadır. Güneş bacası ile havalandırılacak mekanların iç mekan sıcaklıkları ortalama 29,86 °C'dir. Belirlenen güneş bacası kurgusu ve iklim koşullarında CFD simülasyonu yapıldığında, iç ortam sıcaklığında 0,94 °C bir düşüş görülmüştür. İç mekandaki hava hareketinin ise %32 arttığı gözlemlenmiştir.

Yürütülen bu simülasyondan sonra, güneş bacasının derinliğinin performansına etkisini irdelemek için, güneş bacasının derinliği 0,4 m, 0,6 m ve 0,8 m olarak belirlenerek, her derinlik için simülasyon tekrar yapılmış, belirlenen noktalardaki hava hareketleri ve sıcaklıklar gözlenmiştir. Ölçüm noktalarını ve sonuçları gösteren grafikler Şekil 12 ve Şekil 13'te sunulmuştur. CFD simülasyonlarının sonuçları incelendiğinde hem sıcaklık hem de hava hareketi olarak en iyi değerlerin 0,4 m ve 0,6 m derinliğe sahip güneş bacalarından alındığı, bu derinliklerde sırası ile 28,64 °C ve 28,66 °C hava sıcaklıkları elde edildiği görülmüştür. Yine aynı derinlikteki boşlukların A ve B noktalarındaki hava hızını %50 kadar arttırdığı görülebilmektedir.

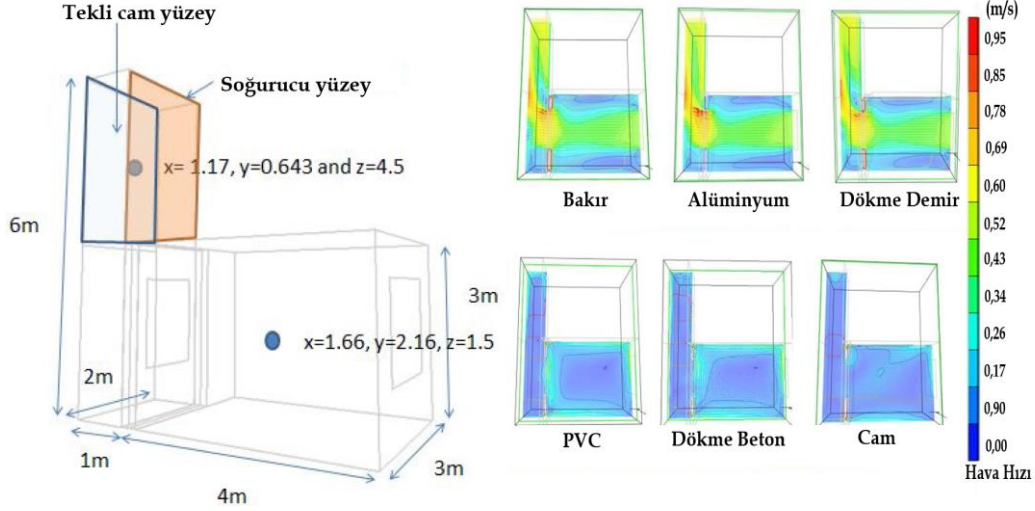


Şekil 13. İskenderiye'de Konut Binasının sıcaklık ve hava hızı ölçüm sonuçları (Mekkawi ve Elgandy, 2016)

Kuching'de Konut Binası

Leng ve arkadaşları (2014), tropikal yağmur ormanı iklimine sahip Doğu Malezya'nın Kuching şehrinde olduğunu varsaydıkları bir evi modelleyip çalışmalarını bu model ev üzerinde yapmışlardır. Modellenen evin güney cephesine yerleştirilen 6x1x2 m ebatlarındaki güneş bacası, evin 4x3x3 m ebatlarındaki yatak odasına, 1,5x1,2 m boyutlarında bir pencere ile bağlanmıştır. Bu odaya dış mekandan taze hava, kuzey cephesinden dış ortama açılan, aynı ebatlardaki bir pencere ile sağlanmıştır. Güneş bacasının şeffaf yüzeyini oluşturan cam yüzey güneye bakmaktadır (Şekil 14).

Bu çalışmada sadece güneş bacası ve test odası olarak seçilen, güneş bacasının bağlandığı yatak odası modellenmiş ve güneş bacasının çeşitli malzemelerle desteklenen havalandırma performansı incelenmiştir. CFD analizi kullanılarak yapılan deneyde, güneş bacasının şeffaf yüzeyi karşısındaki yüzeyde, güneş ışınımından elde edilen ısıyı arttırmak adına mekân yüksekliği olan 3m'den sonra güneş bacasının çıkışına kadar olan, bulunduğu yüzeyi kaplayacak şekilde yerleştirilen ve “ısı soğurucu yüzey” olarak adlandırılan yüzeyde farklı materyaller kullanarak, güneş bacasının performansı incelenmiştir.



Şekil 14. Varsayımsal mekân ve güneş bacasının ebatları (solda) ve (sağda) CFD analizi ile elde edilen, materyallerin kullanımında, mekandaki hava hızı ile hava akış desenleri (Leng ve ark., 2014)

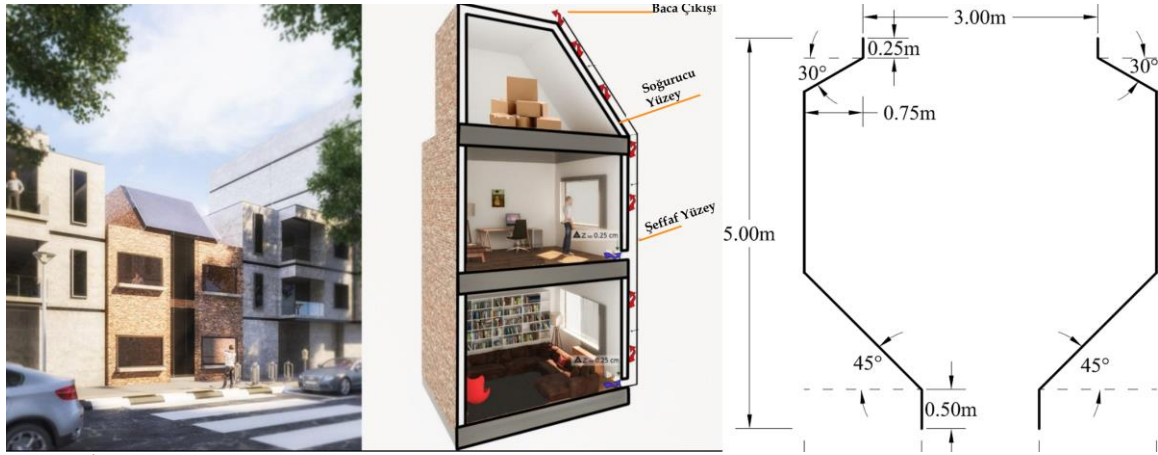
“Isı soğurucu yüzey” olarak deneyde; bakır, dökme demir, PVC, dökme beton, alüminyum ve cam CFD analizlerinde denenmiştir ve en etkin olanının bakır olduğu belirtilmiştir (Şekil 14). Isı emicisi olarak bakırın kullanıldığı CFD analizinde; güneş bacasının boşluğundaki hava sıcaklığını, diğer malzemelere göre daha yüksek sıcaklıklara çıkardığı, en yüksek ısının olduğu 15:00 saatinde, iç hava sıcaklığını 7,7 °C düşürebildiği ve son olarak iç hava hızını da 1,16 m³/s’ye çıkardığı bildirilmiştir.

Khosravi Evi

Khosravi ve ark. (2019), iki katlı, her katı 8,5x5x3,65 m boyutlarında olan varsayımsal bir konut binasının güney cephesine bir güneş bacası eklemişlerdir. Bu güneş bacası düz ve eğimli olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Düz kısım binanın güney cephesindeki dış duvar boyunca 1,5x7,3x0,25 m ebatlarındadır. Eğimli kısım ise 4,5x5x0,25 m ebatlarında ve konutun çatısı ile bitişiktir (Şekil 15). Her iki kısmın ön cephesinde 2 mm kalınlığında şeffaf yüzey, arka cephesinde ise sırasıyla 16 mm kalınlıkta ısı izolasyonu ve siyaha boyanmış, 4 mm kalınlıkta metal tabaka bulunmaktadır.

Bu çalışmada güneş bacasının eğimli kısmı ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Çalışmada ilk olarak eğimli bölümün en iyi performansı verebilmesi için, eğiminin kaç derece olması gerektiği, 35, 40, 45 ve 50 derecelik açılar ile CFD analizi yapılarak irdelenmiştir. Yapılan bu analizde 50 derecelik açının iki

katın havalandırma açıklıklarında da en etkin hızı verdiği görülmüştür. Daha sonra 50 derecelik eğim açısı sabit tutularak, eğik güneş bacasının kenar duvarlarının tabanı ile yaptığı açı; 0, 15, 25 ve 35 derece olacak şekilde değiştirilmiş, bu şekilde bacadan çıkan hava akış oranının nasıl değiştiği gözlenmiştir. Buradaki amaç; dik açılı yan duvarların havayla sürtünme katsayısı daha fazla olduğu için, bu açılar daha aşılabilir şekle getirebilmektir. Denenen açılarda, oluşan şekillerin yine simetrik olmasıyla sürtünme (ya da geri tepme) katsayısı yine yüksek bulunmuştur. Bunun üzerine bir tarafı 45 diğer tarafı 30 derece olan bir şekil “geliştirilmiş tasarım” olarak öne sürülmüş ve bu tasarımdan en yüksek verim alınmıştır (Şekil 15). Bunun yanında eğik güneş bacasının uzunluğunun hava hızına etkisinin olup olmadığını öğrenmek için 5m’den 10m’ye kadar uzunluklar test edilmiştir ve bunun üzerine sadece birinci kattaki açıklıktan geçen hava hızını arttırdığı, ikinci katta ise bir değişikliğin gözlenmediği bildirilmiştir.



Şekil 15. İki katlı bina ve eğimli güneş bacasının görselleştirilmiş hali (solda), güneş bacasının kesitini gösteren şema (ortada) ve (sağda) “geliştirilmiş tasarım” olarak öne sürülen tasarım (Khosravi ve ark., 2019)

Tüm bu düzenlemelerden sonra binanın ortalama doğal havalandırma oranı %24 artmıştır. İç mekanda ise 0,626 m/s hava hızı elde edilmiştir. Son saatlik hava hızı değişim (ACH) değerleri birinci kat için 3,04’den 3,42’ye, ikinci kat için ise 2,38’den 3,51’e yükselmiştir.

Tartışmalar ve Değerlendirme

Örnek güneş bacası çalışmaları bölümünde irdelenen örneklerin buldukları ülke, iklim çeşidi, kullandığı yapı türü ve örneklerde yürütülen deneylerin türleri Tablo 1’de, içerdikleri güneş bacalarının sınıflandırılması Tablo 2’de, ele aldığı verimlilik etmeni ve elde edilen sonuçlar Tablo 3’te irdelenmiştir.

Tablo 1’den görülebileceği üzere irdelenen örnek güneş bacası çalışmaları kuru sıcak ya da nemli sıcak iklimlerde yapılmıştır. Bunun nedeni güneş bacalarının nemli sıcak iklimler gibi iç hava sıcaklığı ile dış ortam hava sıcaklığı arasında 5 °C’den az farklar oluşan iklimlerde, etkin bir havalandırma ve serinletme yöntemi olmasıdır. İçeride yaratılan yüksek hava hareketi içerdeki nemi azaltır ayrıca insan

teni üzerinde serinlik hissi yaratır. Böylece dış hava sıcaklığı ile iç hava sıcaklığının arasındaki dar hava farkı aralığı, hissedilen sıcaklığın düşürülmesiyle açılmış olur. İrdelenen örnekler bir bacanın sadece bir iklim koşulundaki performansını incelemişlerdir. Özellikle simülasyon yardımı ile yapılan çalışmalarda farklı iklim bölgelerinden alınan güneş bacalarının verimliliğinin karşılaştırılması açısından değerli olmaktadır.

Yine Tablo 1’den hareketle görülmektedir ki seçilen örneklerde yürütülen deneylerin sadece %33’ü saha çalışması olarak, gerçek binalar üzerinde yürütülmüştür. Diğer taraftan bakıldığında ise örneklerin yarısı simülasyon üzerinden yani bilgisayar destekli programlar kullanılarak yapılmıştır. Geri kalan %17 ise ölçekli maket üzerinden çalışmalarını sürdürmüştür. Bu dar bir örneklem üzerinden edinilen bir veri olsa da aslında güneş bacası ve verimi üzerine yapılan çalışmaların genelini kapsamaktadır. Hatta simülasyon aracılığı ile yapılan çalışmaların oranı bu çalışmada çıkandan fazla çıkması olasılığı yüksektir. Simülasyon aracılığı ile yapılan çalışmalar her ne kadar maliyet, zaman ve iş gücünden tasarruf sağlasa da sisteme (açıklıktan geçen hava hızı değerleri, ısı soğurucuya düşen ışınım değerine vb.) müdahale edilebilirliği açısından şüpheyle yaklaşılabilir. Maket veya gerçek bir binada, dış ortamda direkt temas ile yapılan çalışmaların gerçek güneş radyasyonu altında ve kontrol edilemez olarak yapıldığı unutulmamalıdır. Bu çalışma özelinde, özellikle Khosravi Evi bulunduğu iklim verisi ve konum verilmediği için bu duruma örnek teşkil etmektedir.

Tablo 1. Örnek çalışmaların ülke, iklim, yapı türü ve deney türü bakımından sınıflandırılması

Örnek	Bulunduğu Ülke	İklim	Yapı Türü	Deney Türü
Brno T.U.L.	Çekya	Nemli karasal	Eğitim	Saha çalışması
Bangkok Ç.K.K.	Tayland	Tropikal savana	Konut	Maket üzerine
P+ Binası	Çin	Nemli alt tropikal	Eğitim	Saha çalışması
İskenderiye K.B.	Mısır	Sıcak çöl	Konut	Simülasyon
Kuching K.B.	Malezya	Tropikal yağmur ormanı	Konut	Simülasyon
Khosravi Evi	Bilinmiyor	Bilinmiyor	Konut	Simülasyon

Tablo 2’den de görülebileceği üzere incelenen örneklerin hepsi güneş bacasını serinletme amaçlı kullanmakta ve güneş bacalarında bir şeffaf yüzey içermektedir. Yine tüm örneklerde kullanılan güneş bacalarının şeffaf yüzeyleri güneşi daha iyi alabilmek için güneye yönlendirilmiştir. Bu örneklerde sadece bir yüzeyde şeffaf yüzey kullanılmasının amacı opak yüzeylerin bacadaki ısıyı korumak adına daha iyi performans göstermeleridir. Örnek çalışmalarda sadece Brno T.U.L. ve Khosravi Evi örnekleri güneş bacasının konumu eğimli ve dikey olarak kullanılmış, diğer dört örnek çalışmada ise dikey olarak kullanılmıştır. Güneş bacasında eğim kullanılmasının nedeni güneş ışınımını, açığı kullanarak daha fazla almak ve ısı kütleyi daha fazla ısıtabilmektir. Böylece bacanın üst kısmında ısı yoğunluğu daha da artırılarak, yoğunluk farkından doğacak hava hızı artırılmıştır. Khosravi Evi örneğinde hangi açının ne kadar performans verdiği ayrıca incelenmiştir. Güneş bacasının kabuktaki

yeri Brno T.U.L.'de çatıyla bitişik iken Khosravi Evi'nde çatı ve duvara, diğer dört örneğin güneş bacaları da bina dış duvarına bitişiktir. Bu farklılığın sebebi de yine güneş ışınımını, ısı depo kısmına daha fazla alabilmektir.

Tablo 2. Örnek çalışmaların güneş bacaları bakımından sınıflandırılması

Örnek	Konum	Kabuktaki Yer	Kat Sayısı	Kullanım Amacı	Şeffaf Yüzey
Brno T.U.L.	Dikey ve eğimli	Çatıya bitişik	Tek katlı	Serinletme	Tek yüzeyde
Bangkok Ç.K.K.	Dikey	Duvara bitişik	Çok katlı	Serinletme	Tek yüzeyde
P+ Binası	Dikey	Duvara bitişik	Çok katlı	Serinletme	Tek yüzeyde
İskenderiye K.B.	Dikey	Duvara bitişik	Çok katlı	Serinletme	Tek yüzeyde
Kuching K.B.	Dikey	Duvara bitişik	Tek katlı	Serinletme	Tek yüzeyde
Khosravi Evi	Dikey ve eğimli	Çatı ve duvara bitişik	Çok katlı	Serinletme	Tek yüzeyde

Tablo 3'ten hareketle en fazla ele alınan ve üstüne çalışılan verimlilik etmeni ana başlığı baca geometrisidir. Bu sonucun elde edilmesi doğaldır çünkü baca boyutları ve hava giriş-çıkış açıklıklarının kurgusu ile ebatları neredeyse güneş bacası sisteminin iskeletini oluşturmaktadır. Bu kurguda ya da ölçülendirmede yapılacak bir hata, bacanın çalışmamasına ya da çok düşük verimle çalışmasına neden olabilir. Örneklerden hareketle Bangkok Ç.K.K. örneğinde görüldüğü üzere güneş bacalarında, baca uzunluğu ve bacanın kesintisiz olması baca performansını etkileyen önemli bir etkidir. Güneş bacasının ebatlarının doğru belirlenmesinin önemi İskenderiye K.B. örneğinde bir kez daha vurgulanmıştır; güneş bacasının derinliği çok dar tutulduğunda (0,2 m) ya da çok geniş tutulduğunda (0,6 m) bacanın performansının düştüğü ama optimum değerde tutulduğu zaman (0,4 m) en yüksek verimin alındığı görülmektedir. Tablo 3'te ortaya konulan örneklerin ele aldığı verimlilik etmeni ana başlığında, geometri ana başlığından sonra malzeme ana başlığı gelmektedir. Özellikle ısı depo ve soğurucu yüzey seçimlerinin önemi, Brno T.U.L.'de "ısı kütleli" bacanın daha geç soğuyarak, akşam saatlerinde de mekânın ısını düşürmeye yardım etmesi ve Kuching K.B.'de, soğurucu yüzey olarak bakır levha kullanıldığında iç mekân hava sıcaklığının 7,7 °C düşürülmesiyle anlaşılmaktadır.

İncelenen örneklerden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; Kuching K.B.'nin sıcaklığı 7,7 °C, Bangkok Ç.K.K. ise 4-5 °C düşürmesi dikkat çekicidir. Khosravi Evi örneğinde, "geliştirilmiş tasarım" olarak nitelendirilen tasarım ile elde edilen doğal havalandırma değerindeki %24 oranındaki artış yine dikkate değerdir. Ama elde edilen bu artışın nemli sıcak iklim gibi sert ve zorlu bir iklimde mi yoksa daha hafif iklim koşullarında mı elde edildiği bilinmemektedir.

Tablo 3. Örnek çalışmaların ele aldığı verimlilik etmeni ve çalışmada alınan sonuçlar

Örnek	Ele Aldığı Verimlilik Etmeni	Alınan Sonuçlar
Brno T.U.L.	Malzeme-Isıl depo, soğurucu yüzey, şeffaf yüzey	Şeffaf yüzeyli bacada %20 daha etkin havalandırma, ısı kütelli bacada gece havalandırması.
Bangkok Ç.K.K.	Geometri-Yükseklik, giriş/çıkış açıklıkları	Sıralı baca, kontrol maketine göre 4-5 °C, ayrılmış güneş basasına göre 5-6 °C daha düşük sıcaklık değeri, 0,045 m ³ /s akış hızı.
P+ Binası	Çevre-Sıcaklık farkı	Baca içi hava hızında 0,43 m/s artış, soğutma sezonunda %14,5 tasarruf.
İskenderiye K.B.	Geometri-Derinlik	En verimli baca derinliğinde, mekân içi hava hızı değeri 1 m/s, mekân içi hava hızında %50 artış, oda içi sıcaklıkta 0,8 °C azalma.
Kuching K.B.	Malzeme, Isı soğurucu yüzey	En iyi verimin alındığı bakır plakalı örnekte 1,16m ³ /s iç hava hızı, 7,7 °C sıcaklık düşüşü.
Khosravi Evi	Kurulum-Eğim Açısı; Geometri-Yükseklik	Geliştirilmiş tasarım olarak adlandırılan tasarım ile doğal havalandırma oranında %24 artış, 0,626 m/s iç mekân hava hızı, ACH değerinde 1,13 artış.

Sonuç

Bu çalışmada güneş bacaları, kullanım amaçları, sınıflandırılmaları, verimliliğine etki eden etkenler ve güneş bacası kullanılarak pasif güneş enerjili havalandırma ve buna dayalı serinletme etkisi hakkında bilgiler verilmiş, daha sonra mekânın serinletmesi ve havalandırması için güneş bacası kullanılmış olan örnekler incelenmiştir. Güneş bacaları, güneş ışınlarının yoğunluğuna yüksek oranda bağımlılıkları nedeniyle güneşli gün sayısı fazla olan bölgeler için uygundur. Sistemin doğru çalışması için her projenin tasarımında bölgenin coğrafi koşulları özellikle dikkate alınmalıdır. Baca boyutu optimizasyonu, geometrik optimizasyon, bacanın bileşenlerinin montaj açısı ve ısı soğurucu yüzey uygulaması, güneş bacasının performansını artırmak için yaygın olarak kullanılan parametreler arasındadır. Sistemin verimliliğini etkileyen parametreler, farklı koşullar altında farklı sonuçlara yol açar. Örneğin, baca hava boşluğunun derinliğinin azaltılması/artırılması ve baca yüksekliğinin artırılması müdahalelerinin her ikisi de verimliliği artırır. Ancak en uygun derinlik/yükseklik oranı koşullara göre farklılık gösterir. Bu oranın yanı sıra sistemin verimliliği iklim koşullarına da bağlıdır ve sistemin geometrisine göre değişebilir. Baca hava boşluğunun eğimini değiştirmek baca performansını olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebilir. Belirli bir durumda optimum eğim açısı 50° olarak bildirilmiştir. Bacaya alınan ışınımın artması, baca çıkışındaki hava akışını ve dolayısıyla sistemdeki hava hızını artırır. Doğru ısı soğurucu yüzey kullanımıyla ve uygun iklim koşullarında, ısı soğurucu yüzey kullanımının mekânın sıcaklığını 7,7 °C azalttığı ve mekânın doğal havalandırılma oranını %24 artırdığı kaydedilmiştir.

Güneş bacasının, mekânın doğal havalandırılmasında etkili olduğu ve iç mekânın sıcaklık düşüşünde katkısının doğru optimizasyonla mümkün olduğu, mekanlarda görece daha az sıcaklık düşüşü sağladığı koşullarda ise iç mekânda hava hızını artırarak serinlik hissi yarattığı yani hissedilen sıcaklığı düşürdüğü sonucuna varılmıştır. İç hava sıcaklığındaki bu düşüş, yaratılan serinletme hissi ve doğal havalandırma ile elde edilen iyi havalandırma sayesinde, özellikle nemli sıcak iklimler gibi iç

hava sıcaklığı ile dış ortam hava sıcaklığı arasında 5°C'den az farklar oluşan iklimlerde, bu ihtiyaçlar için kullanılan elektrikli gereçlerin kullanımının azalmasından dolayı, havalandırma ve serinletme kalemlerini içeren yaz yüklerinde azalma sağlanacağından, ciddi bir oranda enerji tasarrufu sağlanacağı aşikârdır. Dolayısıyla, sağlanan enerji tasarrufunun, bu enerjiyi sağlarken harcanan fosil yakıt tüketiminin ve karbon salımının azalmasına olumlu etkileri olacağı anlaşılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2020.KB.FEN.012 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Bu çalışma birinci sırada yer alan yazarın Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapılan doktora tez konusundan üretilmiştir. Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynakça

- Abdeen A., Serageldin AA., Ibrahim MG., El-Zafarany A., Ookawara S., Murata R. Solar chimney optimization for enhancing thermal comfort in Egypt: An experimental and numerical study. *Solar Energy* 2019; 180: 524-536.
- Awbi HB. *Ventilation of buildings* (Second ed.). Spon Press 2003. Londra.
- Bassiouny R., Korah, NS. Effect of solar chimney inclination angle on space flow pattern and ventilation rate. *Energy and Buildings* 2009; 41(2): 190-196.
- Bevilacqua P., Benevento F., Bruno R., Arcuri N. Are trombe walls suitable passive systems for the reduction of the yearly building energy requirements?. *Energy* 2019; 185: 554-566.
- Boero A., Agyenim F. Modeling and simulation of a small-scale solar-powered absorption cooling system in three cities with a tropical climate. *International Journal of Low-Carbon Technologies* 2020; 15(1): 1-16.
- Bong CPC., Lim LY., Ho WS., Lim JS., Klemeš JJ., Towprayoon S., Lee CT. A review on the global warming potential of cleaner composting and mitigation strategies. *Journal of Cleaner Production* 2017; 146: 149-157.
- British Petroleum, bp Statistical Review of World Energy 2022; 71st edition, BP 2022. Londra.
- Charvat P., Jicha M., Stetina J. Solar chimneys for residential ventilation. *Ventilation and Retrofitting* 2004; 19.

- Cabeza LF., Chàfer M. Technological options and strategies towards zero energy buildings contributing to climate change mitigation: A systematic review. *Energy and Buildings* 2020; 219: 110009.
- Cuce E., Cuce PM., Carlucci S., Sen H., Sudhakar K., Hasanuzzaman M., Daneshzarian R. Solar chimney power plants: A review of the concepts, designs and performances. *Sustainability* 2022; 14(3): 1450.
- Dickinson EW. *Solar energy technology handbook*. CRC Press 2018.
- Dimoudi A. Solar chimneys in buildings-The state of the art. *Advances in Building Energy Research* 2009; 3(1): 21-44.
- Duy TN., Pham HTT. CFD based investigation on the performance of solar chimney for room natural ventilation. *AIP Conference Proceedings* 2021; 2420(1): 020027.
- Goel M., Verma VS., Tripathi NG. Solar cooling technologies. In *Solar Energy* (pp. 107-116). Springer 2022. Singapore.
- Godoy-Vaca L., Almaguer M., Martínez J., Lobato A., Palme M. Analysis of solar chimneys in different climate zones-case of social housing in Ecuador. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 2017; 245(7): 072045.
- Guo P., Li T., Xu B., Xu X., Li J. Questions and current understanding about solar chimney power plant: A review. *Energy Conversion and Management* 2019; 182: 21-33.
- Harris DJ., Helwig N. Solar chimney and building ventilation. *Applied Energy* 2007; 84(2): 135-146.
- Hayat MB., Ali D., Monyake KC., Alagha L., Ahmed N. Solar energy-A look into power generation, challenges, and a solar-powered future. *International Journal of Energy Research* 2019; 43(3): 1049-1067.
- IEA. *The future of cooling*, IEA 2018. Paris.
- Karimi MS., Fazelpour F., Rosen MA., Shams M. Comparative study of solar-powered underfloor heating system performance in distinctive climates. *Renewable Energy* 2019; 130: 524-535.
- Khanal R., Lei C. An experimental investigation of an inclined passive wall solar chimney for natural ventilation. *Solar Energy* 2014; 107: 461-474.
- Khosravi M., Fazelpour F., Rosen MA. Improved application of a solar chimney concept in a two-story building: An enhanced geometry through a numerical approach. *Renewable Energy* 2019; 143: 569-585.
- Leng PC., Ahmad MH., Ossen DR., Hamid M. Towards sustainable architecture: The effect of the solar chimney material on thermal performance based on CFD simulation. *International Conference on Sustainable Urban Design for Liveable Cities*, 2014, Malezya.
- Lotfjadi P. Analyzing passive solar strategies in the case of high-rise building. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2015; 52: 1340-1353.

- Masson-Delmotte V., Zhai P., Pirani A., Connors SL., Péan C., Berger S., Zhou B. Climate change 2021: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change 2021; 2.
- Mekkawi G., Elgendy R. Solar chimney for enhanced natural ventilation based on CFD-simulation for a housing prototype in Alexandria, Egypt. *International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering* 2016; 3(5): 1-5.
- Moret Rodrigues A., Santos M., Gomes MG., Duarte R. Impact of natural ventilation on the thermal and energy performance of buildings in a Mediterranean climate. *Buildings* 2019; 9(5): 123.
- Mostafavi F., Tahsildoost M., Zomorodian Z. Energy efficiency and carbon emission in high-rise buildings: A review (2005-2020). *Building and Environment* 2021; 206: 108329.
- Omer AM. Energy, environment and sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2008; 12(9): 2265-2300.
- Pörtner HO. (Ed.). *Climate Change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press 2022.
- Pradhan S., Chakraborty R., Mandal DK., Barman A., Bose P. Design and performance analysis of solar chimney power plant (SCPP): A review. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 2021; 47: 101411.
- Punyasompun S., Hirunlabh J., Khedari J., Zeghamati B. Investigation on the application of solar chimney for multi-storey buildings. *Renewable Energy* 2009; 34(12): 2545-2561.
- Sengupta A., Mishra DP., Sarangi SK. Computational performance analysis of a solar chimney using surface modifications of the absorber plate. *Renewable Energy* 2022; 185: 1095-1109.
- Shi L., Zhang G., Yang W., Huang D., Cheng X., Setunge S. Determining the influencing factors on the performance of solar chimney in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2018; 88: 223-238.
- Singh AK. An inclusive study on new conceptual designs of passive solar desalting systems. *Heliyon* 2021; 7(2): e05793.
- Stern PC., Janda KB., Brown MA., Steg L., Vine EL., Lutzenhiser L. Opportunities and insights for reducing fossil fuel consumption by households and organizations. *Nature Energy* 2016; 1(5): 1-6.
- Sudprasert S., Chinsorranant C., Rattanadecho P. Numerical study of vertical solar chimneys with moist air in a hot and humid climate. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 2016; 102: 645-656.
- Twidell J. *Renewable energy resources*. Routledge; 2021.
- United Nations Environment Programme. *Emissions gap report 2022: The closing window—Climate crisis calls for rapid transformation of societies*; 2022. Nairobi.

- Venturewell. Stack ventilation and Bernoulli's principle, <https://sustainabilityworkshop.venturewell.org/node/1029.html>. Erişim tarihi: 20.10.2022.
- Wang Q., Zhang G., Wu Q., Shi L. Solar chimney performance in buildings under three heating modes: An empirical analysis. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 2022; 52: 102222.
- World Health Organization. *Climate change and health: Vulnerability and adaptation assessment* 2021. Kanada.
- Yeang K. *Ecodesign: A manual for ecological design*. Wiley-Academy 2006.
- Zhang L., Dong Z., Liu F., Hou Y., Cheng J., Du J., Li Y. Analysis of solar chimney application for building heating and cooling in different climates in China. *Journal of Energy Engineering* 2023; 149(1): 04022060.
- Zha X., Zhang J., Qin M. Experimental and numerical studies of solar chimney for ventilation in low energy buildings. *Procedia Engineering* 2017; 205: 1612-1619.