

Yıl:2024 Cilt:4 Sayı:2

Kadirli

Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi
Journal of Kadirli Faculty of Applied Sciences



www.kadirliubfd.com



Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi
Journal of Kadirli Faculty of Applied Sciences
ISSN: 2791-9102

Year (Yıl): 2024, Volume (Cilt): 4, Number (Sayı): 2

Dergi Sahibi / Owner

Prof. Dr. Turgay UZUN
Rektör

Sorumlu Müdür / Director

Prof. Dr. Ömer SAYLAR
Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dekanı

Baş Editör / Editor in Chief

Prof. Dr. Tugay AYAŞAN
Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü

Yardımcı Editör / Associate Editor

Doç. Dr. Önder YAYLA
Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi
Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü



Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi

Journal of Kadirli Faculty of Applied Sciences

Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi hakemli bir dergidir.

Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi yılda 2 kez yayınlanmaktadır (Mart ve Haziran).

Journal of Kadirli Faculty of Applied Sciences is a peer-reviewed journal.

Journal of Kadirli Faculty of Applied Sciences is published two times in a year (March and June).

Dergi İçin Yazışma Adresi / Correspondence Address

Prof. Dr. Tugay AYAŞAN (Başeditör)

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi

e-mail: tugayayasan@osmaniye.edu.tr

Web link: <https://kadirliubfd.com/index.php/kubfd/index>



Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi

Journal of Kadirli Faculty of Applied Sciences

Editorial Board

(Editör Kurulu)

Prof. Dr. Semra GÜNAY AKTAŞ	Anadolu Üniversitesi, ESKİŞEHİR	semragunay@anadolu.edu.tr
Prof. Dr. Nihat ARIKAN	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	nihatarikan@osmaniye.edu.tr
Prof. Dr. Cevdet AVCIKURT	Balıkesir Üniversitesi Turizm Fakültesi, BALIKESİR	cevdet_avcikurt@yahoo.com
Prof. Dr. Kemal BİRDİR	Mersin Üniversitesi Turizm Fakültesi, İÇEL	kemalbirdir@mersin.edu.tr
Prof. Dr. Ayhan CEYHAN	Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, NİĞDE	aceyhan@nigde.edu.tr
Prof. Dr. Oya BERKAY KARACA	Çukurova Üniversitesi, ADANA	obkaraca@cu.edu.tr
Prof. Dr. Murat KÖKSAL	Cumhuriyet Üniversitesi, SİVAS	mkoksal@cumhuriyet.edu.tr
Prof. Dr. Saime KÜÇÜKKÖMÜRLER	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	saimekucukkomurler@osmaniye.edu.tr
Prof. Dr. Hamza Yaşar OCAK	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, KÜTAHYA	hyasar.ocak@dpu.edu.tr
Prof. Dr. Bahri Devrim ÖZCAN	Çukurova Üniversitesi, ADANA	dozcan@cu.edu.tr
Prof. Dr. Ali YAYLI	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Turizm Fakültesi, ANKARA	ali.yayli@hbv.edu.tr
Doç. Dr. Çağdaş AKPINAR	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	cagdasakpinar@osmaniye.edu.tr
Doç. Dr. İsa COŞKUN	Ahi Evran Üniversitesi, KIRŞEHİR	isa.coskun@ahievran.edu.tr
Doç. Dr. Pembe SABANCIGİL ÖZDER	Doğu Akdeniz Üniversitesi, KIBRIS	pembe.sabancigil@emu.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Ceren AVCI	Şırnak Üniversitesi, ŞIRNAK	ceren.avci@sirnak.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Fatih GÜNAY	Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, AĞRI	fgunay@agri.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Sevda İNAN	Namık Kemal Üniversitesi, TEKİRDAĞ	sevdainan@nku.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Didem DEMİR KARAKUŞ	Tarsus Üniversitesi, Tarsus-MERSİN	didemdemir@tarsus.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Aybüke LEBA	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	aybukeleba@osmaniye.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Paşa Mustafa ÖZYURT	Giresun Üniversitesi Rekreasyon Bölümü, GİRESUN	pasa.mustafa@giresun.edu.tr
Dr. Öğr. Üyesi Gülay ZULKADİR	Silifke Uygulamalı Teknoloji ve İşletmecilik Yüksekokulu Organik Tarım İşletmeciliği Anabilim Dalı, MERSİN	gulayzulkadir@gmail.com
Ar. Gör. Dr. Merve ÖZGÜR GÖDE	Anadolu Üniversitesi, ESKİŞEHİR	merveozgurgode@anadolu.edu.tr

Prof. Dr. Vincenzo TUFARELLİ	DETO – Section of Veterinary Science and Animal Production, University of Bari ‘Aldo Moro, ITALY	vincenzo.tufarelli@uniba.it
Assoc. Prof. Dr. Sugiharto SUGİHARTO	Department of Animal Science, Faculty of Animal and Agricultural Sciences, Universitas Diponegoro, Semarang, Central Java, INDONESIA	sugiharto@lecturer.undip.ac.id
Adjunct Prof. Dr. Ana Karoline Ferreira Ignácio CÂMARA	Department of Food Engineering, Federal University of São João del Rei s/n A St. 35701-970 Sete Lagoas, MG – BRAZIL	ana.karoline@ufsj.edu.br
Ass. Prof. Dr. Muhittin ÇAVUŞOĞLU	Northern Arizona University, USA	muhittin@mcavusoglu.com
Dr. Kashif AMİN	Qurtuba University of Science & Information Technology, PAKİSTAN	kamin@qurtuba.edu.pk
Dr. Insaf RİAHİ	A Institute of Agrifood Research and Technology (IRTA Mas Bové), Animal Nutrition Department, Constanti, SPAIN	insaf.riahi1@gmail.com
Ass. Res. Prof. Dr. Milena MILOJEVIC	Academy of Applied Studies Šabac, Unit for Agricultural and Busines Studies and Tourism, Šabac, SERBIA	milenaminorka23@gmail.com

Alan Editörleri /Konu Editörleri

Prof. Dr. Osman GÖKDOĞAN	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, ISPARTA
Prof. Dr. Hasan Basri İLA	Çukurova Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, ADANA
Prof. Dr. Hakan İNCİ	Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, BİNGÖL
Prof. Dr. Osman KOLA	Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, ADANA
Prof. Dr. Banu TANRIÖVER	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü, OSMANİYE
Doç. Dr. Gülbin ÇETİNKALE DEMİRKAN	Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı, NİĞDE
Doç. Dr. İnci KESİLMİŞ	Mersin Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Beden Eğitimi ve Spor Bölümü, MERSİN
Doç. Dr. Muhammed ORDU	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, OSMANİYE
Doç. Dr. Jülide ÖNER	Uşak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, UŞAK
Doç. Dr. Burcu TAYLAN	Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, İZMİR
Doç. Dr. Onur YEMENİCİ	Bursa Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, BURSA
Doç. Dr. Ülkü BABUŞCU YEŞİL	Yıldız Teknik Üniversitesi Matematik Mühendisliği Bölümü, İSTANBUL
Dr. Öğretim Üyesi Güfte CANER AKIN	İstanbul Gelişim Üniversitesi İstanbul Gelişim Meslek Yüksekokulu İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, İSTANBUL
Dr. Öğretim Üyesi Şimal KÜRÜMOĞLU	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Muratlı Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Tekirdağ
Dr. Öğretim Üyesi Aslı Özge ÖZGEN ÇİĞDEMLİ	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Rekreasyon Yönetimi Bölümü, OSMANİYE

*Alan editörleri, sayılara göre değişiklik gösterebilir.

Yazım Editörü /Spelling Editor

Dr. Öğretim Gör. Merve GÖRE	Ege Üniversitesi Ödemiş Meslek Yüksekokulu, İZMİR	merve.gore@ege.edu.tr
-----------------------------	--	-----------------------

Dil Editörü /Language Editor

Doç. Dr. Pembe ÇÜRÜK	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, OSMANİYE	pembecuruk@osmaniye.edu.tr
----------------------	---	----------------------------

İstatistik Editörü/Statistics Editor

Doç. Dr. Şenol ÇELİK	Bingöl Üniversitesi, BİNGÖL	senolcelik@bingol.edu.tr
----------------------	-----------------------------	--------------------------

Mizanpaj Editörleri/Layout Editors

Doç. Dr. Hatice TÜRK TEN	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, SAMSUN	hatice.turkten@omu.edu.tr
Ar. Gör. Helin ATAN	Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, İZMİR	helin.atan@hotmail.com

*Birden fazla rolü olan editörler, tek bir kısımda yazılmıştır.

Son Okuyucu Editörleri /Final Reader Editors

Doç. Dr. Fatma Tülin ÖZBAŞER BULUT	Namık Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, TEKİRDAĞ	ftozbaser@nku.edu.tr
Dr. Öğretim Üyesi Esra GÜR SOY	Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Celal Oruç Hayvansal Üretim Yüksekokulu Hayvan Yetiştirme ve Besleme Anabilim Dalı, AĞRI	egursoy@agri.edu.tr
Öğretim Gör. Dr. Nacide KIZILDAĞ ÖZDAL	Çukurova Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı, ADANA	nkizildag@cu.edu.tr

*Birden fazla rolü olan editörler, tek bir kısımda yazılmıştır.

Hakem listesi (The referees list)

2024 yılı, Cilt 4, Sayı 2'deki hakemlerin listesi aşağıda verilmiştir.
Year 2024, Volume 4, Issue 2 list of referees is given below.

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

HAKEMLER	KURUM
Prof. Dr. Zümrüt AÇIKGÖZ	Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Yemler Ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı, İZMİR
Prof. Dr. Meryem Nur AYDEDE	Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Eğitim Fakültesi Matematik Ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı, NİĞDE
Prof. Dr. Gülşen ÇOPUR	Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Hayvan Yetiştirme Anabilim Dalı, HATAY
Prof. Dr. Ramazan ERENLER	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Organik Kimya Anabilim Dalı, TOKAT
Prof. Dr. Ferda ESER	Amasya Üniversitesi Suluova Meslek Yüksekokulu Mülkiyet Koruma Ve Güvenlik Bölümü Sivil Savunma Ve İtfaiyecilik Pr., AMASYA
Prof. Dr. Faruk KARAASLAN	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Fakültesi Matematik Bölümü Cebir Ve Sayılar Teorisi Anabilim Dalı, ÇANKIRI
Prof. Dr. Gürhan KELEŞ	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Yemler Ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı, AYDIN
Prof. Dr. Fisun KOÇ	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Yemler Ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı, TEKİRDAĞ
Prof. Dr. Başak DOĞRU MERT	Adana Alparslan Türkeş Bilim Ve Teknoloji Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü Enerji Planlaması Ve Verimliliği Anabilim Dalı, ADANA
Prof. Dr. Mustafa MİRİK	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü/Fitopatoloji Anabilim Dalı, TEKİRDAĞ
Prof. Dr. Özen ÖZER	Kırklareli Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü Cebir Ve Sayılar Teorisi Anabilim Dalı, KIRKLARELİ
Prof. Dr. Musa SARICA	Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Hayvan Yetiştirme Anabilim Dalı, SAMSUN
Prof. Dr. Soner SOYLU	Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Fitopatoloji Anabilim Dalı, HATAY
Prof. Dr. Atilla TAŞKIN	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü

	Hayvan Yetiştirme Ve Islahı Anabilim Dalı, KIRŞEHİR
Prof. Dr. Süleyman YALÇINKAYA	Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Altınözü Tarım Bilimleri Meslek Yüksekokulu Kimya Ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü Kimya Teknolojisi Pr. HATAY
Prof. Dr. Meltem İNCE YENİLMEZ	İzmir Demokrasi Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü İktisat Tarihi Anabilim Dalı, İZMİR
Prof. Dr. Reşit YILDIZ	Mardin Artuklu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi/Beslenme Ve Diyetetik Bölümü Beslenme Ve Diyetetik Anabilim Dalı, MARDİN
Doç. Dr. Ummahan Merdinaz ACAR	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Fakültesi Matematik Bölümü Cebir Ve Sayılar Teorisi Anabilim Dalı, MUĞLA
Doç. Dr. Hayriye ESRA AKYÜZ	Bitlis Eren Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi İstatistik Bölümü İstatistiksel Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, BİTLİS
Doç. Dr. Ayşe ALKAN	Samsun Bilim ve Sanat Merkezi, SAMSUN
Doç. Dr. Salih CİHANGİR	Munzur Üniversitesi Tunceli Meslek Yüksekokulu Kimya Ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü Laboratuvar Teknolojisi Pr., TUNCELİ
Doç. Dr. İsa COŞKUN	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Yemler Ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı, KIRŞEHİR
Doç. Dr. Taner DAŞTAN	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Biyokimya Bölümü Biyokimya Anabilim Dalı, SİVAS
Doç. Dr. Neslihan DEMİRCAN	Atatürk Üniversitesi Mimarlık Ve Tasarım Fakültesi Mimarlık Bölümü Bina Bilgisi Anabilim Dalı, ERZURUM
Doç. Dr. Murat FARSAK	Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Osmaniye Meslek Yüksekokulu Elektrik Ve Enerji Bölümü Hibrid Ve Elektrikli Taşıtlar Teknolojisi Pr., OSMANİYE
Doç. Dr. Gökhan FİLİK	Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü Hayvansal Biyoteknoloji Anabilim Dalı, KIRŞEHİR
Doç. Dr. Sümer HORUZ	Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Fitopatoloji Anabilim Dalı, KAYSERİ
Doç. Dr. Murat KUL	Bayburt Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Spor Yöneticiliği Bölümü Spor Yöneticiliği Anabilim Dalı, BAYBURT
Doç. Dr. Tülün ÇİÇEK RATHERT	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Hayvan Yetiştirme Anabilim Dalı, KAHRAMANMARAŞ
Doç. Dr. Behlül SEVİM	Aksaray Üniversitesi Aksaray Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Gıda İşleme Bölümü Süt Ve Ürünleri Teknolojisi Pr., AKSARAY
Doç. Dr. Ece ALTUNBAŞ ŞAHİN	Bingöl Üniversitesi Genç Meslek Yüksekokulu Mülkiyet Koruma Ve Güvenlik Bölümü Sivil Savunma Ve İtfaiyecilik Pr., BİNGÖL
Doç. Dr. Saliha TAŞÇIOĞLU	Kilis 7 Aralık Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Süs Bitkileri Yetiştiriciliği Ve Islahı Anabilim Dalı, KİLİS
Doç. Dr. Funda TAŞDEMİR	Yozgat Bozok Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü Cebir Ve Sayılar Teorisi Anabilim Dalı, YOZGAT
Doç. Dr. Musa YAVUZ	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni

	Bölümü Yemler Ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı, ISPARTA
Doç. Dr. Fatih YILDIRIM	Atatürk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Zootečni Ve Hayvan Besleme Bölümü Veterinerlik Zootečni Anabilim Dalı, ERZURUM
Dr. Öğretim Üyesi Şeyma AYDEMİR	Hitit Üniversitesi Alaca Avni Çelik Meslek Yüksekokulu Veterinerlik Bölümü Laborant Ve Veteriner Sağlık Pr., ÇORUM
Dr. Öğretim Üyesi Gökhan GÖKÇE	Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Hayvan Yetiştirme Anabilim Dalı, ADANA
Dr. Öğretim Üyesi Esra GÜRSOY	Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Celal Oruç Hayvansal Üretim Yüksekokulu Hayvansal Üretim Ve Teknolojileri Bölümü Hayvan Yetiştirme Ve Besleme Anabilim Dalı, AĞRI
Dr. Öğretim Üyesi Özlem Gücüyener HACAN	Afyon Kocatepe Üniversitesi Veteriner Fakültesi Zootečni Ve Hayvan Besleme Bölümü Veterinerlik Zootečni Anabilim Dalı, AFYONKARAHİSAR
Dr. Öğretim Üyesi Metin KOÇAK	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü Bitkisel Biyoteknoloji Anabilim Dalı, VAN
Dr. Öğretim Üyesi Günnur PEŞMEN	Afyon Kocatepe Üniversitesi Şuhut Meslek Yüksekokulu Veterinerlik Bölümü Laborant Ve Veteriner Sağlık Pr., AFYONKARAHİSAR
Dr. Öğretim Üyesi Çiğdem ŞEREMET TUĞALAY	Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Hayvan Yetiştirme Anabilim Dalı, İZMİR
Dr. Öğretim Üyesi Eylem AKGÜL YALÇIN	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bolu Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Park Ve Bahçe Bitkileri Bölümü Peyzaj Ve Süs Bitkileri Yetiştiriciliği Pr., BOLU
Dr. Öğretim Üyesi Gamze DOĞDU YÜCETÜRK	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, BOLU

CONTENTS (İçindekiler)

ARAŞTIRMA MAKALELERİ (RESEARCH ARTICLES)	Sayfalar
Damla YAYLA, Sibel SOYCAN ÖNENÇ Atık Reçel Karışımı İlavesinin Yonca Silajlarının Nispi Yem değeri ve Aerobik Stabilitesi Üzerine Etkisi Effect of Addition of Waste Jam Mixture on Relative Feed Value and Aerobic Stability of Alfalfa Silages	303-314
Tünay KARAN <i>Thymus praecox</i> subsp. <i>grossheimii</i>'nin Fenolik Bileşikleri ve Sağlığı Artırıcı Etkileri Phenolic Compounds and Health-Promoting Effects of <i>Thymus praecox</i> subsp. <i>grossheimii</i>	315-324
Ashhan SEZGİN, Murat SARIALIOĞLU A New Soft Set Operation: Complementary Soft Binary Piecewise Theta (Θ) Operation Yeni Bir Esnek Küme İşlemi: Tümleyenli Esnek İkili Parçalı Theta (Θ) İşlemi	325-357
Rabia ACEMİOĞLU Beslenme Dersi Alan Önlisans Öğrencilerinin Sağlıklı Beslenme Tutumlarının İncelenmesi: Iğdır Üniversitesi Örneği Investigation of Healthy Nutrition Attitudes of Associate Degree Students Taking Nutrition Course: The Case of Iğdır University	358-373
Benian Pınar AKTEPE, Yeşim AYSAN Türkiye’de Yetiştirilen Kültür Mantarlarından (<i>Agaricus bisporus</i>) Yumuşak Çürüklük Hastalığı Etmeninin İzolasyonu ve Tanısı Isolation and Identification of Soft Rot Disease Agent from Cultivated Mushrooms (<i>Agaricus bisporus</i>) in Turkey	374-385
Hande Işıl AKBAĞ, Cahit AKGÜL, Cengiz ATAŞOĞLU Antibacterial Activity of Some Shrub Leaves Consumed by Goats Keçilerin Tükettiği Bazı Çalı Yapraklarının Antibakteriyel Aktivitesi	386-397
Goncagül AKSARAY Silan Bileşiklerinin Metallerin Korozyon Davranışına Etkisinin Teorik Olarak İncelenmesi Theoretical Investigation of the Effect of Silane Compounds on the Corrosion Behavior of Metals	398-410
Veysel KARACA, Kadir KILINÇ İlköğretim Öğrencilerine Uygulamalı Bilimlerde İlgi ve Beceriler Kazandırılması için Yaklaşımlar The Approaches to Acquire Interest and Skills in Applied Sciences to Primary School Students	411-423
Mehmet Erman MERT, Mehmet Can MERT, Dileknur ALTAN, Türker EMİLİ, Serdar KILIÇASLAN, Başak DOĞRU MERT DFT Study: Investigation of TATB Derivatives as a Candidate of Energetic Materials DFT Çalışması: Enerjik Malzeme Adayı Olarak TATB Türevlerinin İncelenmesi	424-437
Kadriye KURŞUN, İslim Polat AÇIK, Ayşen BULANCAK, Nurten YILMAZ, Mikail BAYLAN Farklı Yetiştirme Sisteminin Akbay Yerli Yumurtacı Hibritten Elde Edilen Yumurta ve Dışkıdaki Mikrobiyolojik Yüke Etkisi Effect of Different Rearing System on Microbiological Load in Eggs and Feces of Akbay Native Laying Hybrid Chickens	438-453
Bahar ARSAN AYSAL, Hamit MİRİTAGİOĞLU, Sıddık KESKİN, Yıldırım DEMİR Kantil Regresyon Analizi Üzerine Bir Uygulama An Application On Quantile Regression Analysis	454-478

DERLEMELER	
Sibel ALAPALA DEMİRHAN, Tayfur ÜNAL Ege Bölgesinde At Yetiştiriciliğinin Genel Durumu ve Uşak İlinde Atlı Cirit Sporunu General Situation of Horse Breeding in the Aegean Region and Equestrian Javelin Sport in Uşak Province	479-489
Gülennur ŞANLI, Gizem Cengiz GÖKÇE Peyzaj ve Müziğin Etkileşimi: Müzik Bahçeleri The Interaction of Landscape and Music: Music Gardens	490-504
Mehmet Ali ARSLANOĞLU, Nurdan COŞKUN ÇETİN, Cengiz YILDIZ Spermanın İşlenmesinde Kullanılan Kriyoprotektif Maddeler ve Kriyoprezervasyon Metotları Cryoprotectant Substances Used in Sperm Processing and Cryopreservation Methods	505-520
Şükran YILDIZ, Ayşegül YAVUZ, Dilek TEKDAL Doğa ile Teknoloji Arasındaki Mükemmel Uyum: Biyosentez Yolu ile Nanopartikül Üretimi Perfect Harmony Between Nature and Technology: Nanoparticle Production via Biosynthesis	521-540

Atık Reçel Karışımı İlavesinin Yonca Silajlarının Nispi Yem değeri ve Aerobik Stabilitesi Üzerine Etkisi

Damla YAYLA¹, Sibel SOYCAN ÖNENÇ^{2*}

^{1,2}Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Tekirdağ

¹<https://orcid.org/0000-0003-1513-7256>

²<https://orcid.org/0000-0001-9452-4435>

*Sorumlu yazarssonenc@nku.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 24.06.2023

Kabul tarihi: 17.01.2024

Online Yayınlanma: 10.06.2024

Anahtar Kelimeler

Yonca silajı

Atık reçel

Nispi yem değeri

Aerobik stabilite

Sindirilebilir kuru madde

ÖZ

Bu araştırma, yonca silajlarına atık reçel karışımı ilavesinin nispi yem değeri (NYD) ve aerobik stabilite üzerine etkilerini belirlemek amacıyla planlanmıştır. Deneme grupları: Sıvı kısım RI:50mg/20ml saf su, RII:100mg/20ml saf su/kg, parçacık kısmı RPI:30 mg/30ml saf su ve RPII:60 mg/30ml saf su/kg olacak şekilde oluşturulmuştur. Kontrol grubuna 20ml/kg yaş yonca düzeyinde saf su ilave edilmiştir. Çiçeklenme başlangıcında hasat edilen ve soldurulan yoncaya reçel ilave edilerek fermantasyona bırakılmıştır. Silajlar açıldıktan sonra (60.gün) laboratuvarında 7 günlük aerobik stabilite testi uygulanmıştır. Reçel ve reçel parçacıkları ilavesi, silajların sindirilebilir kuru madde (SKM) içeriğini kontrol grubuna göre önemli düzeyde yükseltmiştir ($P<0.01$). Kontrol, reçel ve reçel parçacık gruplarında SKM içerikleri sırasıyla %67,65; %69,98; %68,74; %68,95 ve %69,53 olarak bulunmuştur. Ayrıca, reçel gruplarında kuru madde tüketim (KMT) miktarı ve NYD'de artmıştır. Yonca silajlarına reçel ve reçel parçacık ilave edilmesi aerobik dönemde karbondioksit (CO_2) üretimini arttırmıştır ($P<0.01$). Bu dönemde silajlarda maya sayıları hızla artmış ($P<0.01$), küf ise RPII grubunda belirlenmiştir. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde; 50 mg/kg sıvı reçel ya da 50 mg/kg reçel parçacıkları ilave edilen yonca silajlarının aerobik dönemde 7 gün süreyle stabil kalabildiğini, SKM'den hesaplanan metabolik enerji (ME_{SKM}) ve NYD'nin olumlu yönde etkilendiği sonucuna varılmıştır.

Effect of Addition of Waste Jam Mixture on Relative Feed Value and Aerobic Stability of Alfalfa Silages

Research Article

Article History:

Received: 24.06.2023

Accepted: 17.01.2024

Available online: 10.06.2024

Keywords:

Alfalfa silage

Waste jam

Relative feed value

Aerobic stability

Digestible dry matter

ABSTRACT

This research was planned to determine the effects of adding waste jam mixture to alfalfa silages on relative feed value (RFV) and aerobic stability. Experimental groups: Liquid fraction RI: 50 mg/20mL pure water, RII: 100 mg/20mL pure water / kg alfalfa, solid fraction RPI: 30mg / 30mL pure water and RPII: 60 mg/30mL pure water/kg alfalfa. To the control group was added 20mL / kg alfalfa pure water. The alfalfa, which was harvested at the beginning of flowering and withered, was left for fermentation by adding jam. After the silages were opened (60 days), a 7-day aerobic stability test was performed in the laboratory. The addition of jam and jam particles significantly increased the digestible dry matter content (DDM) of the silages compared to the control group ($P<0.01$). DDM contents in control, jam and jam particle groups were 67,65%; 69,98%; 68,74%; 68,95% and 69,53% respectively. In addition, dry matter consumption (DMI) amount and relative feed value (RFV) increased in jam groups. Adding jam and jam particles to alfalfa silages increased carbon dioxide (CO_2) production in the aerobic period ($P<0.01$). During this period,

yeast counts increased rapidly ($P<0.01$) in silages, while mold was detected in the RPII group. When the data obtained are evaluated; It was concluded that alfalfa silages with 50 mg/kg liquid jam or 50 mg/kg jam particles added can remain stable for 7 days in the aerobic period, and metabolic energy calculated from DDM (ME_{DDM}) and RFV are positively affected.

To Cite: Yayla D, Soycan Öneç S., 2024. Atık reçel karışımı ilavesinin yonca silajlarının nispi yem değeri ve aerobik stabilitesi üzerine etkisi. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(2): 303-314.

Giriş

Yonca, fiğ, üçgül gibi baklagil yem bitkilerinin protein içeriği yüksek ancak suda çözülebilir karbonhidrat (SÇK) içeriği düşüktür. Kaliteli silajlar elde edilebilmek için mutlaka katkı maddesi kullanılması gerekir. Baklagillerin, erken dönemde biçilen buğdaygil ve çayır otlarının silolanması sırasında, genellikle melas ve arpa kırması katılması yaygın bir uygulamadır (Filya, 2005). Şeker fabrikalarının yan ürünü olarak ortaya çıkan melas, çok uzun yıllardır hayvan beslemede silaj katkı maddesi olarak, yaş ve kuru şeker pancarı posasına ya da yemlere karıştırılarak kullanılmaktadır (Bostan, 2016). Türkiye’de 2017, 2018 ve 2019 yıllarında, sırasıyla 857.768, 750.103 ve 725.627 ton melas üretimi gerçekleşmiştir (TSR, 2020). Ülkemizde 33 adet pancar şekeri fabrikası bulunmaktadır. Özelleştirme İdaresi Başkanlığı’na bağlı Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş.’ye ait 25 fabrikadan 10 tanesi, 2018 yılında yapılan özelleştirme ihaleleri ile özel sektöre devredilmiştir (Anonim, 2020). Özelleştirme ile birlikte pancar üretim ve işlenmesinde azalma olması, buna paralel melas üretiminde de düşme ortaya çıkması beklenen bir durumdur (Anonim, 2020).

Melasın üretimindeki düşme (Anonim, 2020), gelecekte silaj yapımında karbonhidrat kaynağı bulma sorununu gündeme getirecektir. Bu nedenle baklagil silajları başta olmak üzere, SÇK içeriği yüksek melasa alternatiflerin araştırılması gerekmektedir. Bu alternatiflerden biri de kahvaltılı salonlarında tüketim fazlası olarak çöpe atılan reçel karışımlarıdır. Reçel, meyve ve sebzelerin şekerle dayanıklı hale getirilmesiyle elde edilmiş bir üründür. Yapısında yaklaşık %70 şeker içeren bir ürünün bozulması oldukça zordur (Tosun, 1991). Baklagil silajlarında, reçel karışımlarının alternatif şeker kaynağı olarak kullanılabilmesi düşünülmüştür. Ancak, SÇK içeriği yüksek olan reçel karışımlarını içeren silajların, açılarak hayvanlara verildiği dönemde stabil kalabilmesi önemli bir konudur.

Silajların açılıp oksijen (O_2) ile temas ettikten sonra bozulmasına kadar geçen süre, aerobik stabilite olarak adlandırılır (McDonald ve ark., 1991). Aerobik stabiliteye etki eden faktörler arasında kuru madde (KM), pH, fermantasyon sonunda kalan SÇK’nın miktarı, silolan bitkinin tipi, sıcaklık ve maya içeriği yer almaktadır (Atalay, 2015). Hava ile temasından sonra silajda, maya ve mantar sayıları hızla yükselmektedir. Bu durum silaj pH’sını ve ortam sıcaklığını yükselterek silajın kalitesini düşürür (McDonald ve ark., 1991). Buğdaygil

silajlarının baklagil silajlarına göre aerobik bozulmaya eğiliminin yüksek olduğu bilinmektedir. Bu nedenle SÇK içerikleri yüksek olan silajlarda görülen KM kayıplarının, SÇK içerikleri düşük olan silajlara göre daha fazla olduğu bildirilmektedir (Kurtoğlu, 2011).

Bu bilgilerin ışığında planlanan araştırmanın amacı, atık reçel karışımı ilavesinin yonca silajlarının nispi yem değeri ve aerobik stabilitesi üzerine etkilerini ortaya koymaktır.

Materyal ve Metot

Materyal

Araştırma materyalini, ekim ayının son haftasında çiçeklenme başlangıcında hasat edilen (5.biçim) yonca ve atık reçel oluşturmuştur. Tekirdağ'da bir kahvaltı salonunda eylül ayı içerisinde servis edilen ve tüketilmeden çöpe atılmak üzere ayrılan atık reçel katkı maddesi olarak kullanılmıştır.

Metot

Aerobik stabilitenin belirlenmesinde kullanılan yöntemler

Araştırmada kullanılan reçele ilişkin ayrıntılar Yayla ve Soycan Önenç (2021)'de verilmiştir. Öncelikle atık reçel karışımı, bir süzgeç yardımıyla sıvı ve katı olarak iki kısma ayrılmıştır. Sıvı ve katı olarak ayrılan reçellere saf su ilave edilmiş, sıvı kısım karıştırıcıyla, katı kısım ise bir parçalayıcıyla homojen duruma getirilmiştir. Kontrol grubuna, reçel içermeyen 20ml saf su ilavesi yapılmıştır. Sıvı kısım; Reçel-I silajı (R_I), 50 mg sıvı reçel+20 ml saf su /kg yonca; Reçel-II silajı (R_{II}), 100 mg sıvı reçel+20 ml saf su /kg yonca olacak şekilde ilave edilmiştir. Katı kısım ise; Reçel Parçacık-I silajı (RP_I), 30 mg reçel parçacıkları +30 ml saf su /kg yonca; Reçel Parçacık-II silajı (RP_{II}), 60 mg reçel parçacıkları +60 ml saf su /kg yonca olacak şekilde hazırlanmıştır (Yayla ve Soycan Önenç, 2021).

Silolama dönemi (60. gün) sonunda açılan silajlara, Ashbell ve ark. (1991) tarafından geliştirilen yöntemle göre 7 günlük aerobik stabilite testi uygulanmıştır. Aerobik stabilitenin 3., 5. ve 7. günündeki silaj örneklerinin pH değerleri ölçülmüş, karbondioksit (CO₂) üretimleri saptanmış ve mikrobiyolojik sayımlar gerçekleştirilmiştir. Laktik asit bakterisi (LAB), maya ve küf analizleri Seale ve ark. (1990) tarafından geliştirilen yöntemle belirlenmiştir. Örneklerde saptanan LAB, maya ve küf sayıları "colony forming unit" (cfu/g) değerleri, 10 tabanına göre logaritmaları alındıktan sonra istatistik analizleri yapılmıştır.

Enerji hesaplanmasında kullanılan eşitlikler

Kurutulmuş ve öğütülmüş silajların hücre duvarı bileşenlerini oluşturan nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF), asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve asit deterjanda çözünmeyen lignin (ADL) içerikleri ise Van Soest ve ark. (1991) tarafından bildirilen yöntemlere göre yapılmıştır. Hemiselüloz ve selüloz hesap yolu ile bulunmuştur (Close ve Menke, 1986). Yayla ve Soyca Önenç (2021)'in hücre duvarı bileşenlerinden yararlanılarak silajların NYD'si Van Dyke ve Anderson (2000) tarafından bildirilen eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır. Bu amaçla, önce SKM ve KMT değerleri belirlenmiştir.

$$\% \text{SKM} = 88,9 - (0,779 \times \% \text{ADF}), \quad \% \text{KMT} = 120 / \% \text{NDF},$$

$$\text{NYD} = \% \text{SKM} \times \% \text{KMT} \times 0,775.$$

Hücre duvarı bileşenlerinden ve NYD'den elde edilen sonuçlara göre aşağıdaki eşitlikler kullanılarak *in vitro* metabolik enerji (ME) içerikleri hesaplanmıştır.

$$1- \text{ME}_{\text{NDF}}, \text{ME, kcal/kg KM} = 3381,9 - 19,98 \times \text{NDF}^* \text{ (Kirchgesner ve ark. 1977)}$$

$$2- \text{ME}_{\text{ADF}}, \text{ME, MJ/kg KM} = 14,70 - 0,150 \times \text{ADF}^* \text{ (Kirchgesner ve Kellner 1981)}$$

$$3- \text{ME}_{\text{ADL}}, \text{ME, kcal/kg KM} = 2764,4 - 102,73 \times \text{ADL}^* \text{ (Kirchgesner ve ark. 1977)}$$

$$4- \text{ME}_{\text{SKM}}, \text{MJ/kg KM} = (0,17 \times \% \text{SKM}) - 2,0 \text{ (Belyea ve ark., 1993)}$$

(* NDF, ADF ve ADL değerleri % olarak alınmıştır, **Kcal'e çevrilmiştir).

İstatistik analizler

Araştırma sonunda elde edilen veriler SPSS v18 paket programında varyans analizi yapılarak değerlendirilmiştir. Grup ortalamalarının karşılaştırılmasında Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (Soysal, 1998).

Bulgular

Yapılan muamele NDF ve ADF içeriklerinin düşmesine neden olmuştur (Tablo 1). Kontrol grubunun NDF (% 39,64) ve ADF'si (% 27,27) en yüksek bulunurken, en düşük NDF R_{II} grubunda (%35,11), en düşük ADF ise R_I grubunda (%24,29) bulunmuştur (Yayla ve Soyca Önenç,2021).

Tablo 1.Yonca ve silajların hücre duvarı bileşenleri,% KM

Grup	NDF	ADF	ADL
BM	41,92	27,34	10,41
Kontrol	39,64 ± 0,58 ^a	27,27 ± 0,46 ^a	7,36 ± 0,12 ^b
R _I	36,12 ± 0,12 ^d	24,29 ± 0,17 ^d	9,02 ± 0,09 ^a
R _{II}	35,11 ± 0,15 ^e	25,88 ± 0,06 ^b	8,98 ± 0,15 ^a
RP _I	38,35 ± 0,15 ^b	25,61 ± 0,19 ^b	6,77 ± 0,07 ^c
RP _{II}	36,84 ± 0,07 ^c	24,86 ± 0,28 ^c	7,56 ± 0,16 ^b
P	<0.001	<0.001	<0.001

(Yayla ve Soycan Önenç,2021).

BM:Başlangıç materyali, Kontrol:20 ml saf su, R_I:50 mg sıvı reçel+20 ml saf su /kg yonca; R_{II}:100 mg sıvı reçel+20 ml saf su/kg yonca, RP_I:30 mg reçel parçacıkları +30 ml saf su /kg yonca, RP_{II}:60 mg reçel parçacıkları +60 ml saf su /kg yonca. NDF:Nötr çözücülerde çözünmeyen lif, ADF:Asit çözücülerde çözünmeyen lif, ADL:Asit çözücülerde çözünmeyen lif, ^{a-d}: Aynı sütunda bulunan farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.01).

Yonca silajlarının SKM, KMT ve NYD içerikleri Tablo 2’de verilmiştir. SKM içerikleri en düşük kontrol grubunda %67,65, en yüksek RI grubunda %69,98 olarak bulunmuştur (P<0.01).Yoncaya reçel ve reçel parçacık ilavesi, SKM içeriğini kontrol grubuna göre önemli düzeyde arttırmıştır (P<0.01). KMT ise kontrol, R_I, R_{II}, RP_I ve RP_{II} gruplarında sırasıyla %3,03; %3,32; %3,42; %3,13 ve %3,26 olarak bulunmuştur. SKM ve KMT değerlerinden yararlanılarak hesaplanan NYD, kontrol, R_I, R_{II}, RP_I ve RP_{II} gruplarında sırasıyla 158,71;180.15;182,07; 167,20 ve 175,52 olarak bulunmuştur.

Tablo 2.Yonca silajlarının SKM, KMT ve NYD içerikleri

Grup	SKM (%)	KMT (%)	NYD
BM	67,60	2,86	149,98
Kontrol	67,65 ± 0,04 ^d	3,03 ± 0,00 ^e	158,71 ± 0,17 ^d
R _I	69,98 ± 0,13 ^a	3,32 ± 0,01 ^b	180,15 ± 0,31 ^a
R _{II}	68,74 ± 0,05 ^c	3,42 ± 0,01 ^a	182,07 ± 0,65 ^a
RP _I	68,95 ± 0,15 ^c	3,13 ± 0,01 ^d	167,20 ± 0,98 ^c
RP _{II}	69,53 ± 0,02 ^b	3,26 ± 0,01 ^c	175,52 ± 0,28 ^b
P	<0.001	<0.001	<0.001

BM: Başlangıç materyali, Kontrol:20 ml saf su, R_I:50 mg sıvı reçel+20 ml saf su /kg yonca; R_{II}:100 mg sıvı reçel+20 ml saf su/kg yonca, RP_I:30 mg reçel parçacıkları +30 ml saf su /kg yonca, RP_{II}:60 mg reçel parçacıkları +60 ml saf su /kg yonca. SKM: sindirilebilir kuru madde; KMT: kuru madde tüketimi, NYD: nispi yem değeri, ^{a-d}: Aynı sütunda bulunan farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.01).

Tablo 3’de, hücre duvarı bileşenlerinden yararlanılarak hesaplanan ME içerikleri verilmiştir. Yonca silajlarının SKM içeriklerinden yararlanılarak hesaplanan ME_{SKM} değeri ile ADF temeline dayalı ME_{ADF} içeriklerinin en yüksek R_I’de (ME_{SKM}:2365, ME_{ADF}:2642 kcal/kg KM) olduğu bulunmuştur (P<0.01). ADL’yi temel alan ME eşitliğinde ise ADL miktarı en düşük olan RPI grubunda, en yüksek ME_{ADL} (2068,61 kcal/ kgKM) belirlenirken (P<0.01) onu kontrol grubunun ME_{ADL} içeriği takip etmiştir (P<0.01).

Tablo 3.Yonca silajlarının SKM ve hücre duvarı içeriklerinden hesaplanan ME içerikleri,kcal/ kgKM

Grup	ME _{SKM}	ME _{NDF}	ME _{ADF}	ME _{ADL}
Kontrol	2270,81±1,47 ^d	2589,81±1,17 ^e	2535,58±1,67 ^d	2008,76±12,79 ^b
R _I	2365,20±5,32 ^a	2660,12±2,34 ^b	2642,49±6,02 ^a	1837,57±8,93 ^c
R _{II}	2314,85±1,90 ^c	2680,38±2,95 ^a	2585,46±2,16 ^c	1842,13±15,51 ^c
RP _I	2323,54±6,05 ^c	2615,60±2,95 ^d	2595,30±6,85 ^c	2068,61±6,74 ^a
RP _{II}	2347,26±0,88 ^b	2645,78±1,36 ^c	2622,17±1,00 ^b	1988,10±15,98 ^b
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

Kontrol:20 ml saf su, R_I:50 mg sıvı reçel+20 ml saf su /kg yonca; R_{II}:100 mg sıvı reçel+20 ml saf su/kg yonca, RP_I:30 mg reçel parçacıkları +30 ml saf su /kg yonca, RP_{II}:60 mg reçel parçacıkları +60 ml saf su /kg yonca. ^{a-d}: Aynı sütunda bulunan farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.01).

Yonca silajlarına uygulanan 7 günlük aerobik stabilite test sonuçları Tablo 4’de verilmiştir. Aerobik stabilitenin 3., 5. ve 7. günlerinde KM içerikleri kontrol, reçel ve reçel parçacıklı gruplarda sırasıyla % 27,90; 27,57; 26,79, R_I % 28,99; 27,15; 26,69, R_{II} %30,44; 28,10; %26,70, RP_I 27,74; 27,61; 27,35 ve RP_{II}% 29,35; 26,32; 26,02 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.Yonca silajlarının aerobik stabilite test sonuçları

Grup	KM,%	pH	CO ₂ ,g/kg KM	LAB, log ₁₀ cfu/g	Maya, log ₁₀ cfu/g	Küf, log ₁₀ cfu/g
3.gün	Kontrol	27,90 ± 0,06 ^d	5,18 ± 0,01 ^a	5,87 ± 0,01 ^b	6,44 ± 0,08 ^d	B
	R _I	28,99 ± 0,03 ^c	3,77 ± 0,03 ^d	1,82 ± 0,002 ^e	6,81 ± 0,01 ^c	B
	R _{II}	30,44 ± 0,06 ^a	3,66 ± 0,03 ^d	3,24 ± 0,01 ^d	7,62 ± 0,06 ^a	B
	RP _I	27,74 ± 0,07 ^d	4,19 ± 0,02 ^b	3,87 ± 0,01 ^c	6,97 ± 0,04 ^c	B
	RP _{II}	29,35 ± 0,08 ^d	4,06 ± 0,03 ^c	23,45 ± 0,06 ^a	7,32 ± 0,05 ^b	0,84 ± 0,04 ^a
	P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
5. gün	Kontrol	27,57 ± 0,05 ^b	5,15 ± 0,03 ^b	9,38 ± 0,02 ^c	7,07 ± 0,02 ^b	B
	R _I	27,15 ± 0,05 ^c	3,95 ± 0,07 ^d	5,32 ± 0,01 ^d	7,27 ± 0,08 ^b	B
	R _{II}	28,10 ± 0,07 ^a	3,70 ± 0,01 ^e	34,64 ± 0,09 ^b	6,43 ± 0,07 ^c	B
	RP _I	27,61 ± 0,05 ^b	4,25 ± 0,03 ^c	5,16 ± 0,01 ^d	7,05 ± 0,05 ^b	B
	RP _{II}	26,32 ± 0,06 ^d	6,15 ± 0,03 ^a	77,77 ± 0,17 ^a	7,80 ± 0,03 ^a	6,16 ± 0,09 ^a
	P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
7. gün	Kontrol	26,79 ± 0,06 ^b	5,87 ± 0,04 ^c	20,50 ± 0,05 ^e	7,58 ± 0,03 ^b	B
	R _I	26,69 ± 0,04 ^b	4,20 ± 0,06 ^d	27,17 ± 0,04 ^c	7,58 ± 0,04 ^b	B
	R _{II}	26,70 ± 0,06 ^b	7,05 ± 0,03 ^a	42,19 ± 0,09 ^b	6,55 ± 0,04 ^c	B
	RP _I	27,35 ± 0,05 ^a	4,16 ± 0,03 ^d	13,64 ± 0,02 ^d	7,66 ± 0,03 ^b	B
	RP _{II}	26,02 ± 0,05 ^c	6,60 ± 0,06 ^b	91,25 ± 0,18 ^a	7,94 ± 0,05 ^a	7,01 ± 0,02 ^a
	P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

B:Belirlenemedi, Kontrol:20 ml saf su, R_I:50 mg sıvı reçel+20 ml saf su /kg yonca; R_{II}:100 mg sıvı reçel+20 ml saf su/kg yonca, RP_I:30 mg reçel parçacıkları +30 ml saf su /kg yonca, RP_{II}:60 mg reçel parçacıkları +60 ml saf su /kg yonca. ^{a-d}: Aynı sütunda bulunan farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir (P<0.01).

Reçel ve reçel parçacık ilavesi aerobik dönemin 3. gününde pH değerini etkilemiş, kontrole göre önemli düzeyde düşük bulunmuştur (P<0.01). Ancak, 5.gün RP_{II}, 7. gün ise R_{II} ve RP_{II} gruplarında pH önemli oranda artmıştır (P<0.01). Yonca silajlarına reçel ve reçel parçacık ilave edilmesi CO₂ üretimini arttırmıştır (Çizelge 2). En düşük CO₂ miktarı 3. gün, R_I’de 1,82 g/kg KM, en yüksek RP_{II}’de 23,45 g/kg KM olarak belirlenmiştir. Beşinci gün ise en düşük RP_I (5,16 g/kg KM) ve RP_{II}’de (77,77 g/kg KM), 7. gün en düşük RP_I’de 13,64 g/kg KM ve en yüksek RP_{II}’de 91,25 g/kg KM olarak belirlenmiştir. Aerobik dönemin 3. gününde LAB sayılarında artma belirlenmiş (P<0.01), bu artış 5. ve 7. günlerde bir miktar düşmüştür. Bu dönemde silajda maya sayıları hızla artmış (P<0.01), küf ise RP_{II} grubunda belirlenmiştir.

Tartışma

Yonca silajlarının hücre çeperi fraksiyonları incelendiğinde, kontrole göre muamele gruplarının NDF ve ADF içeriklerinin düşük, ADL'nin ise yüksek olduğu bulunmuştur (Yayla ve Soycan Önenç,2021). Araştırmada ADL'de görülen dalgalanma, silaj fermentasyonunda görülen farklılıklardan (Kutlu ve Çelik, 2014) ve düşük pH'nın hücre duvarı bileşenlerine olan etkisinden (Kurtoğlu, 2011) kaynaklanmış olabilir. Ayrıca, silaja karbonhidrat kaynaklarının ilave edilmesi öncelikle LAB ve bazı anaerobik bakterilerin çoğalmasını teşvik etmiştir. Böylece hücre duvarı bileşenleri olan NDF, ADF ve hemiselülozun parçalanmasının artırıldığı (Bolsen ve ark., 1996) bilinmektedir. Hücre çeperi fraksiyonlarında belirlenen düşme SKM, KMT ve NYD'yi etkilemiştir. Nitekim, en yüksek SKM R_I ve RP_{II} gruplarında bulunmuştur. Bu durum, SKM değerinin belirlenmesinde ADF içeriğinden yararlanılması ve bu iki parametre arasında negatif bir korelasyon bulunması ile ilişkilidir. Benzer şekilde Malhatun Çotuk ve Soycan Önenç (2017), yonca silajına puding ilavesinin SKM'yi arttırdığını bildirmiştir. Başka bir çalışmada, yoncaya şeker pancarı melası, arpa ezmesi ve peynir altı suyu ilavesiyle elde edilen silajlarda, NDF ve ADF içeriklerinin düştüğü, SKM, KMT ve NYD'nin arttığı belirlenmiştir (Bostan, 2016). Yonca silajına reçel ve reçel parçacık ilavesi kontrol grubuna göre KMT'yi artırmıştır. Bu çalışmada, silajların NDF içerikleri muamelelerden etkilenecek düşmüş, dolayısıyla NDF içeriğinden yararlanılarak hesaplanan KMT düzeyi de Bostan (2016)'la benzer şekilde artmıştır. Reçel ve parçacıklarının, SÇK içerikleri yüksek olduğu için hücre duvarının gevşemesine neden olmuş, NDF ve ADF'nin miktarını düşürmüştür. Böylece yemin tüketilebilirliği ve sindirilebilirliği artmış, bu durum da NYD'de de artmaya yol açmıştır. Yürütülen çalışmada, reçel ve reçel parçacık ilavesinin yonca silajlarının NYD'sini Bostan (2016)'la benzer şekilde artırdığı bulunmuştur.

Yemlerin yapısında yer alan NDF, ADF ve ADL düzeylerinin artması sindirimi yavaşlatmaktadır. Bu durum hayvanın fiziksel olarak tokluk hissetmesine neden olarak, yem tüketimini sınırlandırmaktadır (Yavuz, 2005). Araştırmada saptanan SKM, KMT ve NYD değerleri; yoncaya üzüm posası ilave eden Canbolat ve ark. (2010) ile şeker pancarı melası, arpa ezmesi ve peynir altı suyu ilave eden Bostan (2016)'nın bulgularından yüksek, puding ilave eden Malhatun Çotuk ve Soycan Önenç (2017)'e yakın olduğu bulunmuştur. Yürütülen çalışmanın başlangıç materyelinin SKM, KMT, NYD'leri sırasıyla %67,60; %2,86 ve 149,98 olduğu belirlenmiştir. Başlangıç materyali ile karşılaştırıldığında, yoncanın silajının yapılması kuru ota göre avantajlı olduğu, özellikle de reçel ilave edilmesi NYD'yi önemli düzeyde arttırdığı ortaya konulmuştur. Yürütülen çalışmanın sonuçları nispi yem değeri indeksi kapsamında değerlendirildiğinde (Redfarn ve ark., 2012); bütün gruplarda 150'nin üzerinde

NYD belirlenmiş olması en iyi kalitede silajların elde edildiğini, başlangıç materyalinde NYD'nin 125-150 arasında belirlenmiş olması ise yoncanın silaj yapılmayıp kuru ot olarak değerlendirilmesi durumunda 1. kalite kuru ot elde edilmiş olacağının göstergesidir.

Hücre duvarı bileşenlerinden yararlanılarak hesaplanan ME_{SKM} , ME_{NDF} ve ME_{ADF} değerleri incelendiğinde, reçel ilave edilen gruplarda en yüksek enerji içeriği belirlenirken ME_{ADL} nin RP_I grubunda yüksek olması dikkat çekicidir. Reçel ilavesi ADL'yi etkilemezken reçel parçacıklarının ilavesi ADL'de düşmeye neden olmuş ve ME_{ADL} yüksek bulunmuştur. Yapılan başka bir çalışmada, yoncaya puding ilavesi NDF, ADF, ADL'de düşmeye neden olurken, bu değerlerden hesaplanan ME_{NDF} , ME_{ADF} ve ME_{ADL} 'yi arttırdığı bildirilmiştir (Malhatun Çotuk ve Soycan Önenç, 2017). Yoncaya SÇK kaynağı olarak reçel ya da parçacıklarının ilave edilerek silolanmasının, silajların enerji içeriğini olumlu yönde etkilemiştir.

Silaj fermantasyonunda, LAB en önemli mikroorganizmalar olup onların ürettiği LA silajı korumaktadır (McDonald ve ark., 1991). LAB sayılarındaki artma, silaj kalitesini iyileştirmenin temel noktasını oluşturmaktadır. Bu nedenle reçel gruplarında LAB'ın artışı, reçel ve reçel parçacık ilavesinin silaj kalitesini iyileştirmede etkili olduğunun göstergesi sayılır. Reçel gruplarında enterobacter ve küf belirlenemezken, özellikle RP_I ve RP_{II} ilaveli silajlarda en yüksek maya sayılarının belirlenmiş olması dikkat çekicidir.

Listeria ve *Enterobacteria* silajlardaki asitliğe karşı *Clostridia* sporlarından daha hassastır. Silaj yapımı sırasında, ortamın hızlı bir şekilde asitleşmesi *Listeria* ve *Enterobacteria* gelişimini fermantasyon başlangıcından itibaren baskı altına alınabilmesini sağlar (Filya, 2000). Reçel ve reçel parçacık ilavesi, silajın pH'sını düşürmüştür, buna bağlı olarak da enterobakter ve küf gelişimi engellenmiştir.

Silajların hayvanlara verilmek için açılmasıyla birlikte silajın hava ile teması, bütünlüğünün bozulması ve çevre sıcaklığının etkisiyle besin maddesi (kuru madde) kayıpları ortaya çıkar (Kurtoğlu, 2011). Aerobik dönemin 7. gününde KM miktarında bir azalma belirlenmiş, özellikle de RP_{II} grubundaki bu azalma istatistiki olarak önemli düzeylere ulaşmıştır. Kurtoğlu (2011) yonca silajlarında aerobik stabilitenin 4. gününde % 4 olan kuru madde kayıplarının, 21. günde %35,2'ye yükseldiğini bildirmiştir. RP_{II} grubunda KM düzeyinde oluşan gerileme, pH'daki yükselmeye bağlı olarak küf sayılarındaki artış ve CO_2 üretimindeki yükselme ile ilişkili olabilir.

Aerobik dönemin 3. günü R_{II} grubunda LAB sayılarının en yüksek olduğu belirlenirken, aynı grupta maya sayısının ise en düşük olduğu, 5 ve 7. günlerde ise maya sayıları artarken LAB sayıları düşmüştür. Bu durum mayaların ortamda bulunan SÇK'yı kullanmasıyla, LAB

gelişimi için gerekli besin maddelerinin sınırlanmış olmasıyla ilişkili olabilir. Aynı dönemlerde grupların pH'ları da hızla artış göstermiştir. Aerobik stabilitenin 7. gününde R_{II} grubunda maya sayılarının 5,8 log₁₀ cfu/g olarak belirlenmiş olması, bu grubun (5 log₁₀ cfu/g doğal halde) kritik düzeyi aşmış olmasından dolayı (Wilkinson ve Davies, 2013), bozulmuş olduğu düşünülmüştür. Laktik asitin aerobik koşullarda mayalar tarafından parçalanması, silaj pH'sının yükselmesine ve diğer mikroorganizmaların gelişmesine uygun bir ortam hazırlar. Bundan sonra bozulma hızı en üst düzeye çıkmış olur. Aerobik bozulmanın başlamasından birinci derecede mayalar sorumludur (Pahlow ve ark., 2003).

Aerobik stabilitenin 3., 5. ve 7. gününde RP_{II} grubunda CO₂ üretimlerinin kontrol silajlarından daha yüksek olduğu, diğer gruplarda ise (3. ve 5 gün) RP_I hariç kontrole göre düşük olduğu bulunmuştur (P<0.01). Reçelin SÇK içeriğinin yüksek oluşu LA'yı arttırmış, ortam asidik olunca pH düşmüş ve buna bağlı olarak da CO₂ çıkışı daha az olmuştur. RP_{II} grubunda ise maya ve küf sayılarının yüksek oluşu CO₂ miktarının daha hızlı artmasına neden olmuştur. Mayalar silaj içerisinde önceden üretilmiş olan LA'yı ve fermente olabilir şekerleri metabolize edebilmektedir. Bu sırada silajlarda ısı artışı, CO₂ ve H₂O üretimi ortaya çıkar (İllek, 2006).

Sonuç ve Öneriler

Araştırmada, yoncaya atık reçel ilave edilmesi SKM, KMT ve NYD'yi arttırmıştır. Açıldıktan sonra ise 7. güne kadar pH'nın oransal olarak düşük olmasına karşın, maya ve küf sayılarının 3. günden sonra hızlı artışı, silajda bulunan yüksek SÇK içeriğinin mikroorganizmaların gelişimine kaynak oluşturmasından kaynaklanmıştır. Bu nedenle, silajlar aerobik dönemde stabil kalamamıştır. Ayrıca, araştırmada son biçim yonca kullanılmış olmasından dolayı aerobik dönem, aralık ayının son günleri ile ocak ayının ilk günleri arasında gerçekleşmiştir. Bu dönemde, laboratuvar koşullarında hava sıcaklığının düşük (1-7 °C) olması bozulmanın daha yavaş ortaya çıkmasını da sağlamış olabilir.

Yapılan çalışma, özellikle yağışların bol olduğu ve kurutmanın yapılamadığı ilkbaharda ya da sonbaharda, kahvaltı salonlarının yoğun olduğu bölgelerde, yoncaya 50 mg/kg reçelin sıvı kısmının ya da 50 mg/kg reçel parçacıklarının ilave edilebileceğini, aerobik dönemde silajların 7 gün süresince stabil kalabileceğini, ME_{SKM} ve NYD'nin olumlu yönde etkilendiğini ortaya koymuştur.

Teşekkür

Bu çalışma yüksek lisans tezinden alınmıştır. Analizlerin yapımında yardımlarından dolayı Ziraat Yüksek Mühendisi Merve İrez Şerbetçi'ye teşekkürler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

Ashbell G, Weinberg ZG, Azrieli A, HenandY, Horev BA., 1991. A Simple system study the aerobic deterioration of silages. Canadian Agricultural Engineering, 33: 391-393.

Anonim, 2020. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı şeker dairesi başkanlığı. Erişim tarihi: 04.12.2020.<https://www.tarimorman.gov.tr/SDB/Menu/96/Turkiye-Seker-Sektorune-İliskin-Sorular>.

Atalay Aİ., 2015. Yemlik keçiboynuzu kırığının çayır silajı yapımında kullanımı. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Kahramanmaraş.

Bolsen KK, Ashbell G, Weinberg ZG., 1996. Silage fermentation and silage additives. Asian-Australasian Journal of Animal Science, 9(5): 483-493.

Belyea RL, Steevens B., Garner G., Whittier JC, Sewell H., 1993. Using NDF and ADF to balance diet. University of Missouri Extension, G3161.

Bostan M., 2016. Değişik doğal katkı maddelerinin yonca silajının kalitesi üzerine etkileri. Ondokuz Mayıs Üniv. Fen Bil. Enst. YL tezi.

Canbolat Ö, Kalkan H, Karaman Ş, Filya İ., 2010. Üzüm posasının yonca silajlarında karbonhidrat kaynağı olarak kullanılma olanakları. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 16(2): 269-276.

Close W, Menke KH., 1986. Selected topics in animal nutrition university. p.170-185 Hohenheim.

Filya İ., 2000. Silaj kalitesinin artırılmasında yeni gelişmeler. International Animal Nutrition Congress 2000. S243-250.

Filya İ., 2005. Silaj yapımı teknolojisi ve kullanımı. Süt Hayvancılığı Eğitim Merkezi Yayınları. Hayvancılık Serisi: 2. Yetiştirici El Kitabı, 65, Bursa.

Illek J., 2006. Health risk posed by feeding low quality silage. 12. International Symposium on Forage Conservation. Brno, Czech Rep. April 3-5. p: 129-130.

Kirchgesner M, Kellner RJ., 1981. Estimation of the energetic feed value of green and forage feed through the cellulase method. *Landwirtschaftliche Forschung*, 34: 276-281.

Kirchgesner M, Kellner RJ, Roth FX, RanftK., 1977. For estimating the feed value using crude fiber and the cell wall fractions of the detergent analysis. *Landwirtschaftliche Forschung*, 30: 245-250.

Kurtoğlu V., 2011. Silaj ve silaj katkıları. Aybil yayınevi, Konya.

Kutlu HR, Çelik L., 2014. Yemler bilgisi ve yem teknolojisi. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi genel yayın no:266, Adana.

Malhatun Çotuk G, Soycan Önenç S., 2017. Yonca silajına kepek ve puding ilavesinin silaj fermantasyonu, aerobik stabilite ve in vitro sindirilebilirlik üzerine etkileri. *Hayvansal Üretim*, 58(1): 13-19.

McDonald P, Henderson N, Heron S., 1991. *The biochemistry of silage*. 2nd ed. Chalcombe publications, Marlow, Bucks, UK, 340 pp.

Pahlow G, Muck RE, Driehuis F, Oude Elferink SJWH, Spoelstra SF.,2003. *Microbiology of ensiling*.In:Silage Science and Technology, Agronomy Monograph no. 42.<https://www.researchgate.net/publication/40102617>.

Redfearn D, Zhang H, Caddel J., 2012. Forage quality interpretations. Oklahoma Cooperative, Extension Service PSS-2117, http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-2557/PSS-2117_web.pdf (Erişim Tarihi: 6 Kasım 2012).

Seale DR, Pahlow G, Spoelstra SF, Lindgren S, Dellaglio F, Lowe JF., 1990. Methods for the microbiological analysis of silage. *Proceeding of the Eurobac Conference*,147. Uppsala.

Soysal Mİ.,1998. *Biyometrinin prensipleri (İstatistik I ve II ders notları)*. Trakya Üniversitesi,Tekirdağ Ziraat Fakültesi, yayın no:95, ders kitabı no:64, Tekirdağ, 331 s.

SPSS, 2009. *PASW Statistics for Windows, Version 18.0*. Chicago, SPSS Inc.

Tosun İ., 1991. Standardı olan bazı reçel çeşitlerinin bileşimi üzerine araştırmalar. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Samsun.

TSR., 2020. *Türkşeker 2019 Yılı Sektör Raporu*, Mayıs 2020.

Van Dyke NJ, Anderson PM., 2000. *Interpreting a forage analysis*. Alabama Cooperative Extension. Circular ANR-890.

Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA., 1991. Method for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.

Wilkinson JM, Davies DR., 2013. The aerobic stability of silage: Key findings and recent developments. *Grass and Forage Science*, 68: 1-19.

Yayla D, Soycan Önenç S., 2021. The effects of waste jam mixture on silage fermentation, and *in vitro* digestibility of alfalfa silages. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(2): 301-307.

Yavuz M., 2005. Bazı ruminant yemlerinin nispi yem değeri ve *in vitro* sindirim değerlerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1): 97-101.

Thymus praecox subsp. *grossheimii*'nin Fenolik Bileşikleri ve Sağlığı Artırıcı Etkileri

Tunay KARAN^{1*}

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Genetik Bölümü, 66900, Yozgat

¹<https://orcid.org/0000-0002-9114-8400>

*Sorumlu yazar: tunay.karan@bozok.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi:

Geliş tarihi: 09.06.2023

Kabul tarihi: 19.11.2023

Online Yayınlanma: 10.06.2024

Anahtar Kelimeler

Thymus praecox subsp. *grossheimii*

Tıbbi bitki

HPLC-DAD

Doğal ürün

Fenolik

ÖZ

Lamiaceae familyasına ait *Thymus* cinsi mide, ateş, grip gibi çeşitli hastalıkların tedavisinde yıllardır geleneksel tıpta kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı *Thymus praecox* subsp. *grossheimii* ekstraktındaki fenolik içerik ve miktarını belirlemektir. *Thymus praecox* subsp. *grossheimii* (Ronninger) Tokat, Türkiye'den toplandı ve gölgede kurutuldu. Metanol ekstraktlarının kantitatif analizi diyot dizi algılamalı Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC-DAD) ile gerçekleştirildi. Kumarin ana bileşik (18,3 mg/g ekstrakt) olarak tespit edilmiştir. *Thymus praecox* subsp. *grossheimii*'nin metanol ekstraktında neohesperidin (7,10 mg/g ekstrakt), rutin (2,36 mg/g ekstrakt), resveratrol (2,24 mg/g ekstrakt) kateşin (1,20 mg/g ekstrakt), vanilik asit (0,27 mg/g ekstrakt), gallik asit (0,23 mg/g ekstrakt), kuersetin (0,21 mg/g ekstrakt), *t*-sinamik asit (0,16 mg/g ekstrakt), *o*-kumarik asit (0,11 mg/g ekstrakt) bulundu. Bu bitkinin tıbbi önemi belirlenen biyoaktif bileşiklerin içeriğinden kaynaklanıyor olabilir.

Phenolic Compounds and Health-Promoting Effects of *Thymus praecox* subsp. *grossheimii*

Research Article

Article History:

Received: 09.06.2023

Accepted: 19.11.2023

Available online: 10.06.2024

Keywords:

Thymus praecox subsp. *grossheimii*

Medicinal plant

HPLC-DAD

Natural product

Phenolic

ABSTRACT

Thymus genus belonging to the Lamiaceae family have been used in traditional medicine for years in the treatment of various illness such as stomach, fever, and flu. The purpose of this study is to assess the phenolic content and quantity in *Thymus praecox* subsp. *grossheimii* extract. *Thymus praecox* subsp. *grossheimii* (Ronninger) was collected from Tokat, Turkey and dried at shade. Quantitative analysis of the methanol extracts was executed by High-performance liquid chromatography with diode-array detection (HPLC-DAD). The results showed, coumarin was found as a major compound (18.3 mg/g extract). Neohesperidin (7.10 mg/g extract), rutin (2.36 mg/g extract), resveratrol (2.24 mg/g extract), catechin (1.20 mg/g extract), vanillic acid (0.27 mg/g extract), gallic acid (0.23 mg/g extract), quercetin (0.21 mg/g extract), *t*-cinnamic acid (0.16 mg/g extract), *o*-coumaric acid (0.11 mg/g extract) were found in methanol extract of *Thymus praecox* subsp. *grossheimii*. The medicinal importance of this plant may be due to the determined bioactive compound contents.

To Cite: Karan T., 2024. Phenolic compounds and health-promoting effects of *Thymus praecox* subsp. *grossheimii*. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(2): 315-324.

Introduction

Most of the products used as medicine since ancient times are obtained from herbal sources. Some of the natural compounds are molecules synthesized by plants as secondary metabolism products and play a protective role against microorganisms, insecticides, herbicides and free radicals (Bourgaud et al., 2001; Pagare et al., 2015). Herbal secondary metabolites are frequently used in the fields of medicine, chemistry, food, cosmetics and agriculture. Plants are literally living organic chemistry factories, and the discipline of phytochemistry has become popular thanks to the multi-purpose compounds they produce (Kennedy and Wightman, 2011; Jain et al., 2019).

Plants have the ability to synthesize a large number of aromatic and aliphatic substances, most of which are phenolic compounds or substituted with oxygen. Phenolic compounds are the main components of plants and they are aromatic compounds containing hydroxyl groups (-OH) directly attached to the six-membered aromatic ring (benzene) and giving properties such as colour, smell and taste (Friedman and Jurgens, 2015). Phenolic compounds as food components are important for human health because they show antimicrobial and antioxidative effects and cause enzyme inhibition (Silva et al., 2018). The common feature of phenolic acids, a subclass of phenolic compounds, is that they contain a phenol group with a carboxylic acid function. Phenolic acids, commonly found in the plant crown, also have antioxidant properties (Kiokias et al., 2020). Flavonoids are secondary metabolites that are common in almost every plant species from the highest plants to simple fungi and exhibit important biological activities. The diversity of their structures results from substitution patterns such as hydroxylation, methoxylation or glycosylation (Wang et al., 2020). In recent years, flavonoids have been used in the fields including medicine, agriculture, food, textile, leather, metallurgy due to their antioxidant properties and their ability to dye materials. In addition, some flavonoids are preferred as additives in the cosmetic industry as they are protective against UV rays (Julkunen-Tiitto et al., 2015; Roy et al., 2022).

High performance liquid chromatography (HPLC), a popular chromatographic separation technique, is based on the idea that analytes soluble in the liquid phase depart the column at different periods depending on their interests in the column material. HPLC is a suitable technique for the separation of compounds that are not suitable for other chromatographic techniques and is widely used in medicine, pharmacology, biotechnology, biochemistry analysis (Zohra et al., 2019; Manousi and Samanidou, 2020). Phenolic compounds such as rutin, hesperidin, ferulic acid and p-coumaric acid were detected in HPLC analysis of *Lamium purpureum* methanol extract (Yalcin et al., 2007). The phytochemical compounds of *Asparagus*

officinalis are caffeic acid, quercetin, apigenin, ferulic acid and campherol (Zhang et al., 2019). Rutine, fisetin, quercetin, myricetin, kaemferol, galangin, isorhamnetin are important flavonols in onions, leeks, broccoli and blueberries (Kopustinskiene et al., 2020).

Thyme (*Thymus* spp.), which is one of the plants of the Lamiaceae family, and its extracts are used in traditional medicine, in the treatment of colds, bronchitis and whooping cough, as a mouthwash against tonsillitis and laryngitis (Fecka and Turek, 2008). *Thymus* spp. essential oils (EOs) can also be used as wound healing ointment and syrup for the treatment of respiratory ailments. Thymol and carvacrol are the most notable phenolic terpenes in terms of both value and amount (Ceylan and Ugur, 2015). Thyme extracts with biological and pharmacological activities contain rich compounds including flavonoids and polyphenols. Luteonine, apigenin, scutellarein, quercetin, camferol, caffeic acid and rosmarinic acid are metabolites found in many thyme (Bubenchikova et al., 2014; Maher et al., 2015; Dalai et al., 2022).

The aim of this study is to elucidate the phenolic components in the extract of *Thymus praecox* subsp. *grossheimii* by HPLC-DAD.

Material and Methods

Thymus praecox subsp. *grossheimii* was collected in Tokat, July 2023 and dried at shade. Dr. Ozgur Eminagaoglu performed the botanical identification, and the specimen was deposited in the Herbarium. (ART 5361). The plant leaves (50 g) were extracted with methanol (250 mL x 3). The mixture was filtered with Whatman filter paper. Then, the solvent was removed by a rotary evaporator to yield the crude extract (Karan, 2018). HPLC-DAD chromatography (Agilent 1260 infinite) was used to separate the bioactive substances for the quantitative analysis, with an ACE Generix, 4.6 mm x 250 mm, 5 μ m column. For compound detection, a Diode-Array Detection (DAD) detector was utilized, with the injection volume of 10 μ L and the flow rate was set to 0.8 mL/min. The gradient system was modified to contain A: 0.1% phosphoric acid in water and B: acetonitrile. The gradient program was modified as follows: 0 minute, 80% A; 0-5 min, 75% A; 6-10 min, 65% A; 11-20 min, 60% A; 21-30 min, 55% A; 31-35 min, 50% A; 36-45 min, 45% A; 46-50 min (Erenler et al., 2022).

Results and Discussion

In this study, quantitative analysis of phenolic acids and flavonoids was performed by HPLC-DAD. Coumarin (18.3 mg/g extract) and neohesperidin (7.10 mg/g extract) were found as major compounds. The other compounds were determined as rutin (2.36 mg/g extract), resveratrol (2.24 mg/g extract), catechin (1.20 mg/g extract), vanillic acid (0.27 mg/g extract),

gallic acid (0.23 mg/g extract), quercetin (0.21 mg/g extract), *t*-cinnamic acid (0.16 mg/g extract) and *o*-coumaric acid (0.11 mg/g extract), respectively (Table 1).

Table 1. Quantitative analysis of compounds in *Thymus praecox* subsp. *grossheimii*

Compounds	Quantities (mg/g extract)
Ascorbic acid	nd
Gallic acid	0.23
Protocatechuic acid	nd
Catechin	1.20
Hydroxy benzoic acid	nd
Vanillic acid	0.27
Gentisic acid	nd
<i>p</i> -Coumaric acid	nd
Rutin	2.36
Ferulic acid	nd
Naringin	nd
<i>o</i> -Coumaric acid	0.11
Neohesperidin	7.10
Coumaric	18.30
Resveratrol	2.24
Quercetin	0.21
<i>t</i> -Cinnamic acid	0.16
Hesperidin	nd
Alizarin	nd
Flavone	nd

nd: not detected

Standard references with pharmacological activities were selected to determine the phenolic content of the plant by HPLC-DAD. Important medicinal compounds were detected in *Thymus praecox* and their chemical structures were given in Figure 1. The chemical compounds contained in herbal medicines are non-toxic and reliable natural treatment sources. Plant extracts are known to be used for the treatment of febrile diseases, sleep disorders, wounds, diarrhea, reproductive problems, respiratory and circulatory disorders. In addition to these properties, it has been proven by studies that they have antiviral, anticancer, antioxidant and antimicrobial effects (Palombo 2011; Parham et al., 2020). In recent years, it has been determined that phenolic compounds have anticancer properties by affecting more than one mechanism. Various phytochemicals (resveratrol, phenolic acids and flavonoids) inhibit the growth of cancer by inducing apoptosis, and some phytochemicals (resveratrol, quercetin) stop the cycle at a specific moment of the cell cycle in cancer cells. Curcumin, resveratrol,

epigallocatechin gallate phytochemicals are known to inhibit the proliferation of cancer cells by inhibiting signaling pathways (Weng and Yen, 2012; Tan et al., 2014).

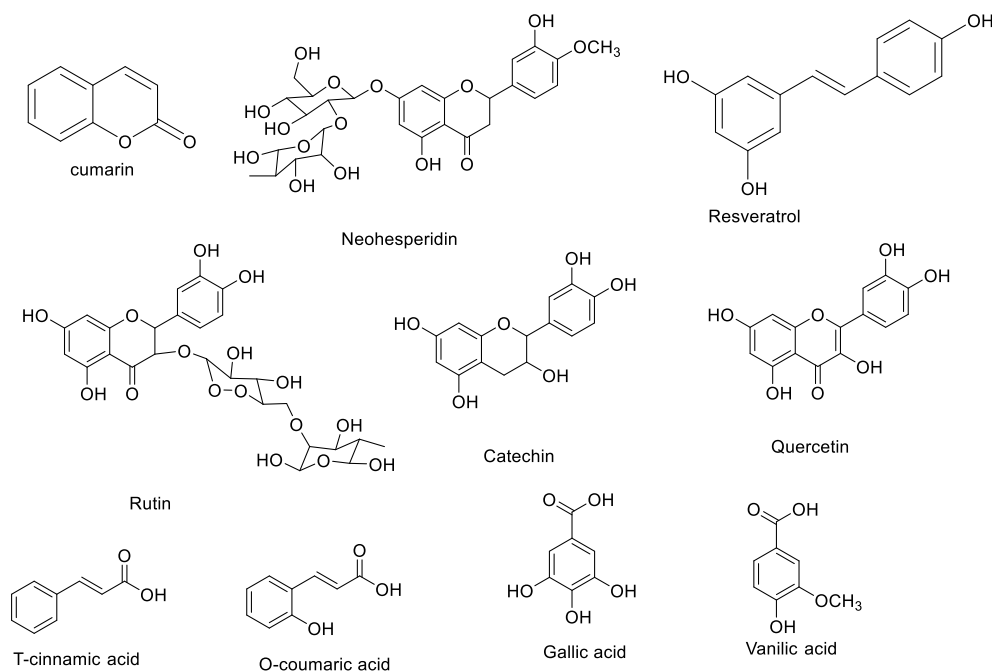


Figure 1. Chemical structures of medically important phenolic compounds

Coumarin and its derivatives exhibit very important pharmacological activities such as anticoagulant, anticancer, antiHIV, antibacterial, antifungal, antioxidant, antiinflammatory, antihypertensive, antihyperglycemic. It is also one of the main components of thyme and is a flavone naturally found in many plants. (Wu et al., 2009). *Thymus algeriensis* contains the flavonone glycoside neohesperidin, which has been shown to have a wide variety of therapeutic effects in the treatment of different complicated disorders including neurodegenerative, hepatocardiac, diabetes, obesity, infectious, allergic cancer, and inflammatory diseases. (Sobeh et al., 2020; Akhter et al., 2022). Polyphenol resveratrol, which has medical importance in recent years, has anticancer, antidiabetes, phytoestrogenic, antiaging, immuno-regulator, hepatitis, fungal disease and dermatitis (Zhang et al., 2021). In a previous study, coumarin, vanillic acid, luteolin and rosmarinic acid were revealed as the major compounds in the extracts of *T. clinics* and *T. cariensis* (Kucukaydin et al., 2021). In another study, rutin flavonoid with high antioxidant potential was detected in *T. sibthorii* and *T. vulgaris* (Dilberovic et al., 2010). The flavonoid catechin, which has antiepileptic, antiparkinson and anti Alzheimer's effects, has also been determined in *T. moroderi* (Díaz-García et al., 2015). Vanillic acid is a natural phenolic acid with good antimicrobial, antioxidant, anticancer, antidiabetic, anti-inflammatory effects and presents in *T. vulgaris* (Bistgani et al., 2019).

There are many thyme species belonging to the Lamiaceae family, which are known as a rich source of phenolics and flavonoids. In HPLC studies with thyme plants, it was determined that the extracts generally contained valuable secondary metabolites such as caffeic acid, vanillic acid, rosmarinic acid, luteolin, apigenin, hesperidin, eriodictyol, rutin, naringenin and isosacuraetin. (Pereira et al., 2023). Although the content and amount of compounds in plants are primarily related to the genetic structure of the plant species, they also vary depending on environmental factors (climate, altitude, etc.) and growing conditions (Mikulic-Petkovsek et al., 2015; Asensio et al., 2020). In this study, the phenolic contents of *Thymus praecox* subsp. *grossheimii* were compared with other thyme species.

Conclusion

Thymus genus contains a variety of secondary metabolites that have been linked to human health. *Thymus praecox* subsp. *grossheimii* extract contains metabolites that exhibit significant pharmacological activities. Especially, coumarin is the major compound in this plant. Coumarin and its derivatives are associated with many drugs as anticancer, antimicrobial, antituberculosis, anti-HIV and anti-inflammatory agents and provide therapeutic benefits. In future studies, researchers should focus on the targeted bioactive compounds for the pharmaceutical industries and isolate them purely.

Acknowledgement

The author thank Dr. Ozgur Eminagaoglu for providing and diagnosing the plant.

Author contributions

Author solely responsible for the entire work.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

References

Akhter S, Arman MSI, Tayab MA, Islam MN, Xiao J., 2022. Recent advances in the biosynthesis, bioavailability, toxicology, pharmacology, and controlled release of citrus neohesperidin. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 23: 1-20.

Asensio E, Vitales D, Pérez I, Peralba L, Viruel J, Montaner C, Sales E., 2020. Phenolic compounds content and genetic diversity at population level across the natural distribution range of Bearberry (*Arctostaphylos uva-ursi*, Ericaceae) in the Iberian Peninsula. *Plants*, 9(9): 1250-1268.

Bistgani ZE, Hashemi M, DaCosta M, Craker L, Maggi F, Morshedloo MR., 2019. Effect of salinity stress on the physiological characteristics, phenolic compounds and antioxidant activity of *Thymus vulgaris* L. and *Thymus daenensis* Celak. *Industrial Crops and Products*, 135: 311-320.

Bourgau F, Gravot A, Milesi S, Gontier E., 2001. Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. *Plant Science*, 161(5): 839-851.

Bubenchikova VM, Popova NV, Starchak YA., 2014. Caffeic and rosmarinic acids in Thyme Species. *News of Pharmacy*, 4(80): 13-16.

Ceylan O, Ugur A., 2015. Chemical composition and anti-biofilm activity of *Thymus sipyleus* Boiss. subsp. *sipyleus* Boiss. var. *davisianus* roninger essential oil. *Archives of Pharmacal Research*, 38: 957-965.

Dalai HH, Krayem M, Khaled S, Younes S., 2022. A focused insight into thyme: Biological, chemical, and therapeutic properties of an indigenous Mediterranean herb. *Nutrients*, 14(10): 2104-2126.

Díaz-García MC, Castellar MR, Obón JM, Obón C, Alcaraz F, Rivera D., 2015. Production of an anthocyanin-rich food colourant from *Thymus moroderi* and its application in foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(6): 1283-1293.

Dilberovic B, Salihovic M, Krvavac J, Toromanovic J, Tahirovic I, Sofic E., 2010. Quantification of rutin in some plants of family Lamiaceae using high performance liquid chromatography with electrochemical detection. *Planta Medica*, 76(12): 89.

Erenler R, Geçer EN, Alma MH, Demirtas I., 2022. Quantitative analysis of bioactive compounds by high-performance liquid chromatography in origanum bilgeri. *Bütünleyici ve Anadolu Tıbbı Dergisi*, 4(1): 15-20.

Fecka I, Turek S., 2008. Determination of polyphenolic compounds in commercial herbal drugs and spices from Lamiaceae: thyme, wild thyme and sweet marjoram by chromatographic techniques. *Food Chemistry*, 108(3): 1039-1053.

Friedman M, Jurgens HS., 2000. Effect of pH on the stability of plant phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(6): 2101-2110.

Jain C, Khatana S, Vijayvergia R., 2019. Bioactivity of secondary metabolites of various plants: a review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 10(2): 494-504.

Julkunen-Tiitto R, Nenadis N, Neugart S, Robson M, Agati G, Vepsäläinen J, Jansen MA., 2015. Assessing the response of plant flavonoids to UV radiation: an overview of appropriate techniques. *Phytochemistry Reviews*, 14: 273-297.

Karan T., 2018. Metabolic profile and biological activities of *Lavandula stoechas* L. *Cellular and Molecular Biology*, 64(14): 1-7.

Kennedy DO, Wightman EL., 2011. Herbal extracts and phytochemicals: plant secondary metabolites and the enhancement of human brain function. *Advances in Nutrition*, 2(1): 32-50.

Kiokias S, Proestos C, Oreopoulou V., 2020. Phenolic acids of plant origin—A review on their antioxidant activity in vitro (o/w emulsion systems) along with their in vivo health biochemical properties. *Foods*, 9(4): 534-556.

Kopustinskiene DM, Jakstas V, Savickas A, Bernatoniene, J., 2020. Flavonoids as anticancer agents. *Nutrients*, 12(2): 457-482.

Kucukaydin S, Çayan F, Tel-Çayan G, Duru ME., 2021. HPLC-DAD phytochemical profiles of *Thymus cariensis* and *T. cilicicus* with antioxidant, cytotoxic, anticholinesterase, anti-urease, anti-tyrosinase, and antidiabetic activities. *South African Journal of Botany*, 143: 155-163.

Maher HM, Al-Zoman NZ, Al-Shehri MM, Al-Showiman H, Al-Taweel AM, Fawzy GA, Perveen S., 2015. Determination of luteolin and apigenin in herbs by capillary electrophoresis with diode array detection. *Instrumentation Science & Technology*. 43(6): 611-25.

Manousi N, Samanidou VF., 2020. Recent advances in the HPLC analysis of tricyclic antidepressants in bio-samples. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, 20(1): 24-38.

Mikulic-Petkovsek M, Schmitzer V, Slatnar A, Stampar F, Veberic RA., 2015. Comparison of fruit quality parameters of wild bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) growing at different locations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(4): 776-785.

Pagare S, Bhatia M, Tripathi N, Pagare S, Bansal YK., 2015. Secondary metabolites of plants and their role: Overview. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*, 9(3): 293-304.

Palombo EA., 2011. Traditional medicinal plant extracts and natural products with activity against oral bacteria: potential application in the prevention and treatment of oral diseases. *Evidence-based complementary and Alternative Medicine*, 2011: 1-15.

Parham S, Kharazi AZ, Bakhsheshi-Rad HR, Nur H, Ismail AF, Sharif S, Berto F., 2020. Antioxidant, antimicrobial and antiviral properties of herbal materials. *Antioxidants*, 9(12): 1309-1345.

Pereira OR, Peres AM, Silva AM, Domingues MR, Cardoso SM., 2023. Simultaneous characterization and quantification of phenolic compounds in *Thymus citriodorus* using a validated HPLC–UV and ESI–MS combined method. *Food Research International*, 54(2): 1773-1780.

Roy PK, Park SH, Song MG, Park SY., 2022. Antimicrobial efficacy of quercetin against *Vibrio parahaemolyticus* biofilm on food surfaces and downregulation of virulence genes. *Polymers*, 214(18): 3847-3862.

Silva V, Igrejas G, Falco V, Santos TP, Torres C, Oliveira AM, Pereira JE, Amaral JS, Poeta P., 2018. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of phenolic compounds extracted from wine industry by-products. *Food Control*, 92: 516-622.

Sobeh M, Rezaq S, Cheurfa M, Abdelfattah MA, Rashied RM, El-Shazly AM, Mahmoud M. F., 2020. *Thymus algeriensis* and *Thymus fontanesii*. Chemical composition, in vivo antiinflammatory, pain killing and antipyretic activities: A comprehensive comparison. *Biomolecules*, 10(4): 599-618.

Tan HK, Moad AIH, Tan ML., 2014. The mTOR signalling pathway in cancer and the potential mTOR inhibitory activities of natural phytochemicals. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 15(16): 6463-6475.

Wang JF, Liu SS, Song ZQ, Xu TC, Liu CS, Hou YG, Wu, SH., 2020. Naturally occurring flavonoids and isoflavonoids and their microbial transformation: A review. *Molecules*, 25(21): 5112-5139.

Weng CJ, Yen GC., 2012. Chemopreventive effects of dietary phytochemicals against cancer invasion and metastasis: phenolic acids, monophenol, polyphenol, and their derivatives. *Cancer Treatment Reviews*, 38(1): 76-87.

Wu L, Wang X, Xu W, Farzaneh F, Xu R., 2009. The structure and pharmacological functions of coumarins and their derivatives. *Current Medicinal Chemistry*, 16(32): 4236-4260.

Yalcin FN, Duygu K, Kiliç E, Özalp M, Ersöz T, Çalış I., 2007. Antimicrobial and free radical scavenging activities of some *Lamium* species from Turkey. *Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy*, 1: 11-22.

Zhang H, Birch J, Pei J, Mohamed Ahmed IA, Yang H, Dias G, Bekhit AED., 2019. Identification of six phytochemical compounds from *Asparagus officinalis* L. root cultivars

from New Zealand and China using UAE-SPE-UPLC-MS/MS: Effects of extracts on H₂O₂-induced oxidative stress. *Nutrients*, 11(1): 107-124.

Zhang LX, Li CX, Kakar MU, Khan MS, Wu PF, Amir RM, Li JH., 2021. Resveratrol (RV): A pharmacological review and call for further research. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 143: 112164-112184.

Zohra T, Ovais M, Khalil AT, Qasim M, Ayaz M, Shinwari ZK., 2019. Extraction optimization, total phenolic, flavonoid contents, HPLC-DAD analysis and diverse pharmacological evaluations of *Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin Clemants. *Natural Product Research*, 33(1): 136-142.

A New Soft Set Operation: Complementary Soft Binary Piecewise Theta (θ) Operation

Aslıhan SEZGİN^{1*}, Murat SARIALIOĞLU²

¹Department of Mathematics and Science Education, Faculty of Education, Amasya University, Amasya, Türkiye

²Department of Mathematics, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Amasya University, Amasya, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-1519-7294>

²<https://orcid.org/0009-0009-3416-59231>

*Corresponding author: aslihan.sezgin@amasya.edu.tr

Research Article

ABSTRACT

Article History:

Received: 25.05.2023

Accepted: 18.07.2023

Available online: 10.06.2024

Keywords

Soft sets

Soft set operations

Conditional complements

Theta operation

Algebraic structures

Soft set theory, introduced by Molodtsov, is an efficacious mathematical tool to deal with uncertainty and it has been applied to many fields both as a theoretical and application aspect. Since its inception, different kinds of soft set operations are defined and used in various types. In this paper, we define a new kind of soft set operation called, complementary soft binary piecewise theta operation and we investigate its basic algebraic properties. Moreover, it is aimed to contribute to the soft set literature by examining the relationships between this new soft set operation and some other types of soft set operations by examining the distribution of complementary soft binary piecewise theta operation over extended soft set operations, complementary extended soft set operations, soft binary piecewise operations, complementary soft binary piecewise operations and restricted soft set operations.

Yeni Bir Esnek Küme İşlemi: Tümleyenli Esnek İkili Parçalı Theta (θ) İşlemi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi:

Geliş tarihi: 25.05.2023

Kabul tarihi: 18.07.2023

Online Yayınlanma: 10.06.2024

Anahtar Kelimeler

Esnek kümeler

Esnek küme işlemleri

Şartlı tümleyenler

Teta İşlemi

Cebirsel yapılar

ÖZ

Molodtsov tarafından ortaya atılan esnek küme teorisi, belirsizlikle başa çıkmak için etkili bir matematiksel araçtır ve hem teorik hem de uygulama yönüyle birçok alana uygulanmıştır. Başlangıcından bu yana, farklı çeşitlerde esnek küme işlemleri tanımlanmış ve çeşitli türlerde kullanılmıştır. Bu çalışmada, tümleyenli esnek ikili parçalı teta işlemi adı verilen yeni bir esnek küme işlemi tanımlanmış ve temel cebirsel özellikleri araştırılmıştır. Ayrıca tümleyenli esnek ikili parçalı teta işleminin genişletilmiş esnek küme işlemleri, tümleyenli genişletilmiş esnek küme işlemleri, esnek ikili parçalı işlemler, tümleyenli esnek ikili parçalı işlemler ve kısıtlanmış esnek küme işlemleri üzerine dağılması incelenerek bu yeni esnek küme işlemi ile diğer esnek küme işlemleri arasındaki ilişkiler elde edilerek esnek küme literatürüne katkı sağlanması amaçlanmaktadır.

To Cite: Sezgin A, Sarialioğlu M., 2024. A new soft set operation: Complementary soft binary piecewise theta (θ) operation.

Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(2): 325-357.

1. Introduction

The existence of some types of uncertainty in the problems of many fields such as economics, environmental and health sciences, engineering prevents us from using classical methods to solve the problems successfully. There are three well-known basic theories that we can consider as a mathematical tool to deal with uncertainties, which are Probability Theory, Fuzzy Set Theory and Interval Mathematics. But since all these theories have their own shortcomings, Molodtsov (1999) introduced Soft Set Theory as a mathematical tool to overcome these uncertainties. Since then, this theory has been applied to many fields including information systems, decision making, optimization theory, game theory, operations research, measurement theory and so on. Studies on fuzzy modeling such as Linear Diophantine Fuzzy Sets (Riaz and Hashimi, 2019; Ayub et al., 2021), Linear Diophantine Fuzzy aggregation operators (Riaz et al., 2023), Spherical Linear Diophantine Fuzzy Sets (Riaz et al., 2021) etc. are some top recent topics as novel mathematical approaches to model vagueness and uncertainty in decision-making problems. Maji et al. (2003) and Pei and Miao (2005) made the first contributions as regards soft set operations. After then, several soft set operations (restricted and extended soft set operations) were introduced and examined by Ali et al. (2009). Sezgin and Atagün (2011) illustrated the basic properties of soft set operations and discussed and the interconnections of soft set operations with each other. They also defined the notion of restricted symmetric difference of soft sets and investigated its properties. A new soft set operation called extended difference of soft sets was defined by Sezgin et al. (2019), and Stojanovic (2021) defined extended symmetric difference of soft sets and investigated its properties. When the studies are examined, we see that the operations in soft set theory proceed under two main headings, as restricted soft set operations and extended soft set operations.

Çağman (2021) proposed two conditional complements of sets as a new concept of set theory, i.e., inclusive complement and exclusive complement and explored the relationships between them. By the inspiration of this study, Sezgin et al. (2023c) introduced some new complements of sets. Aybek (2024) transferred these complements to soft set theory, and some new restricted soft set operations and extended soft set operations was defined. Demirci (2024), Saralioğlu (2024), Akbulut (2024) defined a new type of extended operation by changing the form of extended soft set operations using the complement at the first and second row of the piecewise function of extended soft set operations and studied the basic properties of them in detail. Moreover, a new type of soft difference operations was introduced by Eren (2019) and by being inspired this study, Yavuz (2024) and Sezgin and Yavuz (2023a) defined some new soft set operations, which is called soft binary piecewise operations and their basic properties

were studied in detail, too. Also, Sezgin and Demirci (2023), Sezgin and Atagün (2023), Sezgin and Yavuz (2023b), Sezgin and Aybek, 2023; Sezgin et al. (2023a), Sezgin et al. (2023b), Sezgin and Dagtoros (2023) continued their work on soft set operations by defining a new type of soft binary piecewise operation. They changed the form of soft binary piecewise operation by using the complement at the first row of the soft binary piecewise operations.

The aim of this study is to contribute to the literature of soft set theory by describing a new soft set operation which we call “complementary soft binary piecewise theta operation”. For this purpose, definition of the operation and its example are given, the algebraic properties, such as closure, association, unit and inverse element and abelian property of this new operation are examined in detail. It is aimed to contribute to the soft set literature by obtaining the distributions of the complementary soft binary piecewise theta operation over extended soft set operations, complementary extended soft set operations, soft binary piecewise operations, complementary soft binary piecewise operations and restricted soft set operations.

2. Preliminaries

In this section, some basic concepts related to soft set theory are compiled and given.

Definition 2.1. Let U be the universal set, E be the parameter set, $P(U)$ be the power set of U and $D \subseteq E$. A pair (F, D) is called a soft set over U where F is a set-valued function such that $F: D \rightarrow P(U)$. (Molodtsov, 1999)

The set of all the soft sets over U is designated by $S_E(U)$, and throughout this paper, all the soft sets are the elements of $S_E(U)$.

Definition 2.2. (Z, D) is called a relative null soft set (with respect to the parameter set D), denoted by \emptyset_D , if $Z(t) = \emptyset$ for all $t \in D$ and (Z, D) is called a relative whole soft set (with respect to the parameter set D), denoted by U_D if $Z(t) = U$ for all $t \in D$. The relative whole soft set U_E with respect to the universe set of parameters E is called the absolute soft set over U (Ali et.al., 2009)

Definition 2.3. For two soft sets (Z, D) and (R, J) , we say that (Z, D) is a soft subset of (R, J) and it is denoted by $(Z, D) \subseteq (R, J)$, if $D \subseteq J$ and $Z(t) \subseteq R(t)$, $\forall t \in D$. Two soft sets (Z, D) and (R, J) are said to be soft equal if (Z, D) is a soft subset of (R, J) and (R, J) is a soft subset of (Z, D) (Pei and Miao, 2005).

Definition 2.4. The relative complement of a soft set (Z, D) , denoted by $(Z, D)^c$, is defined by $(Z, D)^c = (Z^c, D)$, where $Z^c: D \rightarrow P(U)$ is a mapping given by $(Z, D)^c = U \setminus Z(t)$ for all $t \in D$

(Ali et al., 2009). From now on, $U \setminus Z(t) = [Z(t)]'$ will be designated by $Z'(t)$ for the sake of designation.

Çağman (2021) introduced two conditional complements of sets as a new concept of set theory, that is, inclusive complement and exclusive complement. For the ease of illustration, we show these complements as $+$ and θ , respectively. These complements are binary operations and are defined as follows: Let D and J be two subsets of U . J -inclusive complement of D is defined by, $D+J=D' \cup J$ and J -Exclusive complement of D is defined by $D\theta J = D' \cap J'$. Here, U refers to a universe, D' is the complement of D over U . For more information, we refer to Çağman (2021). Sezgin et al. (2023c) examined the relations between these two complements in detail and they also introduced such new three complements as binary operations of sets as follows: Let D and J be two subsets of U . Then, $D*J=D' \cup J'$, $D\gamma J=D' \cap J$, $D\lambda J=DUJ'$ (Sezgin et al., 2023c). Aybek (2024) conveyed these set operations to soft sets, and defined restricted, extended soft set operations, also examined their properties. As a summary for soft set operations, we can categorize all types of soft set operations as follows: Let " ∇ " be used to represent the set operations (i.e., here ∇ can be $\cap, \cup, \setminus, \Delta, +, \theta, *, \lambda, \gamma$), then restricted operations, extended operations, complementary extended operations, soft binary piecewise operations, complementary soft binary piecewise operations are defined in soft set theory as follows:

Definition 2.5. Let (Z, D) and (R, J) be soft sets over U . The restricted ∇ operation of (Z, D) and (R, J) is the soft set (S, F) , denoted by $(Z, D)\nabla_R(R, J) = (S, F)$, where $F = D \cap J \neq \emptyset$ and $\forall t \in F, S(t) = Z(t)\nabla R(t)$. (Ali et al., 2009; Sezgin and Atagün, 2011; Aybek, 2024)

Definition 2.6. Let (Z, D) and (R, J) be soft sets over U . The extended ∇ operation of (Z, D) and (R, J) is the soft set (S, F) , denoted by $(Z, D)\nabla_\epsilon(R, J) = (S, F)$, where $F = D \cup J$ and $\forall t \in F,$

$$S(t) = \begin{cases} Z(t), & t \in D \setminus J, \\ R(t), & t \in J \setminus D, \\ Z(t)\nabla R(t), & t \in D \cap J. \end{cases}$$

(Maji et al., 2003; Ali et al., 2009; Sezgin et al., 2019; Stojanovic, 2021; Aybek, 2024)

Definition 2.7. Let (Z, D) and (R, J) be soft sets over U . The complementary extended ∇ operation of (Z, D) and (R, J) is the soft set (S, F) , denoted by, $(Z, D)\nabla_\epsilon^*(R, J) = (S, F)$, where $F = D \cup J$ and $\forall t \in F,$

$$S(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J, \\ R'(t), & t \in J \setminus D, \\ Z(t)\nabla R(t), & t \in D \cap J. \end{cases}$$

(Saralioğlu, 2024; Demirci, 2024; Akbulut, 2024)

Definition 2.8. Let (Z, D) and (R, J) be soft sets over U . The soft binary piecewise ∇ operation of (Z, D) and (R, J) is the soft set (S, D) , denoted by, $(P, D) \widetilde{\nabla} (R, J) = (S, D)$, where $\forall t \in D$,

$$S(t) = \begin{cases} Z(t), & t \in D \setminus J \\ Z(t) \nabla R(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

(Eren, 2019; Yavuz, 2024, Sezgin and Yavuz, 2023a)

Definition 2.9. Let (Z, D) and (R, J) be soft sets over U . The complementary soft binary piecewise ∇ operation of (Z, D) and (R, J) is the soft set (S, D) , denoted by, $(P, D) \overset{*}{\sim} (R, J) = (S, D)$, where $\forall t \in D$;

$$S(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J \\ Z(t) \nabla R(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

(Sezgin and Demirci, 2023; Sezgin and Atagün, 2023; Sezgin and Aybek, 2023; Sezgin et al., 2023a, Sezgin et al., 2023b; Sezgin and Yavuz, 2023b; Sezgin and Dagtoros, 2023)

3. Complementary Soft Binary Piecewise Theta (θ) Operation And Its Properties

Definition 3.1. Let (Z, D) and (R, J) be soft sets over U . The complementary soft binary piecewise theta (θ) operation of (Z, D) and (R, J) is the soft set (S, D) , denoted by, $(Z, D) \overset{*}{\underset{\theta}{\sim}} (R, J) = (S, D)$, where $\forall t \in D$,

$$S(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J \\ Z'(t) \cap R'(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

Example 3.2. Let $E = \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5\}$ be the parameter set $D = \{e_1, e_3, e_5\}$ and $J = \{e_1, e_2, e_4\}$ be the subsets of E and $U = \{h_1, h_2, h_3, h_4, h_5\}$ be the initial universe set. Assume that (Z, D) and (R, J) are the soft sets over U defined as follows: $(Z, D) = \{(e_1, \{h_1, h_3\}), (e_3, \{h_2, h_4\}), (e_5, \{h_2, h_4, h_5\})\}$. $(R, J) = \{(e_1, \{h_1, h_4\}), (e_2, \{h_2, h_3\}), (e_4, \{h_4, h_5\})\}$. Let $(Z, D) \overset{*}{\underset{\theta}{\sim}} (R, J) = (S, D)$. Then,

$$S(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J \\ Z'(t) \cap R'(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

$D = \{e_1, e_3, e_5\}$ and $D \setminus J = \{e_3, e_5\}$, so $S(e_3) = Z'(e_3) = \{h_1, h_3, h_5\}$, $S(e_5) = Z'(e_5) = \{h_1, h_3\}$. And

since $D \cap J = \{e_1\}$ so $S(e_1) = Z'(e_1) \cap R'(e_1) = \{h_2, h_4, h_5\} \cap \{h_2, h_3, h_5\} = \{h_2, h_5\}$. Thus, $(Z, D) \sim_{\theta}^*$

$(R, J) = \{(e_1, h_2, h_5), (e_3, \{h_1, h_3, h_5\}), (e_5, \{h_1, h_3\})\}$.

Theorem 3.3. (Algebraic properties of the operation)

1) The set $S_E(U)$ is closed under the operation \sim_{θ}^* . That is, when (Z, D) and (R, J) are two soft

sets over U , then so is $(Z, D) \sim_{\theta}^* (R, J)$.

2) $[(Z, D) \sim_{\theta}^* (R, D)] \sim_{\theta}^* (S, D) \neq (Z, D) \sim_{\theta}^* [(R, D) \sim_{\theta}^* (S, D)]$

Proof: Let $(Z, D) \sim_{\theta}^* (R, D) = (T, D)$, where $\forall t \in D$;

$$T(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus D = \emptyset \\ Z'(t) \cap R'(t), & t \in D \cap D = D \end{cases}$$

Let $(T, D) \sim_{\theta}^* (S, D) = (M, D)$, where $\forall t \in D$;

$$M(t) = \begin{cases} T'(t), & t \in D \setminus D = \emptyset \\ T'(t) \cap S'(t), & t \in D \cap D = D \end{cases}$$

Thus,

$$M(t) = \begin{cases} T'(t), & t \in D \setminus D = \emptyset \\ [Z(t) \cup R(t)] \cap S'(t), & t \in D \cap D = D \end{cases}$$

Let $(R, D) \sim_{\theta}^* (S, D) = (L, D)$, where $\forall t \in D$;

$$L(t) = \begin{cases} R'(t), & t \in D \setminus D = \emptyset \\ R'(t) \cap S'(t), & t \in D \cap D = D \end{cases}$$

*

Let $(Z, D) \sim (L, D) = (N, D)$, where $\forall t \in D$;

θ

$$N(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus D = \emptyset \\ Z'(t) \cap L'(t), & t \in D \cap D = D \end{cases}$$

Thus,

$$N(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus D = \emptyset \\ Z'(t) \cap [R(t) \cup S(t)], & t \in D \cap D = D \end{cases}$$

It is seen that $M \neq N$.

*

That is, for the soft sets whose parameter set are the same, the operation \sim has not associativity

θ

property on the set $S_E(U)$. Moreover, we have the following:

$$3) \begin{matrix} * & * & * & * \\ [(Z, D) \sim (R, J)] \sim (S, F) \neq (Z, D) \sim [(R, J) \sim (S, F)]. \\ \theta & \theta & \theta & \theta \end{matrix}$$

*

Proof: Let $(Z, D) \sim (R, J) = (T, D)$, where $\forall t \in D$;

θ

$$T(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J \\ Z'(t) \cap R'(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

*

Let $(T, D) \sim (S, F) = (M, D)$, where $\forall t \in D$;

θ

$$M(t) = \begin{cases} T'(t), & t \in D \setminus F \\ T'(t) \cap S'(t), & t \in D \cap F \end{cases}$$

Thus,

$$M(t) = \begin{cases} Z(t), & t \in (D \setminus J) \setminus F = D \cap J' \cap F' \\ Z(t) \cup R(t), & t \in (D \cap J) \setminus F = D \cap J \cap F' \\ Z(t) \cap S'(t), & t \in (D \setminus J) \cap F = D \cap J' \cap F \\ [Z(t) \cup R(t)] \cap S'(t), & t \in (D \cap J) \cap F = D \cap J \cap F \end{cases}$$

*
Let $(R, J) \sim_{\theta} (S, F) = (K, J)$, where $\forall t \in J$;

$$K(t) = \begin{cases} R'(t), & t \in J \setminus F \\ R'(t) \cap S'(t), & t \in J \cap F \end{cases}$$

*
Let $(Z, D) \sim_{\theta} (K, J) = (Y, D)$, where $\forall t \in D$;

$$Y(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J \\ Z'(t) \cap K'(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

Thus,

$$Y(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J \\ Z'(t) \cap R(t), & t \in D \cap (J \setminus F) = D \cap J \cap F' \\ Z'(t) \cap [R(t) \cup S(t)], & t \in D \cap (J \cap F) = D \cap J \cap F \end{cases}$$

Here let's handle $t \in D \setminus J$ in the second equation of the first line. Since $D \setminus J = D \cap J'$, if $t \in J'$, then $t \in F \setminus J$ or $t \in (J \cup F)'$. Hence, if $t \in D \setminus J$, then $t \in D \cap J' \cap F'$ or $t \in D \cap J' \cap F$. Thus, it is seen that $M=Y$.

*
That is, for the soft sets whose parameter set are not the same, the operation \sim_{θ} has not
*
associativity property on the set $S_E(U)$.

$$4) (Z, D) \sim_{\theta} (R, J) \neq (R, J) \sim_{\theta} (Z, D).$$

Proof : While the parameter set of the soft set of the left hand side is D ; the parameter set of
*
the soft set of the right hand side is J . Thus, by the definition of soft equality, the operation \sim_{θ}
*
has not commutative property in the set $S_E(U)$, where the parameter sets of the soft sets are
different. However it is easy to see that

$$(Z, D) \sim_{\theta} (R, D) = (R, D) \sim_{\theta} (Z, D).$$

That is to say, the operation $\underset{\theta}{\sim}^*$ has commutative property in the set $S_E(U)$, where the parameter sets of the soft sets are the same.

$$5) (Z,D) \underset{\theta}{\sim}^* (Z,D) = (Z,D)^r.$$

Proof: Let $(Z,D) \underset{\theta}{\sim}^* (Z,D) = (S,D)$. Then, $\forall t \in D$;

$$S(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus D = \emptyset \\ Z'(t) \cap Z'(t), & t \in D \cap D = D \end{cases}$$

Here, $\forall t \in D$, $S(t) = Z'(t) \cap Z'(t) = Z'(t)$, hence $(S,D) = (Z,D)^r$.

That is, the operation $\underset{\theta}{\sim}^*$ does not have idempotency property on the set $S_E(U)$.

$$6) (Z,D) \underset{\theta}{\sim}^* \emptyset_D = \emptyset_D \underset{\theta}{\sim}^* (Z,D) = (Z,D)^r.$$

Proof: Let $\emptyset_D = (S,D)$. Hence, $\forall t \in D$; $S(t) = \emptyset$. Let $(Z,D) \underset{\theta}{\sim}^* (S,D) = (Y,D)$. Then, $\forall t \in D$,

$$Y(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus D = \emptyset \\ Z'(t) \cap S'(t), & t \in D \cap D = D \end{cases}$$

Thus, $\forall t \in D$, $S(t) = Z'(t) \cap S'(t) = Z'(t) \cap \emptyset = \emptyset$. Hence $(Y,D) = (Z,D)^r$.

$$7) (Z,D) \underset{\theta}{\sim}^* \emptyset_F = (Z,D)^r.$$

Proof: Let $\emptyset_F = (S,F)$. Hence, $\forall t \in F$, $S(t) = \emptyset$. Let $(Z,D) \underset{\theta}{\sim}^* (S,F) = (Y,D)$. Thus, $\forall t \in D$

$$Y(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus F \\ Z'(t) \cap S'(t), & t \in D \cap F \end{cases}$$

Thus, $\forall t \in D$, $Y(t) = Z'(t) = Z'(t) \cap S'(t) = Z'(t) \cap \emptyset = \emptyset$ and thus $(Y,D) = (Z,D)^r$.

$$8) (Z,D) \underset{\theta}{\sim}^* \emptyset_E = (Z,D)^r.$$

Proof: Let $\emptyset_E = (S, E)$. Hence $\forall t \in E$; $S(t) = \emptyset$. Let $(Z, D) \sim_{\theta}^* (S, E) = (Y, D)$. Thus, $\forall t \in D$,

$$Y(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus E = \emptyset \\ Z'(t) \cap S'(t), & t \in D \cap E = D \end{cases}$$

Hence, $\forall t \in D$ $S(t) = Z'(t) \cap S'(t) = Z'(t) \cap U = Z'(t)$, so $(Y, D) = (Z, D)^r$.

$$9) (Z, D) \sim_{\theta}^* U_D = U_D \sim_{\theta}^* (Z, D) = \emptyset_D.$$

Proof: Let $U_D = (T, D)$. Hence, $\forall t \in D$, $T(t) = U$. Let $(Z, D) \sim_{\theta}^* (T, D) = (S, D)$. Hence, $\forall t \in D$;

$$S(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus D = \emptyset \\ Z'(t) \cap T'(t) & t \in D \cap D = D \end{cases}$$

Hence, $\forall t \in D$ $S(t) = Z'(t) \cap T'(t) = Z'(t) \cap \emptyset = \emptyset$, so $(S, D) = \emptyset_D$.

$$10) (Z, D) \sim_{\theta}^* U_F = (Z, D \setminus F)^r.$$

Proof: Let $U_F = (T, F)$. Hence, $\forall t \in F$, $T(t) = U$. Let $(Z, D) \sim_{\theta}^* (T, F) = (S, D)$. So, $\forall t \in D$,

$$S(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus F \\ Z'(t) \cap T'(t), & t \in D \cap F \end{cases}$$

Hence,

$$S(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus F \\ Z'(t) \cap \emptyset, & t \in D \cap F \end{cases}$$

Thus, $\forall t \in D \setminus F$, $S(t) = Z'(t)$, so $(S, D) = (Z, D \setminus F)^r$.

$$11) U_F \sim_{\theta}^* (Z, D) = \emptyset_F.$$

Proof: Let $U_F = (T, F)$. Hence $\forall t \in F$, $T(t) = U$. Let $(T, F) \sim_{\theta}^* (Z, D) = (S, F)$, so $\forall t \in F$,

$$S(t) = \begin{cases} T'(t), & t \in F \setminus D \\ T'(t) \cap Z'(t), & t \in F \cap D \end{cases}$$

Hence,

$$S(t) = \begin{cases} \emptyset, & t \in F \setminus D \\ \emptyset, & t \in F \cap D \end{cases}$$

Thus, $\forall t \in F, S(t) = \emptyset$, so $(S, F) = \emptyset_F$.

$$\begin{matrix} * \\ \mathbf{12)} (Z, D) \sim U_E = \emptyset_D. \\ \theta \end{matrix}$$

Proof: Let $U_E = (T, E)$. Hence, $\forall t \in E, T(t) = U$. Let $(Z, D) \sim (T, E) = (S, D)$, then $\forall t \in D$;

$$S(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus E = \emptyset \\ Z'(t) \cap T'(t), & t \in D \cap E = D \end{cases}$$

Hence, $\forall t \in D, S(t) = Z'(t) \cap T'(t) = Z'(t) \cap \emptyset = \emptyset$, so $(S, D) = \emptyset_D$

$$\begin{matrix} * \\ \mathbf{13)} U_E \sim (Z, D) = \emptyset_E. \\ \theta \end{matrix}$$

Proof: Let $U_E = (T, E)$. Thus, $\forall t \in E, T(t) = U$. Let $(T, E) \sim (Z, D) = (S, E)$, so $\forall t \in E$,

$$S(t) = \begin{cases} T'(t), & t \in E \setminus D \\ T'(t) \cap Z'(t), & t \in E \cap D \end{cases}$$

Hence,

$$S(t) = \begin{cases} \emptyset, & t \in E \setminus D \\ \emptyset, & t \in E \cap D \end{cases}$$

Thus, $\forall t \in E, S(t) = \emptyset$, so $(S, E) = \emptyset_E$.

$$\begin{matrix} * & * \\ \mathbf{14)} (Z, D) \sim (Z, D)^r = (Z, D)^r \sim (Z, D) = \emptyset_D. \\ \theta & \theta \end{matrix}$$

Proof: Let $(Z, D)^r = (S, D)$, so $\forall t \in D, S(t) = Z'(t)$. Let $(D, A) \sim (S, D) = (T, D)$, so $\forall t \in D$,

$$T(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus D = \emptyset \\ Z'(t) \cap S'(t), & t \in D \cap D = D \end{cases}$$

Hence, $\forall t \in D, T(t) = Z'(t) \cap S'(t) = Z'(t) \cap Z(t) = \emptyset$, so $(T, D) = \emptyset_D$

$$* \\ \mathbf{15) } [(Z, D) \sim (R, J)]^r = (Z, D) \tilde{U} (R, J). \\ \theta$$

Proof: Let $(Z, D) \sim (R, J) = (S, D)$. Then, $\forall t \in D$,

$$S(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J \\ Z'(t) \cap R'(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

Let $(S, D)^r = (T, D)$, so $\forall t \in D$,

$$T(t) = \begin{cases} Z(t), & t \in D \setminus J \\ Z(t) \cup R(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

Thus, $(T, D) = (Z, D) \tilde{U} (R, J)$.

In classical theory, $A \cap B = U \Leftrightarrow A = U$ and $B = U$. Now, we have the following:

$$* \\ \mathbf{16) } (Z, D) \sim (R, J) = U_D \Leftrightarrow (Z, D) = \emptyset_D \text{ and } (R, J) = \emptyset_{D \cap J}. \\ \theta$$

Proof: Let $(Z, D) \sim (R, J) = (T, D)$. Hence, $\forall t \in D$,

$$T(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J \\ Z'(t) \cap R'(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

Since $(T, D) = U_D$, $\forall t \in D, T(t) = U$. Hence, $\forall t \in D \setminus J, Z'(t) = U$, thus $Z(t) = \emptyset$ and $\forall t \in D \cap J$, $T(t) = Z'(t) \cap R'(t) = U \Leftrightarrow \forall t \in D \cap J, Z'(t) = U$ and $R'(t) = U \Leftrightarrow \forall t \in D, Z(t) = \emptyset$ and for $\forall t \in D \cap E$, $R(t) = \emptyset \Leftrightarrow (Z, D) = \emptyset_D$ and $(R, J) = \emptyset_{D \cap J}$.

$$* \\ \mathbf{17) } (Z, D) \sim (R, D) = U_D \Leftrightarrow (Z, D) = (R, D) = \emptyset_D. \\ \theta$$

Proof: Let $(Z, D) \sim (R, D) = (T, D)$. Hence, $\forall t \in D$,

$$T(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus D = \emptyset \\ Z'(t) \cap R'(t), & t \in D \cap D = D \end{cases}$$

Since $(T, D) = U_D$, $\forall t \in D$, $T(t) = U$. Hence, $\forall t \in D$, $T(t) = Z'(t) \cap R'(t) = U \Leftrightarrow \forall t \in D$, $Z'(t) = U$ and $R'(t) = U \Leftrightarrow \forall t \in D$, $Z(t) = \emptyset$ and $R(t) = \emptyset \Leftrightarrow (Z, D) = (R, D) = \emptyset_D$.

In classical theory, for all A , $\emptyset \subseteq A$. Now, we have the following:

$$\mathbf{18)} \emptyset_D \underset{\theta}{\overset{*}{\cong}} (Z, D) \underset{\theta}{\sim} (R, J) \text{ and } \emptyset_J \underset{\theta}{\overset{*}{\cong}} (R, J) \underset{\theta}{\sim} (Z, D).$$

In classical theory, for all A , $A \subseteq U$. Now, we have the following:

$$\mathbf{19)} (Z, D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (R, J) \underset{\theta}{\cong} U_D \text{ and } (R, J) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (Z, D) \underset{\theta}{\cong} U_J$$

In classical theory, for all $D \cap J \subseteq D$ (and all $D \cap J \subseteq J$). Now, we have the following:

$$\mathbf{20)} (Z, D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (R, J) \underset{\theta}{\cong} (Z, D)^f, \text{ however } (Z, D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (R, J) \text{ needs not to be a soft subset of } (R, J)^f.$$

Proof: Let $(Z, D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (R, J) = (S, D)$. First of all, $D \subseteq D$. Moreover, $\forall t \in D$,

$$S(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J \\ Z'(t) \cap R'(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

Since $\forall t \in D \setminus J$, $Z'(t) \subseteq Z'(t)$ and $\forall t \in D \cap J$, $Z'(t) \cap R'(t) \subseteq Z'(t)$, hence $\forall t \in D$, $S(t) \subseteq Z'(t)$.

Therefore, $(S, D) = (Z, D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (R, J) \underset{\theta}{\cong} (Z, D)^f$.

$$\mathbf{21)} (Z, D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (R, D) \underset{\theta}{\cong} (Z, D)^f, \text{ moreover } (Z, D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (R, D) \underset{\theta}{\cong} (R, D)^f.$$

Proof: Let $(Z, D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (R, D) = (S, D)$. First of all, $D \subseteq D$. Moreover, $\forall t \in D$,

$$S(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus D = \emptyset \\ Z'(t) \cap R'(t), & t \in D \cap D = D \end{cases}$$

Since $\forall t \in D$, $S(t) = Z'(t) \cap R'(t) \subseteq Z'(t)$, so $(S, D) = (Z, D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (R, D) \underset{\theta}{\cong} (Z, D)^f$. $(Z, D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (R, D) \underset{\theta}{\cong} (R, D)^f$

can be shown similarly.

4. Distribution Rules

In this section, distribution of complementary soft binary piecewise theta (θ) operation over other soft set operations such as extended soft set operations, complementary extended soft set operations, restricted soft set operations, soft binary piecewise operations and complementary soft binary piecewise operation are examined in detail and many interesting results are obtained.

4.1. Distribution of complementary soft binary piecewise theta (θ) operation over extended soft set operations:

i) Left-distribution of complementary soft binary piecewise theta (θ) operation over extended soft set operations:

$$1) \underset{\theta}{(Z,D)} \underset{\theta}{\sim} \underset{\theta}{[(R,J) \cap_{\varepsilon} (S,F)]} = \underset{\theta}{[(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (R,J)]} \cap_{\varepsilon} \underset{\theta}{[(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (S,F)]}, \text{ where } D \cap J \cap F = \emptyset.$$

Proof: Let $(R,J) \cap_{\varepsilon} (S,F) = (M, J \cup F)$, so $\forall t \in J \cup F$,

$$M(t) = \begin{cases} R(t), & t \in J \setminus F \\ S(t), & t \in F \setminus J \\ R(t) \cap S(t), & t \in J \cap F \end{cases}$$

$$\underset{\theta}{\text{Let } (Z,D) \underset{\theta}{\sim} (M, J \cup F) = (N,D)}, \forall t \in D,$$

$$N(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus (J \cup F) \\ Z'(t) \cap M'(t), & t \in D \cap (J \cup F) \end{cases}$$

Thus,

$$N(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus (J \cup F) = D \cap J' \cap F' \\ Z'(t) \cap R'(t), & t \in D \cap (J \setminus F) = D \cap J \cap F' \\ Z'(t) \cap S'(t), & t \in D \cap (F \setminus J) = D \cap J' \cap F \\ Z'(t) \cap [(R'(t) \cup S'(t))], & t \in D \cap J \cap F = D \cap J \cap F \end{cases}$$

Now let's handle the right hand side of the equality. Assume that $\underset{\theta}{(Z,D)} \underset{\theta}{\sim} \underset{\theta}{(R,J)} = \underset{\theta}{(V,D)}$, then

for $\forall t \in D$,

$$V(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J \\ Z'(t) \cap R'(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

Now let $(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (S,F) = (W,D)$. Then, $\forall t \in D$,

$$W(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus F \\ Z'(t) \cap S'(t), & t \in D \cap F \end{cases}$$

Assume that $(V,D) \cap_{\varepsilon} (W,D) = (T,D)$, then $\forall t \in D$,

$$T(t) = \begin{cases} V(t), & t \in D \setminus D = \emptyset \\ W(t), & t \in D \setminus D = \emptyset \\ V(t) \cap W(t), & t \in D \cap D = D \end{cases}$$

Hence,

$$T(t) = \begin{cases} Z'(t) \cap Z'(t), & t \in (D \setminus J) \cap (D \setminus F) \\ Z'(t) \cap [Z'(t) \cap S'(t)], & t \in (D \setminus J) \cap (D \cap F) \\ [Z'(t) \cap R'(t)] \cap Z'(t), & t \in (D \cap J) \cap (D \setminus F) \\ [Z'(t) \cap R'(t)] \cap [Z'(t) \cap S'(t)], & t \in (D \cap J) \cap (D \cap F) \end{cases}$$

Thus,

$$T(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \cap J' \cap F' \\ Z'(t) \cap S'(t), & t \in D \cap J' \cap F \\ Z'(t) \cap R'(t), & t \in D \cap J \cap F' \\ [Z'(t) \cap R'(t)] \cap [Z'(t) \cap S'(t)], & t \in D \cap J \cap F \end{cases}$$

It is seen that $N=T$.

$$2) (Z,D) \underset{\theta}{\sim} [(R,J) \cup_{\varepsilon} (S,F)] = [(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (R,J)] \cap_{\varepsilon} [(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (S,F)], \text{ where } D \cap J \cap F = \emptyset.$$

$$3) (Z,D) \underset{\theta}{\sim} [(R,J) \lambda_{\varepsilon} (S,F)] = [(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (R,J)] \tilde{\cap} [(S,F) \underset{\theta}{\sim} (Z,D)], \text{ where } D \cap J' \cap F = \emptyset.$$

$$4) (Z,D) \underset{\theta}{\sim} [(R,J) \setminus_{\varepsilon} (S,F)] = [(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (R,J)] \tilde{\cup} [(S,F) \underset{\theta}{\sim} (Z,D)], \text{ where } D \cap J' \cap F = \emptyset.$$

ii) Right-distribution of complementary soft binary piecewise theta (θ) operation over extended soft set operations:

$$1) [(Z,D) \cup_{\varepsilon} (R,J)] \underset{\theta}{\sim} (S,F) = [(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (S,F)] \cap_{\varepsilon} [(R,J) \underset{\theta}{\sim} (S,F)].$$

Proof: Let $(Z,D) \cap_{\varepsilon} (R,J) = (M, DUJ)$, so $\forall t \in DUJ$,

$$M(t) = \begin{cases} Z(t), & t \in D \setminus J \\ R(t), & t \in J \setminus D \\ Z(t) \cup R(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

*

Let $(M, D \cup J) \sim (S, F) = (N, D \cup J)$, so $\forall t \in D \cup J$,

θ

$$N(t) = \begin{cases} M'(t), & t \in (D \cup J) \setminus F \\ M'(t) \cap S'(t), & t \in (D \cup J) \cap F \end{cases}$$

Thus,

$$N(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in (D \setminus J) \setminus F = D \cap J' \cap F' \\ R'(t), & t \in (J \setminus D) \setminus F = D' \cap J \cap F' \\ Z'(t) \cap R'(t), & t \in (D \cap J) \setminus F = D \cap J \cap F' \\ Z'(t) \cap S'(t), & t \in (D \setminus J) \cap F = D \cap J' \cap F \\ R'(t) \cap S'(t), & t \in (J \setminus D) \cap F = D' \cap J \cap F \\ [Z'(t) \cap R'(t)] \cap S'(t), & t \in (D \cap J) \cap F = D \cap J \cap F \end{cases}$$

*

Now let's handle the right hand side of the equality. Let $(Z, D) \sim (S, F) = (V, D)$, so $\forall t \in D$,

θ

$$V(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus F \\ Z'(t) \cap S'(t), & t \in D \cap F \end{cases}$$

*

Let $(R, J) \sim (S, F) = (W, J)$, so $\forall t \in J$,

θ

$$W(t) = \begin{cases} R'(t), & t \in J \setminus F \\ R'(t) \cap S'(t), & t \in J \cap F \end{cases}$$

Assume that $(V, D) \cap_{\varepsilon} (W, J) = (T, D \cup J)$, so $\forall t \in D \cup J$,

$$T(t) = \begin{cases} V(t), & t \in D \setminus J \\ W(t), & t \in J \setminus D \\ V(t) \cap W(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

Thus,

$$T(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in (D \setminus F) \setminus J = D \cap J' \cap F' \\ Z'(t) \cap S'(t), & t \in (D \cap F) \setminus J = D \cap J' \cap F \\ R'(t), & t \in (J \setminus F) \setminus D = D' \cap J \cap F' \\ R'(t) \cap S'(t), & t \in (J \cap F) \setminus D = D' \cap J \cap F \\ Z'(t) \cap R'(t), & t \in (D \setminus F) \cap (J \setminus F) = D \cap J \cap F' \\ Z'(t) \cap [R'(t) \cap S'(t)], & t \in (D \setminus F) \cap (J \cap F) = \emptyset \\ [Z'(t) \cap S'(t)] \cap R'(t), & t \in (D \cap F) \cap (J \setminus F) = \emptyset \\ [Z'(t) \cap S'(t)] \cap [R'(t) \cap S'(t)], & t \in (D \cap F) \cap (J \cap F) = D \cap J \cap F \end{cases}$$

It is seen that $N=T$.

$$2) [(Z,D) \cap_{\varepsilon} (R,J)] \sim_{\theta} (S,F) = [(Z,D) \sim_{\theta} (S,F)] \cup_{\varepsilon} [(R,J) \sim_{\theta} (S,F)]$$

$$3) [(Z,D) \setminus_{\varepsilon} (R,J)] \sim_{\theta} (S,F) = [(Z,D) \sim_{\theta} (S,F)] \cup_{\varepsilon} [(R,J) \sim_{\theta} (S,F)], \text{ where } D \cap J \cap F' = D' \cap J \cap F = \emptyset.$$

$$4) [(Z,D) \lambda_{\varepsilon} (R,J)] \sim_{\theta} (S,F) = [(Z,D) \sim_{\theta} (S,F)] \cap_{\varepsilon} [(R,J) \sim_{\theta} (S,F)], \text{ where } D \cap J \cap F' = D' \cap J \cap F = \emptyset.$$

4.2. Distribution of complementary soft binary piecewise theta (θ) operation over complementary extended soft set operations:

i) Left-distribution of complementary soft binary piecewise theta (θ) operation over complementary extended soft set operations:

$$1) (Z,D) \sim_{\theta} [(R,J) \overset{*}{\theta}_{\varepsilon} (S,F)] = [(Z,D) \sim_{\theta} (R,J)] \cap_{\varepsilon} [(Z,D) \sim_{\theta} (S,F)] \text{ where } D \cap J \cap F = \theta.$$

Proof: Assume $(R,J) \overset{*}{\theta}_{\varepsilon} (S,F) = (M,J \cup F)$, so $\forall t \in J \cup F$,

$$M(t) = \begin{cases} R'(t), & t \in J \setminus F \\ S'(t), & t \in F \setminus J \\ R'(t) \cap S'(t), & t \in J \cap F \end{cases}$$

Let $(Z,D) \sim_{\theta} (M,J \cup F) = (N,D)$, then $\forall t \in D$,

$$N(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus (J \cup F) \\ Z'(t) \cap M'(t), & t \in D \cap (J \cup F) \end{cases}$$

Hence,

$$N(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus (J \cup F) = D \cap J' \cap F' \\ Z'(t) \cap R(t), & t \in D \cap (J \setminus F) = D \cap J \cap F' \\ Z'(t) \cap S(t), & t \in D \cap (C \setminus J) = D \cap J' \cap F \\ Z'(t) \cap [(R(t) \cup S(t))], & t \in D \cap J \cap F = D \cap J \cap F \end{cases}$$

Now let's handle the right hand side of the equality, $[(Z,D) \underset{\gamma}{\sim} (R,J)] \cap_{\varepsilon} [(Z,D) \underset{\gamma}{\sim} (S,F)]$. Let

$$(Z,D) \underset{\gamma}{\sim} (R,J) = (V,D), \text{ so } \forall t \in D,$$

$$V(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J \\ Z'(t) \cap R(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

Let $(Z,D) \underset{\gamma}{\sim} (S,F) = (W,D)$, hence $\forall t \in D$,

$$W(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus F \\ Z'(t) \cap S(t), & t \in D \cap F \end{cases}$$

Assume that $(V,D) \cap_{\varepsilon} (W,D) = (T,D)$, hence $\forall t \in D$,

$$T(t) = \begin{cases} V(t), & t \in D \setminus D = \emptyset \\ W(t), & t \in D \setminus D = \emptyset \\ V(t) \cap W(t), & t \in D \cap D = D \end{cases}$$

Hence,

$$T(t) = \begin{cases} Z'(t) \cap Z'(t), & t \in (D \setminus J) \cap (D \setminus F) \\ Z'(t) \cap [Z'(t) \cap S(t)], & t \in (D \setminus J) \cap (D \cap J) \\ [Z'(t) \cap R(t)] \cap Z'(t), & t \in (D \cap J) \cap (D \setminus F) \\ [Z'(t) \cap R(t)] \cap [Z'(t) \cap S(t)], & t \in (D \cap J) \cap (D \cap F) \end{cases}$$

Thus,

$$T(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \cap J' \cap F' \\ Z'(t) \cap S(t), & t \in D \cap J' \cap F \\ Z'(t) \cap R(t), & t \in D \cap J \cap F' \\ [Z'(t) \cap R(t)] \cap [Z'(t) \cap S(t)], & t \in D \cap J \cap F \end{cases}$$

It is seen that $N=T$.

$$2) (Z, D) \underset{\theta}{\sim} [(R, J) \underset{\ast}{\ast}_{\varepsilon} (S, F)] = [(Z, D) \underset{\gamma}{\sim} (R, J)] \cap_{\varepsilon} [(Z, D) \underset{\gamma}{\sim} (S, F)] \text{ where } D \cap J \cap F = \emptyset.$$

$$3) (Z, D) \underset{\theta}{\sim} [(R, J) \underset{\ast}{\ast}_{+\varepsilon} (S, F)] = [(Z, D) \underset{\gamma}{\sim} (R, J)] \tilde{\cap} [(S, F) \underset{\theta}{\sim} (Z, D)] \text{ where } D \cap J' \cap F = \emptyset.$$

$$4) (Z, D) \underset{\theta}{\sim} [(R, J) \underset{\ast}{\ast}_{\forall\varepsilon} (S, F)] = [(Z, D) \underset{\gamma}{\sim} (R, J)] \tilde{\cup} [(S, F) \underset{\theta}{\sim} (Z, D)] \text{ where } D \cap J' \cap F = \emptyset.$$

ii) Right-distribution of complementary soft binary piecewise theta (θ) operation over complementary extended soft set operations:

$$1) [(Z, D) \underset{\ast}{\ast}_{\varepsilon} (R, J)] \underset{\theta}{\sim} (S, F) = [(Z, D) \tilde{\cap} (S, F)] \cap_{\varepsilon} [(R, J) \tilde{\cap} (S, F)]$$

Proof: Let first handle the left hand side of the equality, assume $(Z, D) \underset{\ast}{\ast}_{\varepsilon} (R, J) = (M, DUJ)$

and $\forall t \in DUJ$,

$$M(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J \\ R'(t), & t \in J \setminus D \\ Z'(t) \cup R'(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

Let $(M, DUJ) \underset{\theta}{\sim} (S, F) = (N, DUJ)$ and $\forall t \in DUJ$,

$$N(t) = \begin{cases} M'(t), & t \in (DUJ) \setminus F \\ M'(t) \cap S'(t), & t \in (DUJ) \cap F \end{cases}$$

Thus,

$$N(t) = \begin{cases} Z(t), & t \in (D \setminus J) \setminus F = D \cap J' \cap F' \\ R(t), & t \in (J \setminus D) \setminus F = D' \cap J \cap F' \\ Z(t) \cap R(t), & t \in (D \cap J) \setminus F = D \cap J \cap F' \\ Z(t) \cap S'(t), & t \in (D \setminus J) \cap F = D \cap J' \cap F \\ R(t) \cap S'(t), & t \in (J \setminus D) \cap F = D' \cap J \cap F \\ [Z(t) \cap R(t)] \cap S'(t), & t \in (D \cap J) \cap F = D \cap J \cap F \end{cases}$$

Now let's handle the right hand side of the equality, that is $[(Z, D) \tilde{\cap} (S, F)] \cap_{\varepsilon} [(R, J) \tilde{\cap} (S, F)]$. Let $(Z, D) \tilde{\cap} (S, F) = (V, D)$ and $\forall t \in D$,

$$V(t) = \begin{cases} Z(t), & t \in D \setminus F \\ Z(t) \cap S'(t), & t \in D \cap F \end{cases}$$

Let $(R, J) \tilde{\wedge} (S, F) = (W, J)$ and $\forall t \in J$,

$$W(t) = \begin{cases} R(t), & t \in J \setminus F \\ R(t) \cap S'(t), & t \in J \cap F \end{cases}$$

Assume that $(V, D) \cap_{\varepsilon} (W, J) = (T, D \cup J)$ and $\forall t \in D \cup J$,

$$T(t) = \begin{cases} V(t), & t \in D \setminus J \\ W(t), & t \in J \setminus D \\ V(t) \cap W(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

Hence,

$$T(t) = \begin{cases} Z(t), & t \in (D \setminus F) \setminus J = D \cap J' \cap F' \\ Z(t) \cap S'(t), & t \in (D \cap F) \setminus J = D \cap J' \cap F \\ R(t), & t \in (J \setminus F) \setminus D = D' \cap J \cap F' \\ R(t) \cap S'(t), & t \in (J \cap F) \setminus D = D' \cap J \cap F \\ Z(t) \cap R(t), & t \in (D \setminus F) \cap (J \setminus F) = D \cap J \cap F' \\ Z(t) \cap [R(t) \cap S'(t)], & t \in (D \setminus F) \cap (J \cap F) = \emptyset \\ [Z(t) \cap S'(t)] \cap R(t), & t \in (D \cap F) \cap (J \setminus F) = \emptyset \\ [Z(t) \cap S'(t)] \cap [R(t) \cap S'(t)], & t \in (D \cap F) \cap (J \cap F) = D \cap J \cap F \end{cases}$$

It is seen that $N=T$.

$$2) [(Z, D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (R, J)] \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (S, F) = [(Z, D) \tilde{\wedge} (S, F)] \cup_{\varepsilon} [(R, J) \tilde{\wedge} (S, F)]$$

$$3) [(Z, D) \underset{\forall \varepsilon}{\overset{*}{\sim}} (R, J)] \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (S, F) = [(Z, D) \tilde{\wedge} (S, F)] \cup_{\varepsilon} [(R, J) \tilde{\wedge} (S, F)] \text{ where } D \cap J \cap F' = D' \cap J \cap F = \emptyset .$$

$$4) [(Z, D) \underset{+\varepsilon}{\overset{*}{\sim}} (R, J)] \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (S, F) = [(Z, D) \tilde{\wedge} (S, F)] \cap_{\varepsilon} [(R, J) \tilde{\wedge} (S, F)], \text{ where } D \cap J \cap F' = D \cap J \cap F = \emptyset .$$

4.3. Distribution of complementary soft binary piecewise theta (θ) operation over soft binary piecewise operations:

i) Left-distribution of complementary soft binary piecewise theta (θ) operation over soft binary piecewise operations:

$$1) (Z, D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} [(R, J) \tilde{\cup} (S, F)] = [(Z, D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (R, J)] \tilde{\cap} [(S, F) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (Z, D)].$$

Proof: Let $(R,J)\tilde{\cup}(S,F)=(M,J)$, so $\forall t \in J$,

$$M(t) = \begin{cases} R(t), & t \in J \setminus F \\ R(t) \cup S(t), & t \in J \cap F \end{cases}$$

$(Z,D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (M,J) = (N,D)$, where $\forall t \in D$;

$$N(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J \\ Z'(t) \cap M'(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

Thus,

$$N(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J \\ Z'(t) \cap R'(t), & t \in D \cap (J \setminus F) = D \cap J \cap F' \\ Z'(t) \cap [R'(t) \cap S'(t)], & t \in D \cap J \cap F = D \cap J \cap F \end{cases}$$

Now let's handle the right hand side of the equality: $[(Z,D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (R,J)] \tilde{\cap} [(S,F) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (Z,D)]$. Assume

that $(Z,D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (R,J) = (V,D)$, then for $\forall t \in D$,

$$V(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J \\ Z'(t) \cap R'(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

Now let $(S,F) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (Z,D) = (W,F)$. Then, $\forall t \in F$,

$$W(t) = \begin{cases} S'(t), & t \in F \setminus D \\ S'(t) \cap Z'(t), & t \in F \cap D \end{cases}$$

Assume that $(V,D) \tilde{\cap} (W,F) = (T,D)$, then $\forall t \in D$,

$$T(t) = \begin{cases} V(t), & t \in D \setminus F \\ V(t) \cap W(t), & t \in D \cap F \end{cases}$$

Thus,

$$T(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in (D \setminus J) \setminus F = D \cap J' \cap F' \\ Z'(t) \cap R'(t), & t \in (D \cap J) \setminus F = D \cap J' \cap F \\ Z'(t) \cap S'(t), & t \in (D \setminus J) \cap (F \setminus D) = \emptyset \\ Z'(t) \cap [S'(t) \cap Z'(t)], & t \in (D \setminus J) \cap (F \cap D) = D \cap J' \cap F \\ [Z'(t) \cap R'(t)] \cap S'(t), & t \in (D \cap J) \cap (F \setminus D) = \emptyset \\ [Z'(t) \cap R'(t)] \cap [S'(t) \cap Z'(t)], & t \in (D \cap J) \cap (J \cap D) = D \cap J \cap F \end{cases}$$

Thus,

$$T(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in (D \setminus J) \setminus F = D \cap J' \cap F' \\ Z'(t) \cap R'(t), & t \in (D \cap J) \setminus F = D \cap J \cap F' \\ Z'(t) \cap S'(t), & t \in (D \setminus J) \cap (F \setminus D) = \emptyset \\ Z'(t) \cap S'(t), & t \in (D \setminus J) \cap (F \cap D) = D \cap J' \cap F \\ [Z'(t) \cap R'(t)] \cap S'(t), & t \in (D \cap J) \cap (F \setminus D) = \emptyset \\ [Z'(t) \cap R'(t)] \cap [S'(t) \cap Z'(t)], & t \in (D \cap J) \cap (F \cap D) = D \cap J \cap F \end{cases}$$

It is seen that $N=T$.

$$2) \begin{matrix} * & * & * \\ (Z,D) \sim [(R,J) \tilde{\cap} (S,F)] = [(Z,D) \sim (R,J)] \tilde{\cup} [(S,F) \sim (Z,D)]. \\ \theta & \theta & \theta \end{matrix}$$

$$3) \begin{matrix} * & * & * \\ (Z,D) \sim [(R,J) \tilde{\setminus} (S,F)] = [(Z,D) \sim (R,J)] \tilde{\cup} [(S,F) \sim (Z,D)] . \\ \theta & \theta & \setminus \end{matrix}$$

$$4) \begin{matrix} * & * & * \\ (Z,D) \sim [(R,J) \tilde{\lambda} (S,F)] = [(Z,D) \sim (R,J)] \tilde{\cap} [(S,F) \sim (Z,D)]. \\ \theta & \theta & \setminus \end{matrix}$$

ii) Right-distribution of complementary soft binary piecewise theta (θ) operation over soft binary piecewise operations:

$$1) \begin{matrix} * & * & * \\ [(Z,D) \tilde{\cap} (R,J)] \sim (S,F) = [(Z,D) \sim (S,F)] \tilde{\cup} [(R,J) \sim (S,F)] \\ \theta & \theta & \theta \end{matrix}$$

Proof: Suppose $(Z,D) \tilde{\cap} (R,J) = (M,D)$, so $\forall t \in D$ için,

$$M(t) = \begin{cases} Z(t), & t \in D \setminus J \\ Z(t) \cap R(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

Let $(M,D) \sim (S,F) = (N,D)$, so $\forall t \in D$,

$$N(t) = \begin{cases} M'(t), & t \in D \setminus F \\ M'(t) \cap S'(t), & t \in D \cap F \end{cases}$$

Thus,

$$N(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in (D \setminus J) \setminus F = D \cap J' \cap F' \\ Z'(t) \cup R'(t), & t \in (D \cap J) \setminus F = D \cap J \cap F' \\ Z'(t) \cap S'(t), & t \in (D \setminus J) \cap F = D \cap J' \cap F \\ [Z'(t) \cup R'(t)] \cap S'(t), & t \in (D \cap J) \cap F = D \cap J \cap F \end{cases}$$

Now let's handle the right hand side of the equality: $[(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (S,F)] \overset{*}{\tilde{\cup}} [(R,J) \underset{\theta}{\sim} (S,F)]$. Let

$$\overset{*}{(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (S,F)} = (V,D), \text{ so } \forall t \in D,$$

$$V(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus F \\ Z'(t) \cap S'(t), & t \in D \cap F \end{cases}$$

$$\overset{*}{\text{Let } (R,J) \underset{\theta}{\sim} (S,F)} = (W,J), \text{ so } \forall t \in J,$$

$$W(t) = \begin{cases} R'(t), & t \in J \setminus F \\ R'(t) \cap S'(t), & t \in J \cap F \end{cases}$$

Assume that $(V,D) \tilde{\cup} (W,J) = (T,D)$, so $\forall t \in D$,

$$T(t) = \begin{cases} V(t), & t \in D \setminus J \\ V(t) \cup W(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

Hence,

$$T(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in (D \setminus F) \setminus J = D \cap J' \cap F' \\ Z'(t) \cap S'(t), & t \in (D \cap F) \setminus J = D \cap J' \cap F \\ Z'(t) \cup R'(t), & t \in (D \setminus F) \cap (J \setminus F) = D \cap J \cap F' \\ Z'(t) \cup [R'(t) \cap S'(t)], & t \in (D \setminus F) \cap (J \cap F) = \emptyset \\ [Z'(t) \cap S'(t)] \cup R'(t), & t \in (D \cap F) \cap (J \setminus F) = \emptyset \\ [Z'(t) \cap S'(t)] \cup [R'(t) \cap S'(t)], & t \in (D \cap F) \cap (J \cap F) = D \cap J \cap F \end{cases}$$

It is seen that $N=T$.

$$2) [(Z,D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (R,J)] \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (S,F) = [(Z,D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (S,F)] \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} [(R,J) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (S,F)]$$

$$3) [(Z,D) \underset{\theta}{\overset{*}{\tilde{\sim}}} (R,J)] \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (S,F) = [(Z,D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (S,F)] \underset{\theta}{\overset{*}{\tilde{\sim}}} [(R,J) \underset{\theta}{\overset{*}{\tilde{\sim}}} (S,F)].$$

$$4) [(Z,D) \underset{\theta}{\overset{*}{\tilde{\sim}}} (R,J)] \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (S,F) = [(Z,D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (S,F)] \underset{\theta}{\overset{*}{\tilde{\sim}}} [(R,J) \underset{\theta}{\overset{*}{\tilde{\sim}}} (S,F)].$$

4.4. Distribution of complementary soft binary piecewise theta(θ) operation over complementary soft binary piecewise operations:

i) Left-distribution of complementary soft binary piecewise theta(θ) operation over complementary soft binary piecewise operations:

$$1) (Z,D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} [(R,J) \underset{*}{\overset{\gamma}{\sim}} (S,F)] = [(Z,D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (R,J)] \underset{\gamma}{\overset{*}{\tilde{\sim}}} [(Z,D) \underset{\gamma}{\overset{*}{\sim}} (S,F)] \text{ where } D \cap J \cap F' = \emptyset \text{ and } D \cap J \cap F = \emptyset.$$

Proof: Let first handle the left hand side of the equality, suppose $(R,J) \underset{*}{\overset{\gamma}{\sim}} (S,F) = (M,J)$, so $\forall t \in J$,

$$M(t) = \begin{cases} R'(t), & t \in J \setminus F \\ R'(t) \cup S'(t), & t \in J \cap F \end{cases}$$

Let $(Z,D) \underset{\theta}{\overset{*}{\sim}} (M,J) = (N,D)$, so $\forall t \in D$,

$$N(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J \\ Z'(t) \cap M'(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

Thus,

$$N(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J \\ Z'(t) \cap R(t), & t \in D \cap (J \setminus F) = D \cap J \cap F' \\ Z'(t) \cap [(R(t) \cap S(t))], & t \in D \cap J \cap F = D \cap J \cap F \end{cases}$$

Now let's handle the right hand side of the equality: $[(Z,D) \underset{\gamma}{\overset{*}{\sim}} (R,J)] \underset{\gamma}{\overset{*}{\tilde{\sim}}} [(Z,D) \underset{\gamma}{\overset{*}{\sim}} (S,F)]$. Let

$$(Z,D) \underset{\gamma}{\overset{*}{\sim}} (R,J) = (V,D), \text{ so } \forall t \in D,$$

$$V(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J \\ Z'(t) \cap R(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

*

Let $(Z,D) \sim (S,F) = (W,D)$, so $\forall t \in D$,

γ

$$W(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus F \\ Z'(t) \cap S(t), & t \in D \cap F \end{cases}$$

Assume that $(V,D) \tilde{\cup} (W,D) = (T,D)$, so $\forall t \in D$,

$$T(t) = \begin{cases} V(t), & t \in D \setminus D = \emptyset \\ V(t) \cup W(t), & t \in D \cap D = D \end{cases}$$

Thus,

$$T(t) = \begin{cases} Z'(t) & t \in (D \setminus J) \cap (D \setminus F) = D \cap J' \cap F' \\ Z'(t) \cup [Z'(t) \cap S(t)], & t \in (D \setminus J) \cap (D \cap F) = D \cap J' \cap F \\ [Z'(t) \cap R(t)] \cup Z'(t), & t \in (D \cap J) \cap (D \setminus F) = D \cap J \cap F' \\ [Z'(t) \cap R(t)] \cup [Z'(t) \cap S(t)], & t \in (D \cap J) \cap (D \cap F) = D \cap J \cap F \end{cases}$$

Thus,

$$T(t) = \begin{cases} Z'(t) & t \in (D \setminus J) \cap (D \setminus F) = D \cap J' \cap F' \\ Z'(t), & t \in (D \setminus J) \cap (D \cap F) = D \cap J' \cap F \\ Z'(t), & t \in (D \cap J) \cap (D \setminus F) = D \cap J \cap F' \\ [Z'(t) \cap R(t)] \cup [Z'(t) \cap S(t)], & t \in (D \cap J) \cap (D \cap F) = D \cap J \cap F \end{cases}$$

Here let's handle $t \in D \setminus J$ in the first equation. Since $D \setminus J = D \cap J'$, if $t \in J'$, then $t \in F \setminus J$ or $t \in (J \cup F)'$.

Hence, if $t \in D \setminus J$, $t \in D \cap J' \cap F'$ or $t \in D \cap J' \cap F$. Thus, it is seen that $N=T$.

$$\begin{array}{cccc} * & * & * & * \\ 2) (Z,D) \sim [(R,J) \sim (S,F)] = [(Z,D) \sim (R,J)] \tilde{\cup} [(Z,D) \sim (S,F)] & \text{where } D \cap J \cap F' = \emptyset. & & \\ \theta & \theta & \gamma & \gamma \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc} * & * & * & * \\ 3) (Z,D) \sim [(R,J) \sim (S,F)] = [(Z,D) \sim (R,J)] \tilde{\cup} [(S,F) \sim (Z,D)]. & & & \\ \theta & \gamma & \gamma & \theta \end{array}$$

$$\begin{array}{cccc} * & * & * & * \\ 4) (Z,D) \sim [(R,J) \sim (S,F)] = [(Z,D) \sim (R,J)] \tilde{\cup} [(S,F) \sim (Z,D)] & & & \\ \theta & + & \gamma & \theta \end{array}$$

ii) Right-distribution of complementary soft binary piecewise theta (θ) operation over complementary soft binary piecewise operations :

$$1) [(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (R,J)] \underset{\theta}{\sim} (S,F) = [(Z,D) \tilde{\setminus} (S,F)] \tilde{\cup} [(R,J) \tilde{\setminus} (S,F)]$$

Proof: Let $(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (R,J) = (M,D)$, so $\forall t \in D$,

$$M(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J \\ Z'(t) \cap R'(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

Let $(M,D) \underset{\theta}{\sim} (S,F) = (N,D)$, so $\forall t \in D$,

$$N(t) = \begin{cases} M'(t), & t \in D \setminus F \\ M'(t) \cap S'(t), & t \in D \cap F \end{cases}$$

Thus,

$$N(t) = \begin{cases} Z(t), & t \in (D \setminus J) \setminus F = D \cap J' \cap F' \\ Z(t) \cup R(t), & t \in (D \cap J) \setminus F = D \cap J \cap F' \\ Z(t) \cap S'(t), & t \in (D \setminus J) \cap F = D \cap J' \cap F \\ [Z(t) \cup R(t)] \cap S'(t), & t \in D \cap J \cap F = D \cap J \cap F \end{cases}$$

Now let's handle the right hand side of the equality: $[(Z,D) \tilde{\setminus} (S,F)] \tilde{\cup} [(R,J) \tilde{\setminus} (S,F)]$. Let $(Z,D) \tilde{\setminus} (S,F) = (V,D)$, so $\forall t \in D$,

$$V(t) = \begin{cases} Z(t), & t \in D \setminus F \\ Z(t) \cap S'(t), & t \in D \cap F \end{cases}$$

Let $(R,J) \tilde{\setminus} (S,F) = (W,J)$, so $\forall t \in J$,

$$W(t) = \begin{cases} R(t), & t \in J \setminus F \\ R(t) \cap S'(t), & t \in J \cap F \end{cases}$$

Let $(V,D) \tilde{\cup} (W,J) = (T,D)$, so $\forall t \in D$,

$$T(t) = \begin{cases} V(t), & t \in D \setminus J \\ V(t) \cap W(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

Thus,

$$T(t) = \begin{cases} Z(t), & t \in (D \setminus F) \setminus J = D \cap J' \cap F' \\ Z(t) \cap S'(t), & t \in (D \cap F) \setminus J = D \cap J' \cap F \\ Z(t) \cup R(t), & t \in (D \setminus F) \cap (J \setminus F) = D \cap J \cap F' \\ Z(t) \cup [R(t) \cap S'(t)], & t \in (D \setminus F) \cap (J \cap F) = \emptyset \\ [Z(t) \cap S'(t)] \cup R(t), & t \in (D \cap F) \cap (J \setminus F) = \emptyset \\ [Z(t) \cap S'(t)] \cup [R(t) \cap S'(t)], & t \in (D \cap F) \cap (J \cap F) = D \cap J \cap F \end{cases}$$

It is seen that $N=T$.

$$2) \begin{matrix} * & * \\ (Z,D) \sim (R,J) \end{matrix} \sim \begin{matrix} * & * \\ (S,F) \end{matrix} = [(Z,D) \tilde{\setminus} (S,F)] \tilde{\cap} [(R,J) \tilde{\setminus} (S,F)]$$

$$3) \begin{matrix} * & * \\ (Z,D) \sim (R,J) \end{matrix} \sim \begin{matrix} * & * \\ (S,F) \end{matrix} = [(Z,D) \tilde{\setminus} (S,F)] \tilde{\cap} [(R,J) \sim (S,F)] \text{ where } D \cap J \cap F = \emptyset$$

$$4) \begin{matrix} * & * \\ (Z,D) \sim (R,J) \end{matrix} \sim \begin{matrix} * & * \\ (S,F) \end{matrix} = [(Z,D) \tilde{\setminus} (S,F)] \tilde{\cup} [(R,J) \tilde{\theta} (S,F)] \text{ where } D \cap J \cap F' = \emptyset$$

4.5. Distribution of complementary soft binary piecewise theta (θ) operation over restricted soft set operations:

i) Left-distribution of complementary soft binary piecewise theta (θ) operation over restricted soft set operations:

$$1) \begin{matrix} * \\ (Z,D) \sim \end{matrix} \begin{matrix} * \\ (R,J) \cap_R (S,F) \end{matrix} = \begin{matrix} * \\ (Z,D) \sim (R,J) \end{matrix} \cup_R \begin{matrix} * \\ (Z,D) \sim (S,F) \end{matrix}.$$

Proof: Let first handle the left hand side of the equality, suppose $(R,J) \cap_R (S,F) = (M, J \cap F)$ and

so $\forall t \in J \cap F, M(t) = R(t) \cap S(t)$. Let $(Z,D) \sim (M, J \cap F) = (N,D)$, so $\forall t \in D,$

$$N(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus (J \cap F) \\ Z'(t) \cap M'(t), & t \in D \cap (J \cap F) \end{cases}$$

Hence,

$$N(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus (J \cap F) \\ Z'(t) \cap [R'(t) \cup S'(t)], & t \in D \cap (J \cap F) \end{cases}$$

Now let's handle the right hand side of the equality: $[(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (R,J)] \underset{\theta}{\cup_R} [(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (S,F)]$. Let

$(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (R,J) = (V,D)$, so $\forall t \in D$,

$$V(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus J \\ Z'(t) \cap R'(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

Let $(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (S,F) = (W,D)$, so $\forall t \in D$,

$$W(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus F \\ Z'(t) \cap S'(t), & t \in D \cap F \end{cases}$$

Assume that $(V,D) \cup_R (W,D) = (T,D)$, and so $\forall t \in D$, $T(t) = V(t) \cup W(t)$,

$$T(t) = \begin{cases} Z'(t) \cup Z'(t), & t \in (D \setminus J) \cap (D \setminus F) \\ Z'(t) \cup [Z'(t) \cap S'(t)], & t \in (D \setminus J) \cap (D \cap F) \\ [Z'(t) \cap R'(t)] \cup Z'(t), & t \in (D \cap J) \cap (D \setminus F) \\ [Z'(t) \cap R'(t)] \cup [Z'(t) \cap S'(t)], & t \in (D \cap J) \cap (D \cap F) \end{cases}$$

Hence,

$$T(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \cap J' \cap F' \\ Z'(t), & t \in D \cap J' \cap F \\ Z'(t), & t \in D \cap J \cap F' \\ [Z'(t) \cap R'(t)] \cup [Z'(t) \cap S'(t)], & t \in D \cap J \cap F \end{cases}$$

Considering the parameter set of the first equation of the first row, that is, $D \setminus (J \cap F)$; since $D \setminus (J \cap F) = D \cap (J \cap F)'$, an element in $(J \cap F)'$ may be in $J \setminus F$, in $F \setminus J$ or $(J \cup F)'$. Then, $D \setminus (J \cap F)$ is equivalent to the following 3 states: $D \cap (J \cap F)'$, $D \cap (J' \cap F)$ and $D \cap (J \cap F')$. Hence, (1)=(2)

$$\mathbf{2) } (Z,D) \underset{\theta}{\sim} [(R,J) \cup_R (S,F)] = [(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (R,J)] \underset{\theta}{\cup_R} [(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (S,F)] \text{ where } D \cap J \cap F = \emptyset$$

$$\mathbf{3) } (Z,D) \underset{\theta}{\sim} [(R,J) \theta_R (S,F)] = [(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (R,J)] \underset{\theta}{\cup_R} [(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (S,F)].$$

$$\mathbf{4) } (Z,D) \underset{\theta}{\sim} [(R,J) * _R (S,F)] = [(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (R,J)] \underset{\theta}{\cup_R} [(Z,D) \underset{\theta}{\sim} (S,F)], \text{ where } D \cap J \cap F = \emptyset.$$

$$5) \begin{matrix} * \\ (Z,D) \sim \\ \theta \end{matrix} [(R,J)\gamma_R(S,F)] = \begin{matrix} * \\ (Z,D) \sim (R,J) \\ \gamma \end{matrix} \cup_R \begin{matrix} * \\ (Z,D) \sim (S,F) \\ \theta \end{matrix}, \text{ where } D \cap J \cap F = \emptyset.$$

$$6) \begin{matrix} * \\ (Z,D) \sim \\ \theta \end{matrix} [(R,J)\lambda_R(S,F)] = \begin{matrix} * \\ (Z,D) \sim (R,J) \\ \theta \end{matrix} \cup_R \begin{matrix} * \\ (Z,D) \sim (S,F) \\ \gamma \end{matrix}, \text{ where } D \cap J \cap F = \emptyset.$$

$$7) \begin{matrix} * \\ (Z,D) \sim \\ \theta \end{matrix} [(R,J)\backslash_R(S,F)] = \begin{matrix} * \\ (Z,D) \sim (R,J) \\ \theta \end{matrix} \cup_R \begin{matrix} * \\ (Z,D) \sim (S,F) \\ \gamma \end{matrix}.$$

$$8) \begin{matrix} * \\ (Z,D) \sim \\ \theta \end{matrix} [(R,J)+_R(S,F)] = \begin{matrix} * \\ (Z,D) \sim (R,J) \\ \gamma \end{matrix} \cup_R \begin{matrix} * \\ (Z,D) \sim (S,F) \\ \theta \end{matrix}, \text{ where } D \cap J \cap F = \emptyset.$$

ii) Right-distribution of complementary soft binary piecewise theta (θ) operation over restricted soft set operations:

$$1) \begin{matrix} * \\ (Z,D) \cup_R (R,J) \sim \\ \theta \end{matrix} (S,F) = \begin{matrix} * \\ (Z,D) \sim (S,F) \\ \theta \end{matrix} \cap_R \begin{matrix} * \\ (R,J) \sim (S,F) \\ \theta \end{matrix}.$$

Proof: Let first handle the left hand side of the equality, suppose $(Z,D) \cup_R (R,J) = (M,D \cap J)$ so,

$$\forall t \in D \cap J, M(t) = Z(t) \cup_R(t). \text{ Let } \begin{matrix} * \\ (M,D \cap J) \sim \\ \theta \end{matrix} (S,F) = (N,D \cap J), \text{ so } \forall t \in D \cap J,$$

$$N(t) = \begin{cases} M'(t), & t \in (D \cap J) \setminus F \\ M'(t) \cap S'(t), & t \in (D \cap J) \cap F \end{cases}$$

Hence,

$$N(t) = \begin{cases} Z'(t) \cap R'(t), & t \in (D \cap J) \setminus F = D \cap J \cap F' \\ [Z'(t) \cap R'(t)] \cap S'(t), & t \in (D \cap J) \cap F \end{cases}$$

Now let's handle the right hand side of the equality, $\begin{matrix} * \\ (Z,D) \sim (S,F) \\ \theta \end{matrix} \cap_R \begin{matrix} * \\ (R,J) \sim (S,F) \\ \theta \end{matrix}$. Let

$$\begin{matrix} * \\ (Z,D) \sim (S,F) = (V,D), \text{ so } \forall t \in D, \\ \theta \end{matrix}$$

$$V(t) = \begin{cases} Z'(t), & t \in D \setminus F \\ Z'(t) \cap S'(t), & t \in D \cap F \end{cases}$$

$$\text{Let } \begin{matrix} * \\ (R,J) \sim (S,F) = (W,J), \text{ so } \forall t \in J, \\ \theta \end{matrix}$$

$$W(t) = \begin{cases} R'(t), & t \in J \setminus F \\ R'(t) \cap S'(t), & t \in J \cap F \end{cases}$$

Suppose that $(V, D) \cap_R (W, J) = (T, D \cap J)$, so $\forall t \in D \cap J$, $T(t) = V(t) \cap W(t)$,

$$T(t) = \begin{cases} Z'(t) \cap R'(t), & t \in (D \setminus F) \cap (J \setminus F) = D \cap J \cap F' \\ Z'(t) \cap [R'(t) \cap S'(t)], & t \in (D \setminus F) \cap (J \cap F) = \emptyset \\ [Z'(t) \cap S'(t)] \cap R'(t), & t \in (D \cap F) \cap (J \setminus F) = \emptyset \\ [Z'(t) \cap S'(t)] \cap [R'(t) \cap S'(t)], & t \in (D \cap F) \cap (J \cap F) = D \cap J \cap F \end{cases}$$

It is seen that $N = T$.

$$2) [(Z, D) \cap_R (R, J)] \underset{\theta}{\sim} (S, F) = [(Z, D) \underset{\theta}{\sim} (S, F)] \cup_R [(R, J) \underset{\theta}{\sim} (S, F)].$$

$$3) (Z, D) \underset{\theta}{*} (R, J) \underset{\theta}{\sim} (S, F) = [(Z, D) \underset{\theta}{\sim} (S, F)] \cap_R [(R, J) \underset{\theta}{\sim} (S, F)].$$

$$4) [(Z, D) \underset{\theta}{\sim} (R, J)] \underset{\theta}{*} (S, F) = [(Z, D) \underset{\theta}{\sim} (S, F)] \cup_R [(R, J) \underset{\theta}{\sim} (S, F)].$$

5. Conclusion

The concept of soft set operations is an essential concept similar to fundamental operations on numbers and basic operations on sets. Soft set operations are the operations that are applied on two or more soft sets to develop a relationship between them. The operations in soft set theory have proceeded under two main headings up to now, as restricted soft set operations and extended soft set operations. In this paper, we contribute to the soft set literature by defining a new kind of soft set operation which we call complementary soft binary piecewise theta operation. The basic algebraic properties of the operations are investigated. Moreover by examining the distribution rules, we obtain the relationships between this new soft set operation and other types of soft set operations such as extended soft set operations, complementary extended soft set operations, soft binary piecewise operations, complementary soft binary piecewise operations and restricted soft set operations. This paper can be regarded as a theoretical study for soft sets and some future studies may continue by examining the distributions of other soft set operations over complementary soft binary piecewise theta operation and some new types of soft set operations can be defined in the following studies. Also, this research is to serve as a basis for many applications, especially decision making cryptography. Since soft set is a powerful mathematical tool for uncertain object detection, with this study, researchers may suggest some new encryption based on soft sets and also studies

on the soft algebraic structures may be handled again as regards the algebraic properties by the operation defined in this paper.

Author's Contribution

The contribution of authors is equal.

Conflict of Interest

The authors have declared that there is no conflict of interests.

References

Akbulut E., 2024. New type of extended operations of soft set: Complementary extended lambda and difference operations. Amasya University The Graduate School of Natural and Applied Sciences Master of Science in Mathematics Department, Amasya.

Ali MI, Feng F, Liu X, Min WK., Shabir M., 2009. On some new operations in soft set theory. *Computers and Mathematics with Applications*, 57(9): 1547-1553.

Aybek F., 2024. New restricted and extended soft set operations. Amasya University The Graduate School of Natural and Applied Sciences Master of Science in Mathematics Department, Amasya.

Ayub S, Shabir M, Riaz M, Aslam M, Chinram R., 2021. Linear diophantine fuzzy relations and their algebraic properties with decision making. *Symmetry*, 13(6): 945.

Çağman N., 2021. Conditional complements of sets and their application to group theory. *Journal of New Results in Science*, 10(3): 67-74.

Demirci AM., 2024. New type of extended operations of soft set: Complementary extended plus, union and theta operations. Amasya University The Graduate School of Natural and Applied Sciences Master of Science in Mathematics Department, Amasya.

Eren ÖF., 2019. On some operations of soft sets, Ondokuz Mayıs University The Graduate School of Natural and Applied Sciences Master of Science in Mathematics Department, Samsun.

Maji PK, Bismas R, Roy AR., 2003. Soft set theory. *Computers and Mathematics with Applications*, 45(1): 555-562.

Molodtsov D., 1999. Soft set theory-first results. *Computers and Mathematics with Applications*, 37(1): 19-31.

Pei D, Miao D., 2005. From soft sets to information systems. In: *Proceedings of Granular Computing*. IEEE, 2: 617-621.

Riaz M, Farid HMA., 2023. Linear diophantine fuzzy aggregation operators with multi-criteria decision-making. *Journal of Computational and Cognitive Engineering*, 1–12.

Riaz M, Hashmi, MR., 2019. Linear diophantine fuzzy set and its applications towards multi-attribute decision-making problems. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 37: 5417-5439.

Riaz M, Hashmi MR, Pamucar D, Chu Y., 2021. Spherical linear diophantine fuzzy sets with modeling uncertainties in MCDM. *Computer Modeling in Engineering and Sciences*, 126: 1125-1164.

Saralioğlu M., 2024. New type of extended operations of soft set: Complementary extended gamma, intersection and star operations. *Amasya University The Graduate School of Natural and Applied Sciences Master of Science in Mathematics Department, Amasya*.

Sezgin A, Atagün AO., 2011. On operations of soft sets. *Computers and Mathematics with Applications*, 61(5): 1457-1467.

Sezgin A, Atagün AO., 2023. New soft set operation: Complementary soft binary piecewise plus operation. *Matrix Science Mathematics*, 7(2): 110-127.

Sezgin A, Aybek F., 2023. New soft set operation: Complementary soft binary piecewise gamma operation. *Matrix Science Mathematic*, 7(1): 27-45.

Sezgin A, Aybek F., Atagün AO., 2023a. New soft set operation: Complementary soft binary piecewise intersection operation. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 6(4): 330-346.

Sezgin A, Aybek F., Güngör NB., 2023b. New soft set operation: Complementary soft binary piecewise union operation. *Acta Informatica Malaysia*, (7)1: 38-53.

Sezgin A, Çağman N, Atagün AO, Aybek F., 2023c. Complementary binary operations of sets and their application to group theory, *Matrix Science Mathematic*, 7(2): 99-106.

Sezgin A., Dagtoros K., 2023. Complementary soft binary piecewise symmetric difference operation: A novel soft set operation. *Scientific Journal of Mehmet Akif Ersoy University*, 6 (2):31-45.

Sezgin A, Demirci AM., 2023. New soft set operation: Complementary soft binary piecewise star operation, *Ikonion Journal of Mathematics*, 5(2): 24-52.

Sezgin A, Shahzad A, Mehmood A., 2019. New operation on soft sets: Extended difference of soft sets. *Journal of New Theory*, 27: 33-42.

Sezgin A, Yavuz E., 2023a. A new soft set operation: Soft binary piecewise symmetric difference operation. *Necmettin Erbakan University Journal of Science and Engineering*, (5)2: 150-168.

Sezgin A, Yavuz E., 2023b. New soft set operation: Complementary soft binary piecewise lambda operation. *Sinop University Journal of Natural Sciences*, 8(2): 101-133.

Stojanovic NS., 2021. A new operation on soft sets: Extended symmetric difference of soft sets. *Military Technical Courier*, 69(4): 779-791.

Yavuz E., 2024. Soft binary piecewise operations and their properties, Amasya University The Graduate School of Natural and Applied Sciences Master of Science in Mathematics Department, Amasya.



Beslenme Dersi Alan Önlisans Öğrencilerinin Sağlıklı Beslenme Tutumlarının İncelenmesi: Iğdır Üniversitesi Örneği*

Rabia ACEMİOĞLU^{1**}

¹Iğdır Üniversitesi, Tuzluca Meslek Yüksekokulu, Iğdır

¹<https://orcid.org/000-0003-4369-2986>

**Sorumlu yazar: rabia.acemioglu@igdir.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 15.06.2023

Kabul tarihi: 18.12.2023

Online Yayınlanma: 10.06.2024

Anahtar Kelimeler

Paket gıda

Eğitim

Etiket okuma

Medya

Besin

ÖZ

Bu çalışmada, üniversite öğrencilerinin beslenmeye yönelik tutumları farklı değişkenler açısından incelenmiştir. Çalışma genel tarama modeli ile desenlenip, çalışmanın verilerini toplamak için 21 maddeden oluşan “Sağlıklı Beslenmeye İlişkin Tutum Ölçeği (SBİTÖ)” kullanılmıştır. Araştırma 2020-2021 eğitim öğretim döneminde Iğdır üniversitesinde öğrenim görmekte olup, beslenme dersi alan 203 ön lisans öğrencisi ile yürütülmüştür. Bu öğrenciler ulaşılabilirliğin kolay olması açısından Tuzluca Meslek Yüksekokulu’nda beslenme dersinin bulunduğu çocuk gelişimi, spor yönetimi, engelli bakım ve rehabilitasyon programından seçilmiştir. Araştırmadan elde edilen verilerin analizinde betimsel istatistikler, bağımsız örneklem t testi ve tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi kullanılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar; üniversite öğrencilerinin sağlıklı beslenmeye yönelik tutumlarının cinsiyet değişkenine göre öğrencilerin SBİTÖ puan ortalamaları açısından gruplar arasında istatistiki olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Araştırmadan elde edilen bulgular SBİTÖ puan ortalamalarının tok iken yemek yemeyen, paket gıda tüketmeyen, besin etiket bilgisi okuyan, sigara kullanmayan öğrencilerin lehine anlamlı farklılık göstermiştir. Sosyal medya kaynaklarını beslenmeyle ilgili bilgi edinmek amaçlı kullanıp kullanmama değişkenine göre SBİTÖ puan ortalamaları açısından (evet-bazen) grupları arasında sosyal medyayı beslenmeyle ilgili takip edenlerin lehine istatistiki olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Öğrenim görülen program değişkenine göre ise öğrencilerin SBİTÖ puan ortalamalarının anlamlı şekilde farklılaştığı ve bu farklılığın engelli bakım ve rehabilitasyon programı öğrencilerinin lehine olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonucunda ön lisans öğrencilerinin genelinin yüksek düzeyde sağlıklı beslenme tutumuna sahip olduğu belirlenmiştir.

*Bu çalışma, 11/11/2020 tarih 29 sayı ile Iğdır Üniversitesi Etik Kurul’undan izin alınarak gerçekleştirilmiştir.

Investigation of Healthy Nutrition Attitudes of Associate Degree Students Taking Nutrition Course: The Case of Iğdır University

Research Article

Article History:

Received: 15.06.2023

Accepted: 18.12.2023

Available online: 10.06.2024

Keywords:

Package food

Education

Tag reading

Media

Food

ABSTRACT

In this study, university students' attitudes towards nutrition were examined in terms of different variables. The study was designed with a general screening model and the "Attitude Scale towards Healthy Nutrition (HBITS)" consisting of 21 items was used to collect the data of the study. The research was conducted with 203 associate degree students studying at Iğdır University in the 2020-2021 academic year and taking nutrition courses. These students were selected from the child development, sports management, disabled care and rehabilitation program at Tuzluca Vocational School, where nutrition courses are available, for ease of accessibility. Descriptive statistics, independent sample t test and one-way analysis of variance (ANOVA) test were used to analyze the data obtained from the research. Results obtained from the research; According to the gender variable of university students' attitudes towards healthy eating, there was no statistically significant difference between the groups in terms of the students' SBITS mean scores. The findings obtained from the research showed a significant difference in the SBIÖ score averages in favor of students who do not eat when full, do not consume packaged food, read nutritional label information, and do not smoke. According to the variable of whether or not they use social media resources to obtain information about nutrition, a statistically significant difference was found between the SBITS mean scores (yes-sometimes) in favor of those who follow social media on nutrition. It was determined that the students' SBIÖ score averages differed significantly according to the program variable and this difference was in favor of the disabled care and rehabilitation program students. As a result of the research, it was determined that the majority of associate degree students had a high level of healthy nutrition attitudes.

To Cite: Acemioğlu R., 2024. Beslenme dersi alan önlisans öğrencilerinin sağlıklı beslenme tutumlarının incelenmesi: Iğdır Üniversitesi örneği. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(2): 358-373.

Giriş

Sağlıklı yaşam süreci bireyi ruhsal, sosyal, fizyolojik olarak etkiler. Bireyin sosyal, ruhsal veya fizyolojik olarak yaşayacağı bir eksiklik, yaşam sürecini ve metabolik faaliyetleri etkisi altına alabilir. Metabolik faaliyetler yaşamın devamı için gerekli olan yapım ve yıkım olaylarının tamamı şeklinde ifade edilir (Güneş, 2010). Yaşamın devamı için gerekli olan beslenme olgusu da metabolik faaliyetlerle ilişkilidir. Çünkü beslenmeyle alınan organik veya inorganik maddeler metabolik faaliyetlerin çoğunda yaşamsal rol oynar (onarıcı, düzenleyici, katalizör vb.). Bu bağlamda bireyin tükettiği besinlere dikkat etmesi önem taşır. Ancak bireyin tüketeceği besinlere yönelik yaklaşımları sosyal çevre, kültür, inanç, sağlık, sağlıklı beslenmeye karşı tutum vb. faktörler çerçevesinde farklılık gösterir (McGuire, 1976). Ekonomik durum, çevresel şartların hijyenik durumu, metabolik rahatsızlıklar, hatalı beslenme şekilleri gibi etkenler de sağlıklı beslenme konusundaki tutumlara etki eder (Mutcalı-Kuran, 2021). Dolayısıyla sağlıklı beslenme olgusuna yönelik tutumların birden fazla faktörle etkileşim içinde olduğu söylenebilir. Bu çerçevede sağlıklı beslenme tutumlarının olumlu seyredebilmesi için çevresel faktörlerin iyilik halinin minimum düzeyde sağlanması gerekir. Bu

olumlu tutumların, beslenme okuryazarlığını pozitif yönde geliştirdiği söylenebilir. Zaten Carruth ve ark., (1977) beslenmeye yönelik tutumlar ile olumlu beslenme alışkanlıklarının kazanılması arasında pozitif bir ilişki olduğunu ifade eder.

Sağlıklı beslenmeye ilişkin tutumların olumlu yönde geliştirilmesi açısından erken çocukluk döneminde kazanılan beslenme alışkanlıkları önemlidir. Sürdürülebilir sağlık için erken çocukluk döneminde olumlu beslenme tutumlarının oluşması beslenme alışkanlıklarının şekillenmesiyle bağlaşıklık bir durumdadır. Ancak beslenme alışkanlıklarının şekillenmesinde erken çocukluk dönemi kadar sosyal çevre de etkilidir (Şahin, 2015). Sosyal çevreden kolaylıkla etkilenen çocuklar hem biyolojik hem de duygusal bakımdan yetersiz olup ruhsal ve fiziksel gelişim evrelerinde ise gelişimsel olumsuzluklarla karşı karşıya kalabilir ki bu durum sağlıklı beslenme ile önlenebilir (Satan, 2019). Çünkü sağlıklı beslenme çocukların ruhsal ve fiziksel sağlık düzeyi ile ilişkilidir (Gümüş-Şekerci, 2019). Ayrıca çocukluk döneminde kazanılan beslenme alışkanlıkları adölesan (ergen) dönemdeki beslenme durumuyla da bağlantılıdır (Sarıdağ-Devran ve Kızıltan, 2018). Çocukluk ve ergenlik dönemlerindeki beslenme alışkanlıkları yetişkinlik döneminde de devam edeceğinden yaşamın metabolik evrelerini etkileyen bir faktör olarak nitelendirilebilir (Emmet ve Jones, 2015). Birbirlerini destekler nitelikte olan evrelerin ilerleme sürecinde olumlu sağlıklı beslenme tutumlarının kazanılmasıyla yaşam ve sağlık kalitesi yükselir. Gelişimin bir bütün olduğu göz önüne alındığında ise sağlıklı beslenme, sağlık, kaliteli yaşam ilişkisi doğumdan ölüme kadar önem teşkil eden bir durum halini alır.

Çocukluk ve ergenlik dönemi kadar yetişkinlik dönemi de beslenme alışkanlıkları bakımından risk taşıyan bir dönemdir. Genç yetişkin olarak nitelendirilen üniversite gençliğinin beslenme alışkanlıkları değişimine daha açık olması yetişkinlik döneminin riskli olduğunu destekler niteliktedir (Ermış ve ark., 2014). Çünkü üniversite dönemiyle beraber öğrenciler yeni bir dönemin kapısını aralar ve dış etkilere daha açık hale gelir. Dışsal faktörlerin seyrini olumlu yönde ilerletecek şekilde eylemde bulunmak bu bağlamda önemlidir. Çünkü üniversite gençliği sürdürülebilir insan kaynakları açısından geleceğin önemli bir bölümünü oluşturur (Orak ve ark., 2006). Bu yüzden üniversite gençliğinin kendi sağlığını koruyarak sağlıklı beslenme alışkanlıklarına sahip olması toplum rol modeli bakımından mihenk görevi görür (Vançelik ve ark., 2007). Aynı zamanda sağlığı koruyarak yaşam kalitesini yükseltmek, yeterli ve dengeli beslenmek, beslenme okuryazarı olmak toplum sağlığının geleceği açısından da önemlidir. Beslenme eğitiminin bu kapsamda rolü büyüktür. Beslenme eğitimi ile kısa vadede olumlu davranış değişikliğinin oluşturulabileceği (Richards ve ark., 2006; Ha ve Caine-Bish, 2011) ve bireylerin sağlıklı beslenmeye karşı daha olumlu tutumlar geliştireceği düşünülebilir. Bu

sebeple bu çalışmada bir devlet üniversitesinin önlisans çocuk gelişimi, spor yönetimi, engelli bakım ve rehabilitasyon programlarında öğrenim görmekte olup, beslenme dersi alan üniversite gençliğinin sağlıklı beslenmeye ilişkin tutumlarının farklı değişkenler açısından incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın amacı doğrultusunda üniversite gençliğinin beslenme sorunlarına yönelik daha kalıcı çözümlerin üretilebileceği düşünülmüştür. Bundan dolayı bu araştırmada aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aranmıştır;

- Beslenme dersi alan ön lisans öğrencilerinin SBİTÖ toplam puan ortalamaları cinsiyete göre anlamlı farklılık göstermekte midir?
- Beslenme dersi alan ön lisans öğrencilerinin SBİTÖ toplam puan ortalamaları tok iken yemek yiyip yememe değişkenine göre anlamlı farklılık göstermekte midir?
- Beslenme dersi alan ön lisans öğrencilerinin SBİTÖ toplam puan ortalamaları paket gıda tüketip tüketmeme değişkenine göre anlamlı farklılık göstermekte midir?
- Beslenme dersi alan ön lisans öğrencilerinin SBİTÖ toplam puan ortalamaları besin satın alırken etiket bilgisi okuyup okumama değişkenine göre anlamlı farklılık göstermekte midir?
- Beslenme dersi alan ön lisans öğrencilerinin SBİTÖ toplam puan ortalamaları öğrenim gördükleri program değişkenine göre anlamlı farklılık göstermekte midir?
- Beslenme dersi alan ön lisans öğrencilerinin SBİTÖ toplam puan ortalamaları beslenmeyle ilgili bilgi edinmede sosyal medya kanallarını takip edip etmeme değişkenine göre anlamlı farklılık göstermekte midir?
- Beslenme dersi alan ön lisans öğrencilerinin SBİTÖ toplam puan ortalamaları sigara kullanıp kullanmama değişkenine göre anlamlı farklılık göstermekte midir?

Materyal ve Metod

Araştırmanın bu bölümünde araştırmanın hangi modelle desenlediğine, araştırmanın çalışma grubuna ve istatistiki analizlere ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

Etik Kurul Kararı

Bu çalışmada “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması belirtilen tüm kurallara uyulmuştur. Yönergenin ikinci bölümü olan “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbiri gerçekleştirilmemiştir. Bu çalışma, 11/11/2020 tarih 29 sayı ile Iğdır Üniversitesi Etik Kurul’undan izin alınarak gerçekleştirilmiştir.

Araştırma Modeli

Bu araştırmada, farklı önlisans programlarında öğrenim gören ve beslenme dersi alan öğrencilerin sağlıklı beslenmeye yönelik tutumlarından yola çıkarak çalışma grubunun sağlıklı beslenme tutumlarına ilişkin genel bir yargıya varmak amacıyla nicel araştırma modellerinden genel tarama modeli kullanılmıştır. Genel tarama modeli mevcut duruma ilişkin araştırma sorularını test etmek amacıyla anket, ölçek, görüşme, gözlem gibi veri toplama tekniklerinin kullanıldığı araştırma modelidir (Balcı, 2018).

Çalışma grubu

Araştırmanın çalışma grubunu; beslenmeyle ilgili eğitimlerin beslenme davranışlarını, tutumlarını ve alışkanlıklarını şekillendirdiği göz önüne alındığında kolay ulaşılabilirlik açısından 2020-2021 yılında Iğdır Üniversitesi Tuzluca Meslek Yüksekokulu ön lisans programlarında (çocuk gelişimi programı, spor yönetimi programı, engelli bakım ve rehabilitasyon programı) hem öğrenim görmekte olan hem de beslenme dersi alan 203 öğrenci oluşturmuştur.

Veri toplama aracı

Bu araştırmada veri toplama aracı olarak Tekkurşun-Demir ve Cicioğlu (2019) tarafından geliştirilen “*Sağlıklı Beslenmeye İlişkin Tutum Ölçeği (SBİTÖ)*” kullanılmıştır. SBİTÖ, 5’li likert tipinde olup, 21 madde ve dört alt faktörden oluşmaktadır. SBİTÖ’nün alt faktörleri “*Beslenme Hakkında Bilgi (BHB)*”, “*Beslenmeye Yönelik Duygu (BYD)*”, “*Olumlu Beslenme (OB)*” ve “*Kötü Beslenme (KB)*” şeklindedir. SBİTÖ’den alınacak toplam minimum puan 21, maksimum puan ise 105’tir. 21 puan çok düşük, 23-42 aralığı puanlar düşük, 43-63 aralığındaki puanlar orta, 64-84 aralığında yer alan puanlar yüksek, 85-110 aralığındaki puanlar ise ideal düzeyde yüksek sağlıklı beslenmeye ilişkin tutumu gösterir. SBİTÖ’nün cronbach alpha güvenilirlik katsayısı hesaplanmamış ancak alt boyutlarına ilişkin cronbach alpha güvenilirlik katsayısı hesaplanmıştır. Tekkurşun-Demir ve Cicioğlu (2019) SBİTÖ’nün BHB alt boyutuna ilişkin cronbach alpha değeri 0,81; BYD alt boyutuna yönelik cronbach alpha değeri 0,79; OB alt boyutuna yönelik cronbach alpha değeri 0,68 ve KB alt boyutuna ilişkin cronbach alpha değeri 0,80 olarak hesaplamıştır.

Verilerin analizi

Bu araştırmadan elde edilen verilerin analizinde SPSS demo programından yararlanılmıştır. Elde edilen veriler öncelikle normallik analizine tabi tutularak $N > 50$ olduğu

için Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmış, verilerin çarpıklık (Skewness) ve basıklık (Kurtosis) değerleri, ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum puan gibi betimsel istatistikler yapılmıştır. Betimsel istatistiklere ilişkin bilgiler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. SBİTÖ’ye ilişkin betimsel istatistikler

Betimsel istatistikler	SBİTÖ
Ortalama (X)	73,84
Standart Sapma (Ss.)	11,062
Kolmogorov-Smirnov	0,018
Çarpıklık (Skewness)	0,171
Basıklık (Kurtosis)	0,340
Minimum Puan	45
Maximum Puan	105

Tablo 1’e göre üniversite öğrencilerinin SBİTÖ’ den aldıkları puanlar 45 ile 105 arasında değişim göstermiştir. SBİTÖ’ den elde edilen puanların ortalaması 73,84, standart sapma değeri 11,062’tür. Verilerin çarpıklık (skewness) değeri 0,171; basıklık (kurtosis) değeri 0,340 olup, Kolmogorov-Smirnov için p değeri ,018’dir ($p < ,05$). Tabachnick ve Fidell (2013)’e göre çarpıklık ve basıklık değerlerinin -1,5 ile 1,5 arasında ve Kolmogrov Smirnov değerinin ,05’ten küçük durumunda verilerin normal dağıldığı kabul edilebilir.

Daha sonra elde edilen veriler üzerinden güvenilirlik analizi yapılmıştır. Mevcut çalışmada SBİTÖ’nün ve alt boyutlarının iç tutarlılık katsayıları tekrar hesaplanmıştır. Hesaplamaya ilişkin bilgiler Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. SBİTÖ ve alt boyutlara ilişkin cronbach alpha değerleri

Alt boyut	Maddeler	Cronbach alpha
Beslenme Hakkında Bilgi (BHB)	1, 2, 3, 4, 5.	0,92
Beslenmeye Yönelik Duygu (BYD)	6, 7, 8, 9, 10, 11	0,71
Olumlu Beslenme (OB)	12, 13, 14, 15, 16	0,85
Kötü Beslenme (KB)	17, 18, 19, 20, 21	0,76
SBİTÖ		0,82

Tablo 2’ye göre SBİTÖ’nün genelini cronbach alpha değeri 0,82’dir. BHB alt boyutuna ilişkin cronbach alpha değeri 0,92; BYD alt boyutuna yönelik cronbach alpha değeri 0,71; OB alt boyutuna yönelik cronbach alpha değeri 0,85 ve KB alt boyutuna ilişkin cronbach alpha değeri ise 0,76 olarak belirlenmiştir. SBİTÖ’nün ve alt boyutlarının iç tutarlılık katsayısının 0,70 ve üzeri değere sahip olması SBİTÖ için yüksek güvenilirliği gösterir (Alpar, 2011; Tavşancıl, 2014) .

Güvenirlik analizinden sonra SBİTÖ’den alınan toplam puan ortalamaları ile demografik değişkenler arasındaki anlamlı farklılığın saptanması için ikili kümelerde parametrik testlerden

bağımsız gruplar t testi, ikiden fazla kümelerde ise tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır.

Bulgular

Araştırmanın bu bölümünde çalışma grubunun demografik özelliklerine ve SBİTÖ' den aldıkları toplam puanların farklı değişkenler açısından analizlerine ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

Araştırmaya katılan üniversite öğrencilerinin demografik özelliklerine ilişkin betimsel istatistikler Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3. Üniversite öğrencilerinin demografik özelliklerine ilişkin betimsel istatistikler

Değişkenler	Gruplar	f	%
Cinsiyet	Kadın	129	63,5
	Erkek	74	36,5
Tok iken yemek yiyip yememek	Evet	56	27,6
	Hayır	147	72,4
Paket gıda tüketip tüketmemek	Evet	170	83,7
	Hayır	33	16,3
Besin etiket bilgisi okuyup okumamak	Evet	145	71,4
	Hayır	58	28,6
Öğrenim görülen program	Çocuk gelişimi	80	39,4
	Spor yönetimi	40	19,7
	Engelli bakım ve rehabilitasyon	83	40,9
İnstagram, twitter, youtube gibi sosyal medya kanallarını beslenmeyle ilgili bilgi edinmek amaçlı takip edip etmemek	Evet	54	26,6
	Hayır	102	50,2
Sigara kullanıp kullanmamak	Bazen	47	23,2
	Evet	44	21,7
	Hayır	159	78,3

Tablo 3 incelendiğinde üniversite öğrencilerinin %63,5'i kadın, %36,5'i erkektir. Öğrencilerin büyük bir çoğunluğu (%72,4) aç olmadıkları zaman yemek yemediğini belirtirken, %27,6'sı aç olmadıkları zamanlarda da yemek yediklerini ifade etmişlerdir. Öğrencilerin %83,7'si paket gıda tüketmekte, %16,3'ü ise tüketmemekte; %71,4'ü besin satın alırken etiket bilgisi okurken, %28,6'sı okumamaktadır.

Tablo 3'e göre öğrencilerin %39,4'ü çocuk gelişimi, %19,7'si spor yönetimi ve %40,9'u ise engelli bakım ve rehabilitasyon programında öğrenim görmektedir. Öğrenciler beslenmeyle ilgili bilgilerini edinirken sosyal medya kanallarını kullanım dağılımı $X_{\text{evet}}=26,6$, $X_{\text{bazen}}=23,2$, $X_{\text{hayır}}=50,2$ şeklindedir. Öğrencilerin %26,6'sı sosyal medya kanallarını beslenmeyle ilgili bilgi edinmek amaçlı kullanırken, %50,2'si kullanmamakta, %23,2 ise bazen kullanmaktadır. Öğrencilerin %21,7'si sigara kullanırken, %78,3'ü kullanmamaktadır.

Üniversite öğrencilerinin SBİTÖ puan ortalamalarının farklı değişkenler açısından karşılaştırıldığı bağımsız örneklem t testi analiz sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Öğrencilerin demografik özelliklerine göre yapılan T- testi sonuçları

Değişkenler	Gruplar	N	\bar{x}	S.s	T testi		
					t	sd	p
Cinsiyet	Kadın	129	72,90	10,86	-,749	201	,455
	Erkek	74	74,11	11,43			
Tok iken yemek yiyip yememe	Evet	56	69,48	10,04	-3,133	201	,002
	Hayır	147	74,81	11,10			
Paket gıda tüketip tüketmeme	Evet	170	72,60	10,79	-2,183	201	,030
	Hayır	33	77,15	11,77			
Besin satın alırken etiket bilgisi okuyup okumama	Evet	145	75,51	11,32	5,304	143,54	,000
	Hayır	58	67,91	8,22			
Sigara kullanıp kullanmama	Evet	44	70,00	11,10	-2,287	201	,023
	Hayır	159	74,26	10,90			

Tablo 4 incelendiğinde üniversite öğrencilerinin sağlıklı beslenmeye ilişkin tutum düzeyleri ile cinsiyet ($p=,455$) değişkeni arasında bir farklılığın olmadığı görülmektedir. Toplam puan ortalamaları dikkate alındığında; erkek öğrencilerin kadın öğrencilere göre sağlıklı beslenme tutum düzeylerinin daha yüksek olduğu söylenebilir.

Tablo 4'e göre öğrencilerin tok iken yemek yiyip yememe ($p=,002$), paket gıda tüketip tüketmeme tüketimi ile sağlıklı beslenmeye ilişkin tutumları arasında anlamlı farklılığın olduğu görülmektedir ($p=,030$). Yine Tablo 3'te yer alan verilere göre öğrencilerin besin satın alırken etiket bilgisi okuyup okumama ($p=,000$), sigara kullanıp kullanmama ($p=,023$) değişkenlerine göre sağlıklı beslenmeye ilişkin tutumları arasında anlamlı farklılığın olduğu görülmektedir. Anlamlı farklılığın bulunduğu değişkenlerdeki grupların toplam puan ortalamaları incelendiğinde;

- Tok iken yemek yemeyen öğrencilerin yiyen öğrencilere ($\bar{x}_{\text{evet}}=69,48$, $\bar{x}_{\text{hayır}}=74,81$),

- Paket gıda tüketmeyen öğrencilerin tüketen öğrencilere ($\bar{x}_{\text{evet}}=72,60$, $\bar{x}_{\text{hayır}}=77,15$),

- Besin satın alırken etiket bilgisi okuyan öğrencilerin okumayan öğrencilere ($\bar{x}_{\text{evet}}=75,61$, $\bar{x}_{\text{hayır}}=67,91$),

- Sigara kullanmayan öğrencilerin kullanan öğrencilere ($\bar{x}_{\text{evet}}=70,00$, $\bar{x}_{\text{hayır}}=74,26$) göre sağlıklı beslenmeye ilişkin tutum düzeyleri daha yüksek ve bu farklılıklar istatistiki olarak anlamlıdır.

Üniversite öğrencilerinin SBİTÖ puan ortalamalarının farklı değişkenler açısından karşılaştırıldığı tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi analiz sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Öğrencilerin demografik özelliklerine göre yapılan ANOVA testi sonuçları

Değişken	Gruplar	N	\bar{x}	Ss.	F	p	Tukey Testi
İnstagram, twitter, youtube gibi sosyal medya kanallarını beslenmeyle ilgili bilgi edinmek amaçlı takip edip etmeme	Evet	54	75,56	11,47	3,724	,026	Evet > Bazen
	Hayır	102	73,78	11,14			
	Bazen	47	69,79	9,67			
Öğrenim görülen program	Çocuk gelişimi	80	73,88	11,88	2,923	,021	Engelli bakım ve rehabilitasyon programı> Çocuk gelişimi
	Spor yönetimi	40	59,69	8,56			
	Engelli bakım ve rehabilitasyon	83	76,81	12,62			

Tablo 5'e göre üniversite öğrencilerinin sağlıklı beslenmeyle ilgili bilgileri edinmede sosyal medya kaynaklarını kullanıp kullanmama durumuna ($p=,059$) göre sağlıklı beslenmeye ilişkin tutumları arasında anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir ($p=,026$). Farklılığın kaynağını test etmek için Post Hoc testlerinden Tukey testi kullanılmıştır. Farklılığın yönü (evet)-(bazen) şeklinde bulunmuştur. Anlamlı ilişkinin bulunduğu gruplar arasındaki puan ortalamaları dikkate alındığında anlamlı farklılık beslenmeyle ilgili bilgi edinmede sosyal medya kaynaklarının kullananların lehinedir ($\bar{x}_{\text{evet}}=75,56$, $\bar{x}_{\text{hayır}}=73,78$, $\bar{x}_{\text{bazen}}=69,79$).

Üniversite öğrencilerinin SBİTÖ toplam puan ortalamaları öğrenim görmekte oldukları programa göre anlamlı farklılık göstermektedir ($p =,021$). Farklılığın yönü engelli bakım ve rehabilitasyon programı ile çocuk gelişimi programı arasındadır olup engelli bakım ve rehabilitasyon programı lehinedir.

Tartışma ve Sonuç

Araştırmadan elde edilen bulgulara göre üniversite öğrencilerinin SBİTÖ'den aldıkları puan ortalamaları cinsiyete göre farklılaşmıştır. Erkek öğrenciler kadın öğrencilere göre daha yüksek sağlıklı beslenme tutumuna sahiptir. Bu durum öğrencilerin beslenme davranışlarının benzer olması, benzer coğrafi kültürde yetişmeleri ve benzer sosyo-ekonomik duruma sahip olmaları ile ilişkilendirilebilir. Aynı zamanda bu durum çalışmanın gerçekleştirildiği pandemi dönemiyle ilgili de olabilir. Çünkü pandemiyle beraber eğitim sürecinin çevrimiçi olması hareketsizliği beraberinde getirmiş olup beslenmeye yönelik tutumlar pandemi sürecinden etkilenmiştir. (Lou ve ark., 2018). Bu sebeple kadın öğrenciler hormonal yapı gereği olarak daha çok tükenmişlik ve kaygı yaşayarak beden algısına önem vermekten kaçınma davranışı sergilemiş olabilir. Beslenmeye yönelik tutumların kaygı, kaçınma gibi davranışlarla pozitif ilişkili olması (Cam-Celikel ve ark., 2008) erkek öğrencilerin lehine olan sağlıklı beslenme

tutumunu destekler niteliktedir. Alan yazında üniversite öğrencileriyle ilgili yer alan bazı çalışmalarda (Barzegari ve ark., 2011; Karaağaç, 2020; Ünal ve ark., 2020; Akyakar, 2021; Aydın, 2021; Dinç, 2021; Gülen ve ark., 2021; Hastaoğlu, 2021; Tekkurşun-Demir ve ark.,2021; Özenoğlu ve ark., 2021) beslenmeye ilişkin tutumların cinsiyete göre farklılık göstermemesi mevcut çalışma sonuçlarını destekler niteliktedir.

Üniversite öğrencilerinin tok iken yemek yiyip yememe durumuna göre SBİTÖ puan ortalamaları arasında önemli ölçüde bir farklılık bulunmadığı ve bu farklılığın tok iken yemek yemeyen öğrencilerin lehine olduğu görülmüştür. Bu durumda tok iken yemek yemeyen öğrencilerin; fiziksel açlık haricinde yemek yemenin sağlık problemlerini tetiklediği bilincine sahip oldukları ve bunu davranışa dönüştürdükleri söylenebilir. Tok iken yemek tüketen öğrenciler ise yemeklerin görünüşü ve kokusuyla sezgisel yeme davranışı sergiliyor olabilir Aynı zamanda tatmin olma, yemek yemekten haz alma, sorunları bir süreliğine ortadan kaldırma, olumsuz duygulardan kaçınma vb. faktörler de tok iken beslenen öğrencilerin davranış sebepleri sayılabilir. Bu çerçevede duygusal açlık ile ilgili bilimsel çalışmalar önemlidir. Çünkü duygusal açlık üniversite öğrencilerinde olumsuz beslenme tutumlarına neden olarak obeziteyi artırdığı ve duygusal açlığın yaş, cinsiyet, sınıf düzeyi vb. değişkenlere göre değişir (Lluch ve ark., 2000; Anschutz ve ark., 2008; Van ve ark., 2012).

SBİTÖ puan ortalamalarının paket gıda tüketip tüketmeme bazındaki farklılık paket gıda tüketmeyenlerin lehinedir. Renk ve raf ömrünün uzun olması amacıyla işlenmiş paket gıdaların birçok sağlık sorununa sebebiyet verebileceğine dair öğrencilerin bilinçli olma ihtimalleri söz konusu farklılığın gerekçesi olabilir. Alan yazında paketlenmiş gıdaları tüketme durumunun tutum farklılığına ilişkin bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak paketlenmiş gıdaları satın alırken marka, kalite, son tüketim tarihi, ambalaj büyüklüğü gibi faktörlere dikkat etmek (Çelebi ve ark., 1991), paket gıda tüketiminde hastalanmaktan korkmak (Yurt, 2015), paket gıdaların geleneksel gıdalardan daha fazla kimyasal barındırdığı, ekonomik problemlerin ve eğitim yetersizliğinin gıda güvenliğini zorlaştırdığı (Erkmen, 2010) gibi bilgiler alan yazında öne çıkmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre SBİTÖ puan ortalamaları etiket bilgisi okuyan öğrencilerin lehine anlamlı farklılık göstermiştir. Bu durum öğrencilerin yanlış beslenme bilgilerinden kaçınarak malnütrisyon risklerini engelleme davranışları sergilediğini gösterebilir. Bundan dolayı söz konusu farklılığın besin etiket bilgisi okuyan öğrencilerin lehine olması besin etiketi okumanın sağlıklı beslenmenin ilk adımlarından biri olma durumu ile açıklanabilir. Çünkü besin etiketi okuma alışkanlığının sağlıklı beslenmeye yönelik tutum (Besler ve ark., 2012;

Graham ve Laska, 2012; Graham ve ark., 2015) ve eğitim ile ilişkili olduğunu (Güneş ve ark., 2014) ortaya koymuştur. Bu ilişki mevcut çalışmanın sonucunu destekler niteliktedir.

Sigara kullanıp kullanmama değişkenine göre SBİTÖ puan ortalamaları sigara kullanmayanların lehine farklılaşmıştır. Sigaranın koku, tat alma duyularında değişimlere, kardiyovasküler hastalıklara, mineral eksikliğine, az ya da çok beslenmeye neden olması gibi durumlar bu farklılığın gerekçesi olabilir. Aynı zamanda bu durum üniversite dönemiyle beraber öğrencilerin sosyal çevre ve ekonomik değişimlerin getirdiği stres faktörünü başarıyla yönetebilmeleri ile açıklanabilir. Alan yazında yer alan bazı çalışmalarda üniversite öğrencilerinin sigara kullanma ile sağlıklı beslenme tutumları arasında bir farklılığın olmadığı ortaya koyulmuştur (Ünal ve ark., 2009; Özvurmaz ve ark., 2018; Süngü-Bulut, 2019). Bu durum mevcut çalışmamızın sonucundan farklıdır. Ancak Bayrak ve ark., (2010)'nın çalışmasında öğrencilerin sağlıklı beslenme tutumlarının sigara kullanma değişkenine göre anlamlı farklılık göstermesi mevcut çalışmamızla sonuç olarak benzerlik gösterir.

Araştırma sonuçlarına göre üniversite öğrencilerinin instagram, twitter, youtube vb. sosyal medya kanalları takip edip etmeme durumları SBİTÖ puan ortalamaları bazında anlamlı farklılık göstermiştir. Bu farklılık sosyal medya kanallarını beslenmeyle ilgili bilgi edinmek amaçlı takip eden öğrencilerin lehinedir. Gruplar arasındaki farklılık ise sosyal medyayı beslenmeyle ilgili bilgi edinmek için kullanan öğrenciler ile ara sıra kullanan öğrenciler arasındadır. Ancak sosyal medya kanallarını beslenmeyle ilgili bilgi edinmek amaçlı takip eden ve etmeyen öğrencilerin sağlıklı beslenme tutum puan ortalamaları arasındaki fark azdır. Bu durum öğrencilerin yanıltıcı cevap verme ihtimalleri ile açıklanabilirken, sosyal medya kanallarını beslenmeyle ilgili bilgi edinmekten ziyade gündemi takip etme, fotoğraf paylaşma, sosyal ilişkiler kurma amaçlı kullanmalarıyla ilişkilendirilebilir. Sosyal medya kanallarını takip edenler daha yüksek olumlu beslenme tutumlarına sahiptir. Ancak olumsuz beslenme tutumlarının temel nedenlerinden biri sosyal medya takibidir (Aktaş ve ark, 2021; Gürsoy-Coşkun ve Atmaca-Demir, 2021; Imperatori ve ark, 2021).

Farklı önlisans programında öğrenim gören öğrencilerin SBİTÖ puan ortalamaları arasında farklılık belirlenmiştir. Bu farklılık engelli bakım ve rehabilitasyon programında öğrenim gören öğrencilerin lehinedir. Yani engelli bakım ve rehabilitasyon programında öğrenim gören öğrencilerin çocuk gelişimi, spor yönetimi programlarında öğrenim gören öğrencilere göre sağlıklı beslenme tutum düzeyleri daha yüksektir. Bu durum engelli bakım ve rehabilitasyon programındaki öğrencilerin öğrenim gördükleri bölümün misyonu çerçevesinde vicdani ilkeleri daha çok içselleştirmiş olmaları ile açıklanabilir. Çünkü sağlık kuruluşlarında özel gereksinime ihtiyacı olan bireylerle çalışmak rol model olma hususunda daha özenli

davranışlar sergilemeyi gerektirebilir. Alan yazında çocuk gelişimi, fizyoterapi ve rehabilitasyon vb. bölümlerin baz alınarak yapıldığı çalışmalarda beslenme ve diyetetik bölümü öğrencilerinin çocuk gelişimi, fizyoterapi ve rehabilitasyon bölümündeki öğrencilere göre SBİTÖ puan ortalamalarının anlamlı ölçüde farklılık gösterdiği görülmüştür (Akgül, 2017).

Öneriler

Araştırma sonuçlarına göre üniversite öğrencilerinin sağlıklı beslenmeye ilişkin tutumlarının geliştirilmesine yönelik öneriler şu şekilde sıralanabilir;

- Üniversite öğrencilerinin yaşadıkları bölgede bulunan besin çeşitlerini tanımalarını sağlayıcı ve bu besinlerin sağlık ve doğru beslenmeyle ilgisini kurarak davranışa dönüştürebileceği yaygın eğitimler düzenlenebilir.

- Sağlıklı beslenmeyle ilgili bilgilerin bulunduğu Everyday Health, Verywellfit, MedLine Plus, Medpage Today, Academy of Nutrition and Dietetics vb. sanal platformların tanıtımına ilişkin eğitim süreçleri, etkinlikler üniversiteler tarafından gerçekleştirilebilir.

- Erken çocukluk döneminde düzenlenen beslenme saatlerinde tüketilen yiyecek içeceklerin sağlıklı beslenmeye yönelik olmasına öğretmenler tarafından dikkat edilerek çocuğa ilerleyen yaşam süreçlerinde etiket bilgisi okuma, paket gıda kullanıp kullanmama vb. doğru beslenme ilkeleri çerçevesinde sağlıklı beslenmeye yönelik olumlu tutum kazandırılması sağlanabilir.

- Sağlıklı beslenmenin kültürle ilişkisine ve bu kültürün eğitimle entegre edilerek daha kalıcı davranışlara dönüşebileceğine ilişkin kurumlar tarafından seminerler, eğitimler, etkinlikler, sempozyumlar düzenlenebilir.

- Sağlık kuruluşları tarafından paket gıda, sigara ve alkolün zararlarına yönelik devlet destekli kampanyalar düzenlenebilir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

Akgül B., 2017. Üniversite öğrencilerinin yeme tutum ve sağlıklı yaşam biçimi davranışlarının saptanması. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Okan Üniversitesi.

Aktaç Ş, Kargin D, Güneş FE., 2021. The relationship between social media use, eating attitude and body mass index among nutrition and dietetic female students: A cross-sectional study. *The Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 25(1): 78-86.

Akyakar B., 2021. Sağlık bilimleri üniversitesi Gülhane sağlık bilimleri fakültesi öğrencilerinde sosyal medya bağımlılık düzeyinin beslenme durumuyla ilişkisi. (Yüksek Lisans Tezi). Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Alpar R., 2011. Çok değişkenli istatistiksel yöntemler. Ankara: Detay Yayıncılık.

Anschutz D, Engels RCME, Van-Strien T., 2008. Susceptibility fort hin ideal media and eating styles. *Body Image*, 5: 70-79.

Aydın G., 2021. Farklı branşlardaki faal antrenörlerin fiziksel aktivite düzeyleri ile sağlıklı beslenmeye ilişkin tutumlarının incelenmesi (Balıkesir İli Örneği). Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

Balcı A., 2018. Sosyal bilimlerde araştırma yöntem, teknik ve ilkeler. Pegem Akademi.

Barzegari A, Ebrahimi M, Azizi M, Ranjbar K., 2011. A study of nutrition knowledge, attitudes and food habits of college students. *World Applied Sciences Journal*, 15(7): 1012-1017.

Bayrak U, Gram E, Mengeş E, Okumuş ZG, Sayar HC, Skrijely E, Ellidokuz H., 2010. Üniversite öğrencilerinin sağlıkla ilgili alışkanlıklar ve kanser konusundaki bilgi ve tutumları. *Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 24(3): 95-104.

Besler HT, Büyüktuncer, Z, Uyar MF., 2012. Consumer understanding and use of food and nutrition labeling in Turkey. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 44(6): 584-591.

Carruth BR, Mangel M, Anderson HL., 1977. Assessing change pro-neness and nutrition - related behavior. *Journal of American Dietetic Association*, 70(1): 47-53.

Cam-Celikel F., Elbozan-Cumurcu B., Koc M., Etikan I, Yucel B., 2008. Psychologic correlates of eating attitudes in Turkish female college students. *Comprehensive Psychiatry*, 49(2): 188-194.

Çelebi K, Kavas A, Kavas A., 1991. Besin etiketi: Tüketici algılaması tercihi ve içerik analizi. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 20: 209-219.

Dinç A., 2021. Spor bilimleri öğrencilerinin sosyal medya bağımlılığı ve sağlıklı beslenme tutumlarının incelenmesi (Iğdır İli Örneği). *Iğdır University Journal of Social Sciences*, 1: 813-821.

Emmett PM, Jones IR., 2015. Diet, growth, and obesity development throughout childhood in the avon longitudinal study of parents and children. *Nutrition Reviews*, 73(3): 175-206.

Erkmen O., 2010. Gıda kaynaklı tehlikeler ve güvenli gıda üretimi. Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi, 53(3): 220-235.

Ermış E, Doğan E, Erilli N, Satıcı A., 2014. Üniversite öğrencilerinin beslenme alışkanlıklarının incelenmesi: Ondokuz Mayıs Üniversitesi örneği. Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi, 6(1): 30-40.

Graham DJ, Heidrick C, Hodgins K., 2015. Nutrition label viewing during a foodselection task: front-of-package labels vs nutrition facts labels. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, 115(10): 1636-1646.

Graham DJ, Laska MN., 2012. Nutrition label use partially mediates the relationship between attitude toward healthy eating and overall dietary quality among college students. Journal of Academic Nutrition and Dietetics, 112(3): 414-418.

Gülen Ö, Kumartaşlı M, Madak E, Sönmez HO, Pepe O., 2021. Taekwon-do sporcularının beslenme tutumlarının çeşitli değişkenler açısından incelenmesi. The Online Journal of Recreation and Sport– July, 10(3): 31-45.

Gümüş-Şekerci Ş., 2019. Zayıf öğrencilere yönelik uygulanan sağlıklı beslenme programının etkisi: bir randomize kontrollü çalışma. Van Sağlık Bilimleri Dergisi, 12(3): 21-30.

Güneş FE, Aktaş Ş, Korkmaz BİO., 2014. Tüketicilerin gıda etiketlerine yönelik tutum ve davranışları. Akademik Gıda, 12(3): 30-37.

Güneş T., 2010. Genel biyoloji. Anı Yayıncılık.

Gürsoy-Coşkun G, Atmaca-Demir B., 2021. Lisans öğrencilerinin sosyal medya bağımlılığı ile sağlıklı beslenmeye ilişkin tutumlarının değerlendirilmesi–İstanbul'da bir üniversite örneği. Fenerbahçe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 1(3): 195-205.

Ha EJ, Caine-Bish N., 2011. Interactive introductory nutrition course focusing on disease prevention increased whole-grain consumption by college students. Journal of Nutrition Education and Behaviour, 43(4): 263–267.

Hastaoğlu E., 2021. Covid-19 salgını sürecinde turizm öğrencilerinin stres düzeyleri ve sağlıklı beslenme. Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 9(3): 1610-1621.

Imperatori C, Panno A, Carbone GA, Corazza O, Taddei I, Bernabei L, Massullo C, Prevete E, Tarsitani L, Pasquini M, Farina B, Biondi M, Bersani FS., 2021. The association between social media addiction and eating disturbances is mediated by muscle dysmorphia-related symptoms: a cross-sectional study in a sample of young adults. Eating and Weight Disorders Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity, 27(3): 1131-1140.

Karaağaç G., 2020. Spor salonlarına giden bireylerin sağlıklı beslenme tutumları ve sosyal görünüş kaygı düzeylerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kars.

Lluch A, Herbeth B, Mejean L., 2000. Dietary intakes, eating style and overweight in the Stanislas Family Study. *International Journal of Obesity*, 24: 1493-1499.

McGuire WT., 1976. Some internal psychological factors influencing consumer choice, *Journal of Consumer Research*, 2: 302-306.

Mutcalı-Kuran S., 2021. Bir anaokulundaki öğrencilerin annelerinin evdeki beslenme tutumu ve ilişkili faktörler. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi.

Orak S, Akgün S, Orhan H., 2006. Süleyman Demirel üniversitesi öğrencilerinin beslenme alışkanlıklarının araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 13(2): 5-11.

Özenoğlu A, Gün B, Karadeniz B, Koç F, Bilgin V, Bembeyaz Z, Saha BS., 2021. Yetişkinlerde beslenme okuryazarlığın sağlıklı beslenmeye ilişkin tutumlar ve beden kütle indeksi ile ilişkisi. *Life Sciences*, 16(1): 1-18.

Özvrılmaz S, Mandiracioğlu A, Lüleci E., 2018. Üniversite öğrencilerinde yeme tutumu ve yeme tutumuna etki eden faktörler. *Adıyaman Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 4(2): 841-849.

Richards A, Kattelman KK, Ren C., 2006. Motivating 18- to 24-year-olds to increase their fruit and vegetable consumption. *Journal of the American Dietetic Association*, 106(9): 1405-141.

Şahin C., 2015. Obezitesi olan çocuklarda depresyon ve yaşam kalitesinin değerlendirilmesi. Tıpta uzmanlık tezi, Dicle Üniversitesi.

Sarıdağ-Devran B, Kızıltan G., 2018. Doğu Anadolu bölgesinde yaşayan adölesan ve yetişkinlerin beslenme alışkanlıkları ile yeme tutum ve davranışlarının belirlenmesi. *Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 2(2): 47-60.

Satan N., 2019. Farklı sosyal çevrede yaşayan ilköğretim öğrencilerinin sağlık tutum davranışlarının değerlendirilmesi: Zonguldak ili örneği. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi.

Süngü-Bulut D., 2019. Uludağ Üniversitesi öğrencilerinin yeme tutum ve davranışlarının belirlenmesi. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi.

Tabachnick BG, Fidell LS., 2013. *Using multivariate statistics* (6th ed.), Boston: Allyn and Bacon.

Tavşancıl E., 2014. Tutumların ölçülmesi ve SPSS ile veri analizi (5. Baskı). Ankara: Nobel Yayınevi

Tekkurşun-Demir G, Cicioğlu Hİ., 2019. Sağlıklı beslenmeye ilişkin tutum ölçeği (SBİTÖ): geçerlik ve güvenilirlik çalışması. Gaziantep Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi, 4(2): 256-274.

Tekkurşun-Demir G, Namlı S, Cicioğlu Hİ., 2021. Takım ve bireysel sporlarda sosyal görünüş kaygısı sağlıklı beslenmeye ilişkin tutumun belirleyicisi midir?. Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, 19(4): 124-134.

Ünal E, Özdemir A, Kaçan CY., 2020. Covid-19 pandemisinin hemşirelik öğrencilerinin beslenme ve hijyen alışkanlıklarına etkisi. Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 46(3): 305-311.

Ünalan D, Öztop DB, Elmalı F, Öztürk A, Konak D, Pırlak B, Güneş D., 2009. Bir grup sağlık yüksekokulu öğrencisinin yeme tutumları ile sağlıklı yaşam biçimi davranışları arasındaki ilişki. İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 16(2): 75-81.

Vançelik S, Önal SG, Güraksın A, Beyhun E., 2007. Üniversite öğrencilerinin beslenme bilgi ve alışkanlıkları ile ilişkili faktörler. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 6(4): 242-248.

Yurt B., 2015. Sağlık riskleri algısının gıda tüketimine yansımaları: Eskişehir örneği. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Anadolu Üniversitesi.

Türkiye’de Yetiştirilen Kültür Mantarlarından (*Agaricus bisporus*) Yumuşak Çürüklük Hastalığı Etmeninin İzolasyonu ve Tanısı

Benian Pınar AKTEPE^{1*}, Yeşim AYSAN²

¹Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü, Osmaniye

²Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Adana, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-4731-9954>

²<https://orcid.org/0000-0003-2647-5111>

*Sorumlu yazar: benianaktepe@osmaniye.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 04.12.2023

Kabul tarihi: 21.02.2024

Online Yayınlanma: 10.06.2024

Anahtar Kelimeler

LOPAT

Pseudomonas marginalis

Agaricus bisporus

MALDI-TOF/MS

Bakteriyel hastalık

ÖZ

Dünya çapında yaygın olarak yetiştirilen yenilebilir bir mantar türü olan *Agaricus bisporus*'un Türkiye'de de yetiştiriciliği ve tüketimi hızla yaygınlaşmaktadır. Osmaniye'nin Kadirli ilçesinde yetiştirilen *Agaricus bisporus*'un şapkalarında kahverengi renk değişikliği ve yumuşak çürüme belirtileri gözlemlenmiştir. Etkilenen kısımlardan floresan *Pseudomonas* türleri de dahil olmak üzere toplam 23 bakteri izolatu elde edilmiştir. Bu izolatlar *Pseudomonas* cinsine uygun morfolojik özellikler sergilemiştir. Hastalığın potansiyel etmenini belirlemek için Gram reaksiyonu, oksidaz aktivitesi, arginin dihidrolaz, patatete yumuşak çürüklüğü, levan üretimi, tütünde aşırı duyarlı reaksiyonlar ve Matris Destekli Lazer Desorpsiyon İyonizasyonu- Kütle Spektrometresi (MALDI-TOF/MS) gibi proteomik yöntemlerle mikrobiyal türlerin tanımlanması dahil olmak üzere bir dizi teknik kullanılmıştır. Mantarlardan elde edilen izolatların bazıları ve referans izolatu *Pseudomonas marginalis* (GSPB 2325, Göttingen, Almanya) izolatu ile *Pseudomonas marginalis*'e özgün LOPAT profili sergilemiştir. Biyokimyasal Tanılama sonuçları, 1,781 ila 2,094 arasında değişen puan değerleri ile patojenite testleri ve MALDI-TOF/MS analizi ile de teyit edilmiştir. Bildiğimiz kadarıyla bu çalışma, *Pseudomonas marginalis*'in Türkiye'de yetişen kültür mantarlarında yumuşak çürüklük hastalığına neden olduğunu bildiren ilk hastalık kayıdır.

Isolation and Identification of Soft Rot Disease Agent from Cultivated Mushrooms (*Agaricus bisporus*) in Türkiye

Research Article

Article History:

Received: 04.12.2023

Accepted: 21.02.2024

Available online: 10.06.2024

Keywords:

LOPAT

Pseudomonas marginalis

Agaricus bisporus

MALDI-TOF/MS

Bacterial disease

ABSTRACT

Agaricus bisporus, a widely cultivated mushroom globally, is witnessing a rapid expansion of cultivation and consumption in Türkiye. In the Kadirli district of Osmaniye, Türkiye, instances of brown discoloration and soft rotting symptoms were observed on the caps of cultivated *Agaricus bisporus*. A total of 23 bacterial strains, including fluorescent varieties, were isolated from the affected portions. These strains exhibited morphological characteristics in line with the *Pseudomonas* genus. To pinpoint the potential causal agent of the disease, a range of techniques, including Gram reaction, oxidase activity, arginine dihydrolase, potato soft rot, levan production, hypersensitive reactions in tobacco, and microbial species identification through proteomic methods like Matrix Assisted Laser Desorption Ionization-Time of Flight Mass Spectrometry (MALDI-TOF/MS), were applied. Some strains from the mushrooms displayed a similar LOPAT profile characteristic of the reference strain *Pseudomonas marginalis* (GSPB 2325, Göttingen, Germany). This

conclusion was further supported by pathogenicity tests and MALDI-TOF/MS analysis, with score values ranging from 1.781 to 2.094. To our knowledge, this marks the first report of soft rot disease caused by *Pseudomonas marginalis* in cultivated mushrooms in Türkiye.

To Cite: Aktepe BP, Aysan Y., 2024. Türkiye’de yetiştirilen kültür mantarlarından (*Agaricus bisporus*) yumuşak çürüklük hastalığı etmeninin izolasyonu ve tanısı. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(2): 374-385.

Giriş

Ülkemizin kültür mantarı üretimi için hammadde potansiyelinin oldukça yüksek olması, çevre kirliliğine neden olan birçok endüstriyel ve tarımsal atıkların mantar yetiştirme ortamı olarak kullanılabilmesi ve yetiştiriciliğinin kolaylığı mantar üretimini cazip hale getirmektedir (Eren ve Pekşen, 2019). FAO verilerine göre 2021’de yaklaşık 44 milyon tona ulaşan kültür mantarının dünya genelinde en fazla üreten ülkesi Çin’dir. Türkiye’de ise yıllık kültür mantarı üretimi yaklaşık 62 bin tondur (Anonim, 2023a) ve dünyada olduğu gibi ülkemizde de en çok yetiştirilen *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach beyaz şapkalı mantar türüdür.

Agaricus bisporus, beyazdan koyu kahverengiye kadar değişen renklerde şapkaya sahip bir mantar türüdür. Gençken kapak kubbe şeklindeyken yaşlandıkça düzleşir. Beyaz şapkalı türü, genellikle meyve sebze pazarlarında ve marketlerde en yaygın olarak bulunan kültür mantarıdır. *Agaricus bisporus*, kontrollü koşullarda yetiştirilen ve büyük ölçekli ticari üretimi yapılan bir mantar türüdür. Yetiştiriciliği için uygun ortam sağlandığında hızlı bir şekilde büyüyebilir. Mantar üreticileri, kültür mantarının yetiştirilmesi için özel olarak tasarlanmış kapalı odalar kullanır. *Agaricus bisporus*, yemeklerde sıkça kullanılan bir malzemedir ve çok yönlü bir lezzet sunar. Çiğ olarak salatalarda, çorbada, pizza üzerinde, omletlerde ve birçok yemekte kullanılmaktadır. Ayrıca kurutulularak veya konserve edilerek saklanabilir. Özellikle antioksidan özelliklere sahip *Agaricus bisporus*, bağışıklık sistemini destekleyebilir. Ayrıca prebiyotik etkisiyle bağırsak sağlığını geliştirebilir. *Agaricus bisporus*, düşük kalorili bir gıda kaynağıdır ve protein, lif, B vitamini (örneğin, B2 ve B3) ve mineraller (örneğin, selenyum ve potasyum) içerir. Ayrıca ergosterol adı verilen bir bileşiği güneş ışığına maruz kaldığında D vitamini üretmek için kullanabilir (Ünal ve ark., 2022).

Kültür mantarı üretiminde yüksek verim ve kaliteli ürün elde etmek üreticinin ana hedefi olsa da, üretim sürecinde ortaya çıkan hastalıklar ve zararlılar, ciddi verim ve kalite kayıplarına neden olabilir (Eren ve Pekşen, 2019). Yüksek solunum hızı ve su içeriği mikrobiyal bozulmayı kolaylaştırır ve yüksek tirozinaz ve fenolik içeriği ise onları enzimatik esmerleşmeye duyarlı hale getirir. Mantarların hasat sonrası raf ömrü çoğu sebzeyle karşılaştırıldığında kısadır; çünkü mantarların mikrobiyal enfeksiyonlara karşı korunacak üst kabuğu yoktur ve patojenlere karşı oldukça duyarlıdır. Ayrıca depolamadan kaynaklanan renk bozulmalarına da oldukça hassastır.

Bu durum da patojenlerin kompost içinde hızla çoğalabilmelerine neden olmaktadır. Farklı *Pseudomonas* spp ait bakteri izolatlarının kompostta yaşadıkları ve *Agaricus bisporus*'ta hastalığa neden oldukları daha önceden yapılan çalışmalarda da bildirilmiştir (Abou-Zeid, 2012). Bu türler arasında *Pseudomonas tolaasii*, *Pseudomonas reactans* *Pseudomonas gingerii* ve *Pseudomonas marginalis* kültür mantarlarında hastalığa neden oldukları rapor edilmiştir (Milijasevic-Marcic ve ark., 2012). Söz konusu türler kültür mantarlarında hastalığa neden olduğu bilinmesine rağmen Türkiye'de mantar üretim alanlardan *Pseudomonas marginalis* izole edilerek tanılandığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Türkiye'de ve dünya genelinde kültür mantar yetiştiriciliğinde karşılaşılan en yaygın olan bakteriyel hastalık etmeni ise bakteriyel Kahverengi Benek Hastalığına neden olan *Pseudomonas tolaasii*'dir (Öztürk ve ark., 2017). Abu-Zeid (2012)'in bildirdiğine göre *Pseudomonas reactans* gibi komposttaki bazı saprofitik Pseudomonaslar, *Pseudomonas tolaasii* ile etkileşime girerek hastalık çıkışında rol oynayabilir. Bununla birlikte *Pseudomonas tolaasii*, düşük molekül ağırlıklı hücre dışı toksin olan tolaasin üretirken, *Pseudomonas reactans* ise lipopolisakkarit lipid A üretmektedir. Virülenslikte rol oynayan lipopolisakkaritler ve toksinler uygun çevre koşulları altında, konukçuda başlangıçta küçük ve ayırık olan lezyonların oluşumuna neden olurlar. Bu lezyonlar ilerleyen enfeksiyonlarda birleşerek pilusun geniş alanlarını etkiler sonuçta güçlü ve nahoş bir koku oluşumuyla yavaş yavaş çürümeye neden olmaktadır. Bu durum hasattan sonra da ortaya çıkabilir (Goor ve ark., 1986; Wells ve ark., 1996; Iacobellis ve Lo Cantore 2003).

Mantar yetiştiriciliğinde en önemli unsurlarından biri, sağlıklı, verimli ve yüksek pazar değerine sahip ürünler elde etmektir. Bu hedeflere ulaşabilmek için belirli koşulların yerine getirilmesi ve yetiştiricilik sürecinde karşılaşılan problemlerin üstesinden gelinmesi gerekmektedir. Bunlar genellikle hijyenik önlemlerin ihmal edilmesi, istenilen kalitede üretim materyallerinin bulunmaması, uygun gelişim koşullarının sağlanmaması, hastalık ve zararlı organizmaların neden olduğu sorunlar şeklinde ortaya çıkmaktadır. Mantar yetiştiriciliğinde kilit bir ana materyal olan kompost, mikrobiyal hastalıkların temel kaynağını oluşturabildiği için kompostun yeterince olgunlaştırılmaması, iyi havalandırılmaması ve uygun sıcaklıklarda pastörize edilmemesi gibi faktörler, hastalıkların oluşumuna zemin hazırlayabilir. Bu nedenle, kompostun uygun koşullara göre hazırlanması, örtü toprağı kaynaklı hastalıkları önlemek için ise örtü toprağının atılmadan önce dezenfekte edilmesi hastalık oluşumunu engelleyebilir. Hastalık ve zararlılarla mücadeleye yön verebilmek için üreticilerin hastalık ve zararlılar konusunda bilinçlendirilmesi de büyük önem taşımaktadır (Öztürk ve ark., 2017).

Bu çalışmada, Osmaniye'nin Kadirli ilçesinde kültür mantarı yetiştirilen üretim tesisleri gezilerek yumuşak çürüklük ve kahverengi renklenme şeklinde hastalık belirtileri gösteren

mantar örneklerinden potansiyel hastalık etmeni bakterilerin izolasyonu ve hastalığa neden olan etmeni tür düzeyinde tanılamak amaçlanmıştır.

Materyal ve Metod

Patojen Bakteri İzolasyonu

Kültür mantarı örnekleri, Osmaniye'nin Kadirli ilçesinde yetiştirilen *Agaricus bisporus*'un kahverengi lekeler ve yumuşak çürüklük belirtileri gösteren karpoforlardan (şapka+sap) klasik bakteriyolojik tekniklere göre izole edilmiştir (Lelliott ve Stead, 1987). Enfekte olmuş dış dokular esas olarak kahverengi renk değişimleri ve yumuşak çürüme sergileyen mantar şapkalarından alınmıştır. Alınan örnekler %96'lık alkol ile yüzeysel dezenfeksiyonu yapıldıktan sonra steril havan içinde steril suda homojenize edilmiştir. Hazırlanan solüsyondan bir öze dolusu alınarak King B besi yerine çizgi ekimi yapılmış ve petriler 25°C'de iki gün inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından gelişen bakteri koloniler aynı ortamda saflaştırılmış ve fizyolojik, biyokimyasal ve patojenite testlerinde kullanılmak üzere eğik besi yerinde +4°C'de saklanmıştır.

Fizyolojik ve Biyokimyasal Testler

Bakteriyel izolatların biyokimyasal tanısında, Gram reaksiyonu, levan oluşumu, oksidaz reaksiyonu, pektolitik aktivite testi (Kovacs, 1956), arginine dihidrolase testi (Thornley, 1960), tütün (*Nicotiana tabacum* cv. Samsun N) bitkisinde aşırı duyarlılık reaksiyonu, King B besi yerinde gelişim (Klement ve ark., 1990) testleri esas alınmış ve her bir izolat için testler 3'er kez tekrarlanmıştır.

Potasyum hidroksit testi (KOH) ile Gram reaksiyonun belirlenmesi: Taze hazırlanan %3'lük potasyum hidroksit solüsyonundan lam üzerine bir damla damlatıldıktan sonra 48 saatlik bakteri kültürlerinden plastik özeye alınan bakteri, solüsyona dairesel hareketlerle karıştırılmıştır. 10 saniye sonra öze yukarı kaldırıldığında sünmenin oluşması durumunda bakteriler gram negatif olarak değerlendirilmiştir. Kontrol olarak gram pozitif özelliğe sahip *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* izolatı (Cmm 3/1-A)(Çetinkaya-Yıldız ve Aysan, 2008), gram negatif özelliğe sahip *Erwinia amylovora* izolatı (YA-223) kullanılmıştır (Sands, 1990).

Floresan pigmentlerin üretimi: Floresan *Pseudomonas*'ların tanımlanması için önemli bir testtir (Leliot ve Stead, 1987). İzolatlar KB ortamında geliştirilmiş ve 25°C'de 48 saatlik

inkübasyondan sonra geliştirilen bakteri kültürleri 365 nm UV ışıkla incelenmiştir. *Pseudomonas marginalis*'in referans izolatu GSPB 2325 (The Göttingen Collection of Phytopathogenic Bacteria, The University of Göttingen, Germany) pozitif kontrol olarak kullanılmıştır.

LOPAT profili: İzole edilen bakterilerin LOPAT profilini (Levan üretimi, Oksidaz testi, Pektinolitik aktivite, Arginin dihidrolaz üretimi ve Tütünde aşırı duyarlık) belirlemek amacıyla *Pseudomonas*'lara yönelik testler gerçekleştirilmiştir (Lelliot ve Stead, 1987). **Levan üretimi:** 48 saatlik izolatlara steril bir öze ile Sakkaroz Nutrient Agar (SNA) besi yerine aşılandıktan sonra 25°C'de inkübe edilmiştir. SNA'da 3-5 mm çapında kubbemsi, parlak, krem renkte, mukoid, levan tipte kolonilerin oluşumu pozitif olarak değerlendirilmiştir. Pozitif kontrol olarak *Erwinia amylovora* izolatu (YA-223) kullanılmıştır. **Oksidaz testi:** King B besi yerinde 48 saat geliştirilen izolatlara plastik öze yardımıyla steril bir filtre kağıdına damlatılan %1'lik tetra methyl-p-phenylendiamine dihydrochloride (Merck(CK17009302 739), Almanya) eriyiğinde çözüldürülmüştür. 10 sn içinde koyu mavi renk oluşumu pozitif olarak değerlendirilmiştir. Pozitif kontrol olarak *Acidovorax citrulli* izolatu (YA-888) kullanılmıştır. **Pektinolitik aktivite:** Çeşme suyunda yüzeysel dezenfeksiyonu yapılan patates yumruları %1'lik NaOCl ile 3 dakika muamele edildikten sonra steril suda bekletilmiştir. Patates yumrularının steril bir bıçak ile kabukları soyularak bir cm kalınlığında dilimlenmiştir. Dilimler nemli steril filtre kağıdı üzerinde steril petrilere yerleştirilmiştir. King B besi yerine aşılanmış bakteri kültüründen bir kürdan yardımıyla alınarak patates yüzeyine yayılmıştır. 25°C'de inkübatörde iki gün bekletildikten sonra inokule edilen bölgede oluşan yumuşama pozitif olarak değerlendirilmiştir. Pozitif kontrol olarak *Pectobacterium carotovorum* izolatu (YA-703) kullanılmıştır.

Arginin dehidrolaz testi: 5 ml'lik cam tüplere 3'er ml aktararak hazırlanan Thornley 2A besi yerine 48 saatlik bakteri kültüründen öze ile tek koloni alınarak aşılama yapılmış ve üzerine 2 ml steril parafin ilave edilmiştir. Numuneler 7-15 gün arasında 25°C'de inkübatörde bekletildikten sonra pembemsi kırmızı renk oluşumu pozitif olarak değerlendirilmiştir. Pozitif kontrol olarak BD-1 kodlu *Pseudomonas corrugata* izolatu (YA-647), negatif kontrol olarak *Pseudomonas syringae* pv *tomato* izolatu (YA-10) kullanılmıştır.

Tütünde aşırı duyarlık testi: Mantar izolatlarının 10⁷ hücre/ml yoğunluğunda hazırlanan süspansiyonları insülin şırınga yardımıyla tütün yaprağının damar arasına infiltre

edilmiştir. Bitkiler 48 saat sonra inokulasyon bölgelerindeki nekroz oluşumu pozitif olarak kabul edilmiştir.

Patojenite Testi

Sağlıklı *Agaricus bisporus*'un şapkaları steril damıtılmış saf su ile nemlendirilip her bir mantar şapkası bir sterile petri kabına yerleştirilmiştir. Her bir izolat için üç kültür mantarı şapkası kullanılmıştır. King B besiyerinde geliştirilen bakteri izolatlarının 10^8 hücre/ml yoğunluğunda hazırlanan solüsyonu ve referans kültür izolatının (GSPB 2325) solüsyonundan 10 µl'si şapka yüzeyine bulaştırılmıştır. Negatif kontrol olarak steril saf su ile inoküle edilmiştir. Petri kapları saklama kutusu içine alınarak 22°C'de inkübe edilmiş ve belirtiler günlük olarak gözlemlenmiştir. Leke oluşumu kontrolle karşılaştırılarak patojenite değerlendirilmiştir (Abou-Zeid, 2012).

Bakteriyel İzolatların MALDI-TOF MS ile Tanısı

Son yıllarda, mikroorganizmaların tanısını büyük ölçüde kolaylaştıran MALDI-TOF MS (Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry) teknolojisi kullanılarak patojen izolatların tanısı, Mustafa Kemal Üniversitesi Bitki Sağlığı Kliniği Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde Prof. Dr. Soner SOYLU denetiminde gerçekleştirilmiştir. MALDI-TOF MS yöntemi, mikroorganizmaların protein yapılarının kütle spektrometresi ile analizi ve m/z değerlerine göre oluşturulan spektrallerin, sistemin referans veri tabanındaki organizmalara uygunluğuna dayanarak mikroorganizmaların cins ve türlerini hızla tanımlamayı amaçlamaktadır (Pavlovic ve ark., 2012). MALDI-TOF MS, mikroorganizmalara ait biyomoleküllerin (protein, şeker) ve büyük organik moleküllerin (polimer, dendrimer, makromolekül) iyonizasyonundan sonra manyetik bir alandan geçirilmesiyle protein profillerini çıkarır (Yılmaz ve ark., 2014). MALDI-TOF MS skor değerleri, ≥ 2 olduğunda tür düzeyinde tanı, 1,7 ile 1,9 arasında ise cins düzeyinde tanı, ve skor değeri $< 1,7$ olduğunda güvensiz bir tanı olarak kabul edilir (Pavlovic ve ark., 2012; Uysal ve ark., 2019).

Bulgular ve Tartışma

Patojen Bakteri İzolasyonu

Bakteri izolatları, Osmaniye'nin Kadirli ilçesindeki iki mantar üretim evinden kahverengi leke belirtileri gösteren *Agaricus bisporus* şapkalarından elde edilmiştir. *Agaricus bisporus* şapkalarında görülen yüzeysel kahverengi noktalarından ve çizgilerinden yapılan izolasyonlar sonucunda dairesel kubbeli, 2 mm- çapı sarımsı ve krem renkte koloniler elde edilmiştir. İki

mantarhaneden toplanan örneklerden yapılan izolasyonlarda 31 adet bakteriyel izolat elde edilmiştir (Tablo 1).

Fizyolojik ve Biyokimyasal Testler

Potasyum hidroksit testi (KOH) ile Gram reaksiyonun belirlenmesi: İzolatların Gram reaksiyonları Tablo 1’de verilmiştir. KM2-1, KM2-2, KM2-3, KM3, KM4, KM11, KM12, KM16, KM17, KM19, KM21, KM22, KM23 ve referans kültür izolatı GSPB 2325, viskoz ve yapışkan bir sünmeye yol açmış ve pozitif bir reaksiyon göstermiştir. Bu izolatlar, gram negatif bakteriler olarak sınıflandırılmıştır.

Floresan pigmentlerin üretimi: İzolatların King B besiyerinde geliştirildiğinde dokuz tanesi (KM2-1, KM2-2, KM2-3, KM4, KM11, KM16, KM19, KM21, KM22) sarı veya sarımsı yeşil floresan pigmentler üretmişlerdir.

LOPAT profili: İzolatların LOPAT karakterleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Bakteriyel izolatların morfolojisi, Gram reaksiyonu, floresan pigmentasyonu ve LOPAT karakteri

Kodu	Koloni Rengi	G*	F	L	O	P	A	T	Kodu	Koloni Rengi	G*	F	L	O	P	A	T
GSPB 2325	Sarı	-	+	+	+	+	+	-	KM13	Açık Sarı	+	-	-	-	-	+	-
KM1-1	Koyu sarı	+	-	-	-	-	-	+	KM14-1	Sarı	+	-	-	-	-	-	-
KM1-2	Koyu sarı	+	-	-	-	-	-	+	KM14-2	Sarı	+	-	-	-	-	-	-
KM2-1	Sarı	-	+	+	+	+	+	-	KM15	Krem	+	-	-	+	-	+	-
KM2-2	Sarı	-	+	+	+	+	+	-	KM16	Krem	-	+	-	+	-	+	-
KM2-3	Sarı	-	+	-	+	-	+	-	KM17	Sümüksü Krem	-	-	-	+	-	+	-
KM3	Koyu krem	-	-	-	+	-	+	-	KM18	Krem	+	-	-	+	-	-	-
KM4	Sarı	-	+	-	+	-	+	+	KM19	Krem	-	+	-	+	-	+	-
KM5	Koyu krem	+	-	-	-	-	-	-	KM20	Sarı	+	-	-	-	-	-	+
KM6	Koyu krem	+	-	-	-	-	-	-	KM21	Sarı	-	+	-	+	-	+	-
KM7	Koyu krem	+	-	-	+	-	-	-	KM22	Sarı	-	+	-	+	-	+	-
KM8	Krem	+	-	-	-	-	+	-	KM23	Krem	-	-	-	-	-	-	-
KM9	Sümüksü Krem	+	-	-	+	-	-	-	KM24	Krem	+	-	-	-	-	-	-
KM10	Sarı	+	-	-	-	-	+	-	KM25	Krem	+	-	-	+	-	-	-
KM11	Koyu Sarı	-	+	+	+	-	+	-	KM26	Krem	+	-	-	+	-	-	-
KM12	Krem	-	-	-	+	-	+	-	KM27	Krem	+	-	-	+	-	-	-

*G: Gram reaksiyon, F: Floresan, L: Levan, O: Oksidaz, P: Pektinolitik aktivite, A: Arginin dihidrolaz, T: Tütünde aşırı duyarlık. +: izolatın bu testte pozitif reaksiyon verdiğini gösterir; -: izolatın bu testte negatif reaksiyon verdiğini gösterir.

Pseudomonas marginalis olduğu düşünülen izolatlar KM2-1 ve KM2-2 ve referans kültür, *Pseudomonas marginalis* için karakteristik olan benzer bir LOPAT IVa profili (++++-) göstermiştir; Levan üretimi (+); Oksidaz (+); Pektinolitik aktivite (+); Arginin dihidrolaz (+); Tütünde aşırı duyarlık (-). İzole edilen *Pseudomonas* türlerinin kolonileri UV ışığı altında

sarımsı yeşil floresan renk üreten bu izolatlar o grup için LOPAT IVa profil özelliğini göstermiş ve Lelliott ve Stead (1987) tarafından bildirilenlerle tutarlı olduğu görülmektedir.

Patojenite Testi

Pseudomonas marginalis için karakteristik olan benzer LOPAT IVa profili (++++-) gösteren KM2-1 ve KM2-2 kodlu izolatlar ve GSPB 2325 referans kültür ile sağlıklı kültür mantarı şapkalarında yapılan patojenite testinde tipik hastalık belirtisi olan kahverengileşme ve yumuşak çürüklük inokulasyondan 15 gün sonra gözlenmiştir. Koch postulatları tamamlanan KM2-1 ve KM2-2 kodlu izolatlarının farklı kolonileri sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere eğiş besiyerinde +4°C’de saklanmıştır.

Kahverengileşme ve yumuşama mantar üretim yerlerinde ve pazarlarda istenmeyen bir olgudur ve tüketiciler tarafından tercih edilmesinde önemli bir faktördür (Vízányó ve Felföldi, 2000). Kültür mantarları sterilize edilmiş substratlarda yetiştirilmektedir ve yüzlerce fungus ve bakteri arasında bir mikroorganizma bile bulaştığında, ortamın yüksek nem içeriğinin yanında ve rekabet olmadığında hızlıca gelişmektedir (Brosnan ve Sun, 2002). Kültüre alınmış *Agaricus bisporus*’u etkileyen patojenik *Pseudomonas* türleri ile ilgili yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Lekeye neden olan *Pseudomonas*’lar arasında en iyi karakterize edilen mantar üretim alanlarında turba ve kaplama işleminde kullanılan kireçtaşıyla giren *Pseudomonas tolaasii* olarak vurgulanmaktadır (Wong ve Preece, 1980).

Bakteriyel İzolatların MALDI-TOF MS ile Tanısı

MALDI TOF MS ile yapılan tanı sonucunda, KM2-1 kodlu izolat ise 2,115 indeks değeri ile ve KM2-2 kodlu izolat 2,094 indeks değeri ile *Pseudomonas marginalis* olarak tür düzeyinde tanılanmıştır (Ek1). Kültür mantarlarında kahverengileşmeye ve yumuşamaya neden olan *Pseudomonas marginalis*’in Türkiye’de varlığı henüz tespit edilmemiştir (EPPO, 2023). Bu çalışma Türkiye’de kültür mantarlarında *Pseudomonas marginalis*’in neden olduğu yumuşak çürüklük hastalığının ilk raporudur.

Sonuç ve Öneriler

Osmaniye’nin Kadirli ilçesindeki mantar üretim alanlarında yetiştirilen kültür mantarlarından kahverengi leke ve yumuşama görülen hastalıklı 27 karpofor toplanmıştır. Hastalıklı karpoforlardan yapılan izolasyonlar sonucunda 31 bakteriyel izolat elde edilmiştir. Bakteriyel izolatların fizyolojik ve biyokimyasal testleri sonucunda *Pseudomonas marginalis* için karakteristik olan benzer LOPAT IVa profili (++++-) gösteren iki izolat patojenite testleri

için seçilmiştir. Test edilen bakteri izolatları, şapkalar üzerinde açıktan koyu kahverengiye kadar değişen farklı düzeylerde renk değişikliği ve dokuda yumuşama göstermiştir. KM2-1 ve KM2-2 kodlu izolatlar *Pseudomonas marginalis*'in referans izolatının neden olduğu lezyonlarla tutarlı sonuç vermiştir. MALDI TOF MS teknolojisi kullanılarak yapılan tanı sonucunda KM2-1 ve KM2-2 kodlu izolat *Pseudomonas marginalis* olarak tür düzeyinde tanımlanmıştır. MALDI-TOF tanılama sisteminin son yıllarda dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde yapılan birçok fungal ve bakteriyel etmenlerin tanılama çalışmalarında moleküler çalışmaları tamamen destekleyen yeni nesil tanılama sistemi olduğu bildirilmiştir (Duman ve Soylu, 2019; Soylu ve ark., 2020; Soylu ve ark., 2021; Kara ve Soylu, 2022; Soylu ve ark., 2022a; Uysal ve ark., 2022).

Hastalık etmeni *Pseudomonas marginalis*'in de aralarında bulunduğu *P. fluorescens*, *P. mediterranea*, *P. veronii*, *Erwinia rhapontici*, *E. persicina*, *Enterobacter cloacae*, *Lelliottia amnigena*, *Rahnella aquatilis* ve *Pantoea agglomerans* gibi bakteriyel hastalık etmenlerinin ülkemizde yetiştirilen havuç bitkilerinde fırsatçı saprofit karakterde hastalık etmeni olduğu, özellikle primer yumuşak çürüklük hastalık etmenlerinin sebep olduğu hastalık şiddetini artırdığı bildirilmiştir (Soylu ve ark., 2022). *Pseudomonas marginalis*'in mantar üretim alanlarındaki ekonomik etkisinin yanı sıra, yetiştirme ortam koşulları (sıcaklık, yüksek nem) göz önüne alındığında özellikle bakteriyel hastalıkların enfeksiyon meydana geldikten sonra mücadelesinin neredeyse imkansız olduğu bir gerçektir ayrıca bu patojenin yayılma eğilimi de henüz kesin olarak bilinmemektedir. Daha geniş çapta araştırmalar yapılarak *Pseudomonas marginalis*'in ülkemizdeki mantar üretim alanlarındaki yayılım düzeyinin tespiti incelenmelidir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Not: Bu makalenin özeti daha önce 9. Uluslararası Bilimsel Tarım Sempozyumunda poster bildiri olarak sunulmuştur.

Kaynaklar

Abou-Zeid MA., 2012. Pathogenic variation in isolates of pseudomonas causing the brown blotch of cultivated mushroom, *Agaricus bisporus*. Brazilian Journal of Microbiology 2012: 1137-1146

Aktepe BP, Mertoğlu K, Evrenosoğlu, Aysan Y., 2019. Farklı bitki uçucu yağların erwinia amylovora'ya karşı antibakteriyel etkisinin belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 16(1): 34-41.

Anonim 2023a. Bitkisel üretim verileri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=104&locale=tr> (Alınma Tarihi: 25.10.2023).

Brosnan T, Sun DW., 2002. Inspection and grading of agricultural and food products by computer vision systems—a review. Computers and Electronics in Agriculture, 36(2-3): 193-213.

Çetinkaya Yıldız R, Aysan Y., 2008. Domates bakteriyel solgunluk hastalığı etmeni (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Smith) Davis et. al)'nin izolasyonu, geleneksel, serolojik ve moleküler yöntemlerle tanılanması. Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19(1): 114-122.

Duman K, Soylu S., 2019. Characterization of plant growth-promoting traits and antagonistic potentials of endophytic bacteria from bean plants against *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. Bitki Koruma Bülteni, 59: 59-69.

EPPO 2023. Distribution of *Pseudomonas marginalis* pv. *marginalis*. <https://gd.eppo.int/taxon/PSDMMS/distribution> Erişim Tarihi: 22.11.2023.

Eren E, Pekşen A., 2019. Türkiye’de kültür mantarı üretimi ve teknolojik gelişmeler. Mantar Dergisi, 10(3): 225-233.

Günay A., Abak K., 1976. Yemeklik mantarın botanik özellikleri ve tarımı. Türkiye I. Yemeklik Mantar Kongresi, 23-24 Kasım, Ankara.

Iacobellis NS, Lo Cantore P., 2003. *Pseudomonas* “reactans” a new pathogen of cultivated mushrooms. In: Iacobellis, N.S. et al. (eds). *Pseudomonas syringae* pathovars and related pathogens. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, p. 595-605.

Kara M, Soylu S., 2022. Isolation of endophytic bacterial isolates from healthy banana trees and determination of their *in vitro* antagonistic activities against crown rot disease agent *Fusarium verticillioides*. Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 27(1): 36-46

Klement Z, Rudolph K, Sands DC., 1990. Methods in phyto bacteriology. Akademia Kiado, Budapest, 568p.

Kovacs N., 1956. Identification of *Pseudomonas pyocyaneus* by oxidase reaction. Nature, 178(4535): 170-173.

Lelliott RA, Stead DA., 1987. Methods for the diagnosis of bacterial diseases of plants. In: Preece, T.F. (ed). Methods in Plant Pathology. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, p. 216.

Milijasevic-Marcic M, Todorović B, Potočnik I, Stepanović M, Rekanović E., 2012. First report of *Pseudomonas tolaasii* on *Agaricus bisporus* in Serbia. Phytoparasitica, 40: 299–303.

Olivier JM, Guillaumes J, Martin D., 1978. Study of a bacterial disease of mushroom caps. Proceedings of the 4th international conference on plant pathogenic bacteria. INRA, Angers, France, 903-916.

Öztürk N, Basım E, Basım H., 2017. Yemeklik kültür mantarında (*Agaricus bisporus* (J. Lge) Imbach) yaygın görülen mikrobiyal hastalıklar. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 21(1): 112-125.

Pavlovic N, Zdravkovic J, Cvikic D, Zdravkovic M, Adzic S, Pavlovi, S, Surlan-Momirovic G., 2012. Characterization of onion genotypes by use of RAPD markers. Genetika, 2: 269–278

Sands DC., 1990. Physiological criteria-determinate tests. In Methods in Phytobacteriology, ed: Klement, Z., Rhudolp, K., Sands, D.C., Academia Kiado, Budapest, Hungary.

Soylu EM, Soylu S, Kara M, Kurt Ş., 2020. Sebzelerde sorun olan önemli bitki fungal hastalık etmenlerine karşı vermikomposttan izole edilen mikrobiyomların *in vitro* antagonistik etkilerinin belirlenmesi. KSU Tarım ve Doğa Dergisi, 23: 7-18.

Soylu S, Kara M, Uysal A, Kurt Ş, Soylu E.M., 2021. Determination of antagonistic potential of endophytic bacteria isolated from lettuce against lettuce white mould disease caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. Zemdirbyste-Agriculture, 108: 303-312.

Soylu S, Kara M, Uysal A, Kurt Ş, Soylu EM, Üremiş İ, Sertkaya E, Bozkurt İA, Öztürk M., 2022. Amik ovası havuç ekim alanlarında sorun olan fungal ve bakteriyel hastalık etmenlerin belirlenmesi. KSU Tarım ve Doğa Dergisi, 25: 1326-1340.

Thornley MJ., 1960. The differentiation of pseudomonas from other gram-negative bacteria on the basis of ariginine metabolism. Journal of Applied Microbiology, 23(1): 37–52.

Uysal A, Kurt Ş, Soylu S, Kara M, Soylu EM., 2022. Hatay ilinde yer alan turunçgil paketleme tesislerinde meyve ve hava kökenli mikrobiyata içerisindeki fungal ve bakteriyel türler ile yoğunluklarının belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 27(2): 340-351.

Uysal A, Kurt Ş, Soylu S, Soylu EM, Kara M., 2019. Yapağı yenen sebzelerdeki mikroorganizma türlerinin MALDI-TOF MS (Matris destekli lazer desorpsiyon/iyonizasyon uçuş süresi kütle spektrometresi) tekniği kullanılarak tanımlanması. Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 29(4): 595-603.

Ünal S, Bağcı H, Oral H, Sabır FK., 2023. Salisilik asit uygulamalarının mantarlarda (*Agaricus bisporus*) soğukta muhafaza süresince kalite özelliklerine etkisi. Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 28(1): 59-70.

Vízhányó T, Felföldi J., 2000. Enhancing color differences in images of diseased mushrooms. Comput. Electron. Agric., 26: 187-198.

Wells JM, Sapers GM, Fett WF, Butterfield JE, Jones JB, Bouzar H, Miller FC., 1996. Postharvest discoloration of the cultivated mushroom *Agaricus bisporus* caused by *Pseudomonas tolaasii*, *P. 'reactans,'* and *P. 'gingeri'*. Phytopathology., 86: 1098–1104.

Wong WC, Preece TF., 1980. *Pseudomonas tolaasii* in mushroom crops: a note on primary and secondary sources of the bacterium on a commercial farm in England. J. Appl. Bacteriol., 49: 305–314.

Yılmaz S, Duyan S, Artuk C, Diktaş H., 2014. Mikrobiyolojik tanımlamada MALDI-TOF MS uygulamaları. TAF Preventive Medicine Bulletin, 13(5): 421-426.

Keçilerin Tükettiği Bazı Çalı Yapraklarının Antibakteriyel Aktivitesi

Hande Işıl AKBAĞ^{1*}, Cahit AKGÜL², Cengiz ATAŞOĞLU³

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Çanakkale

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Çanakkale

³Özel sektör, Çanakkale

¹<https://orcid.org/0000-0002-7325-4453>

²<https://orcid.org/0000-0002-4462-4224>

³<https://orcid.org/0000-0003-3207-1068>

*Sorumlu yazar: hiulku@comu.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 07.07.2023

Kabul tarihi: 22.02.2024

Online Yayınlanma: 10.06.2024

Anahtar Kelimeler

Çalı

Özüt

Çözücü

Mevsim

Staphylococcus aureus

ÖZ

Bu çalışmanın amacını, *Quercus coccifera*, *Phillyrea latifolia* ve *Ephedra major* çalılarında elde edilen özütlerin antibakteriyel aktivitesinin belirlenmesi oluşturmuştur. Çalılardan yaprak örnekleri Nisan, Temmuz, Ekim ve Şubat aylarında hasat edilerek saf su, etanol ve aseton ile ekstrakte edilmiştir. Üç farklı çalı türünün yapraklarından elde edilen özütlerinin *S. aureus* (ATCC 25923) ve *P. aeruginosa* (ATCC 27853) bakterilerine karşı antibakteriyel aktivitesi, disk difüzyon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Yapraklardan elde edilen özütler, sadece *S. aureus*'a karşı antibakteriyel aktiviteyi göstermiştir. *Phillyrea latifolia* yapraklarının saf su, etanol ve aseton ile ekstrakte edilmesi sonucu elde edilen özütler, tüm örneklem dönemlerinde antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. *Q. coccifera* ve *E. Major* bitkilerinin sadece etanol ile ekstraksiyonu sonucu elde edilen özütler antibakteriyel aktivite göstermiştir. *E. Major*'dan Nisan ayında toplanan yaprak örneklerinin asetonla ekstrakte edilmesi sonucu elde edilen özütlerin, *S. aureus*'a karşı antibakteriyel aktivite gösterdiği belirlenmiştir. *P. latifolia* yapraklarından etanol ile ekstraksiyonu sonucu elde edilen özütler, en yüksek antibakteriyel aktiviteye sahip olmuştur. Söz konusu antibakteriyel aktivitenin gentamisin ve vankomisin ile karşılaştırılabilir düzeyde olduğu belirlenmiştir. Çalışmada genel olarak, etanolün özüt verimi açısından en etkili çözücü olduğu belirlenmiştir.

Antibacterial Activity of Some Shrub Leaves Consumed by Goats

Research Article

Article History:

Received: 07.07.2023

Accepted: 22.02.2024

Available online: 10.06.2024

Keywords:

Shrub

Extract

Solvent

Season

Staphylococcus aureus

ABSTRACT

This study aims to determine the antibacterial activity of extracts obtained from *Quercus coccifera*, *Phillyrea latifolia*, and *Ephedra major* shrubs. Shrub leaf samples were harvested in April, July, October, and February. Leaves samples were extracted with distilled water, ethanol, and acetone. The antibacterial activity of leaf extracts from three shrub species was tested against *S. aureus* (ATCC 25923) and *P. aeruginosa* (ATCC 27853) bacteria using the disc diffusion method. Shrub extracts obtained from the leaves displaced antibacterial activity against *S. aureus*. Antibacterial activity was found for water, ethanol, and acetone extracts of *Phillyrea latifolia* in all sampling periods. Only extracts obtained from *Q. coccifera* and *E. major* extracted with ethanol showed antibacterial activity. Leaf samples harvested in April from *E. Major* extracted with acetone showed antibacterial activity against *S. aureus*. The ethanolic extracts of *P. latifolia* showed the highest antibacterial activity. This activity was comparable to gentamicin and vancomycin in this

study condition. Overall, ethanol was the most effective solvent for extract yield.

To Cite: Akbağ Hİ, Akgül C, Ataşoğlu C., 2024. Antibacterial activity of some shrub leaves consumed by goats. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(2): 386-397.

Introduction

Natural resources have been used for a long time in traditional treatments of infections (Cowan, 1999; Abdullah et al., 2012). World Health Organization reported that 80% of people use plants for the treatment of their diseases in developing countries (Schmincke, 2003). New and natural resources crucially become important because pathogenic bacteria are resistant to antibiotics. The use of antibiotics as a “growth promoter” in animal production is avoided due to the prohibition of their uses as a growth stimulant and their long-term use as a therapeutic agent, leaving residues in animal products. Consumers' preference towards “organic” and “natural” products in animal production brings within trend towards natural products in the production process also. In this respect, the use of plants and plants' secondary compounds in animal production, as an alternative to synthetic drugs is becoming increasingly important (Rochfort et al., 2008; Hussain et al., 2012).

It has also been reported that plants have been used for many years in traditional veterinary practices (Romero et al., 2022), for instance, plant extracts have been reported to inhibit foam production in the rumen (Viegi et al., 2003) and antibiotic-like effects on the treatment of ruminal acidosis (Hutton et al., 2009). There are some reports about the use of plant extracts in the control and treatment of external parasites in cattle and sheep (Kamaraj et al., 2010). Condensed tannin, which is a phenolic secondary compound of plants, is widely distributed and has a direct antiparasitic activity of sheep gastrointestinal nematodes (Molan et al., 1999). The plants contain secondary compounds as a part of their defense mechanisms. It is reported that many plant species contain secondary compounds (tannins, phenolic compounds, flavonoids, essential amino acids, etc.) that have antimicrobial activity (Cowan, 1999). The content of secondary compounds and their chemical activity can change- by sampling period (Cheeke, 1998), plant part (Clemensen, 2018), extraction method (Altemimi et al., 2017), and polarity of the solvent used during an extraction process (Nawaz et al., 2020). Likewise, the antimicrobial activity of plants also changes by plant parts (Ginovyan et al., 2017), an extraction method (Nakatsu et al., 2000; Nostro et al., 2000), in addition solvents used during an extraction process (Sen and Batra, 2012). Several studies reported that the most commonly used solvents to investigate antimicrobial activity in plants are methanol, ethanol, and water (Lourens et al., 2004; Rojos et al., 2006; Chen et al. 2021). Şöhretoğlu et al. (2007) investigated the effects of the antimicrobial activity of different solvent extracts of *Quercus*

coccifera leaves against *Staphylacoccus aureus* and *Candida albicans* strains. The researcher found that ethyl acetate extracts of *Q. coccifera* had the highest antimicrobial activity. Methanolic extracts obtained from *Ephedra major* have been reported to inhibit *Aspergillus parasiticus* development and production of aflatoxin B1 (Gavkosh et al., 2009).

Plant species that are present in this study are in maquis formation and are widespread in the regions dominated by the Mediterranean climate (Aydınöz, 2008). As well as these plants are consumed by goats (Tölü et al., 2012) and contain certain levels of secondary metabolites especially condensed tannin (Tölü et al., 2012; Alatürk et al., 2014; Akbağ and Yurtman, 2022). Condensed tannin mentioned above has some special effects (antimicrobial, anti-helminthic, etc.) on animal health. Therefore shrubs that contain a certain amount of condensed tannin may potentially be used for self-medication under browsing conditions.

This study aimed to evaluate the antimicrobial activity of three shrub species which were harvested at four different sampling periods and extracted with ethanol, acetone, and water.

Material and Method

Shrub leaves samples

The shrub materials of this study were *Quercus coccifera*, *Phillyrea latifolia*, and *Ephedra major*. The leaves samples of shrub species harvested from the natural shrubby vegetation size of 30 da which were located at the Farm of Agricultural Faculty of Çanakkale Onsekiz Mart University. The shrub leaves were harvested at four sampling periods (April, July, October, and February). Leaves were harvested from 5 shrubs for each species and the same shrubs in each harvested date. For each shrub species, 5 replicate plant samples were mixed into one sample of equal weight for each sampling period. The shrub leave samples were taken to the laboratory conditions as soon as possible and subjected to drying for 10 days on a laboratory bench in a dark condition. After the drying process, the plant samples were grounded by a mill to pass a 1 mm mesh screen and ready for analysis. The milled samples were stored in a dark glass jar at room temperature and in the absence of light until the day of the analysis.

Preparation of shrub extracts and determination of yields

Extracts for each shrub sample were obtained using Soxhlet extract (Soxhlet extract system, EV6AII / 16, Gerhardt UK Ltd.). A 20 g shrub leaves sample was weighed on a filter paper and subjected to extraction by adding 200 ml of solvent. During the extraction process, the shrub samples were extracted with 3 different solvents, distilled water, ethanol, and acetone

were used. The temperature of the soxhlet extractor was fixed at the temperature where the solvents were boiled and the extraction process was continued for 8 hours after boiling was seen. After extraction, the mixture was filtered through a filter paper (Whatman No. 1) and subjected to evaporation. Evaporation was carried out with a rotary evaporator (Heidolph Laborator 4000 Efficient) at 45-50 °C and under vacuum at 150 rpm. After this process, the plant extracts were dried with a freeze dryer, and the extract yields were calculated according to the following formula (Abbas et al., 2021);

$$\text{Yield (DM\%)} = (A1 \times 100) / A2$$

In the formula A1= the weight measured after freeze dryer application, and A2= the dry sample weight subjected to extraction. Plant extracts were stored at + 4 °C until the analysis.

Bacterial strains used in antibacterial susceptibility tests are gram-positive: *S. aureus* (ATCC 25923) and gram-negative: *P. aeruginosa* (ATCC 27853) obtained from Istanbul University Faculty of Pharmacy. Mueller-Hinton Agar (MHA, Merck) was used to carry out the antibacterial analysis. Select reference antibiotic discs (gentamicin and vancomycin; Oxoid) were used as positive controls, depending on the test micro-organisms.

Antibacterial susceptibility tests

In this study, the *in vitro* antibacterial activities of five shrub species were determined using the disk diffusion method (NCCLS, 1999) standardized by Akgül and Kaya (2004). Briefly, all microorganisms were grown on Mueller Hinton Agar (MHA) plates then 3 ml of MHB was inoculated with 4-5 well-isolated colonies for each strain. At the end of incubation, the density of bacteria reached 10⁸ CFU/ml and was standardized to freshly prepared 0.5 McFarland turbidity standards. The prepared fresh bacterial cultures were sown on solid medium -prepared using MHA with the help of cotton swabs. Filter paper disks (6 mm oxoid) were soaked with 25 µl extracts. The discs were placed onto the inoculated agar surface at appropriate intervals and incubated at 37 °C for 20 hours. At the end of the incubation period, antibacterial activity was determined by measuring the diameter (mm) of inhibition zones. Gentamicin (10 µg) and vancomycin (30 µg) discs were used as positive controls. Solvents (distilled water, ethanol, and acetone) were used as a negative control. The results were expressed in terms of the diameter of inhibition zones (mm) and the presented values are the average of three separate experiments.

Results

Extract yield and their change by season

Extract yields differed within the shrub species, sampling periods, and solvents (Table 1). Totally the highest extract yield was obtained from *P. latifolia* between shrub species. The highest extract yields were obtained with ethanolic extracts of *P. Latifolia*, *Q. Coccifera*, *E. major* (Table 1). The lowest extract yields were found in *P. latifolia* harvested in October (1.78%) and *Q. coccifera* in February extracted with distilled water. The lowest extract yield was obtained for *E. major* which was extracted with acetone.

Table 1. Extraction yields of *Quercus coccifera*, *Phillyrea latifolia* and *Ephedra major* (%)

Sampling period	Shrub	Solvent		
		Distiled water	Ethanol	Acetone
April	<i>P. latifolia</i>	4.53	14.89	2.95
July		3.97	15.58	2.89
October		1.78	13.59	2.17
February		5.65	10.45	5.42
April	<i>Q. coccifera</i>	0.47	5.42	1.35
July		0.10	3.52	2.01
October		0.53	6.41	3.26
February		0.08	5.76	3.60
April	<i>E. major</i>	7.29	6.64	4.10
July		3.24	8.15	0.74
October		1.08	4.53	2.84
February		2.12	5.62	0.81

Antibacterial Activity

In this study, different solvent extracts of *Quercus coccifera*, *Phillyrea latifolia*, and *Ephedra major* were determined against *S. aureus* and *P. aeruginosa*. Extracts obtained from the shrub leaves displace antibacterial activity against *S. aureus*. The water, ethanol, and acetone extracts of *P. latifolia* showed antibacterial activity against *S. aureus* zone of inhibition in the disc diffusion method was 15-21 mm (Table 2).

The ethanolic extract of *P. latifolia* had strong antibacterial activity against *S. aureus* in all sampling periods. The extracts obtained from *P. latifolia* in April showed the highest (21 mm) antibacterial activity and it was similar to Gentamicin (19 mm) (Table 2 and Table 3).

It has been determined that the extracts of *Q. coccifera* and *E. major* leaves extracted with ethanol showed antibacterial activity against *S. aureus* in every sampling period (Table 2). Furthermore, it was determined that *E. major* leaves harvested in April showed antibacterial activity when extracted with acetone.

Table 2. The inhibition zone diameters of *Phillyrea latifolia*, *Quercus coccifera* and *Ephedra major*, extracts against *S. Aureus* (mm)

Sampling periods	Shrub			
		Distiled water	Ethanol	Acetone
April	<i>P. latifolia</i>	21	21	16
July	<i>P. latifolia</i>	16	19	16
October	<i>P. latifolia</i>	15	20	16
February	<i>P. latifolia</i>	16	20	16
April	<i>Q. coccifera</i>	-	13	-
July	<i>Q. coccifera</i>	-	13	-
October	<i>Q. coccifera</i>	-	15	-
February	<i>Q. coccifera</i>	-	14	-
April	<i>E. major</i>	-	12	11
July	<i>E. major</i>	-	11	-
October	<i>E. major</i>	-	11	-
February	<i>E. major</i>	-	11	-

-: no inhibition zone

Solvents (distilled water, ethanol, and acetone) used as a negative control did not affect the growth of the organism in the study (Table 3). Gentamicin (10 µg) and vancomycin (30 µg) were used as positive control and the diameters of the inhibition zones were 19 mm and 17 mm respectively against *S. aureus* (Table 3).

Table 3. The inhibition zone diameters of solvents and gentamicin and vancomycin (mm)*

	Distiled water	Ethanol	Acetone	Gentamicine	Vancomisine
Concentration/disc	25 µl	25 µl	25 µl	10 µg	30 µg
Bacteria strains					
<i>S. aureus</i>	-	-	-	19	17
<i>P. aeruginosa</i>	-	-	-	- ^a	- ^a

-: no inhibition zone. -^a: not determined. *: include the diameter of the disk (6 mm)

Discussion

Goats' milk and meat are important nutrient sources for humans in rural areas. The goat population was estimated at 10.634.672 head in Turkey and their milk and meat production were 561.826 tons and 67.500 tons respectively in 2018 (FAOSTAT, 2020). Subclinical mastitis is the most common disease in dairy goats (Persson and Olofsson, 2011). *S. aureus* has been reported to be an important pathogen responsible for clinical and subclinical mastitis, especially in goats (Moroni et al., 2005). It is known that *S. aureus* and *P. aeruginosa* cause several diseases in humans and goats. It has been reported that *S. aureus* is caused by skin and soft tissue, muscle, bone, lung, and heart-valve infections (endocarditis, etc.) in humans (McCaig et al., 2006). Lowy (1998) reported that *S. aureus* is a major cause of hospital infections involving bacteremia and pneumonia. *S. aureus* also causes abdominal diseases (such as lenfadenitis) with *P. aeruginosa* in sheep and goats (Al-Harbi and Mahmoud, 2012).

S. aureus is resistant to methicillin (MRSA) in some parts of Africa (WHO 2014). According to Paterson et al. (2013), *S. aureus* showed resistance to cefoxitin and oxacillin in bulk milk sampled from cattle in England and Wales. Sela et al. (2007) report that *P. aeruginosa* may cause mastitis in sheep, goats, and cattle. It is reported that *P. aeruginosa* causes cystic fibrosis and nosocomial infections in humans (Bentzmann and Pleslat, 2011).

In recent years, numerous studies have been conducted to investigate the antimicrobial activity of different plant species (Sheik et al., 2012; Abbas et al., 2021; Arif et al., 2022; Singh et al., 2023). In this study, *Quercus coccifera*, *Phillyrea latifolia* *Ephedra major* showed antibacterial activity against Gram-positive bacteria *S. aureus*. There is no antibacterial activity shown by Gram-negative bacteria *P. aeruginosa* due to these bacteria are more tolerant than Gram-positive bacteria (Paz et al., 1995; Chariandy et al., 1999) and having another membrane protecting them from many antibiotics and detergents (Sleigh and Timbury, 1998).

Shrublands are important forage sources for ruminants and many shrub species contain secondary compounds in different proportions (Makkar, 2003). It is reported that the most common secondary compounds contained in shrubs are tannins (Makkar and Becker, 1998). The tannin content of the shrubs can be changed seasonally and this is closely related to the intake preferences of herbivores (Rockwood, 1974). Shon et al. (2004) explain that the extract yields of plants are varied depending on the structure and polarity of the solvent used in the extract process. In addition, the chemical composition of the plant species affects extract yield. It has been reported that polar solvents are more effective than polar solvents for extracting polyphenolic compounds (Peschel et al., 2006).

In this study, the solvents used in the extract process were sequenced polar to a polar distilled water, ethanol, and acetone respectively. The highest antibacterial activity was observed in extracts that were extracted with ethanol which is the most polar solvent after distilled water in this study. This is due to the solvents with different polarities may be effective on their bioactive compounds (Parekh et al., 2005). Cowan (1999) reported that solvents with an average polarity are more effective in extracting antimicrobial compounds. Abdullah et al. (2012) using different solvents reported that in the extracts of 57 plant species, methanol is the most effective solvent for extracting antibacterial compounds. The researchers found that the extracts produced with hexane and hot water did not have any antibacterial activity. Ncube et al. (2011) reported that water extracts of *Tulbaghia violacea*, *Hypoxis hemerocallidea*, *Drimia robusta*, and *Merwillia plumbea* leaves have poor antibacterial and antifungal activity. In general, the antimicrobial activities of plant extracts are influenced mainly by environmental

and climatic factors, solvents, and extraction methods used in the extraction process (Cowan, 1999).

Conclusion

P. latifolia, *Q. coccifera* and *E. Major*, which are consumed by goats showed antibacterial activity against *S. aureus* in this study. Ethanol is the most effective solvent, which gives antibacterial activity in the present study. Especially ethanolic extracts of *P. latifolia* showed the highest antibacterial activity comparable to gentamicin and vancomycin. Ethanolic extracts of *P. latifolia* would potentially be used in the protection and treatment of diseases in goats and humans originating from *S. aureus* infections. Further investigations of the extracts that showed antibacterial activity in this study determined the potential usage for self-medication by goats. Especially the investigation of the anti-parasitic effects of both *in vitro* and *in vivo* conditions constitutes the subject of further studies.

Researchers' contribution rate declaration summary

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

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest

Acknowledgments

This study was supported by the Çanakkale Onsekiz Mart University the Scientific Research Coordination Unit Project Number: 2011/131 in Turkey for which the author is highly grateful.

References

Abbas AM, Ahmed D, Qamar MT, Ihsan S, Noor ZI., 2021. Optimization of ultrasound-assisted, microwave-assisted and soxhlet extraction of bioactive compounds from *Lagenaria siceraria*: a comparative analysis. *Bioresource Technology Reports*, 15: 100746.

Abdullah E, Raus EA, Jamal P., 2012. Extract and evaluation of antibacterial activity from selected flowering plants. *American Medical Journal* 3(1): 27-32.

Akbağ HI, Yurtman İY., 2022. Concentrate and polyethylene glycol supplementation in *in vitro* incubations enhance ruminal fermentation characteristics of some shrub species. COMU Journal of Agricultural Faculty, 10(1): 1-15.

Akgül C, Kaya İ., 2004. Potent antibacterial activity of oligo-3-aminopyridine against *Staphylococcus aureus* and *Enterococcus faecalis*. Indian Journal of Biochemistry and Biophysics 41(2-3): 120-122.

Alatürk F, Alpars T, Gökkuş A, Coskun E, Akbağ HI., 2014. Seasonal changes in the nutrient contents of some shrub species. COMU Journal of Agriculture Faculty 2(1): 133-141.

Al-Harbi KB, Mahmoud OM., 2012. Abscess disease of sheep and goats: a disease of major concern in Saudi Arabia that urges production of an effective vaccine. Journal of Agricultural and Veterinary Sciences 5(2): 61-72.

Altemimi A, Lakhssassi N, Baharlouei A, Watson DG, Lightfoot DA., 2017. Phytochemicals: extraction, isolation, and identification of bioactive compounds from plant extracts. Plants, 6(42): 6040042.

Aydınöz D., 2008. An Investigation on the distribution areas of the maquis formation in Turkey. KASTAMONU Education Journal, 16(1): 207-220.

Chariandy CM, Seaforth CE, Phelps RH, Polland G, Khambay BPS., 1999. Screening of medicinal plants from Trinidad and Tobago for antimicrobial and insecticidal properties. Journal of Ethnopharmacology, 64(3): 265-270.

Cheeke PR., 1998. Natural toxicants in feeds forages and poisonous Plants. Danville IL:Interstate Publishers.

Chen K, Wu W, Hou X, Yang Q, Li Z., 2021. A review: antimicrobial properties of several medicinal plants widely used in traditional Chinese medicine. Food Quality and Safety, 5: 1-21.

Clemensen AK., 2018. Understanding plant secondary metabolites; above and below ground. Doctor of Philosophy in Ecology-Wildland Resources, pp. 177.

Cowan MM., 1999. Plant products as antimicrobial agents. Clinical Microbiology Reviews, 12(4): 564-582.

de Bentzmann S, Plesiat P., 2011. The pseudomonas aeruginosa opportunistic pathogen and human infections. Environmental Microbiol., 13(7): 1655-1665.

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2020. FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Statistics database.

Gavkosh SB, Bigdeli M, Ghahfarokhi MS, Abyaneh MR., 2009. Inhibitory effects of Ephedra major host on Aspergillus Parasiticus growth and aflatoxin production. Mycopathologia, 168(5): 249-255.

Ginovyan M, Petrosyan M., 2017. Trchounian A. Antimicrobial activity of some plant material used in Armenian traditional medicine. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 17(50): 1-9.

Hussain MDS, Fareed S, Ansari S, Rahman MDA, Ahmad IZ, Saeed M., 2012. Current approaches toward production of secondary plant metabolites. *J. Pharm. Bioallied Sci.* 4(1): 10-20.

Hutton P, White CL, Durmic Z, Vercoe PE., 2009. *Eremophila glabra* is an Australian plant that reduces lactic acid accumulation in an in vitro glucose challenge designed to simulate lactic acidosis in ruminants. *Animal*, 3(9): 1254-1263.

Kamaraj C, Rahuman AA, Bagavan A, Elango G, Rajakumar G, Zahir AA, Marimuthu S, Santhoshkumar T, Jayaseelan C., 2010. Evaluation of medicinal plant extracts against blood-sucking parasites. *Parasitology Research*, 106(6): 1403–1412.

Lourens ACU, Reddy D, Baser KHC, Viljoen AM, Van Vuuren SF., 2004. *In vitro* biological activity and essential oil composition of four indigenous South African *Helichrysum* species. *J. Ethnopharmacol* 95(2-3): 253-258.

Lowy FD., 1998. *Staphylococcus aureus* infections. *N Engl J Med* 339: 520–32.

Wang MA, Kazi MSK, Khan SU, Saeed S, Khan AM, Khan RA, Afzal M., Nawaz AF, Zia MA, Elansary OE, Shokralla S, Alhalabi A, Gul A, Fiaz S., 2022. Antimicrobial activities of different solvent extracts from stem and seeds on *Peganum harmala* L. *PLOS ONE*, 17(8): e0273538.

Makkar HPS, Becker K., 1998. Adaptation cattle to tannins: role of protein-rich-proteins in oak fed cattle. *Animal Science*, 67(2): 277-281.

Makkar HPS., 2003. Quantification of tannins in tree and shrub foliage a laboratory manual. Kluwer Academic Publishers Dordrecht/Boston/London/Netherlands, pp. 102.

McCaig LF, McDonald LC, Mandal S, Jernigan DB., 2006. *Staphylococcus Aureus*-associated skin and Soft tissue infections in ambulatory care. *Emerging Infection Diseases* 12(11): 1715-1723.

Molan AL, Waghorn GC, McNabb WC., 1999. Condensed tannins and gastro-intestinal parasites. *Proc NZ Grass Assoc* 61: 57-61.

Moroni P, Pisoni G, Vimercati C, Rinaldi M, Castiglioni B, Cremonesi P, Boettcher P., 2005. Characterization of *Staphylococcus aureus* isolated from chronically infected dairy goats. *Journal of Dairy Science*, 88(10): 3500-3509.

Nakatsu T, Lupo A, Chinn J, Kang R., 2001. Biological activity of essential oils and their constituents. In: Atta-ur-Rahman (ed) Bioactive natural products (part B) vol 21 Elsevier Amsterdam, pp 571.

Nawaz H, Shad MA, Rehman N, Andaleeb H, Ullah N., 2020. Effect of solvent polarity on extraction yield and antioxidant properties of phytochemicals from bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds. *Br J Pharmacol Sci.* 56: e17129.

NCCLS (National Committee for Clinical Laboratory Standards)., 1999. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing 9th Int Suppl: M100-S9 NCCLS Wayne PA.

Ncube B, Finnie JF, Staden V., 2011. Seasonal variation in antimicrobial and phytochemical properties of frequently used medicinal bulbous plants from South Africa. *South African Journal of Botany*, 77(2): 387-396.

Nostro A, Germano MP, Angelo VD, Marino A, Cannatelli MA., 2000. Extraction methods and bioautography for evaluation of medicine plant antimicrobial activity. *Letters in Applied Microbiology*, 30(5): 379-384.

Parekh J, Jadeja D, Chands S., 2005. Efficacy of aqueous and methanol extracts of some medicinal plants for potential antibacterial activity. *Turk Journal of Biology*, 29: 203-210.

Paterson GK, Morgan FJE, Harrison EM, Peacock SJ, Parkhill J, Zadoks RN, Holmes MA., 2013. Prevalence and properties of *mecC* methicilin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in bovine bulk tank milk in Great Britain. *J. of Antimicrobial Chemotherapy* 69(3): 1-5.

Paz EA, Cerdeiras MP, Fernandez J, Ferreira F, Moyna P, Soubes M, Vazquez A, Veto S, Zunino L., 1995. Screening of Uruguayan medicinal plants for antimicrobial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 45(1): 67-70.

Persson Y, Olofsson I., 2011. Direct and indirect measurements of somatic cell count as an indicator of intramammary infection in dairy goats. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 53(15): 1-15.

Peschel W, Sanchez-Rabaneda F, Dn W, Plescher A, Gartzia I, Jimenez D, Lamuela-Raventos R, Buxaderas S, Condina C., 2006. An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes. *Food Chem.* 97(1): 137-150.

Rochfort S, Parker AJ, Dunshea FR ., 2008. Plant bioactives for ruminant health and productivity. *Phytochemistry.* 69(2): 299-322.

Rockwood LL., 1974. Seasonal changes in the susceptibility of *Crescentia Alata* leaves to the flea beetle *Oedionychus* sp. *Ecology*, 55(1): 142-148.

Rojas JJ, Ochoa VJ, Ocampo SA, Monoz JF., 2006. Screening for antimicrobial activity of ten medicinal plants used in Colombian folkloric medicine: a possible alternative in treatment of nonnosocomial infections. *BMC Complement Alternat Med* 6(2): 1-6.

Romero B, Susperregui J, Sahagun AM, Diez MJ, Fernandez N, Garcia JJ, Lopez C, Sierra M, Diez R., 2022. Use of medicinal plants by veterinary practitioners in Spain: a cross-sectional survey. *Frontiers in Veterinary Sciences*, 9: 1060738.

Schmincke KH., 2003. Medicinal plants for forest conservation and healthcare, non-wood forest products 11. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Sela S, Hammer-Muntz O, Krifucks O, Pinto R, Weisblit L, Leitner G., 2007. Phenotypic and genotypic characterization of *Pseudomonas aeruginosa* strains isolated from mastitis outbreaks in dairy herds. *Journal of Dairy Research*, 74(4): 425-429.

Sen A, Batra A., 2012. Evaluation of antimicrobial activity of different solvent extracts of medicinal plant: *Melia azedarach* L. *Int J Curr Pharm Res.*, 4(2):67–73.

Sheikh M, Malikı AR, Meghavanshi MK, Mahmood I., 2012. Studies on some plant extracts for their antimicrobial potential against certain pathogenic microorganisms. *American Journal of Plant Sciences*, 3(2): 209-213.

Shon MY, Choi SD, Kohng GG, Nam SH, Sung NJ., 2004. Antimutagenic, antioxidant and free radical scavenging activity of ethyl acetate extracts from white, yellow and red onion. *Food Chem Toxicol* 42(4): 659-666.

Singh AA, Naaz ZT, Rakaseta E, Perera M, Singh V, Cheung W, Mani F, Nath S., 2023. Antimicrobial activity of selected plant extracts against common food-borne pathogenic bacteriaç *Food and Humanity*, 1: 64-70.

Sleigh JD, Timbury MC., 1998. Notes on medical bacteriology. 5th ed. Churchill Livingstone, Edinburg.

Şöhretoğlu D, Ekizoğlu M, Kılıç E, Sakar MK., 2007. Antibacterial and antifungal activities of some *Quercus* species growing in Turkey. *FABAD Journal of Pharmacological Sciences*, 32(3): 127-130.

Tölü C, Yurtman İY, Baytekin H, Savaş T., 2012. Foraging strategies of goats in a pasture of wheat and scrubland. *Animal Production Science* 52(12): 1069-1076.

Viegi L, Pieroni A, Guarrera PM, Vangelisti R., 2003. A review of plants used in folk veterinary medicine in Italy as basis for a databank. *Journal of Ethnopharmacology*, 89(2-3): 221–244.

WHO (World Health Organisation)., 2014. WHO's first global report on antibiotic resistance. Geneva, Switzerland: News Release.

Silan Bileşiklerinin Metallerin Korozyon Davranışına Etkisinin Teorik Olarak İncelenmesi

Goncagül AKSARAY^{1*}

¹Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Balcalı, Adana, 01330, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-4338-6049>

*Sorumlu yazar: goncagulaksaray@gmail.com

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi:

Geliş tarihi: 07.08.2023

Kabul tarihi: 26.02.2024

Online Yayınlanma: 10.06.2024

Anahtar Kelimeler

Korozyon

İnhibitör

Metaller

Silan

DFT

ÖZ

Korozyonun metaller ve alaşımları üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması ya da tamamen ortadan kaldırılması için teknikte bir çok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden en fazla kullanılanı korozyon hızını azaltıcı inhibitör kullanımıdır. İnhibitörler organik, inorganik yapıda bulunan hazır kimyasallardan elde edilebileceği gibi yeşil kimya kullanılarak doğada hali hazırda bulunan maddelerden de sentezlenebilmektedir. Burada önemli olan kullanılacak inhibitörün seçimini yapabilmektir. Korozyondan korunma için oluşacak maliyetin malzemeyi doğrudan değiştirmekten çok daha ucuz olması korozyondan korunma uygulamalarının temel prensiplerindedir. Bu nedenle deneysel uygulama sayısının ve kullanılacak kimyasalların çevreye zararlı etkilerinin azaltılması, oluşacak iş gücü ve zaman kaybının minimuma indirilmesi nedeniyle DFT (Yoğunluk Fonksiyonel Kuramı) kullanımı inhibitörün doğru seçiminde önemli ip uçları vermektedir. Bu çalışmada inhibitör olarak değerlendirilebilecek iki potansiyel molekül trimetil metoksi silan ve trivinil etoksi silanın inhibitör olarak kullanım potansiyellerini aydınlatmak amacıyla DFT B3LYP yaklaşımıyla 6-311G baz seti ile optimize edildikten sonra, moleküldeki her bir atoma ait Mulliken yükler, HOMO ve LUMO enerjileri, dipol momentleri belirlenmiştir.

Theoretical Investigation of the Effect of Silane Compounds on the Corrosion Behavior of Metals

Research Article

Article History:

Received: 07.08.2023

Accepted: 26.02.2024

Available online: 10.06.2024

Keywords:

Corrosion

Inhibitor

Metals

Silane

DFT

ABSTRACT

A range of procedures used in current technology help diminish or completely eradicate the harmful effects of corrosion on metals and their alloys. The use of inhibitors that slow the corrosion rate is the most frequently used technique. Inhibitors can be purchased as already prepared chemicals with organic or inorganic structures or created via green chemistry from elements already present in nature. The important thing here is to be able to choose the inhibitor to be used. One of the basic principles of corrosion protection applications is that the cost of corrosion protection is much cheaper than directly replacing the material. For this reason, the use of DFT (Density Functional Theory) gives important clues in the correct selection of the inhibitor, since the number of experimental applications and the harmful effects of the chemicals to be used are reduced, and the loss of labor and time is minimized. In this study, two potential molecules that can be considered as inhibitors, trimethyl methoxy silane and trivinyl ethoxy silane, were optimized with the 6-311G base set with the DFT B3LYP approach in order to elucidate their use as inhibitors, then

Giriş

Korozyon, metal ve alaşımlarının çevreleri ile etkileşerek elektrokimyasal olarak bozunmasıdır ve doğal olarak ortaya çıkan bir süreç olup, önemli bir endüstriyel sorundur. Antik uygarlıklardan en son teknolojiye kadar korozyon, insan toplumunun tarihini ve gelişimini şekillendirmede çok önemli bir rol oynamıştır. Çevresel kirliliğin ve endüstriyel atıkların artması sonucu NO_x; SO_x gibi gazlarının yol açtığı asit yağmurlarının sebep olduğu metal kayıplarından korunmak için metallerin uzun ömürlü ve güvenilir olmasını sağlamak amacıyla korozyon kontrol ve koruma teknikleri oldukça önemli hale gelmiştir. Metallerin korozyona uğraması, maliyetli hasarlara ve yapısal zayıflamaya neden olabilir (Özer., 2021; Sarioğlu ve ark., 2021; Akgül ve ark., 2023). Korozyonun önlenmesi hususunda inhibitörlerin kullanımı etkili bir yöntemdir (Salleh ve ark., 2021; Tan ve ark., 2021). İnhibitör maddeler, metallerin yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşturarak korozyon sürecini yavaşlatır veya tamamen engeller. Literatürde özellikle asidik ortamda metalleri korozyondan korumak amacıyla organik ve inorganik inhibitör maddelerden yararlanılmıştır. Akgül ve ark., 2023; piridinyum azotuna bağlı farklı fonksiyonel grup içeren iki adet katyonik yüzey aktif maddeyi sentezleyerek asidik ortamdaki inhibisyon etkisini incelemişlerdir. Öztürk ve ark., 2023; sentezlemiş oldukları yüzey aktif maddelerin asidik ortamda yumuşak çeliğin korozyonunu engellemeye etkisini incelemişlerdir. Asan (2023), yeşil inhibitör olarak nikotinamidin paslanmaz çeliğin asidik ortamdaki korozyon davranışına etkisini incelemiştir. Korozyon inhibitörlerinin kullanılması, metallerin ömrünü uzatır, maliyetli onarımları azaltır ve endüstriyel ekipmanların verimliliğini artırır. Bu avantajlar, korozyon kontrolünde inhibitörlerin yaygın olarak tercih edilmesini sağlar. Burada en önemli nokta doğru inhibitör seçimidir (Şahin, 2019; Asan, 2023; Öztürk ve ark., 2023). İnhibitör seçiminde, metallerin maruz kalacağı ortamın özelliklerini değerlendirmek önemlidir. Bunlar arasında sıcaklık, pH, nem, tuzluluk gibi faktörler yer alır. Ayrıca seçilecek olan inhibitörün çalışma prensibi ve koruma mekanizması gözden geçirilmelidir.

Kimyasal bileşiklerin korozyon sürecini nasıl etkilediğini ve koruyucu bir tabaka oluşturarak metalleri nasıl koruduğunu anlamak önemlidir. İnhibitörün uygulanacağı metal/alaşımı, sistem veya yüzey dikkate alınmalıdır. Bazı inhibitörler sıvı formda kullanılabilirken, bazıları toz veya film şeklinde olabilir. Bazı organik inhibitörlerin çevreye

zararlı etkileri nedeniyle aynı içeriğe sahip doğal maddelerden elde edilen organik inhibitörler sıvı formda kullanılmaktadır. Ongun Yüce (2019); yapmış olduğu çalışmada dut yapraklarını ekstrakte ederek farklı derişimde çözeltiler hazırlayarak inhibisyon etkinliğini araştırmıştır. Bununla birlikte beton yapıların korozyondan korunmasında toz halde inhibitör maddeler kullanılmaktadır (Aydın ve ark., 2013). İnhibitörün uygulama yöntemi, kullanım kolaylığı ve etkinliği açısından oldukça önemlidir. İnhibitörün etkinliğinde korozyonu ne kadar iyi engellediği ve koruyucu etkisini ne kadar süreyle devam ettirdiği de önemli bir faktördür (Kadhim ve ark., 2021).

Dayanıklı inhibitörler, uzun süreli koruma sağlayarak maliyetleri düşürebilir. İnhibitörün maliyeti, kullanılacak miktar, etkinlik ve dayanıklılık gibi faktörlere bağlı olarak değişebilir (Karakurt., 2021). Tüm bu konularda doğru seçimin yapılabilmesi için deneysel uygulamalardan önce teorik olarak değerlendirmeler de yapılmalıdır. DFT (Yoğunluk Fonksiyonel Kuramı), bu yöntemlerden biridir (Dutta ve ark., 2017; Ergan, 2021). Yoğunluk Fonksiyonel Teorisi (DFT), yoğun madde fiziği, kuantum kimyası ve malzeme biliminde güçlü ve yaygın olarak kullanılan teorik bir yöntemdir (Skylaris, 2016; Qiang ve ark., 2016). Moleküllerin, katıların ve etkileşen elektronları içeren diğer sistemlerin elektronik yapısını ve özelliklerini incelemek için kullanılır.

DFT moleküler sistemlerin elektronik yapısını ve davranışını hesaplamak için kullanılan bir hesaplama kimyası yöntemidir (Gece, 2008; Guo ve ark., 2017). Moleküler yapıları, reaktiviteyi ve spektroskopik özellikleri tahmin etmek için hesaplamalı kimyada; yeni malzemeleri anlayabilmek ve tasarlamak için malzeme biliminde ve nanoparçacıkların özelliklerini incelemek için nanoteknolojide kullanılmaktadır. DFT'nin inhibitör seçimindeki kullanımına gelince; bu yöntem inhibitörlerin elektronik ve yapısal özelliklerini değerlendirmek, elektrofilitiklik, elektronegatiflik, nükleofilitiklik, sertlik ve korozyon inhibisyonu yeteneklerini tahmin etmek için kullanılmaktadır (Tüzün, 2019; Karakurt, 2021; Mert, 2022). DFT yönteminde ilk adım, potansiyel inhibitör adaylarının belirlenmesidir. Bu adaylar, inhibitör özellikleri olan kimyasal bileşikler veya bileşiklerin belirli grupları olabilir. İnhibitör adaylarının moleküler yapıları DFT hesaplamaları için optimize edilmelidir. Optimize etmek inhibitörlerin enerji minimumlarında bulunacakları geometrik yapılarının hesaplanması ile gerçekleşir. DFT hesaplamalarıyla, inhibitör özelliği gösteren maddenin moleküler orbitallerinin elektronik ve yapısal özellikleri değerlendirilebilir. Örneğin, elektron yoğunluğu, HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital - en yüksek dolu moleküler orbital) ve LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital - en düşük dolmamış moleküler orbital) enerjileri, bağlanma enerjileri ve elektrokimyasal özellikler gibi parametreler incelenebilir. Ayrıca

molekülün dipol momenti ve içerdiği atomların taşıdığı Mulliken yükleri de belirlenebilir (Fernandes ve ark, 2020; Pal ve ark., 2020). İnhibitör adaylarının metal yüzeyine adsorpsiyon davranışları da DFT hesaplamalarıyla değerlendirilebilir (Obot ve ark., 2015; Abdallah ve ark., 2019). DFT hesaplamaları inhibitörlerin metal yüzeyine nasıl bağlandığını ve koruyucu bir tabaka oluşturup oluşturmadığını anlamak için önemlidir. Adsorpsiyon enerjileri, inhibitörlerin yüzeye yapışma yeteneklerini tahmin etmek için kullanılabilir. Tek başına yeterli olmayan teorik yöntemlerin kullanım amacı deneysel uygulama sayılarının azaltılması böylelikle ekonomik kayıpların ortadan kalkması, kimyasal sarfının ve çevreye olumsuz etkilerinin azaltılması, iş gücü ve zaman tasarrufu yapılmasıdır.

Bu çalışmada inhibitör olarak değerlendirilebilecek iki potansiyel molekül trimetil metoksi silan ve trivinil etoksi silan DFT B3LYP yaklaşımıyla 6-311G baz seti ile optimize edildikten sonra, moleküldeki her bir atoma ait Mulliken yükler, HOMO ve LUMO enerjileri, dipol momentleri belirlenmiştir. Çalışma söz konusu maddelerin asidik ortamda çelik alaşımlarının korozyonuna inhibitör olarak kullanım potansiyellerini aydınlatmaya yöneliktir. Çalışmada çelik alaşımlarının seçilme nedeni mekanik özelliklerinin iyi olması ve maliyetinin düşük olması nedeniyle endüstride oldukça fazla kullanılmasıdır. Literatürde trimetil metoksi silanın ve trivinil etoksi silanın farklı organik bileşiklerle birleştirilerek yapılan çalışmalarda etkili korozyon inhibitör özelliğine sahip oldukları belirlenmiştir (Uygun, 2011; Javadi ve ark., 2019). Bu çalışmada bu inhibitör maddelerin tek başına korozyon etkisinin teorik hesaplamaları yapılmıştır. Çalışma deneysel olarak inhibisyon özelliği taşıyan silan bileşiklerinin adsorpsiyon ve inhibisyon etkinliklerinin aydınlatılması açısından tasarlanmıştır.

Materyal ve Metod

Trimetil metoksi silan ve trivinil etoksi silanın kuantum hesaplamaları, tüm atomlar için 6-31G temel seti ile yoğunluk fonksiyonel teorisini (DFT) kullanan Gaussian 03W yazılımı ile yapıldı. Moleküller için en yüksek dolu moleküler orbital (E_{HOMO}), en düşük boş moleküler orbitalin enerjisi (E_{LUMO}), LUMO ile HOMO arasındaki enerji boşluğu (ΔE) ve omurga atomları üzerindeki Mulliken yükleri belirlendi. Optimize edilmiş moleküler yapılar ve HOMO, LUMO yüzeyleri Gauss View kullanılarak görselleştirildi.

Mutlak elektronegatiflik (χ), mutlak sertlik (η) değerleri ve mutlak yumuşaklık (δ) hesaplandı.

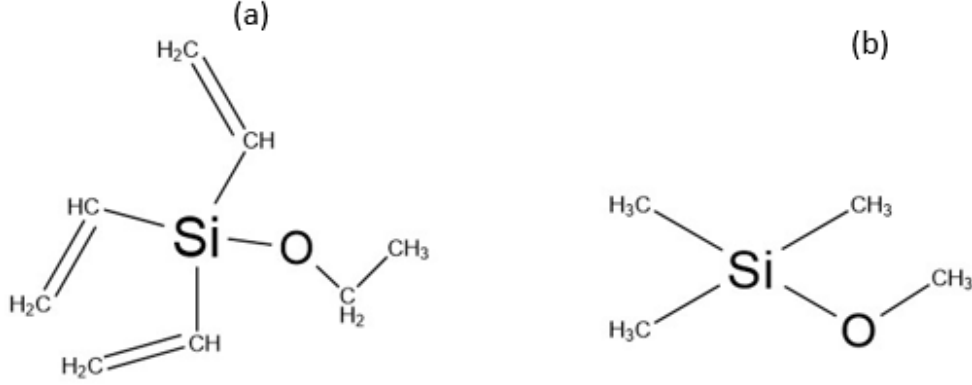
$$A = -E_{LUMO} \quad (2.1)$$

$$I = -E_{HOMO} \quad (2.2)$$

$$\chi = I + A/2 \quad (2.3)$$

$$\eta = I-A/2 \quad (2.4)$$

$$\delta = 1/ \eta \quad (2.5)$$

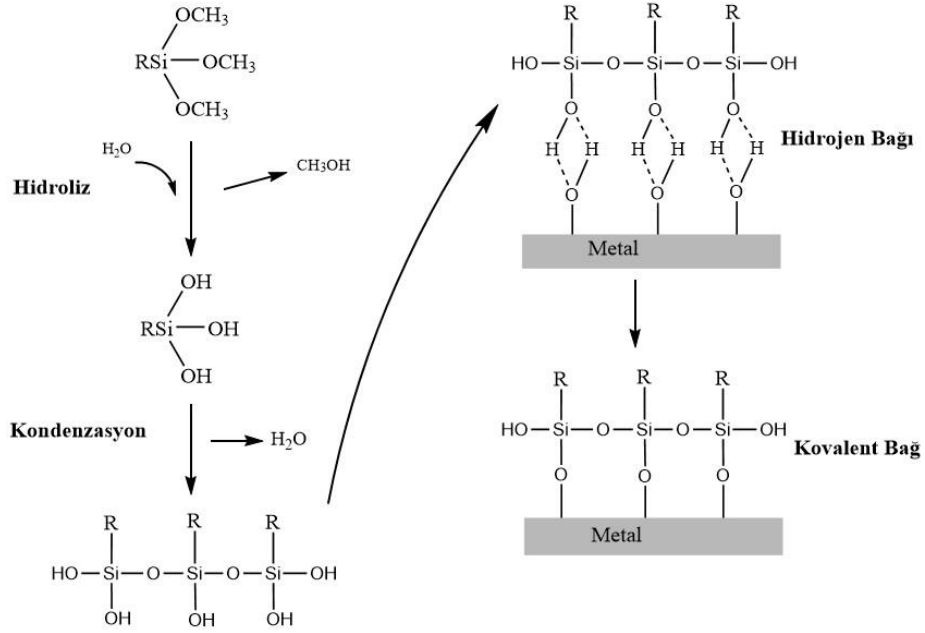


Şekil 1. Triviniletoksi silan (a) ve Trimetil metoksi silanın (b) molekül formülleri

Bulgular ve Tartışma

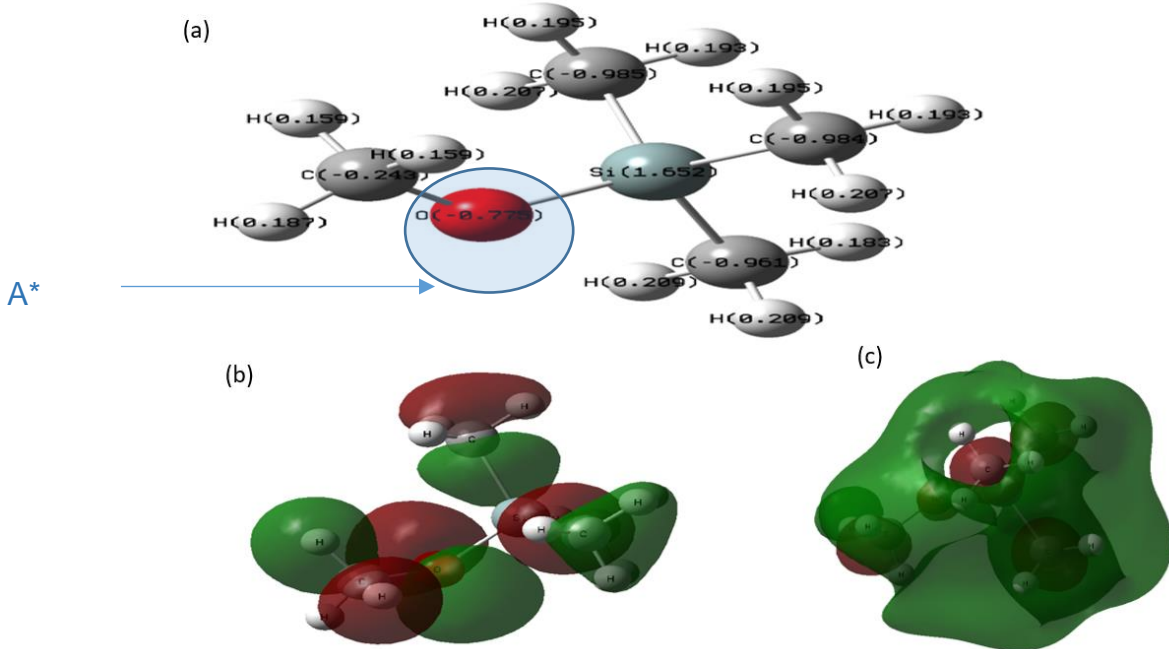
Silanlar, tek ya da daha fazla silisyum atomu içeren çift fonksiyonlu bileşiklerdir. Silanlar uygulandığı malzemenin yüzey enerjisini ve ıslanabilirliğini arttırırken yüzey gerilimini azaltarak malzeme yüzeyine yapışmayı sağlayan organik ya da inorganik bağlayıcılardır. Amidler, epoksiler, organik asitler, polimer ve kopolimer malzemeler organik bağlayıcı; silikatlar inorganik bağlayıcı iken silanlar organik-inorganik bağlayıcı sınıfına girmektedirler (Matinlinna ve ark., 2007). Silan molekülleri bakır, metal alaşımları (AA2024-T3 alaşımı, WE43 magnezyum alaşımı gibi), çelik ve alüminyum alaşımları gibi metalleri korozyona karşı korumada üstün performans göstermektedirler (Zucchi ve ark., 2004; Palanivel ve ark., 2005; Trabelsi ve ark., 2006; Hu ve ark., 2007; Kartsonakis ve ark., 2012 ; Jeyaram ve ark., 2020; Li ve ark., 2023). Silan molekülleri Si - O - C_n H_(2n+1) grupları içerir; bunlar, hidrolizden sonra reaktif silanol grupları Si -OH'ye metal yüzey üzerinde kovalent bağlı bir tabaka oluşturur (Campestrini ve ark., 2004). Bağlı bulunan etoksi veya metoksi grupları, sisteme su eklendiğinde hidrolize edilir ve ortaya çıkan yapısında hidrojen bağları bulunan silanol grupları SiOH, substrat yüzeyindeki metal hidroksit gruplarıyla reaksiyona girerek bir SiOM kovalent bağlı metal/film arayüzü oluşturur. Kaplanmış alt-tabakaların ısıtılması, biriken filmin kütledeki silan molekülleri arasında çapraz bağlanma ile sonuçlanır; metal yüzeyle reaksiyona girmeyen silanol grupları yoğunlaşarak Si -O - Si siloksan zincirleri oluşturur. Çapraz bağlanma ve dallanma, elektrolitin alttaki metale erişimini sınırlayan ve dolayısıyla

aşındırıcı saldırılara karşı etkili bir bariyer oluşturan yoğun bir ağ oluşumuyla sonuçlanır (Zucchi ve ark., 2004; Palanivel ve ark., 2005; De Graeve ve ark., 2007; Toorani ve ark., 2021).

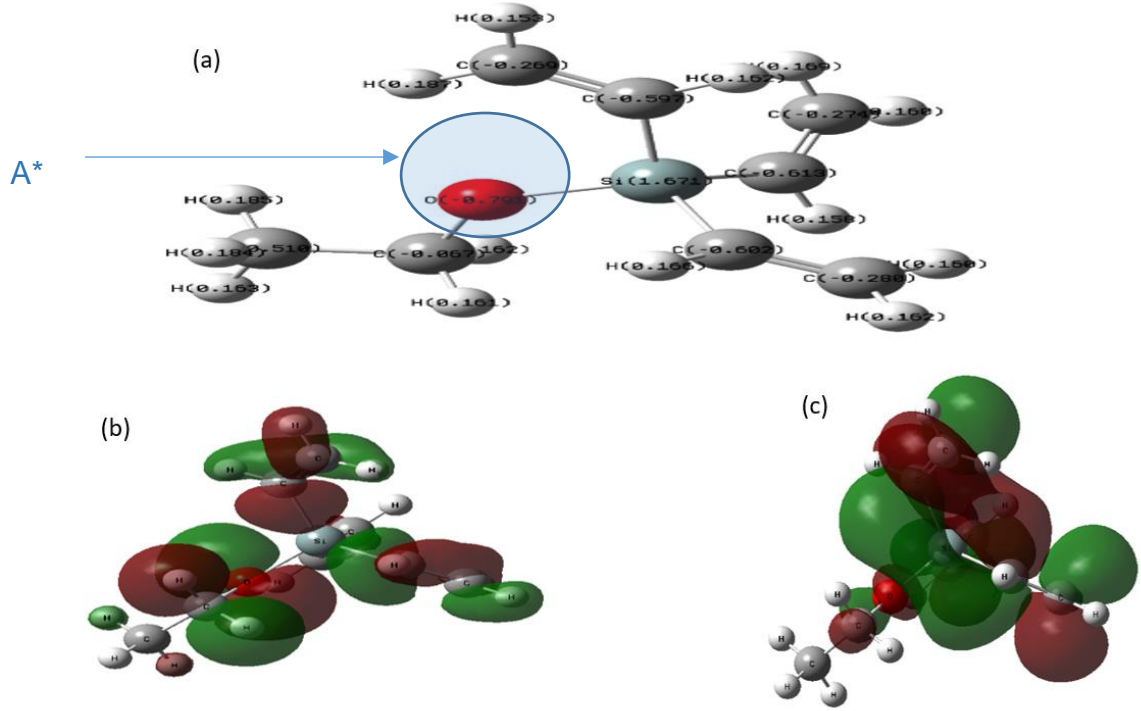


Şekil 2. Silanların metal yüzeyinde film oluşturma mekanizması (Al-Saadi ve ark., 2022)

Metal yüzeyinde film oluşturarak metali korozyona karşı koruma özelliği gösteren silan moleküllerinin metal yüzeyinde film oluşturma mekanizması Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 3. Trimetil Metoksi Silanın Mulliken atomik yükleri (a), HOMO (b) ve LUMO (c) orbital geometrileri



Şekil 4. Trivinil Etoksi Silanın Mulliken atomik yükleri (a), HOMO (b) ve LUMO (c) orbital geometrileri

Şekil 3 ve 4’de trimetil metoksi silan ve trivinil etoksi silanın moleküllerindeki atomların Mulliken yükleri incelendiğinde negatif yüklü merkezlerin karbonil ve hidroksil oksijenleri olduğu ve her hangi bir metal yüzeyine adsorpsiyonun bu bölgelerden gerçekleşebileceği düşünülmektedir. Şekil 3 ve 4 de muhtemel adsorpsiyon bölgeleri (A*) olarak işaretlenmiştir. Benzer durum literatürde çeşitli silan bileşikleri için de gözlenmiştir (Cheng ve ark.,2013). Mulliken yüklerinin bu negatif merkezleri ve sınır yörüngelerinin şekli, hidroliz enerji bariyerlerini azaltabilir. Sulu bir çözeltide korozyon inhibitörü olarak uygulanan silan molekülünün, hidrolize formda yüzeye etkileşime girdiği düşünülmektedir (Zucchi ve ark., 2004; Toorani ve ark., 2021), yani silantrioller formunda yüzey filmleri oluşmaktadır. Yüzeyde oluşan silan tabakasının yapısı dolayısıyla mekanik ve fiziksel özellikleri çeşitli faktörlerden etkilenir; sulu çözeltideki silan yapısı, silanların organo fonksiyonelliği, kurutma koşulları, substrat yüzey topolojisi ve yüzeyin kimyasal durumu. Bu çalışma teorik olarak kuantum kimyasal hesaplamalar ile gerçekleştirilmiştir ve metal yüzeyinde adsorpsiyonun meydana gelebileceği silan terminallerinin (Şekil 3 ve 4 A* bölgeleri) tespiti gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen teorik hesaplamalar sonucunda; trimetil metoksi silanın en düşük enerjili boş orbital (LUMO) enerjisi 0,687eV; en yüksek enerjili dolu orbital (HOMO) enerjisi -7,076 eV; mutlak elektronegatiflik (χ) 3,538; mutlak sertlik (η) 3,882; mutlak yumuşaklık (δ) ise 0,258 olarak hesaplanmıştır. Bu orbitaller Şekil 3’te görülmektedir. Ayrıca bu molekülün dipol

moment değeri (1,5419 Debye), metallerin yüzeyine adsorpsiyonunun kolay bir şekilde gerçekleşebileceğini göstermektedir. ΔN değer (transfer edilen elektron ise literatüre uygun olarak aşağıda belirtilen formül ile hesaplanmış ve 0.446 olarak belirlenmiştir (Sastri ve ark., 1997). Hesaplamalarda demir (Fe) için χ değeri teorik olarak 7 alınmıştır.

$$\Delta N = \frac{\chi_{Fe} - \chi_{inh}}{2(\eta_{Fe} + \eta_{inh})}$$

(2.6)

Aynı parametreler trivinil etoksi silan için değerlendirildiğinde; en düşük enerjili boş orbital (LUMO) enerjisi -0,809 eV; en yüksek enerjili dolu orbital (HOMO) enerjisi -7,153 eV; mutlak elektronegatiflik (χ) 6,344; mutlak sertlik (η) 3,981; mutlak yumuşaklık (δ) ise 0,315 olarak hesaplanmıştır. Trivinil etoksi silan için χ_{Fe} kullanılarak belirlenen ΔN değeri 0,430'dur. Bu orbitaller Şekil 4'de görülmektedir. Trivinil etoksi silanın dipol moment değeri de oldukça yüksektir (1,322 Debye), bu durum bize metal yüzeyine adsorpsiyonun daha avantajlı hale geldiği göstermektedir. Daha yüksek E_{HOMO} değeri, adsorbe edilmiş katman boyunca taşıma sürecini etkileyerek adsorpsiyonu (ve dolayısıyla inhibisyonu) kolaylaştırır (Obot ve ark., 2015; Al-Qurashi ve ark., 2022; Badaik ve ark., 2023; Mamand ve ark., 2023). Diğer önemli parametreler mutlak elektronegatiflik, mutlak sertlik ve mutlak yumuşaklıktır. İnhibitör moleküllerin etkinliği genellikle χ azaldıkça artar. İnhibitör molekülleri yumuşak bir baz gibi davranır ve metal yüzeyi yumuşak bir asit gibi davranır. Bu nedenle yumuşak moleküller sert moleküllere göre daha reaktiftir ve inhibisyon etkinliği η azaldıkça artar. Şekil 3 ve 4'deki moleküller kıyaslandığında daha düşük η (aynı zamanda daha yüksek δ değeri); daha düşük ΔE (6,344 eV) sebebiyle trivinil etoksi silanın daha aktif olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, trivinil etoksi silanın E_{HOMO} değeri ile trimetil metoksi silaninkine kıyaslandığında bu molekülün, düşük enerjili boş moleküler yörüngelere sahip uygun alıcı moleküllere elektron verme eğiliminde olduğunu desteklemektedir. Özellikle demirli malzemeler için literatürde bu değerlerin -7,902 eV olduğu bilinmektedir, alüminyum için ise bu değer yaklaşık -5,985 eV civarındadır (Sastri ve ark., 1997).

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, metalleri korozyondan korumada en etkili yöntemlerden biri olan inhibitör kullanımının deney yapmadan önce teorik olarak inhibitor olarak kullanılacak yapıların incelenmesinin korozyona karşı korunmada maliyetleri düşüreceği düşüncesinden yola

çıkılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada silan bileşiklerinin yüzeyde film oluşturabilme özelliklerinin bilinmesi nedeniyle yapısı araştırılmak istenen trimetil metoksi silan ve trivinil etoksi silanın alternatif bir korozyon inhibitörü olabilecekleri hipotezi üzerinde durulmuştur. Belirlenen dipol momentleri sırasıyla 1,5419 Debye ve 1,322 Debye'dir. Her iki bileşik için de literatüre kıyasla uygun ΔE (7,763 ve 7,962 eV) değerleri ve ΔN (0,446 ve 0,430) değerleri tespit edilmiştir. Bu sonuçlar; her iki molekülün de çelik alaşımları yüzeyine adsorpsiyonunun istemli olarak gerçekleşebileceğini göstermektedir. Adsorpsiyon sayesinde çelik alaşımları yüzeyinde oluşan inhibitör film tabakasının malzemeyi korozyonun zararlı etkilerine karşı koruyacağı düşünülmektedir. Her iki bileşiğin genel kıyaslamasında ise her ne kadar yakın dipol moment ve ΔN değerleri sergilemiş olmalarına rağmen; Mulliken yük yoğunlukları, HOMO ve LUMO enerjileri vb parametreler dikkate alındığında; trivinil etoksi silanın (trimetil metoksi silana kıyasla artan molekül kütlesi ile Van Der Waals etkileşimlerini de arttırarak) daha aktif olacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu araştırmanın gerçekleştirilmesi için teşvik ve bilimsel desteklerinden dolayı Prof.Dr. Birgül YAZICI, Prof.Dr. Gülfeza KARDAŞ ve Doç Dr. Başak DOĞRU MERT'e teşekkür ederim.

Kaynaklar

Abdallah M, Gad EAM, Sobhi M, Al-Fahemi JH, Alfakeer MM., 2019. Performance of tramadol drug as a safe inhibitor for aluminum corrosion In 1.0 M HCl solution and understanding mechanism of inhibition using DFT. Egyptian Journal of Petroleum, 28(2): 173-181.

Akgül G, Öztürk S., 2023. Piridinyum azotuna bağlı farklı fonksiyonel grup içeren iki adet katyonik yüzey aktif maddenin sentezi ve 1.0 M HCl ortamındaki korozyon inhibisyon özellikleri. Ata-Kimya Dergisi, 3(1): 1-8.

Al-Saadi S, Singh Raman RK., 2022. Silane coatings for corrosion and microbiologically influenced corrosion resistance of mild steel: A review. Materials, 15(21): 7809. <https://doi.org/10.3390/ma15217809>

Al-Qurashi OS, Wazzan N., 2022. Molecular and periodic DFT calculations of the corrosion protection of Fe (1 1 0) by individual components of Aerva lanata flower as a green corrosion inhibitor. Journal of Saudi Chemical Society, 26(6): 101566. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2022.101566>

Asan G., 2023. The effect of nicotinamide, the green inhibitor, to the corrosion of stainless steel in acidic media. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 38(3): 1431-1437.

Aydın Ö, Çizmecioğlu Z., 2013. Beton yapılarında inhibitör kullanımının korozyon önlemedeki etkinliğinin değerlendirilmesi. *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Sigma*, 5: 129-137.

Badaik S, Ghosh R, Ray M, Nidhi M, Bhagat AN, Ambade B, Rout TK., 2023. Anti-corrosion properties of functionalized organo-silane coupling agents on interstitial free (if) steel in simulated saline solution. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2945957/v1>

Campestrini P, Terryn H, Vereecken J, De Wit JHW., 2004. Chromate conversion coating on aluminum alloys: iii. corrosion protection. *Journal of The Electrochemical Society*, 151(6): B370.

Cheng X, Zhao Y, Liu Y, Li F., 2013. Role of F⁻ in the hydrolysis–condensation mechanisms of silicon alkoxide si (och₃)₄: a DFT investigation. *New Journal of Chemistry*, 37(5): 1371-1377. <https://doi.org/10.1039/c3nj41140k>

De Graeve I, Vereecken J, Franquet A, Van Schaftinghen T, Terryn H., 2007. Silane coating of metal substrates: complementary use of electrochemical, optical and thermal analysis for the evaluation of film properties. *Progress in Organic Coatings*, 59(3): 224-229.

Dutta A, Saha SK, Adhikari U, Banerjee P, Sukul D., 2017. Effect of substitution on corrosion inhibition properties of 2-(substituted phenyl) benzimidazole derivatives on mild steel in 1 M Hcl Solution: A combined experimental and theoretical approach. *Corrosion Science*, 123: 256-266.

Ergan E., 2021. Potansiyel korozyon inhibitörü olarak pirimidin türevlerinin dft hesaplaması ile teorik çalışmalar. *Journal of The Institute of Science & Technology/Fen Bilimleri Estitüsü Dergisi*, 11(3): 2142-2152.

Fernandes CM, Pina VG, Alvarez LX, de Albuquerque ACF, dos Santos Júnior FM, Barrios AM, Ponzio EA., 2020. Use of a theoretical prediction method and quantum chemical calculations for the design, synthesis and experimental evaluation of three green corrosion inhibitors for mild steel. *Colloids and surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 599: 124857.

Gece G. 2008. The use of quantum chemical methods in corrosion inhibitor studies. *Corrosion Science*, 50(11): 2981-2992.

Guo L, Kaya S, Obot IB, Zheng X, Qiang Y., 2017. Toward understanding the anticorrosive mechanism of some thiourea derivatives for carbon steel corrosion: A combined

DFT and molecular dynamics investigation. *Journal of Colloid and Interface Science*, 506, 478-485.

Hu JM, Liu L, Zhang JQ, Cao CN., 2007. Electrodeposition of silane films on aluminum alloys for corrosion protection. *Progress in Organic Coatings*, 58(4): 265-271. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2006.11.008>

Kadhim A, Al-Amiery AA, Alazawi R, Al-Ghezi MKS, Abass RH., 2021. Corrosion Inhibitors. A review. *International Journal of Corrosion and Scale Inhibition*, 10(1): 54-67.

Karakurt T., 2021. Cu ve Fe metalleri için tiyadiazol türevi bileşiklerin kuantum kimyasal hesaplamaları ve korozyon inhibisyon aktiviteleri. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2): 629-636.

Kartsonakis IA, Koumoulos EP, Balaskas AC, Pappas GS, Charitidis CA, Kordas GC., 2012. Hybrid organic–inorganic multilayer coatings including nanocontainers for corrosion protection of metal alloys. *Corrosion Science*, 57: 56-66. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2011.12.034>

Li J, Bai H, Feng Z., 2023. Advances in the modification of silane-based sol-gel coating to improve the corrosion resistance of magnesium alloys. *Molecules*, 28(6): 2563. <https://doi.org/10.3390/molecules28062563>.

Javadi E, Ghaffari M, Bahlakeh G, Taheri P., 2019. Photocatalytic, corrosion protection and adhesion properties of acrylic nanocomposite coating containing silane treated nano zinc oxide: A combined experimental and simulation study. *Progress in Organic Coatings*, 135: 496-509. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.06.039>.

Jeyaram R, Elango A, Siva T, Ayeshamariam A, Kaviyarasu K., 2020. Corrosion protection of silane based coatings on mild steel in an aggressive chloride ion environment. *Surfaces and Interfaces*, 18: 100423. <https://doi.org/10.1016/j.surfin.2019.100423>.

Mamand DM, Qadr HM., 2023. Corrosion inhibition efficiency and quantum chemical studies of some organic compounds. Theoretical Evaluation. *Corrosion Reviews*. 41(4). doi.org/10.1515/corrrev-2022-0085

Matinlinna JP, Vallittu PK., 2007. Bonding of resin composites to etchable ceramic surfaces-an insight review of the chemical aspects on surface conditioning. *J Oral Rehabil*; 34: (622): 30.

Mert ME., 2022. 2-etil-4-metil-1, 3-tiyazol-5-karboksilik Asitin Korozyona Karşı İnhibisyon Etkisinin İncelenmesi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(2): 1110-1121.

Obot IB, Macdonald DD, Gasem ZM., 2015. Density functional theory (dft) as a powerful tool for designing new organic corrosion inhibitors. Part 1: An Overview. *Corrosion Science*, 99: 1-30.

Özer N., 2021. Yapı malzemelerinde korozyon ve korozyondan korunma yöntemleri. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 26(3): 1159-1178.

Öztürk S, Telci E, Bektaş G, Kaya B, Taner E, Kivrak K., 2023. İki pozitif azot atomu içeren di-katyonik yüzey aktif maddelerin sentezi ve 1.0 m hcl ortamında korozyon inhibisyon etkinliklerinin incelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 11(2): 812-828.

Palanivel V, Huang Y, Van Ooij WJ., 2005. Effects of addition of corrosion inhibitors to silane films on the performance of AA2024-T3 In A 0.5 M NaCl Solution. *Progress in Organic Coatings*, 53(2): 153-168.

Pal S, Ji G, Lgaz H, Chung IM, Prakash R., 2020. Lemon seeds as green coating material for mitigation of mild steel corrosion in acid media: Molecular dynamics simulations, quantum chemical calculations and electrochemical studies. *Journal of Molecular Liquids*, 316: 113797.

Salleh SZ, Yusoff AH, Zakaria SK, Taib MAA, Seman AA, Masri MN, Ter Teo P., 2021. Plant extracts as green corrosion inhibitor for ferrous metal alloys: A review. *Journal of Cleaner Production*, 304: 127030. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127030>

Sastri VS, Perumareddi JR., 1997. Molecular orbital theoretical studies of some organic corrosion inhibitors. *Corrosion*, 53(08). doi.org/10.5006/1.3290294

Sarioğlu İ, Kurtay M, Yıldız M, Ketrez M, Gerengi H., 2021. Kalıp şartlandırıcı serpantinde oluşan korozyonun inhibitör kullanımıyla engellenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 9(2): 971-986.

Skylaris CK., 2016. A benchmark for materials simulation. *Science*, 351(6280): 1394-1395.

Şahin EA., 2019. Yumuşak çeliğin asidik ortamdaki korozyon davranışına 5-(4-dimetilaminobenziliden)-rodanin molekülünün etkisi. *Mühendislik Bilimleri Ve Tasarım Dergisi*, 7(4): 803-810.

Tan B, Xiang B, Zhang S, Qiang Y, Xu L, Chen S, He J., 2021. Papaya leaves extract as a novel eco-friendly corrosion inhibitor for cu in h₂so₄ medium. *Journal of Colloid and Interface Science*, 582: 918-931. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2020.08.093>

Toorani M, Aliofkhaezrai M, Mahdavian M, Naderi R., 2021. Superior corrosion protection and adhesion strength of epoxy coating applied on az31 magnesium alloy pre-treated by peo/silane with inorganic and organic corrosion inhibitors. *Corrosion Science*, 178: 109065.

Trabelsi W, Triki E, Dhouibi L, Ferreira MGS, Zheludkevich ML, Montemor MF., 2006. The use of pre-treatments based on doped silane solutions for improved corrosion resistance of galvanised steel substrates. *Surface and Coatings Technology*, 200(14-15): 4240-4250. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2005.01.044>.

Tüzün B., 2019. Investigation of benzimidazole derivatives as corrosion inhibitor by dft. *Cumhuriyet Science Journal*, 40(2): 396-405.

Uygun H, 2011. Pirinç üzerine uv ile sertleşen çevreye duyarlı polimerik malzemelerin kaplanması. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Kimya anabilim Dalı Fizikokimya Programı, İstanbul.

Qiang Y, Zhang S, Xu S, Li W., 2016. Experimental and theoretical studies on the corrosion inhibition of copper by two indazole derivatives in 3.0% NaCl solution. *Journal of Colloid and Interface Science*, 472: 52-59.

Ongun Yüce A., 2019. Asidik çözeltide yumuşak çeliğin korozyonu üzerine yeşil inhibitör olarak morus nigra pendula yaprak ekstraktının inhibisyon etkisinin incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(1): 183-192.

Zucchi F, Grassi V, Frignani A, Trabanelli G., 2004. Inhibition of copper corrosion by silane coatings. *Corrosion Science*, 46(11): 2853-2865.

<https://doi.org/10.1016/j.corsci.2004.03.019>

İlköğretim Öğrencilerine Uygulamalı Bilimlerde İlgi ve Beceriler Kazandırılması için Yaklaşımlar

Veysel KARACA^{1*}, Kadir KILINÇ²

^{1,2} Nigahi Soykan İlkokulu, Çukurova, Adana

¹<https://orcid.org/0009-0001-1350-6612>

²<https://orcid.org/0009-0004-2277-8128>

*Sorumlu yazar: veyselkaraca1973@hotmail.com

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi:

Geliş tarihi: 14.12.2023

Kabul tarihi: 12.03.2024

Online Yayınlanma: 10.06.2024

Anahtar Kelimeler

Öğretim yöntemleri

Uygulamalı eğitim

Eleştirel düşünce

Fen bilgisi

Öğrenci motivasyonu

ÖZ

Bu çalışmada ilköğretim öğrencilerine uygulamalı bilimlerde ilgi ve beceriler kazandırmak için çeşitli yaklaşımlar araştırılmış ve örneklenmiştir. 3 farklı deney için kullanılan yöntemlerden ilki; Astronomi biliminden yararlanmaktadır. “Güneş, Dünya ve Ay”ın gerçek ve görünür hareketleri ve bu hareketlerin neden olduğu sonuçlar” öğretilmektedir. İkinci deney düzeneğinde Kimya biliminden yararlanılmaktadır, özkütle (maddenin ayırt edici özellikleri) öğretilmektedir. Son deney ise elektrokimya alanındadır. İki elektrotlu sistemde elektroliz ile hidrojen ve oksijen gazı oluşumu araştırılmıştır. Elde edilen bulgulara göre; deney grubunun ve kontrol grubunun ön test puanları arasında anlamlı bir fark olmadığı ($p > 0.05$) ancak, son test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu ($p < 0.05$) bulunmuştur.

The Approaches to Acquire Interest and Skills in Applied Sciences to Primary School Students

Research Article

Article History:

Received: 14.12.2023

Accepted: 12.03.2024

Available online: 10.06.2024

Keywords:

Teaching methods

Practical training

Critical thinking

Science

Student motivation

ABSTRACT

In this study, various approaches were investigated and exemplified to provide primary school students with interest and skills in applied sciences. The first method utilized for three different experiments relies on the field of Astronomy. It teaches about the “real and apparent movements of the Sun, Earth, and Moon, and the consequences of these movements”. The second experiment employs the principles of Chemistry, focusing on teaching about density (distinctive properties of matter). The final experiment falls within the domain of electrochemistry. It investigates the formation of hydrogen and oxygen gas through electrolysis in a two-electrode system. According to the obtained results, there was no significant difference observed between the pre-test scores of the experimental and control groups ($p > 0.05$). However, there was a statistically significant difference observed between their post-test scores ($p < 0.05$).

To Cite: Karaca V, Kılınç K., 2024. İlköğretim öğrencilerine uygulamalı bilimlerde ilgi ve beceriler kazandırılması için yaklaşımlar. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(2): 411-423.

Giriş

İlköğretimde öğrenci-öğretmen ilişkisi, etkili bir öğrenme ortamı oluşturmak ve öğrencilerin bireysel gelişimlerini desteklemek açısından son derece önemlidir (Aslan ve Özyurt, 2023). Bu ilişki, karşılıklı güven, saygı ve anlayış temelinde şekillenmelidir. Öğretmenler, öğrencilere sadece bilgi aktaran bir rolde değil, aynı zamanda rehberlik eden, destekleyen ve öğrencilerin duygusal ihtiyaçlarına duyarlı bir şekilde yaklaşan, teknolojiyi etkin kullanan bir figür olarak hareket etmelidir (Onbaşılı, 2018; Saraç ve Yıldırım, 2019).

Duygusal bağ, öğrenci-öğretmen ilişkisinin temel taşlarından biridir bu bağ, öğrencilerin sınıf ortamında rahat hissetmelerini sağlar. Öğrencilerin duygusal olarak kendilerini güvende hissetmeleri, öğrenmeye olan motivasyonlarını artırabilir ve başarılarını olumlu yönde etkileyebilir. Ayrıca, duygusal bağ, öğrencilere öğretim sürecinde karşılaştıkları zorluklarla başa çıkma konusunda güven duygusu kazandırabilir (Akyürek ve Şahin, 2013).

Duygusal bağın önemi sadece öğrenciler için değil, aynı zamanda öğretmenler için de büyüktür (Demir ve Köse, 2016). Öğretmenler, öğrencilerini daha iyi anlayarak onlara daha etkili bir şekilde rehberlik edebilir ve öğrenme süreçlerini kişiselleştirerek öğrencilerin farklı ihtiyaçlarına daha iyi cevap verebilirler.

Bu bağlamda, öğrenci-öğretmen ilişkisi, sadece akademik başarı üzerinde değil, aynı zamanda öğrencilerin sosyal ve duygusal gelişimleri üzerinde de derin etkiler bırakabilir. Bu nedenle, öğretmenlerin empati, anlayış ve duyarlılıkla öğrencilerine yaklaşması, etkili bir öğrenme ortamının temelini oluşturabilir. Bir diğer önemli nokta ise farklı dersler, farklı konu alanları ve öğrenci ihtiyaçlarına göre öğretim yöntemleri seçimidir. Örneğin, matematik dersleri problemlere odaklanırken, edebiyat dersleri analitik düşünce ve eleştirel okuma becerilerini geliştirmeye yönelik farklı yöntemlere ihtiyaç duyabilir. Bu çeşitlilik, öğrencilerin farklı öğrenme stillerine uyum sağlamalarına yardımcı olabilir ve daha etkili bir öğrenme deneyimi sunabilir (Uyanık ve Dindar, 2016). Öğretmenler, ders içeriği, hedefler ve öğrenci profilleri gözetilerek çeşitli öğretim stratejileri kullanılmalıdır (Jwair ve ark., 2023). Amani Abdullah Bin Jwair ve Dalal Amer Hamad Al-Dosari (Jwair ve ark., 2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmada öğretmenlerin öğrenciler üzerindeki etkisi vurgulanmakta ve öğretmenlerin sadece bilgi aktaran değil, aynı zamanda öğrencilerin yaşamlarını olumlu yönde etkileyen rehberler olduğu belirtilmektedir. Çalışma, öğretmenlerin sadece akademik bilgi değil, aynı zamanda 21. yüzyıl becerileri olarak adlandırılan kritik düşünme, problem çözme, yaratıcılık, iletişim gibi önemli yetenekleri öğrencilere kazandırmalarının önemine de vurgu yapmaktadır. Ayrıca, gelişmekte olan ülkelerin bu becerilere daha fazla vurgu yapmaları gerektiği ve öğrencilerin değişen iş dünyasına ve teknolojiye uyum sağlamak için bu becerilere ihtiyaç duydukları ifade

edilmektedir. Gelecekte başarı için esnek düşünme, değişiklikleri yönetme, toplumsal refah ve veri iletişimi gibi becerilerin önemi vurgulanmaktadır. Bu nedenle özellikle uygulamalı bilimlerde deneysel yöntemler ön plana çıkmaktadır. Nbina, Jacobson Barineka (Nbina, 2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, ilköğretimdeki fen bilimleri eğitiminin, ilerleyen eğitim seviyelerindeki fen öğretimi ve öğreniminin temelini oluşturduğu vurgulanmaktadır. Yüksek öğretimden mezun olan bilim ve teknoloji alanındaki öğrenci sayısının düşük olması, bilim ve teknoloji alanında düşük veya hiç beceri öğretimi olmadığını göstermektedir. Dünya, sürekli olarak bilim ve teknoloji sayesinde küresel bir “köye” dönüşmektedir, bu nedenle mümkün olduğunca çok sayıda öğrenci ve öğretmenin bilim becerilerini öğrenmesi ve öğretmesi gerekmektedir.

Çalışmanın amacı: Öğrenciler için bilim ve teknolojiye hayati öneme sahip olan ilgi ve farklı becerileri vurgulamaktadır. Ayrıca, beceri kazanımı stratejileri, bu becerileri nasıl sergileyebileceği, öğrencileri bilim ve teknoloji becerilerini kazanmaya nasıl motive edebileceği vurgulanmaktadır.

Suduc ve ark. belirttiği gibi; özellikle 6-10 yaş öğrenciler genellikle daha meraklı ve öğrenmeye daha istekli olma eğilimindedir (Suduc ve ark., 2015). Bu nedenle öğretmenlerin, öğrencilerin bilim eğitimine olan ilgisini artırmak için erken yaşlarda çaba göstermeleri gerekmektedir. Sorgulamaya dayalı fen eğitimi, öğrencilerin motivasyonunu artırmada, araştırma becerilerini uygulamada, anlam inşa etmede ve bilimsel bilgi edinmede uyarıcı olduğunu kanıtlamıştır. Sorgulamaya dayalı stratejiler, öğrenci öğrenimi için soru sorma ve aktif katılımı içerir. Sorgulama, aktif, sürekli ve bir kişinin bilgisine dayanan becerileri, keşif yapmayı, sorular sormayı, keşiflerde bulunmayı ve yeni anlayışlar aramak için keşifleri test etmeyi içerir (Suduc ve ark., 2015). Sorgulama, ilköğretim için fen eğitiminin temel taşıdır ve öğrencilere yanıtlarını değerlendirme ve kanıtlarla destekleme becerisi kazandırır (Suduc ve ark., 2015). İlerleyen bölümlerde, sorgulamaya dayalı stratejileri uygulayan eğitim faaliyetlerinin, gerçek fen derslerinden daha başarılı olup olmadığını ve bu faaliyetlerin öğrencilerin fen dersi ideallerine daha yakın olup olmadığını ampirik olarak değerlendirmeyi amaçlayan bir çalışmanın bulguları sunulmaktadır (Suduc ve ark., 2015).

İnceleme ve Deneyim Merkezleri: Öğrencilere fen bilgisi konularını daha yakından deneyimlemeleri için okul içinde veya dışında inceleme ve deneyim merkezleri oluşturulabilir. Bu, öğrencilere teorik bilgileri pratiğe dökme fırsatı sunar.

Proje Tabanlı Öğrenme: Öğrencilere belirli bir konu veya sorun çerçevesinde projeler üretme fırsatı vermek, fen bilgisini daha somut ve uygulanabilir hale getirebilir. Bu yaklaşım,

öğrencilerin derinlemesine öğrenmelerine ve problem çözme becerilerini geliştirmelerine olanak tanır.

Teknoloji Kullanımı: İnteraktif simülasyonlar, sanal deneyler ve diğer teknoloji araçları, fen bilgisi öğrenimini daha çekici ve etkileşimli hale getirebilir. Öğrenciler, bilgilerini uygulama şansına sahip olurken aynı zamanda teknoloji becerilerini geliştirebilirler.

Alan Çalışmaları ve Saha Gezileri: Öğrencilere fen bilgisini doğrudan gözlemleyerek öğrenme fırsatı sunan alan çalışmaları ve saha gezileri düzenlemek, teorik bilgilerin gerçek dünya bağlamında anlaşılmasına katkı sağlar.

İşbirliğine Dayalı Öğrenme: Grup çalışmaları ve işbirliği içindeki projeler, öğrencilerin birbirleriyle etkileşimde bulunmalarını, fikir alışverişinde bulunmalarını ve birlikte çözüm üretmelerini sağlar. Bu, öğrencilerin sosyal becerilerini geliştirirken aynı zamanda fen bilgisi konularını daha derinlemesine kavramalarına yardımcı olabilir.

Öğrenci Merkezli Öğretim: Öğrencilerin ilgi alanlarına ve öğrenme stillerine uygun olarak özelleştirilmiş bir öğrenme deneyimi sunmak, fen bilgisi öğrenimini daha etkili hale getirebilir.

Eğitim Teknolojileri ve Online Kaynaklar: Öğrencilere çeşitli çevrim içi kaynaklar ve eğitim teknolojileri aracılığıyla fen bilgisi konularını öğrenme ve uygulama fırsatı sunulabilir.

Söz konusu yaklaşımların uygulamalarına örnekler aşağıda sunulmuştur.

Materyal ve Metod

Bu çalışmada temel fen bilimleri konularında laboratuvar gerektirmeksizin uygulanabilecek eylemler, materyaller ve ilgili metodlar sunulmuştur (Şekil 1).

“Yer Kabuğu ve Dünya’mızın Hareketleri / Dünya ve Evren” (2022-23 MEB İlköğretim 4. Sınıf müfredatı konusu) için kullanılacak materyaller; polistren köpük toplar, karton ve boyalar.

Gerçekleştirilen modelin özellikleri aşağıdaki gibidir:

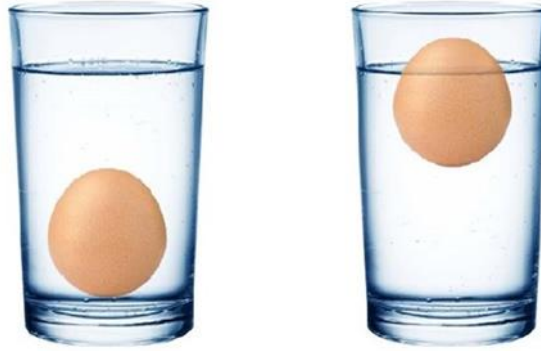
Ay, Dünya, Güneş, kendi ekseni etrafında dönmektedir. Dünya'nın ekliptik düzlemdeki eğimi yaklaşık olarak 23,5 derecedir. Bu eğim, Dünya'nın kendi ekseni etrafında eğik bir şekilde dönmesinden kaynaklanır ve mevsimlerin oluşmasında önemli bir rol oynar. Ay'ın Dünya etrafındaki yörüngesi, eliptik düzlemde yaklaşık olarak 5,1 derece eğimlidir. Ay, Dünya ile birlikte Güneş'in etrafında eliptik bir yörüngede hareket etmektedir. Her üç cisme de, kendi ekseni etrafında ve diğer cisimlerin etrafında saat yönünün tersine dönme hareketi mevcuttur.

Şekil 1’de yer alan düzeneğe benzer bir düzenek kurularak öğrencilerin ilgili kavramları (gündüz, gece, gün, ay, yıl, mevsim vb) anlamaları sağlanabilir.



Şekil 1. Güneş-Dünya-Ay modeli

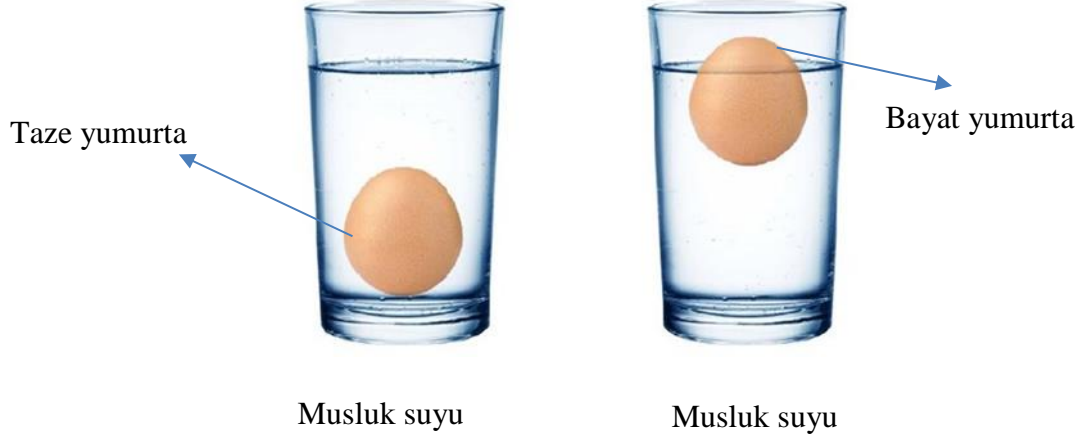
“Maddenin Özellikleri / Madde ve Doğası” (2022-23 MEB İlköğretim 4. Sınıf müfredatı konusu) için kullanılacak materyaller; beher, yumurta, tuz ve su (Şekil 2 ve 3).



Musluk suyu

Tuzlu su

Şekil 2. Yoğunluk etkisinin belirlenmesi

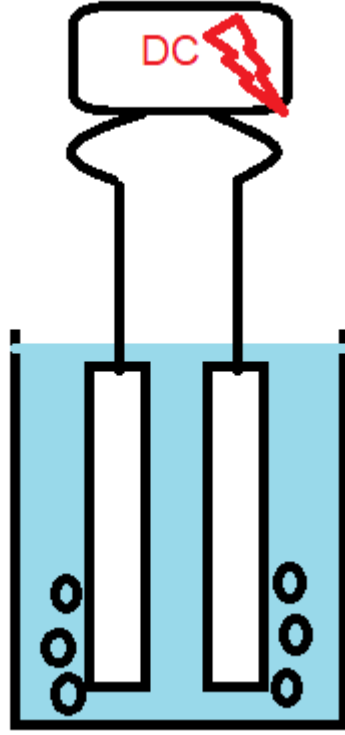


Şekil 3. Biyolojik bozunmanın etkisi

Gerçekleştirilen düzeneklerin özellikleri aşağıdaki gibidir:

Musluk suyu; 25°C oda koşullarında şehir suyu şebekesinden elde edilmiştir. Tuzlu su NaCl katısının %10 (ağırlık/hacim) oranında çözünmesiyle elde edilmiştir. Bayat yumurta örnekleri marketten temin edilen yumurtanın SKT (son kullanma tarihi)'ne kadar bekletilmesi ile taze yumurta örnekleri ise aynı market ve marka yumurtanın SKT içerisindeki tarihte kullanılmasıyla deneyler gerçekleştirilmiştir.

“Basit Elektrik Devreleri”(2022-23 MEB İlköğretim 4. Sınıf müfredatı konusu) için kullanılacak materyaller; iki paslanmaz çelik çubuk (304-SS; %18 krom ve %8 nikel içermektedir) katot ve anot elektrotlar, beher, 1 M KOH_(aq) (56 g KOH katısının 1 L balon jodede çözgen olarak saf su kullanılması ile hazırlanmıştır) ve DC kaynağı (Şekil 4) kullanılmıştır. Bağlantı kabloları olarak elektriksel iletkenliği sağlamak için uç kısmına krokodil bağlanan bakır teller kullanılmıştır.



Şekil 4. Elektroliz hücresi

Araştırma, ön test-son test kontrol gruplu yarı deneysel bir desen kullanılmıştır. Araştırmanın evreni, 2022-2023 eğitim yılında Adana Nigahi Soykan İlkokulu'nun 4. sınıf öğrencileridir. Örneklem, bu evrenden seçilen 40 öğrenciden (4/D Sınıfı) oluşmaktadır, bu öğrencilerin 20'si deney grubunu ve 20'si kontrol grubunu oluşturur. Ön test-son test, öğrencilere "Güneş, Dünya ve Ay'ın gerçek ve görünür hareketleri ve bu hareketlerin doğurduğu sonuçlar", "Maddenin ayırt edici özellikleri" ve "Basit elektrik devreleri" konularıyla ilgili uygulanmıştır. Kontrol grubuna ilgili konular standart öğretim yöntemleriyle anlatılırken, deney grubuna geliştirilen bu model kullanılarak anlatılmıştır. Deneysel öğretim, okulun toplantı salonunda gerçekleştirilmiştir ve öğrenciler arasında karşılıklı fikir alışverişi yapılacak sınıf tartışmaları şeklinde ele alınmıştır. Konular, modeller - düzenekler (Şekil 1-4) üzerinde anlatılmıştır ve öğretim sırasında öğrencilerin günlük yaşantıda edindikleri deneyimler de dikkate alınmıştır. Standart öğretimde ise ilgili kitaplardan ve ders notlarından yararlanılmıştır. Araştırmacılar, temel fen bilgisi kavramlarını tarif etmiş ve önemli kavramları tahtaya yazarak açıklamışlardır.

Bulgular ve Tartışma

Çalışmada önerilen ilk deneyde, polistren köpük toplar, karton ve boyalar kullanılarak gerçekleştirilen etkinlik, ilkokul 4. sınıf öğrencilerine "Yer Kabuğu ve Dünya'mızın Hareketleri / Dünya ve Evren" konularını öğrenmelerine yönelik interaktif bir deneyim sunar (Şekil 1). Bu deney öğrencilerin, el becerilerini geliştirirken aynı zamanda görsel öğrenme yöntemleriyle konuları daha iyi anlamalarına yardımcı olur. Polistren köpük toplar, Güneş, Dünya ve Ay'ı temsil ederken; karton ve boyalar kullanılarak yapılan modellerle de gece gündüz, mevsimler yıllar vb süreçleri canlandırabilirler. Bu sayede öğrenciler, soyut kavramları somut bir şekilde deneyimleyerek öğrenirken, görsel ve dokunsal öğrenme becerilerini güçlendirirler. Ayrıca, grup çalışması ve paylaşma gibi sosyal becerileri geliştirme fırsatı bulurlar. Bu etkinlik, bilimi eğlenceli ve ilgi çekici kılarak öğrencilere kalıcı öğrenme sağlar. Bu etkinlikte dikkat edilmesi gereken önemli noktalar şunlardır: İlk olarak, kullanılan malzemelerin temini sağlanmalı ve öğrencilere yönergelerle doğru kurulum öğretilmelidir. İkinci olarak, öğrencilere doğru bilgilerin aktarılması için etkinlik öncesinde konuya hazırlıklı olarak gelmeleri sağlanmalıdır. Son olarak, öğrencilere grup içinde etkileşim ve işbirliği fırsatları sunulması sosyal becerilerin geliştirilmesine özen gösterilmelidir.

Çalışmada önerilen ikinci deneyde Şekil 2'deki düzenek ile beher, yumurta, tuz (NaCl) ve su (H₂O) kullanılarak yoğunluk kavramının aynı gruba anlatılması, ilkokul öğrencilerine somut bir deneyim sunarak bilimsel düşünme becerilerini geliştirmelerine yardımcı olur. Bu materyallerle yapılan deney, öğrencilere farklı maddelerin yoğunluklarını keşfetme ve karşılaştırma şansı tanır. Öğrenciler, beher içinde farklı oranlarda karıştırılan tuzlu su ve yumurta karışımlarını gözlemleyerek, yoğunluğun nasıl değişebileceğini anlarlar. Bunu kaldırma kuvveti ile ilişkilendirirler. Bu deney aynı zamanda öğrencilere ölçme, karşılaştırma ve sonuç çıkarma becerilerini geliştirme fırsatı sağlar. Grup içinde yapılan deneyler, öğrencilerin işbirliği yapma ve problem çözme becerilerini güçlendirirken, aynı zamanda bilimsel meraklarını canlandırarak öğrenmeye duydukları ilgiyi artırır.

Şekil 3'te musluk suyuna daldırılan bayat ve taze yumurta deneyi, ilkokul öğrencilerine madde özelliklerini anlama ve bilimsel gözlem yapma becerilerini geliştirme fırsatı sunar. Bu deneyde, öğrenciler musluk suyuna batırılmış bayat ve taze yumurtaların suda yüzdüğünü gözlemleyerek, yumurtaların yoğunlukları arasındaki farkı keşfederler. Deney, öğrencilere maddenin yoğunluk özelliğini anlamalarına yardımcı olurken aynı zamanda onların gözlem yapma, karşılaştırma ve sonuç çıkarma yeteneklerini geliştirir. Bu etkinlik, öğrencilere bilimsel süreçlerle ilgili pratik deneyimler kazandırırken, aynı zamanda öğrenmeye duyulan ilgiyi artırarak fen bilimleri konularına karşı olumlu bir tutum geliştirmelerine katkı sağlar. Ayrıca bu

deneye başlamadan önce müfredat konularından biri olan besinler ile ilgili yumurta özelinde bilgiler verilebilir.

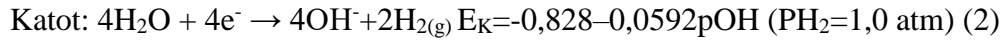
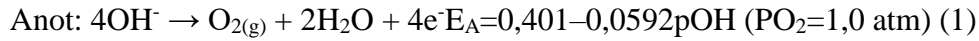
Yumurta fiziksel kimyamız için önemli ve gerekli bir besindir. Yumurta akı, yumurtlama sırasında başlangıç pH'ı 7,6 kadar düşük olan ancak yaşlandıkça yaklaşık 9,4'e yükselen, doğal olarak alkalın olan birkaç gıda ürününden biridir (Ayaşan ve Karakozak, 2009). Yumurtanın sarısı, yumurtanın üçte birinden fazlasını oluşturur. Kalorilerin dörtte üçünü, yağda çözünen vitaminlerin tamamını (A, D, E ve K) ve kolin, lutein ve zeaksantinini tamamını sağlar. Yumurta sarısı ayrıca fosfor, demir ve folatın çoğunu, protein ve riboflavinin neredeyse yarısını sağlar. Beyaz (albümen) toplam protein ve riboflavinin yarısından fazlasını sağlar (Ayaşan, 2010). Temel bir besin maddesi olan kolinin, fetüste ve yeni doğan bebekte uygun beyin gelişimi için önemli olduğu ve yaşam boyunca ve yaşlılığa kadar hafıza fonksiyonunda rol oynayabileceği gösterilmiştir (Ayaşan, 2010).

Şekil 3'te taze yumurta batar çünkü yumurta sarısı, yumurta akı ve gazlar, yumurtanın yoğunluğunun suyun yoğunluğundan daha büyük olmasını sağlayacak kadar kütleye sahiptir. Yoğunluk birim hacim başına kütlelerdir. Temel olarak taze bir yumurta sudan daha ağırdır. Şekil 3'te bayat yumurtanın suda yüzmesinin nedeni öğrencilere anlatılırken kükürttan gelen ağır koku deneyimlendirilmeli ve ilişki kurmak için gerekli anlatım şu şekilde yapılmalıdır; "Yumurta bozulduğunda, içindeki proteinler ve diğer bileşenler bakteri faaliyeti sonucu çeşitli gazlar oluşturabilir. Hidrojen sülfür gazı bu bozunma sürecinin bir parçası olarak oluşabilir. Spesifik kokusu ile tanınır". Dolayısıyla oluşan gazlar kabuktaki gözeneklerden çıkar ve bu nedenle yumurta içindeki yoğunluk azalır ve bayat-bozuk yumurta suda yüzer. Bozunma süreci boyunca zamanla yumurta sarısı ve beyazı daha alkali hale gelir. Bunun nedeni yumurtaların karbonik asit formunda karbondioksit içermesidir. Karbonik asit, kabuktaki gözeneklerden geçerek karbondioksit gazı olarak yavaş yavaş yumurtadan kaçar. Yumurta daha alkali hale geldikçe, yumurtadaki sülfür hidrojenle daha iyi reaksiyona girerek daha çok hidrojen sülfür gazı oluşturabilir hale gelir. Bu kimyasal süreç, oda sıcaklığında, daha düşük sıcaklıkta olduğundan daha hızlı gerçekleşir.

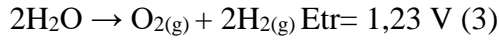
Öğrencilere sorulabilecek bir diğer soru ise Şekil 2 ve 3'teki testlerin yumurta rengine bağlı olup-olmadığıdır. Sonuçlar aynı olacaktır. Tavukların aynı tahılla beslendiğini varsayarsak, kahverengi yumurtalar ile beyaz yumurtalar arasında renkleri dışında hiçbir fark yoktur. Yumurta rengi, kabuğun kalınlığını etkilemeyen, yumurta kabuğu rengini belirleyen bir gen tarafından kontrol edilir. Tavuğun üreme kanalında yumurta kabuğu oluşmaya başladığı andan itibaren kabuk bezlerinin salgıladığı biliverdin, çinko şelat ve porphyrin pigmentleri kabuğun yapısına katılmaya başlar. Kahverengi yumurtalarda bu üç pigment bulunmasına

rağmen, protoporphyrin miktarının yüksek olduğu belirtilmektedir. Protoporphyrin pigmentinin yoğunluğuna göre yumurta rengi açık krem renginden koyu kahverengine kadar farklılık gösterir (Şekeroğlu ve Duman, 2009). Fakat yumurta ebatları aynı olduğu sürece, renk farklılığı burada sunulan deney sonuçlarını etkilemez.

Şekil 4'teki düzenek ise kolayca temin edilebilecek metal çubuklar (elektriksel iletkenliği yüksek diğer malzemeler de olabilir; örneğin bu iş için kurşun kalem de kullanılabilir çünkü yapısındaki grafit iletken) kullanılabilir. DC güç kaynağına bağlanan elektrotlar alkali bir çözeltiye daldırılır. Alkali suyun elektrolizi sırasında anotta oksijen ve katotta hidrojen gazı oluşur (Kardaş ve ark., 2005; Burton ve ark., 2021; Aboukalam da Cruz ve ark., 2023);



Toplam tepkime;



Suyun 25°C'de tersinir ayrışma gerilimi 1,23 V'tur. Teorik olarak katotta hidrojen ve anotta oksijen çıkışının gerçekleşebilmesi için sisteme 1,23 V potansiyel uygulanmalıdır (Chi ve Yu, 2018; Chand ve Paladino, 2023). Fakat sistemdeki aşırı gerilimler nedeni ile (aktivasyon aşırı gerilimi, difüzyon aşırı gerilimi, çözelti aşırı gerilimi vb) 1,23V'tan daha yüksek potansiyel uygulanması gerekmektedir (Kardaş ve ark., 2005).

Araştırmadan elde edilen sonuçlar; deney ve kontrol gruplarının ön test puanları bakımından farklılaşmadığını, son testte ise deney grubunun, kontrol grubuna göre puan ortalamaları açısından daha başarılı olduğunu göstermiştir. Buna ek olarak astronomi başarı testinde (Şekil 1) yer alan "Ay, Dünya ve Güneş hareketleri" "Ay'ın evreleri", "Eksen eğikliği" konularına yönelik olarak sorulan sorularda doğru cevap frekansının deney grubu lehine olması, deney grubunda kullanılan Güneş-Dünya-Ay modelinin, üç boyutlu ilişkileri algılamaya, soyut ve üç boyutlu düşünmeye dayanan bu tür konuların anlaşılabilirliğini artırdığını ortaya koymaktadır.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma ilkökul öğrencilerine MEB müfredatına uygun olarak anlatılan fen bilgisi dersi konularında deney-gözlem becerileri kazandırmak için hazırlanmıştır. Deney grubunun ön test puanlarının ortalaması 45, kontrol grubunun ön test puanlarının ortalaması ise 48'dir. Son test puanlarının ortalamaları ise deney grubu için 72, kontrol grubu için ise 83'tür. Bu verileri yorumlamak için istatistiksel bir analiz yöntemi olan T testi, iki grup arasında

istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için kullanılmıştır. Deney grubu ve kontrol grubu arasındaki ön test puanlarının ortalamalarının farkı istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0.05$). Bu, başlangıçta gruplar arasında belirgin bir fark olmadığını gösterir. Ancak, son test puanlarının ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Bu, deney grubunun kontrol grubuna göre son testte daha yüksek performans gösterdiğini ve deney grubunun fen bilgisi dersinde deney-gözlem becerilerini daha iyi kazandığını gösterir.

Sonuç olarak, Şekil 1-4 düzeneklerinin kullanıldığı deney grubu, kontrol grubuna kıyasla fen bilgisi dersinde daha büyük bir gelişme göstermiştir. Bu, gerçekleştirilen deneysel yaklaşımların öğrencilere deney-gözlem becerilerini kazandırmada etkili olduğunu göstermektedir. Özel laboratuvar altyapısı gerektirmeyen uygulamalar ile deneysel anlatımın yaygınlaşması açısından önemlidir. Çalışma ayrıca bu alanda görev yapan öğretmen meslektaşlarımızın yeni araştırmaları gerçekleştirmesi için örnek teşkil edecektir. Çalışmada önerilen deneylerden ilki; Yer Kabuğu ve Dünya'mızın Hareketleri / Dünya ve Evren konularında tecrübe kazandıracaktır. Şekil 2 ve 3'de sunulan deneylerde ise vurgu maddenin yoğunluk özelliğine olsa da bunun yanında besinler konusunda da önemli faydaları olacaktır. Önerilen son deneyse kurulan basit elektrik hücresi ile elektrik, devre elemanları, geleceğin temiz enerjisi olan hidrojen gazı, tıbbi değeri olan oksijen gazı tanıtılacaktır. Sonuç olarak beklenen temel faydalardan biri ise sosyal açıdan öğrencilerin grup katılımı, iş birliği ve gözlem yeteneklerinin artırılması olacaktır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

Aboukalam da Cruz MHA, Etancelin M, Marias F, Reneaume JM, Sochard-Reneaume S, Serra S., 2023. Dynamic modelling of an alkaline water electrolysis system and optimization of its operating parameters for hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(35): 12982-12999.

Akyürek Ç, Şahin Ç., 2013. İlkokul öğretmenlerinin girişimcilik becerisine ilişkin görüşlerinin değerlendirilmesi. *Ekev Akademi Dergisi*, 17(57): 51-68.

Aslan H, Özyurt M., 2023. İlkokul dördüncü sınıf fen bilimleri öğretim programının ve uygulamaların öğrencilere üst düzey düşünme becerilerini kazandırma durumlarının incelenmesi. *Turkish Studies-Educational Sciences*, 18(2): 379-406.

Ayaşan T., 2010. Ruminant ve kanatlı beslenmesinde bezelye kullanımı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2): 74-82.

Ayaşan T, Karakozak E., 2009. Hayvan beslemede kurutulmuş damıtık mısır+çözünür maddelerinin (DMÇM) kullanımı. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 8(1): 42-49.

Burton NA, Padilla RV, Rose A, Habibullah H., 2021. Increasing the efficiency of hydrogen production from solar powered water electrolysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135: 110255.

Chand K, Paladino O., 2023. Recent developments of membranes and electrocatalysts for the hydrogen production by anion exchange membrane water electrolyzers: A review. *Arabian Journal of Chemistry*, 16(2): 104451.

Chi J, Yu H., 2018. Water electrolysis based on renewable energy for hydrogen production. *Chinese Journal of Catalysis*, 39(3): 390-394.

Demir E, Köse M., 2016. Öğretmenlerin rol modeli hakkında öğretmen görüşleri. *Akademik Bakış Dergisi*, 53: 38-57.

Jwair AAB, Al-Dosari DAH, Rezvani E., 2023. How primary school teachers perceive and develop students' future skills? *Education Research International*, 2023: 1-15.

Kardaş G, Solmaz R, Yazıcı B, Erbil M., 2005. Elektroliz yöntemiyle hidrojen gazı eldesi. *3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*, 262-265.

Nbina JB., 2011. Scientific and technological skills acquisition at the primary school level as a strategy to mitigating the challenges of vision 2020 in Nigeria. *African Research Review*, 5(6): 108-120.

Onbaşılı Üİ., 2018. Artırılmış gerçeklik uygulamalarının ilkökul öğrencilerinin artırılmış gerçeklik uygulamalarına yönelik tutumlarına ve fen motivasyonlarına etkisi. *Ege Eğitim Dergisi*, 19(1): 320-337.

Saraç E, Yıldırım MS., 2019. 2018 Fen bilimleri dersi öğretim programına yönelik öğretmen görüşleri. *Academy Journal of Educational Sciences*, 3(2): 138-151.

Suduc AM, Bizoi M, Gorghiu G., 2015. Inquiry based science learning in primary education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 205: 474-479.

Şekeroğlu A, Duman M., 2009. Effect of egg shell colour of broiler parent stocks on hatching results, chickens performance, carcass characteristics, internal organ weights and some stress indicators. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(5): 837-842.

Uyanık G, Dindar H., 2016. İlkokul 4. sınıf fen bilimleri dersinde kavramsal değişim metinlerinin kavram yanılgılarının giderilmesine etkisi. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakóltesi Dergisi, 36(2): 349-374.

DFT Study: Investigation of TATB Derivatives as a Candidate of Energetic Materials

Mehmet Erman MERT^{1*}, Mehmet Can MERT², Dileknur ALTAN³, Türker EMİLİ⁴, Serdar KILIÇASLAN⁵, Başak DOĞRU MERT⁶

¹Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Advanced Technology Research and Application Center, Adana

²Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Dept. of Energy Systems Engineering, Adana

³Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Dept. of Energy Systems Engineering, Adana

⁴Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Dept. of Energy Systems Engineering, Adana

⁵Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Dept. of Energy Systems Engineering, Adana

⁶Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Dept. of Energy Systems Engineering, Adana

¹<https://orcid.org/0000-0002-0114-8707>

²<https://orcid.org/0000-0001-7517-2673>

³<https://orcid.org/0009-0001-5734-9727>

⁴<https://orcid.org/0009-0002-2751-4661>

⁵<https://orcid.org/0009-0005-2351-1174>

⁶<https://orcid.org/0000-0002-2270-9032>

*Corresponding author: memert@atu.edu.tr

Research Article

Article History:

Received: 17.01.2024

Accepted: 05.04.2024

Available online: 10.06.2024

Keywords:

Detonation pressure
Detonation velocity
Density function theory
Energetic materials
TATB

ABSTRACT

The explosive substances are chemically reactive materials that, when heated or shocked (impact, compression, and friction), produce a great deal of gas and intense heat. They are extensively employed in both industrial and military applications. They must first be conceptually explored before beginning the experimental studies for the development of their properties because the infrastructure and other requirements for experimental investigations are not frequently readily available. In this study the structurally modified 2,4,6-triamino-1,3,5-trinitrobenzen (TATB) molecules were investigated as a candidate of energetic materials via DFT (with B3LYP/6-31G (d,p) basis set). In order to achieve this purpose, theoretically formed molecules were optimized, and after that, ballistic parameters, including detonation pressure (P) and detonation velocity (D), were examined by using Kamlet-Jacobs equations. According to the obtained data, it was found that the molecular alterations mentioned can reduce the sensitivity of TATB's.

DFT Çalışması: Enerjik Malzeme Adayı Olarak TATB Türevlerinin İncelenmesi

Araştırma Makalesi

ÖZ

Makale Tarihçesi:

Geliş tarihi: 17.01.2024

Kabul tarihi: 05.04.2024

Online Yayınlanma: 10.06.2024

Anahtar Kelimeler:

Patlama basıncı
Patlama hızı
Yoğunluk fonksiyonu teorisi
Enerjik malzemeler

Patlayıcı maddeler, ısıtıldıklarında veya şoka (darbe, sıkıştırma ve sürtünme) maruz kaldıklarında çok miktarda gaz ve yoğun ısı üreten kimyasal olarak reaktif malzemelerdir. Hem endüstriyel hem de askeri uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Özelliklerinin geliştirilmesi için deneysel çalışmalara başlamadan önce teorik olarak araştırılmaları gerekir. Çünkü deneysel çalışmalar için altyapı ve diğer gereksinimler sıklıkla hazır değildir. Bu çalışmada, yapısal olarak modifiye edilmiş 2,4,6-triamino-1,3,5-trinitrobenzen (TATB) molekülleri, DFT (B3LYP/6-31G (d,p) temel seti ile) aracılığıyla enerjik malzeme adayları olarak incelenmiştir. Bu amaç için teorik

To Cite: Mert ME, Mert MC, Altan D, Emili T, Kılıçaslan S, Doğru Mert B., 2024. DFT Study: Investigation of TATB derivatives as a candidate of energetic materials. *Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(2): 424-437.

Introduction

The exponential growth in global population and economic development over time has significantly fueled the surge in worldwide energy demand. This escalating need for energy has propelled the utilization of various energetic materials across a spectrum of critical sectors, including propulsion, defense, and industrial applications. Comprising a diverse array of substances such as propellants, pyrotechnics, and explosives, these materials harbor substantial chemical energy, capable of being harnessed for diverse purposes. Remarkably versatile, energetic materials manifest in both solid and liquid states, offering adaptable solutions to meet specific operational requirements. Within their chemical composition, one typically finds a symbiotic interplay between fuel and oxidizer elements, either coexisting within the same molecular framework or as distinct entities, facilitating efficient energy release and utilization across a myriad of applications and industries (Pu et al., 2020; Türker, 2020; P. Wang et al., 2020b; Wu et al., 2020; Zhu et al., 2020). These materials release a large quantity of energy to the exterior at once together with a stimulating force like collision, friction, electrostatic discharge (ESD) or electrical spark, shock, and thermal / heating thanks to the chemical structure inside them (Xi et al., 2019; Xiao et al., 2019; Yongjin and Shuhong, 2019; Zhai et al., 2019). The shockwave travels through energetic material as it explodes. At the wave front the material is highly compressed, leading to the temperature rise, which triggers exothermic chemical reactions and create a chemical reaction zoom after the wave front (Bu et al., 2020; Shi et al., 2020). Experimental research into the breakdown of energetic materials by repulsive force is challenging. The governing factors, such as thermochemical processes and kinetic models, may be observable, though.

For this reason, it's crucial to get some theoretical information prior to starting experiments. High sensitivity frequently has a correlation with high detonation performance. The most potent explosives are frequently more susceptible than average to inadvertent triggers like shock or collision leading to unintended detonation. This finding, that is partially obvious, is based on experience, but it is also backed up by thorough research. The fundamental issue is that factors supporting either great performance or poor sensitivity typically work against the other. As a result, designing better explosives frequently involves a "search for balance," as it

was recently put forth. The literature provides an overview of the numerous theoretical techniques that have been employed to forecast the mechanical and spark sensitivity of materials, as well as their benefits and drawbacks, as well as the range of applications for each (Wang et al., 2019a; Wang et al., 2019b; Xi, Mazian et al., 2019; Zhang et al., 2019; Wang and Zhu, 2020a; Borisov et al., 2020; Jeong et al., 2020; Li et al., 2020; Pu et al., 2020). As a complement, the theoretical models for explosives' thermal stability are also briefly introduced. A number of empirical principles, including simple oxygen balance, chemical characteristics, and the ratios of carbon (C) and hydrogen (H) to oxygen (O) for various types of explosive compounds have been claimed to constitute the only foundation for the current ability to forecast sensitivity.

There are four main categories to consider while choosing explosives. First; dynamites, such as granular dynamite (straight, high-density extra, and low-density extra), as well as gelatin dynamite (straight, ammonia, and semi gelatin). Unless a case-specific waiver is secured from the regional blasting officer, use is forbidden by policy. Second; cartridges and bulk items for water gels, emulsions, and slurries. Third; dry Blasting Agents, which include Packaged (waterproof) ANFO (Ammonium nitrate+ fuel oil), Aluminized ANFO, Poured or Bulk ANFO, and Densified ANFO. Lastly; binary Explosives - An explosive that is created in the field by combining two separate items.

When compared to all explosives, 2,4,6-triamino-1,3,5-trinitrobenzene, also known as TATB, is appealing because to its high temperature safety and resistance to accidental ignition and detonation. In this study, the structurally modified 2,4,6-triamino-1,3,5-trinitrobenzen (TATB) molecules were investigated as a candidate of energetic materials via DFT approach (with B3LYP/6-31G* (d,p) basis set).

The utilization of theoretical approaches, such as density functional theory (DFT), in the design and modification of energetic materials like 2,4,6-triamino-1,3,5-trinitrobenzen (TATB), offers a practical pathway to enhance safety and efficiency in their synthesis. This study not only underscores the significance of theoretical modeling in advancing energetic materials science but also underscores its pivotal role in promoting safer chemical innovation for diverse practical applications.

The structurally modified 2,4,6-triamino-1,3,5-trinitrobenzen (TATB) molecules would find potential usage in various applications such as explosives, propellants, pyrotechnics, and other energetic materials.

Materials and Methods

The 3D structure of the TATB and modified molecules were drawn in vacuum using the Spartan 14 program, and using the Hartree-Fock method the STO-3G, 3-21G and 6-31G* base sets were applied, respectively. Then, geometric optimization of the molecules was performed by applying 6-31G* basis set, at the level of DFT/B3LYP method. The procedure was frequently obtained in literature (Young, 2001; Türker and Variş, 2013; Wu et al., 2020). The obtained structures were given in Figure 1.

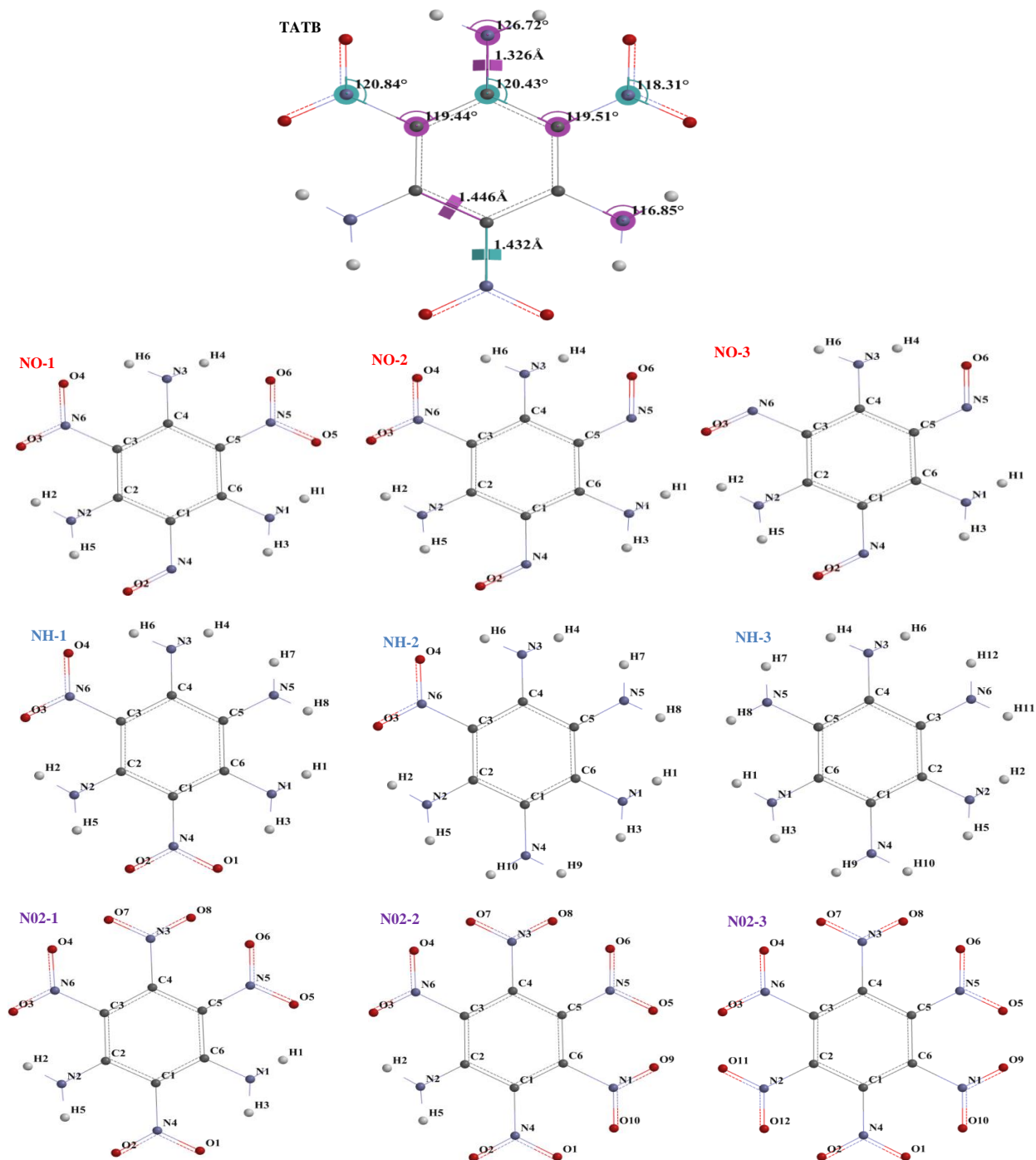


Figure 1. The TATB and structurally modified molecules

The density, one of the factors influencing the ballistic properties of energetic molecules, was calculated using the commonly utilized Monte Carlo method (Yang et al., 2013; Wang et al., 2019a; Jeong et al., 2020; Pu et al., 2020). The molar volumes of TATB and the molecules derived from it were calculated 10 times with the help of the Monte Carlo method in the Gaussian 09W package program, and the molar volumes were calculated by taking the arithmetic average. Theoretical density values were determined by dividing the molar mass of the molecules by the average molar volumes found.

N, M_{ave} and Q values for $C_aH_bO_cN_d$ -type explosives were calculated with the help of table 1. (N: moles of gas consisting of detonation products per gram of explosive (mol/g), M_{ave} : average molar mass of the gas products formed (g/mol), Q: chemical energy of explosion (kJ/g)).

Table 1. Stoichiometric equations for calculating the N, M_{ave} , and Q parameters for $C_aH_bO_cN_d$ -type explosives (Qiu et al., 2006).

Parameter	$c \geq 2a + b/2$	$2a + b/2 > c \geq b/2$	$b/2 \geq c$
N	$(b + 2c + 2d)/4M$	$(b + 2c + 2d)/4M$	$(b + d)/2M$
M_{ave}	$4M / (b + 2c + 2d)$	$(56d+88c-8b)/(b+2c+2d)$	$(2b + 28d+ 32c)/(b + d)$
Q	$(28.9b + 94.05a + 0.239 \Delta H_f^\circ) / M$	$[28.9b+94.05 (c/2 -b/4) + 0.239 \Delta H_f^\circ] / M$	$(57.8c + 0.239 \Delta H_f^\circ) / M$

N: moles of gas consisting of detonation products per gram of explosive (mol/g), M_{ave} : average molar mass of the gas products formed (g/mol), Q: chemical energy of explosion (kJ/g).

Theoretical detonation velocity (D) and detonation pressure (P) of the TATB and its derived molecules were calculated using the Kamlet-Jacobs equations (Kamlet and Hurwitz, 1968; Fordham, 1980; Qiu et al., 2006; Jeong, 2018) given in Equations 1 and 2.

$$D = 1.01 (N M^{1/2} Q^{1/2})^{1/2} (1+1.30 \rho) \quad (1)$$

$$P = 1.558 \rho^2 N M^{1/2} Q^{1/2} \quad (2)$$

D: detonation velocity (km/s), P: detonation pressure (GPa), ρ : density of the compound (g/cm³)

With the help of equation 3 the oxygen content was calculated (Türker and Variş, 2013; Larin et al., 2023).

$$\% \Omega = \frac{\mu_0}{\mu_{pat}} \left(c - 2a - \frac{b}{2} \right) \times 100 \quad (3)$$

Possible gas products that may occur as a result of the explosion reaction, Kistiakowsky-Wilson rules (Akhavan, 1998) (1- Oxygen atoms oxidize 'H' atoms to 'H₂O' molecules, 2- The remaining 'O' atoms oxidize all 'C' atoms to CO molecules. 3- The remaining 'O' atoms oxidize all the 'CO' molecules into 'CO₂' molecules, 4- The excess of O, H and N atoms is converted to O₂, H₂ and N₂, excess C remains as C(S)) was determined with its help. The determined theoretical values were compared with the literature.

Results and Discussion

Table 2 listed the bond lengths and bond angles that the 2,4,6-triamino-1,3,5-trinitrobenzene (TATB) molecules B3LYP/6-31G* (d,p) base set optimization process yielded. As shown in Table 2, the results of the optimization process are consistent with the literature data. Table 3 shows the values for density, explosion velocity, and explosion pressure of the TATB molecule. It can be seen that the values obtained after optimization are in agreement with the literature data and provide information about the accuracy of the optimization process.

Table 2. The bond angles and bond lengths obtained in this study for the TATB molecule and obtained from the literature data (°).

Bond Angles	TATB	(Mason et al., 2022)	(David et al., 2011)	(Cady and Larson, 1965)	(Türker, 2019a)
H6-N3-H4	126.72	125.50		124.00	
C6-N1-H1	116.85	117.22		116.00	
C4-C5-N5	119.51		119.40	119.40	
N3-C4-C5	120.43		120.50	120.40	
N6-C3-C4	119.44		119.40	119.40	
O4-N6-C3	120.84		120.60	120.80	
O6-N5-O5	118.31			118.10	
Bond Lengths					
C1-C2	1.45		1.44	1.45	1.44
C1-N4	1.43		1.43	1.43	1.43
C4-N3	1.33	1.32	1.32	1.32	1.32

Table 3. The literature data of the values of density, explosion velocity and explosion pressure in the gas phase for the TATB molecule and the values obtained in this study.

	TATB	(Kamlet and Hurwitz, 1968)	(Boddu et al., 2010)	(Brenden et al., 2019)	(Hamilton et al., 2020)
d (g/cm ³)	1.86	1.80	1.80	-	-
D (km/s)	7.87	7.66	7.66	8.1	7.52
P (GPa)	28.05	27.2	25.9	32.1	27.0

The explosion of energetic materials occurs rapidly. Therefore, the oxygen required for the combustion reaction cannot be supplied from the air, and the reaction continues with the oxygen atoms in the structure of the molecule (Türker, 2019b; Larin et al., 2023; Zaman and Ghosh, 2024). The oxygen balance (% Ω - Table 5) calculated with the help of Equation 3 can be expressed as a measure of the oxidizability of the molecule. If the molecule contains more oxygen than is needed, it must have a positive oxygen balance and conversely a negative oxygen balance. All the molecules in this study have a negative oxygen balance, such as TNT (-73.98) and Picric acid (-45.4), which are commonly used in military studies.

Table 4. The possible gas molecules that can form after the explosion of the TATB and the molecules derived from it.

	Formula	N₂	H₂O	CO	CO₂	H₂	C_(k)	N Total gas
TATB	C ₆ H ₆ N ₆ O ₆	3	3	3		-	3	9
NO-1	C ₆ H ₆ N ₆ O ₅	3	3	2		-	4	8
NO-2	C ₆ H ₆ N ₆ O ₄	3	3	1		-	5	7
NO-3	C ₆ H ₆ N ₆ O ₃	3	3	-		-	6	6
NH-1	C ₆ H ₈ N ₆ O ₄	3	4	-		-	6	7
NH-2	C ₆ H ₁₀ N ₆ O ₂	3	2	-		3	6	8
NH-3	C ₆ H ₁₂ N ₆	3	-	-		6	6	9
NO2-1	C ₆ H ₄ N ₆ O ₈	3	2	6		-	-	11
NO2-2	C ₆ H ₂ N ₆ O ₁₀	3	1	3	3	-	-	10
NO2-3	C ₆ N ₆ O ₁₂	3	-	-	6	-	-	9

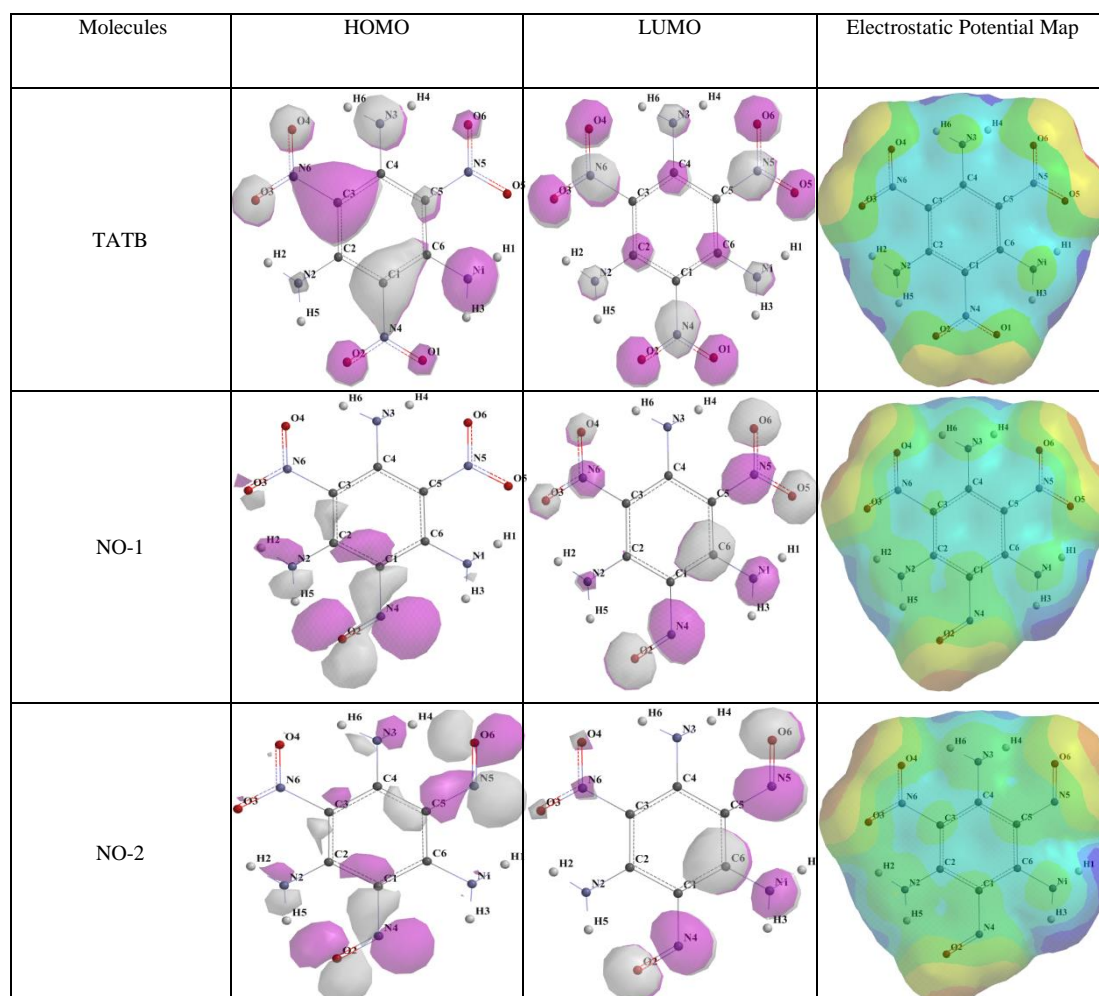
Table 4 presented potential gas molecules that could form in the event that molecules derived from TATB and TATB explode. The table shows that as amino groups (NH₂) are transformed into nitro groups (NO₂), more products can be produced while also increasing the sensitivity of the energetic material.

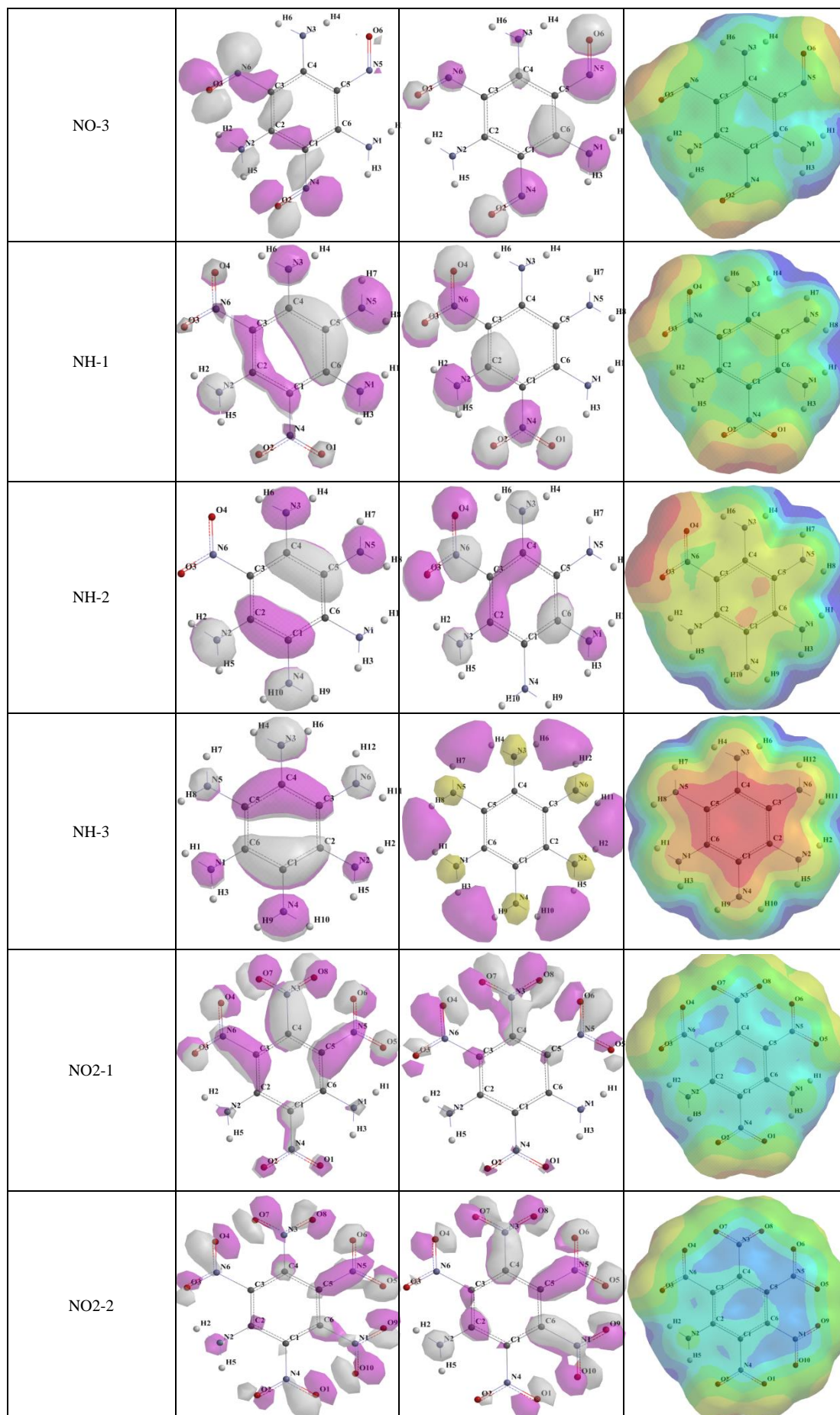
Table 5 was given values produced from theoretical data derived from the 6-31G* basis set of the DFT/B3LYP approach for the species acquired from TATB and TATB for comparison. The results showed that substituting nitroso (NO) and NH₂ for the nitro groups lowered the TABT molecule's sensitivity. It is observed that when NH₂ are swapped out for nitro ones, sensitivity rises.

Table 5. Theoretical results for TATB and molecules derived from it.

	ρ (g/cm^3)	% Ω	V (cm^3/mol)	N ($mmol/g$)	M (g/mol)	Q (kJ/g)	ΔH_f^0 (kJ/mol)	D (km/s)	P (GPa)
TATB	1.86	-55.78	138.46	29.05	27.20	1168.38	-53.80	7.87	28.05
NO-1	1.83	-66.07	132.23	28.91	26.00	1234.41	131.64	7.77	27.06
NO-2	1.79	-77.82	126.09	28.74	24.62	1238.17	249.32	7.54	25.15
NO-3	1.71	-91.36	122.98	28.55	23.00	1241.69	366.28	7.15	21.95
NH-1	1.75	-84.15	130.23	30.68	22.29	1167.36	147.10	7.36	23.67
NH-2	1.58	-121.09	125.03	32.79	16.62	1066.39	265.37	6.46	17.09
NH-3	1.38	-171.22	121.37	35.67	10.00	904.69	366.19	5.21	10.15
NO2-1	1.94	-33.32	148.35	27.76	31.50	1807.32	514.62	9.16	38.93
NO2-2	2.08	-15.09	152.64	26.72	35.29	2287.24	1031.67	10.37	51.37
NO2-3	2.16	0	160.77	25.85	38.67	2689.43	1556.03	11.12	60.90
*Pikrik asit (1-Hydroxy-2,4,6-trinitrobenzene, PA)								7.85	27.72
*TNT (Trinitrotoluen)								7.37	23.46

*(Mert, 2021)





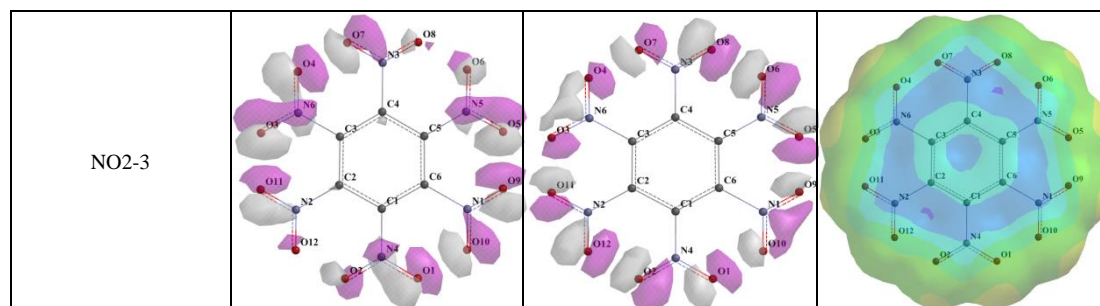


Figure 2. The E_{HOMO} , E_{LUMO} and Electrostatic Potential Map of TATB and Derivatives

The highest energy orbital occupied is known as HOMO, and it is characterized by the molecule's propensity to give electrons. The lowest unoccupied orbital, or LUMO, on the other hand, exhibits the molecule propensity to gain electrons. Figure 2 shows HOMO, LUMO and electrostatic potential maps of the TATB and derived structures. While the HOMO groups were originally centered on carbon (C), oxygen (O) atoms, distributions to nitrogen and oxygen groups were observed with the structural changes made. LUMOS, on the other hand, are initially seen scattered throughout the molecular geometry. In the additions made, dispersions were observed on C, N and O, as can be seen in the last structure, LUMO structures were dispersed on oxygens. The fact that the energy difference between HOMO and LUMO is greater than 1.5 eV indicates that the molecule is stable and durable in terms of thermodynamics. As seen in Table 6, the molecule becomes more sensitive and becomes less stable when nitro groups are substituted for amino groups. Electrostatic potential measurements enable the detection of electron-rich (electrophilic) regions or nucleophilic (nucleophilic) regions, hydrogen bond interactions, and the three-dimensional charge distributions of molecules (Gümüş, 2019; He et al., 2022; Devi et al., 2023). With the modifications made, it can be seen that the electron density zones vary.

Table 6. HOMO, LUMO and Δ (LUMO-HOMO) values of TATB and its derived molecules calculated at the theoretical level of B3LYP 6-31G* (d,p).

Compounds	HOMO (eV)	LUMO (eV)	ΔE (eV)
TATB	-7.24	-2.81	4.43
NO-1	-6.25	-2.83	3.42
NO-2	-6.19	-2.87	3.32
NO-3	-5.66	-2.82	2.84
NH-1	-5.03	-2.02	3.01
NH-2	-3.70	-1.19	2.51
NH-3	-2.85	0.8	3.65
NO2-1	-5.25	-4.08	1.17
NO2-2	-5.23	-4.32	0.91
NO2-3	-5.14	-4.64	0.50

Conclusion

The data on bond lengths and angles acquired by optimizing the TATB molecule at the DFT /B3LYP level at the 6-31G* base set have been found to be consistent with values from the literature. It was shown that it is possible to decrease an explosive sensitivity without suffering a major performance loss by transforming NO₂ of TATB into NO and NH₂. Nitroso groups in particular were used to demonstrate this. Conversion of NH₂ to NO₂ can produce explosives with higher power, while increasing sensitivity should be considered. Any of the amino or nitroso added compounds can be employed for low precision applications. In our opinion, employing such theoretical applications will greatly aid in the development of energetic compounds that can be deemed hazardous in a laboratory setting.

Conflict of Interest Statement

There is no conflict of interest.

Contribution Rate of Researchers Statement Summary

All authors contributed equally.

References

- Akhavan J., 1998. The chemistry of explosives (2nd ed.). Cambridge: The Royal Society of Chemistry. pp. 73-74.
- Boddu VM, Viswanath DS, Ghosh TK, Damavarapu R., 2010. 2,4,6-triamino-1,3,5-trinitrobenzene (TATB) and TATB-based formulations-a review. *Journal of Hazardous Materials*, 181(1-3): 1-8.
- Borisov YA, Makarenkov AV, Kiselev SS, Kononova EG, Ponomaryov AB, Budnik MI, Ol'shevskaya VA., 2020. Prediction of energetic properties of carboranyl tetrazoles based on DFT study. *Materials Chemistry and Physics*, 240, 122209.
- Bu R, Li H, Zhang C., 2020. Polymorphic transition in traditional energetic materials: influencing factors and effects on structure, property, and performance. *Crystal Growth & Design*, 20(5): 3561-3576.
- Cady HH, Larson AC., 1965. The crystal structure of 1,3,5-triamino-2,4,6-trinitrobenzene. *Acta Crystallographica*, 18(3): 485-496.
- David SA, Srinivasan P, Kumaradhas P., 2011. Bond charge depletion, bond strength and the impact sensitivity of high energetic 1,3,5-triamino 2,4,6-trinitrobenzene (TATB) molecule:

A theoretical charge density analysis. *Computational and Theoretical Chemistry*, 967(2-3): 250-256.

Devi R, Maan A, Ghule VD, Dharavath S., 2023. Functionalization of fused imidazole-oxadiazole, triazole-oxadiazole and tetrazole-oxadiazole skeletons: Search for stable and potential energetic materials. *Computational and Theoretical Chemistry*, 1229, 114352.

Fordham S., 1980. *High explosives and propellants: Pergamon International Library*, 20-25.

Gümüş H., 2019. Nikotinamid içeren Çinko (II) kompleksinin moleküler özellikleri ve titreşim spektrumu. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2): 254-261.

Hamilton BW, Kroonblawd MP, Islam MM, Strachan A., 2019. Sensitivity of the shock initiation threshold of 1,3,5-Triamino-2,4,6-trinitrobenzene (TATB) to nuclear quantum effects. *The Journal of Physical Chemistry C*, 123(36): 21969-21981.

Hamilton BW, Steele BA, Sakano M, Kroonblawd MP, Kuo IW, Strachan A., 2020. Predicted reaction mechanisms, product speciation, kinetics, and detonation properties of the insensitive explosive 2,6-Diamino-3,5-Dinitropyrazine-1-Oxide. *Journal of Physical Chemistry A*, 125(8): 1766-1777.

He X, Zhang Y, Wang K, Shan B, Zhou M, Wang W, Jiang K., 2022. Understanding the role of additive in the solvation structure and interfacial reactions on lithium metal anode. *Journal of Materials Chemistry A*, 10(43): 23068-23078.

Jeong K., 2018. New theoretically predicted RDX- and β -HMX-based high-energy-density molecules. *International Journal of Quantum Chemistry*, 118(6): 1-7.

Jeong K, Sung I, Joo HU, Kwon T, Yuk JM, Kwon Y, Kim H., 2020. Molecular design of nitro-oxide-substituted cycloalkane derivatives for high-energy-density materials. *Journal of Molecular Structure*, 1212, 128128.

Kamlet MJ, Hurwitz H., 1968. Chemistry of detonations. IV. Evaluation of a simple predictional method for detonation velocities of C–H–N–O explosives. *The Journal of Chemical Physics*, 48(8): 3685-3692.

Larin AA, Degtyarev DD, Ananyev IV, Pivkina AN, Fershtat LL., 2023. Linear furoxan assemblies incorporating nitrobifuroxan scaffold: En route to new high-performance energetic materials. *Chemical Engineering Journal*, 470, 144144.

Li M, Bai L, Ju X, Gong J, Wang F., 2020. The cocrystal mechanism of HMX and LLM-105 by theoretical simulations. *Journal of Crystal Growth*, 546, 125775.

Mason HE, Colla CA, Racoveanu A, Coffee KR, Panasci-Nott AF, Kahl EM, Reynolds JG., 2022. Probing the structural effects of hydrogen bonding in 1,3,5-Triamino-2,4,6-

trinitrobenzene (TATB): Experimental evidence by ^{15}N NMR spectroscopy. *The Journal of Physical Chemistry C*, 126(44): 18802-18812.

Mert ME., 2021. Yapısal olarak değiştirilmiş HMX-DFT çalışması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 36(3): 755-767.

Pu K, Wang L, Liu J, Zhong K., 2020. Theoretical design of bis-azole derivatives for energetic compounds. *RSC Advances*, 10(22): 13185-13195.

Qiu L, Xiao H, Gong X, Ju X, Zhu W., 2006. Theoretical studies on the structures, thermodynamic properties, detonation properties, and pyrolysis mechanisms of spiro nitramines. *Journal of Computational Chemistry A*, 110(10): 3797-3807.

Shi YB, Gong J, Hu XY, Ju X., 2020. Comparative investigation on the thermostability, sensitivity, and mechanical performance of RDX/HMX energetic cocrystal and its mixture. *Journal of Molecular Modeling*, 26(7): 176.

Türker L., 2019a. Interaction of TATB with Cu and Cu+1. A DFT study. *Defence Technology*, 15(1): 27-37.

Türker L., 2019b. Some DADNE embedded Push-Pull type structures - A DFT Study. *Earthline Journal of Chemical Sciences*, 2(1): 1-23.

Türker L., 2020. A DFT treatment of some aluminized 1,3,3-Trinitroazetidine (TNAZ) systems - A deeper look. *Earthline Journal of Chemical Sciences*, 3(2): 121-140.

Türker L, Variş S., 2013. Prediction of explosive performance properties ofz-DBBD and its isomers by quantum chemical computations. *Journal of Energetic Materials*, 31(3): 203-216.

Wang G, Xu Y, Zhang W, Gong X., 2019a. A theoretical study of polyethylene glycol polynitrates as potential highly energetic plasticizers for propellants. *Central European Journal of Energetic Materials*, 16(2): 194-215.

Wang K, Zhu S, Wu X, Zhu W., 2019b. Computational insight into energetic cage derivatives based on hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine. *Journal of the Chinese Chemical Society*, 67(6): 961-968.

Wang K, Zhu W., 2020a. Theoretical studies on the surface property, thermal behaviors, stability, and disassembly process of HMX/DMF cocrystal. *Computational Materials Science*, 178, 109643.

Wang P, Wang J, Wang J., 2020b. Crystal structure and thermal decomposition kinetics of 1,3,5-trinitro-4,6-diazidobenzene. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 143(6): 3983-3995.

Wu Q, Yan G, Li M, Hu Q, Zhang Z, Zhu W., 2020. Density functional theory studies of effects of boron replacement on the structure and property of RDX and HMX. *Journal of the Chinese Chemical Society*, 67(11): 1977-1985.

Wu X, Liu Z, Zhu W., 2020. Coupling effect of high temperature and pressure on the decomposition mechanism of crystalline HMX. *Energetic Materials Frontiers*, 1(2): 90-94.

Xi HW, Mazian S, Chan HYS, Hng HH, Goh HW, Lim KH., 2019. Theoretical studies on the structures, material properties, and IR spectra of polymorphs of 3,4-bis(1H-5-tetrazolyl)furoxan. *J Mol Model*, 25(2): 51.

Xiao M, Jin X, Zhou J, Hu B., 2019. Molecular design and selection of 1,2,5-oxadiazole derivatives as high-energy-density materials. *New Journal of Chemistry*, 43(29): 11610-11617.

Yang J, Wang F, Zhang J, Wang G, Gong X., 2013. A theoretical study on 1,5-diaziido-3-nitrazapentane (DANP) and 1,7-diaziido-2,4,6-trinitrazaheptane (DATNH): molecular and crystal structures, thermodynamic and detonation properties, and pyrolysis mechanism. *Journal of Molecular Modeling*, 19(12): 5367-5376.

Yongjin C, Shuhong B., 2019. High energy density material (HEDM) - Progress in research azine energetic compounds. *Johnson Matthey Technology Review*, 63(1): 51-72.

Young DC., 2001. *Computational chemistry: A practical guide for applying techniques to real-world problems*: John Wiley & Sons, Inc, 19-46.

Zaman SA, Ghosh S., 2024. Energetic, exergetic, economic and environmental performance of a rice husk gasification based carbon negative combined power and cooling plant. *Heliyon*, 10(1): e23070.

Zhai D, Wang J, Hao L, Ma C, Ma P, Pan Y, Jiang J., 2019. Molecular design and properties of bridged energetic pyridines derivatives. *RSC Advances*, 9(65): 37747-37758.

Zhang W, Zhang T, Guo W, Wang L, Li Z, Zhang J., 2019. Theoretical studies of pentazole-based compounds with high detonation performance. *Journal of Energetic Materials*, 37(4): 433-444.

Zhu SH, Qin H, Zeng W, Liu FS, Tang B, Liu QJ, Li RX, Gan YD., 2020. First-principles study of structural, elastic, electronic and optical properties of RDX under pressure. *Philosophical Magazine*, 100(8): 1015-1031.

Farklı Yetiştirme Sisteminin Akbay Yerli Yumurtacı Hibritten Elde Edilen Yumurta ve Dışkıdaki Mikrobiyolojik Yüke Etkisi*

Kadriye KURŞUN^{1**}, İslim POLAT AÇIK², Ayşen BULANCAK³, Nurten YILMAZ⁴, Mikail BAYLAN⁵

^{1,2,5}Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Adana, Türkiye

³Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Lefkoşa, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti

⁴Çukurova Üniversitesi, Biyoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi, Adana, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0001-9533-7391>

²<https://orcid.org/0000-0001-6587-2828>

³<https://orcid.org/0000-0002-4324-9063>

⁴<https://orcid.org/0000-0001-9603-4464>

⁵<https://orcid.org/0000-0002-6299-5811>

**Sorumlu yazar: kadriyehatipoglu01@gmail.com

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 21.09.2023

Kabul tarihi: 16.05.2024

Online Yayınlanma: 10.06.2024

Anahtar Kelimeler

Kafes ve serbest gezinmeli sistem

Koliform

Toplam mezofilik bakteri yükü

E.coli

Shigella

ÖZ

Bu araştırma, Adana Çukurova Üniversitesinde kafes ve serbest gezinmeli (Free-Range) sistemde yetiştirilen yerli yumurtacı hibrit Akbay genotiplerden elde edilen sofralık yumurtaların kabuk yüzeyi ve dışkılarındaki mikrobiyal yükün belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Araştırma materyalini kafes ve serbest gezinmeli sistemden elde edilen sofralık yumurtalar ve bu sistemlerde yetiştirilen tavukların dışkıları oluşturmuştur. Sofralık yumurtalarda ve dışkıda toplam mezofilik bakteri yükü (TMAB), *E. coli*, *Coliform*, *Shigella*, *Staphylococcus Aureus*, *Enterococcus*, *Campylobacter spp.*, ve küf-maya düzeyleri belirlenmiştir. Kafes ve serbest gezinmeli sistemlerinden elde edilen yumurtaların kabuğunda sırasıyla TMAB (7,28 ve 8,22), *Coliform* (4,65 ve 6,10), *Shigella* (5,35 ve 6,85) ve *Enterococcus* (7,33 ve 8,89) düzeyleri arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunurken ($p<0,05$), *E. coli* (8,04 ve 7,06), *S. aureus* (5,26 ve 6,24), küf (6,41 ve 5,78) ve maya (4,96 ve 4,10) düzeyleri arasındaki farklılıkların önemsiz olduğu saptanmıştır. Dışkı örneklerindeki sonuçlara bakıldığında sırasıyla toplam mezofilik bakteri yükü (TMAB, 9,22 ve 10,47), *Shigella* (5,77 ve 7,01) ve *Enterococcus* (6,61 ve 8,88) düzeyleri serbest gezinmeli (Free-Range) sistemde daha yüksek oranda ve sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). *E.coli*, *Coliform* ve maya düzeyleri arasındaki farklılıklar serbest ve kafes sistemden elde edilen dışkı örneklerinde önemsiz tespit edilirken, *Staphylococcus Aureus* (10.10 log 10 kob/g) ve maya (6,37 log 10 kob/g) kafes sistemde daha yüksek miktarda saptanmıştır. ($P<0,05$). *Campylobacter spp.* hiçbir dışkı örneğinde tespit edilememiştir. Bu veriler, tavukların yumurtalama sonrasında yumurta veya dışkıya daha fazla temas ettiği serbest gezinmeli sistemde üretilen yumurtaların kabuğunda geleneksel kafes sisteminde üretilen yumurtalara göre daha fazla mikrobiyolojik bulaşma olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak yumurta kabuğu mikrobiyolojik yükü üzerine yetiştirme sistemlerinin etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu, serbest gezinmeli sistemlerin hayvan refahı avantajına rağmen yumurta hijyeni açısından riskli olduğu saptanmıştır.

*Çalışmanın yürütülmesi için Çukurova Üniversitesi, Deney Hayvanları Yerel Etik Kurul'undan 05.09.2023 tarih ve 3 no'lu karar ile etik onay alınmıştır.

Effect of Different Rearing System on Microbiological Load in Eggs and Feces of Akbay Native Laying Hybrid Chickens

Research Article

Article History:

Received: 21.09.2023

Accepted: 16.05.2024

Available online: 10.06.2024

Keywords:

Cage and free-range breeding system

Coliform

Total mesophilic bacterial load

E. coli

Shigella

ABSTRACT

This research was carried out to determine microbiological load of shell surface of table eggs and feces obtained from domestic native hybrid Akbay genotypes which are raised in Free-range and conventional cage system in Adana Çukurova University. Table eggs and feces are used as research material from native hybrid Akbay genotypes. Total mesophilic bacterial (TMAB), *E. coli*, *Coliform*, *Shigella*, *Staphylococcus Aureus*, *Enterococcus*, *Campylobacter spp.*, and mold-yeast levels were determined. The differences between TMAB (7.28 and 8.22), *Coliform* (4.65 and 6.10), *Shigella* (5.35 and 6.85) and *Enterococcus* (7.33 and 8.89) levels of eggs obtained from cage and free-range systems, respectively, were found to be statistically significant ($p<0.05$). Differences between the levels of *E. coli* (8.04 and 7.06), *S. aureus* (5.26 and 6.24), mold (6.41 and 5.78) and yeast (4.96 and 4.10) were found insignificant. Considering the results in feces samples total mesophilic bacterial load (TMAB, 9.22 and 10.47), *Shigella* (5.77 and 7.01) and *Enterococcus* (6.61 and 8.88) levels, respectively were higher levels in free-range system and the differences between results were found statistically significant ($p<0.05$). While *E. coli*, *Coliform* and yeast levels were found insignificant in feces samples of free-range and cage systems, *Staphylococcus Aureus* and yeast levels were found to be significantly higher in cage system ($p<0.05$). *Campylobacter spp.* was not detected in any feces samples. These data demonstrate that free-range eggs, where hens and feces have more contact with eggs after oviposition, have greater microbiological contamination on egg shell surface than eggs obtained from cage systems. As a result, it has been determined that the effect of rearing systems on eggshell microbiological load is statistically significant and free-range systems are risky in terms of egg hygiene despite their welfare advantages.

To Cite: Kurşun K, Polat Açık İ, Bulancak A, Yılmaz N, Baylan M., 2024. Farklı yetiştirme sisteminin Akbay yerli yumurtacı hibritten elde edilen yumurta ve dışkıdaki mikrobiyolojik yük etkisi. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(2): 438-453.

Giriş

Yumurta tavukçuluğu endüstrisi; son altmış yılda küçük ölçekli işletmelerden büyük ölçekli entegre işletmelere dönüşmüştür. Serbest ve yarı serbest gezinen açık yetiştirme sistemlerinden daha büyük ölçekli kapalı kafes sistemlerine geçilmesiyle yumurta üretimi artış göstermiştir (Sharma ve ark., 2022). Üretim performansı, gıda güvenliği, hayvan sağlığı ve yönetiminin barınak sistemleri ile ilgisi bu dönem boyunca çeşitli yönleriyle araştırılmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde geleneksel katlı kafesler 1960'lı yıllardan bu yana yumurta tavuğu endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Genetik ve yetiştirme alanlarında yapılan araştırmalar neticesinde geleneksel kafes sistemlerinde optimum performans sergileyebilen yeni tavuk genotipleri geliştirilmiştir. Geleneksel kafes sistemleri; otomasyon sayesinde ihtiyaç duyulan işgücünde düşüş gibi hayvan sağlığı ve gıda güvenliğinde sağladığı faydalar yanında yüksek verim elde etmek için yumurta tavuğunun refahının potansiyel olarak tehlikeye atılmasına ilişkin endişeleri gündeme getirmiştir (Brambell, 1965; Mench ve ark., 2011). Günümüzde tüketici talepleri, gıda güvenliği kaygısı taşımayan ve yüksek refah standartları altında yetiştirilen yumurtacılarından elde edilen sağlıklı yumurtalara yönelmektedir (Ferrante ve

ark., 2009). Yumurtacı tavukların refahına ilişkin endişelerin artmasıyla Avrupa Birliği'nin (AB) geleneksel kafes sistemlerini yasaklaması (AB Yönetmeliği, 1999), daha geniş kafes, zenginleştirilmiş kafes veya serbest gezinmeli sistemler gibi alternatif yetiştirme sistemlerinin geliştirilmesine neden olmuştur. Konvansiyonel üretimin yapıldığı geleneksel kafes sistemleriyle alternatif yetiştirme sistemleri karşılaştırıldığında en temel fark kafes sisteminde folluk olmamasıdır. Kafes sisteminde yumurta yumurtlandıktan sonra zemindeki eğim sayesinde kafesin önündeki yumurta beşiğine (oluğa) doğru hareket eder ve yumurtanın gübre ile teması söz konusu değildir. Alternatif yetiştirme sistemlerinde hayvanların doğal davranışlarını sergileyebildiği, daha rahat hareket ettikleri, içerisinde folluk ve tüneklerin olduğu, kümes zemininin altlık ile kaplı olduğu altlıklı yer sistemi gibi kafesiz yetiştirme sistemlerinde hayvan refahı açısından pek çok avantaj olmasına rağmen, yumurtaların yere yumurtlanması, ürünün dışkı ve kirli altlık ile teması sonucu bazı zararlı organizmalar yumurta kabuğuna bulaşmaktadır.

Yumurta kabuğunda ve içeriğinde bulunan bakteriler gıda kaynaklı zehirlenmelerde ve yumurta kalitesinin bozulmasında etkilidir. Tavuğun sindirim, idrar ve üreme yollarının bulunduğu; yumurta ve dışkının aynı noktadan çıkış yaptığı kloak bölgesi *Salmonella Spp.*, *Staphylococci spp.*, *Enterobacter*, *Escherichia Coli* veya *Campylobacter spp.* gibi farklı patojenik bakterileri barındırabilmektedir. Bu bakteriler, yumurtanın kloaktan geçişi sırasında yumurta kabuğuna bulaşabilmektedir (Pesavento ve ark., 2017).

Yumurta kabuğundaki bakteriyel bulaşmanın gerçekleşmesinde dikey ve yatay olmak üzere olası iki yol vardır (De Reu ve ark., 2006). Dikey bulaşmada yumurta sarısı, akı ve zarları tavuğun üreme organlarındaki bakteriyel bulaşma sonucunda direkt olarak etkilenir ve yumurtalık yolu üzerinde yumurta kabukla kaplanmadan önce bulaşma meydana gelir (Messens ve ark., 2005). Yatay bulaşma ise yumurtlama sırasında bakteri yoğunluğu hayli fazla olan kloak bölgesinden yumurtanın geçişi sırasında başlar ve mikroorganizmaların kabuk içerisine geçişiyle devam eder (De Reu ve ark., 2006). Barınma ortamı ve yumurta tavuğunun türü yumurta kabuğundaki bakteri sayısındaki artışı etkileyebilir (Holt ve ark., 2011). Bu amaçla çalışmanın materyalleri için yerel ırklar incelenmiştir.

1995 yılında Ankara Tavukçuluk Araştırma Enstitüsü, Kanada'dan 6 adet kahverengi yumurtacı ve 4 adet beyaz yumurtacı olmak üzere 10 adet saf hat genotipi Türkiye'ye ithal etmiştir. Bu hatlar üzerinde yapılan ıslah çalışmalarıyla biri beyaz yumurtacı Atabey, ikisi kahverengi yumurtacı Atak ve Atak-S olmak üzere 3 adet ticari yerli hibrit geliştirilmiştir (Durmuş ve ark., 2009). Yine uzun yıllar üzerinde çalışılıp geliştirilen ve 2019 yılında tescillenen yerli beyaz yumurtacı hibrit tavuğumuz Akbay genotipi çalışmanın materyallerini sağlamak için kullanılmıştır.

Konuyla ilgili literatür incelendiğinde çalışmanın yapıldığı ülkenin çevre ve iklim şartları, barınak içi nem ve yumurta üretiminde kullanılan hayvan ırklarının sonuçlar üzerinde etkili olduğu saptanmıştır. Bu araştırma, Adana Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği Tavukçuluk Biriminde bulunan serbest gezinmeli (Free-Range) ve kafes sistemde yetiştirilen yerli yumurtacı hibrit Akbay tavuklardan elde edilen sofralık yumurtaların kabuk yüzeyindeki ve dışkılarındaki mikrobiyal yükün belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Elde edilen sonuçların sonraki çalışmalara temel oluşturması hedeflenmiştir.

Materyal ve Metod

Yetiştirme Sistemi ve Hayvan Materyali

Çalışmada kullanılan yumurta ve dışkı örnekleri Çukurova Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nde iki farklı yetiştirme sisteminde yetiştirilen 52 haftalık verim yaşındaki Akbay yerli yumurtacı hibrit tavuklardan temin edilmiştir. Denemenin yürütüldüğü serbest gezinme (Free-range) sistemi 240m² (80x3m²) kapalı ve 1800 m² (600x3m²) açık gezinti alanına sahiptir. Kafes sistemi 3 katlı olup, her bir kafes gözüne 3-4 adet tavuk yerleştirilmiştir. Her iki yetiştirme sistemi de 3 tekerrürden oluşmuştur. Her tekerrürde 70 adet (70x3) tavuk barındırılmış, toplamda iki yetiştirme sistemi için 420 adet tavuk kullanılmıştır.

Soğuk zincir altında ve steril koşullarda toplanan yumurta ve dışkı örnekleri, Çukurova Üniversitesi Zootekni Bölümü Yemler ve Hayvan Besleme Laboratuvarı'na analiz edilmek üzere aktarılmıştır.

Mikrobiyolojik Analizde Kullanılan Besiyerleri

Plate count agar (PC), violet red bile agar (VRB), modified charcoal cephaperazon dezoxycholate (mCCD), bile escurin agar (BEA), tryptone bile x-glucuronide medium (TBX) ve dichloran rose-bengal chloramphenicol agar (DRBC) toplam mezofilik aerobik genel canlı (AMGC) sayısı, toplam koliform bakteri sayısı, toplam *Campylobacter* sayısı, toplam *Enterococcus* sayısı, *Escherichia coli*, toplam küf-maya sayısını belirlemek için kullanılmıştır.

Numune ve Mikrobiyolojik Analiz

Serbest gezinmeli ve kafes sisteminde yetiştirilen tavuk gruplarından elde edilen yumurtaların her tekerrür için rastgele 10'ar yumurta (10x3), toplamda iki grup için 60 adet yumurta mikrobiyal yükü belirlemede kullanılmıştır. Aynı şekilde dışkı analizi için iki grubun üç tekerrüründen rastgele 30'ar g dışkı (30x3) olmak üzere, toplamda 180 g dışkı örneği kullanılmıştır. Serbest gezinen ve kafes sisteminden toplanan yumurta ve dışkı örnekleri steril

eldivenlerle, soğuk zincir altında aynı gün içinde laboratuvara ulaştırılmıştır. Steril ve soğuk zincirle laboratuvara gelen steril torbadaki yumurta örneklerine her bir yumurta için 10 ml/yumurta sterilize edilmiş ringer dilüsyon sıvısı eklenip, 10 dk boyunca yumurta yüzeyinin yıkanması sağlanmıştır. 20g dışkı örneği 180ml (20g dışkı/180 ml) dilüsyon sıvısında Stomacher Cihazı (Interscience Bagmixer® 400 P) ile homojenize edilmiştir. Her poşetteki yumurta kabuk yüzeyi eklenen maximum recovery dilvent ile iki dakikalık süreyle ovulmuştur. Ovulma işleminden sonra beş dakika ara verilip bekletilip ovulma işlemi aynı süreyle tekrarlanmıştır. Böylece kabuk çevresinde ve üstündeki mikrobiyal yükün eklenen sıvıya tamamen geçişi sağlanmıştır. Bu işlemden sonra elde edilen mikrobiyal yüklü yıkama suyundan ilk dilüsyondan (10^{-1}) kültür sıvısından başlayarak 9'ar ml'lik ringer solüsyonu içeren tüplere ardışık 1'er ml aktararak 10^{-1} den 10^{-8} e kadar çalışmada kullanılacak dilüsyon sıvıları hazırlanmıştır. Bu örneklerden toplam bakteri, koliform, fekal koliform için 10^{-8} 'e kadar, küf-maya belirlemesi için ise 10^{-4} 'e kadar seyreltilmiş dilüsyonlar hazırlanıp ekimler yapılmıştır. Küf-maya, *E. coli*, *Campylobacter* ve toplam bakterilerin tespit edilmesi 0,1ml yayma yöntemiyle kullanılmıştır. Bu işlemlerden sonra toplam ve koliform bakteri sayımı için örnekler 35°C sıcaklıkta ve 48 ± 2 saat, küf-maya sayımı için ise 25°C sıcaklıkta ve 5 gün süreyle inkübe edilmiştir. *Campylobacter* için anaerobik jar kullanılmış ve oluşan bakteri kolonilerinin sayımı yapılmıştır. (ICMSF, 1982).

Aerobik koloni sayımlarında FDA, BAM (2002) EMS (en muhtemel sayı) yöntemi kullanılmıştır.

Aşağıdaki formül kullanılarak petrilerdeki sayılan koloniler (kob/yumurta ve kob/g dışkı) hesaplanmıştır.

Koloni oluşturan birim sayısı (kob/yumurta ve kob/g dışkı) = (Koloni sayısı x Dilüsyon faktörü) /Aşılama miktarı

Saptanan bakteri kolonilerinin sayısı logaritmik (\log_{10} kob/yumurta) değere çevrilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen verilerin analizi IBM SPSS 19.0 (2010) (Statistical Pacakage for Social Sciences) programı ile gerçekleştirilmiştir. Sürekli değişkenler için tanımlayıcı istatistikler normal dağılıma uygunluk gösterenlerden ortalama ve standart sapma, normal dağılıma uygunluk göstermeyenlerde ise medyan, minimum ve maksimum değerler ile raporlanmıştır. Verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığı Shapiro Wilk testi ile incelenmiştir. Normal dağılan bağımsız gruplar için Bağımsız İki Örneklem t-testi, normal dağılmayan bağımsız gruplar için Mann-Whitney U testi yapılmıştır.

Yapılan analizlerde anlamlılık düzeyi 0,05 olarak belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Yetiştirme Sistemlerine Göre Yumurtalarının Yüzeyindeki Mikrobiyolojik Yük Sonuçları

Sofralık yumurtalarda en önemli hijyen göstergelerinden birisi toplam mezofilik bakteri (TMAB) yüküdür. Çeşitli araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalarda yumurta kabuk yüzeyindeki TMAB seviyesinin $10^{3.8}$ ila $10^{7.0}$ log kob/yumurta arasında değiştiği ve ortalama düzeyin $10^{4.5}$ log kob/yumurta olduğu bildirilmiştir (Jones ve ark., 2004; Musgrove ve ark., 2005; De Reu ve ark., 2008; De Reu ve ark., 2009; Nordenskjöld, 2010; Englmaierova ve ark., 2014; Parisi ve ark., 2015 Bulancak ve ark., 2016; İncili ve ark., 2019, Yenilmez ve Bulancak, 2020). Yetiştirme sistemlerine göre yumurtalarda tespit edilen ortalama mikrobiyolojik yük verileri Tablo 1. de özetlenmiştir.

Tablo 1. Yumurta yüzeyindeki ortalama mikrobiyolojik yük (log 10 kob/yumurta) ¹

Mikroorganizmalar	N	Serbest Gezinmeli (Free-range) Sistem		Kafes Sistemi		P Değeri
		Mean+Sd	Median(Min-Max)	Mean+Sd	Median(Min-Max)	
TMAB	30	8,22±0,32	8,21(6,90-9,00)	7,28±0,62	7,26(4,75-10,13)	0,046*
<i>E. coli</i>	30	7,06±1,00	6,96(5,80-7,78)	8,04±0,00	7,22(5,30-9,15)	0,092
<i>Coliform</i>	30	6,10±0,08	6,05(5,90-6,30)	4,65±0,35	4,60(4,30-5,00)	0,041*
<i>Campylobacter</i>	30	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Shigella</i>	30	6,85±0,05	6,80(6,00-6,90)	5,35±0,35	5,10(3,50-6,69)	0,000*
<i>Staphylococcus aureus</i>	30	6,24±1,04	5,90(4,04-7,47)	5,26±1,06	5,10(3,50-6,69)	0,512
Yeast (maya)	30	4,10±0,10	4,5(4,00-4,80)	4,96±0,69	5,06(4,5-5,40)	0,973
Mold (küf)	30	5,78±1,18	5,90(4,90-6,80)	6,41±0,39	6,50(5,90-7,15)	0,796
<i>Enterococcus</i>	30	8,89±0,00	9,20(7,50-10,30)	7,33±0,85	7,45(4,60-10,90)	0,048*

*: P<0.05; ¹ Serbest gezinmeli ve kafes sistemi için 3 tekrürden 30'ar toplamda 60 yumurta analiz edilmiştir. N sayısı= 30 (her grup için 3 tekrür x10 yumurta rastgele seçilmiştir)

Çalışmada sofralık yumurtalarda toplam mezofilik bakteri yükü (TMAB) serbest gezinmeli sistemde 8,22 (log kob/yumurta) ve kafes sisteminde 7,28 (log kob/yumurta) olarak tespit edilmiştir. Serbest gezinmeli sistem ile kafes sisteminden elde edilen yumurtaların TMAB düzeyleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.05). De Reu ve ark. (2005'a ve 2005b)'nın tasarlanmış kontrollü kafeslerde yapmış oldukları çalışmalarda zenginleştirilmiş kafes sisteminde TMAB düzeyini 5,5-6,0 log CFU/ml tespit ederken geleneksel kafes sistemlerinde 3,8-4,6 log CFU/ml olarak tespit etmişlerdir. Yine aynı araştırmacıların (De Reu ve ark., 2009) başka bir çalışmasında ticari işletmelerden topladıkları yumurtalarda yapmış oldukları çalışmada; zenginleştirilmiş kafes ve geleneksel katlı kafes

sisteminde TMAB düzeyini sırasıyla 4,98 ve 4,75 log CFU/yumurta olarak tespit etmişlerdir. Huneau-Salaun ve arkadaşlarının 2010 yılında yaptıkları çalışmada serbest gezinmeli ve kafes sisteminden elde edilen yumurtalarda TMAB düzeyleri bakımından benzer sonuçlar elde edilmiş (4,86 ve 4,40 log CFU/ yumurta) ve sistemler arasındaki fark önemli bulunmuştur. Jones ve ark. (2011), kış ve bahar dönemlerinde üretilen yumurtalardaki mikrobiyal yükü serbest gezinmeli kümeslerde sırasıyla 2,25 ve 2,75 log CFU/ml, geleneksel kafes sisteminde 3,25 ve 3,75 log CFU/ml olarak saptamışlar ve farklılıkların istatistiki olarak önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Yaptığımız çalışmada AKBAY hibritlerinin yumurta kabuk yüzeyindeki Toplam Mezofilik Bakteri yükünün serbest gezinmeli yetiştirme sisteminde daha yüksek olduğu tespit edilmiş ve sonuçlar De Reu ve ark. (2005'a ve 2005b), Huneau-Salaun ve arkadaşlarının (2010) çalışmalarıyla uyumlu bulunmuştur. Katlı kafes sisteminde yumurtanın dışkı ile bulaşma ihtimalinin diğer sistemlere göre daha sınırlı olması serbest gezinmeli sistem gibi alternatif yetiştirme sistemlerinde TMAB yük düzeyinde artışa neden olmaktadır

Escherichia coli (*E. coli*), Enterobacteriaceae familyasında yer alan, fekal bulaşma göstergesi olarak kullanılan, patojen ve patojen olmayan suşları bulunan önemli bakteri türlerinden biridir. Geleneksel kafes sisteminde yetiştirilen tavukların yumurta kabuk yüzeyindeki bakteriyel patojenlerin varlığı ile ilgili yapılan bir çalışmada analiz edilen örneklerin %11,1'inde (Chousalkar ve ark., 2010), Ürdün'de yerel pazarlarda satışa sunulan yumurtaların mikrobiyal kalitesini değerlendirmek amacıyla yürütülen başka bir çalışmada ise yumurtaların %15'inde *E. coli* tespit edildiği bildirilmiştir (Al Momani ve ark., 2018). Adesiyun ve ark. (2007), inceledikleri pazara sunulan sofralık yumurtaların %88,1'inin *E. coli* ile kontamine olduğunu bildirmiştir. Bulancak ve ark. (2016), kuluçkalık yumurtaların kabuğunda 3,66 log kob/yumurta, Toy ve ark. (2018), kapalı yer sisteminden elde edilen yumurtaların kabuğunda 3,47 log kob/yumurta düzeyinde *Escherichia coli* (*E. coli*) saptamışlardır. Esen (2019), serbest gezen, kapalı kümes ve katlı kafes sisteminde üretilen yumurtaların kabuklarında *E. Coli* sayılarının (sırasıyla 2,37, 1,78 ve 1,19 log kob/ml) önemli düzeyde farklı olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada *E. coli* düzeyleri serbest sistemde 7,06 (log kob/yumurta) olarak belirlenirken, kafes sisteminde 8,04 (log kob/yumurta) ile daha yüksek düzeyde saptanmış ve yetiştirme sistemleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). Yaptığımız çalışmada *E. Coli* açısından elde edilen sonuç Esen (2019)'in yaptığı çalışmada *E. Coli* düzeyinin yetiştirme tipine göre serbest gezen tavukların yumurta kabuklarında daha yüksek düzeyde saptanmıştır sonucuya uyumlu bulunmamıştır. Tablo 2'deki dışkı sonuçlarına bakıldığında yumurta kabuğu üzerindeki bulaşma düzeyinin dışkının mikrobiyolojik yüküne yakın tespit edilmiştir.

Koliformlar Enterobacteriaceae familyasında bulunan, gram negatif, spor oluşturmeyen, çubuk formunda kompleks bir bakteri grubudur. Yumurtalara koliform bulaşması, dışkı veya dışkı ile temas etmiş yüzeyler aracılığıyla gerçekleşir (EFSA; 2011). Farklı yetiştirme sistemlerinde üretilen yumurtalarda *Salmonella* ve bazı indikatör mikroorganizmaların varlığının belirlendiği bir çalışmada, yumurta kabuğunda koliform düzeyi serbest gezinmeli yetiştirme sisteminde ortalama 2,88 en yüksek 4,61 log kob/ml, kümes içi yerde yetiştirme sisteminde ortalama 2,86 en yüksek 4,52 log kob/ml olarak (Esen, 2019) tespit edilmiştir. Toy ve ark. (2018) yerde yetiştirilen tavuk, hindi ve bıldırcın yumurtalarında koliform düzeyini sırasıyla 3,92, 3,98 ve 3,88 log kob/yumurta olduğunu bildirmişlerdir. Karadal (2018), market yumurtalarının %16'sında ve köy yumurtalarının %17'sinde sırasıyla 3,69 ve 5,62 log kob/ml olarak tespit ederken Bulancak ve ark. (2016), kapalı yer sisteminde yetiştirilen damızlık tavukların kuluçkalık yumurtalarında koliform düzeyini 5,30 log kob/yumurta olarak tespit etmişlerdir. Jones ve ark. (2015), katlı kafes sisteminde yetiştirilen Lohman beyaz yumurtacıların yumurta folluğundan alınan swap örneklerinde koliform düzeyini 1,6 log cfu/ml olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada serbest gezinmeli sistemde (Free-range) ve kafes sisteminde yetiştirilen sofralık yumurtalarında koliform düzeyleri sırasıyla 6,10 ve 4,65 kob/yumurta olarak tespit edilmiş ve gruplar arası farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.05). Yukarıda verilen literatür çalışmalarıyla karşılaştırıldığında yaptığımız çalışmada elde edilen koliform yükü serbest gezinmeli sistemde daha yüksek düzeyde tespit edilmiştir. Bakteri düzeyindeki artışta denemenin yapıldığı Akdeniz iklim koşullarının da etkisi olduğu düşünülmektedir.

Campylobacter spp. gıda kaynaklı zehirlenmeler açısından önem arz etmektedir. *Campylobacter*'e ilişkin bulaşmalar kanatlı yetiştiriciliğinde yatay olarak gerçekleşir. Özellikle altlıklar, hijyenik olmayan içme suyu, alet ekipman, diğer çiftlik hayvanları ve personel gibi faktörler bulaşmada önemli rol oynamaktadır. *Campylobacter* ile ilgili yapılan çalışmalar bu bakterinin yumurtalarda çok düşük oranlarda dahi olsa bulunduğunu göstermektedir (Sulonen ve ark., 2007). Yaptığımız çalışmada örneklenen yumurta kabuklarının yıkama solüsyonlarında *Campylobacter* saptanmamıştır. Elde edilen bu sonuç Sulonen ve ark. (2007)'nin analiz ettikleri 360 yumurta kabuğunun sadece bir tanesinde belirlenmiş olması ve Jones ve ark. (2012)'nin katlı kafes ve serbest gezen sistemlerde yetiştirilen yumurtaların kabuğunda *Campylobacter spp.* tespit edemedikleri sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur. Benzer şekilde yumurta içeriğinde yaptıkları *Campylobacter spp.* analizinde Dipineto ve ark. (2011), bakteri tespit etmediklerini bildirmişlerdir. Şahin ve arkadaşlarının (2003) tavuk yumurtasında *Campylobacter*'in tespitiyle ilgili yaptıkları çalışmada, bakterinin yumurta kabuğuna nüfuz etme yeteneğinin sınırlı olması, yumurta yüzeyinde, hava kesesinde ve albüminde hayatta kalma yeteneğinin zayıf olması

nedeniyle dikey bulaşmasının nadir bir olay olduğunu, bulaşmasında yumurtayla ilgili olmayan enfeksiyon kaynaklarına odaklanmak gerektiğini bildirmişlerdir.

İlk olarak 1896 yılında Japon mikrobiyolog Kiyoshi Shiga tarafından izole edilmiş *Bacillus dysenteries* olarak adlandırılmış *Shigella*, *Enterobacteriaceae* familyasına dâhildir. *Shigellosis* vakalarında enfeksiyon dozu 10^1 ile 10^4 hücre/insan arasında değişmektedir. *Shigella* spp.'nin neden olduğu gastrointestinal enfeksiyonlar genellikle karın ağrısı ve krampları, ishal (bazen kanlı) nedeniyle aşırı su kaybı ve bağırsaklarda ülser benzeri yanmalar şeklinde ortaya çıkmaktadır (Halkman, 2012). Özellikle çocuklarda *Shigella*'nın sebep olduğu gıda zehirlenmeleri bu bakterinin önemini artırmaktadır. Yaptığımız çalışmada *Shigella* serbest gezinmeli sistemde 6,85 (log kob/yumurta) olarak tespit edilirken, kafes sistemindeki yumurtalarda 5,35 (log kob/yumurta) olarak saptanmıştır. Yetiştirme sisteminin etkisi bulaşmada önemli bulunmuştur ($P < 0,05$).

Micrococcaceae familyasında yer alan *Staphylococcus* cinsinin üyesi olan *Staphylococcus Aureus* insanlarda gıda zehirlenmelerinde önemli mikroorganizmalardan biridir. *E. coli*, *Staphylacoccus sp.*, *Bacillus sp.* ve *Pseudomona sp.* gibi bakterilerin yumurtalarda kontaminasyona neden olduğu bunun sonucunda da civcivlerde göbek iltihabı (omphalitis) görüldüğü bildirilmiştir (Chute ve Gershman 1961; Ernst ve ark. 1980; Sheldon ve Ball 1986) *Staphylococcus Aureus* serbest gezinmeli sistemde 6,61 (log kob/yumurta), kafes sisteminde ise 5,87 (log kob/yumurta) tespit edilmiş ve aradaki fark önemsiz bulunmuştur ($P > 0,05$). Bulancak (2017), *S. Aeureus* düzeyini, kapalı yer sisteminde yetiştirilen tavuklardan elde edilen kuluçkalık yumurtalarda 7,10 log kob/yumurta olarak tespit etmiştir. Serbest gezinmeli sistemde bulaşma düzeyi kafes sistemine göre daha yüksek düzeyde tespit edilirken Bulancak'ın (2017) yer sisteminde tespit ettiği bakteriyel bulaşma düzeyine yakın bir sonuç elde edilmiştir. *Staphylococcus Aureus*'un kuluçkalık yumurtalarda kuluçka performansına ve sofralık yumurtada raf ömrü uzunluğuna olumsuz yönde etki ettiği düşünülmektedir.

Enterococcus spp. kanatlı hayvanların doğal konakçısı ve indikatör bir bakteri olup fekal streptokokların bir alt grubudur. Bağırsaktan sıklıkla izole edilebilen Enterokoklar, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus durans* ve *Enterococcus hirae*'dir (Stevens ve ark, 2003). Akut formda septisemi, depreseyon, letarji, diyare, yumurta veriminde azalma gibi klinik semptomlar gözlenirken, subakut/kronik formda topallık, canlı ağırlıkta azalma ve kranial bölgede tremorlarla seyredebilmektedir (Barnes ve ark, 2008). Toy ve ark. (2018), tavuk, hindi ve bıldırcın yumurtalarının kabuğunda *Enterococcus spp.* düzeyini sırasıyla 4,48, 4,66 ve 6,03 log kob/yumurta olarak saptamışlardır. Yaptığımız çalışmada serbest gezinmeli sistemde 8,89 log kob/ yumurta tespit edilirken kafes sisteminde 7,33 log kob/ yumurta olarak saptanmış ve yetiştirme sistemleri açısından aradaki fark istatistiksel

olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Kabuk yüzeyinden yıkanan bakteri yükünün dışkıdan izole edilen sonuçlara yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada, özellikle sofralık yumurtanın raf ömrünü doğrudan etkileyen küf düzeyi serbest sistemde 5,78 (log kob/yumurta) bulunurken, kafes sisteminde 6,41 (log kob/yumurta) olarak tespit edilmiştir. Yetiştirme sistemleri açısından küf düzeyi açısından Jones ve Anderson (2013), kahverengi yumurtacı Hy Line Brown, Silver Brown ve Plymouth Rock yumurtalarıyla yaptıkları çalışmada zenginleştirilmiş kafeste ırklara göre sırasıyla 0,99, 0,81 ve 0,86, katlı kafeste 1,31, 1,37 ve 0,64, kapalı yer sisteminde 1,73, 1,3 ve 0,00 ve serbest gezinmeli (Free-range) sistemde 1,99, 0,55 ve 0,84 log kob/yumurta olarak tespit etmişlerdir. Jones ve ark. (2015), kapalı kafes sistemi ve zenginleştirilmiş kafes sistemi yumurta folluklarından aldıkları swap örneklerinde sırasıyla 1,6 ve 2,7 log kob/yumurta olarak saptamışlardır.

Yumurta kabuğundaki küf-maya düzeyleri serbest gezinmeli sistem için 5,78- 4,10 log kob/ yumurta ve kafes sistemleri için 6,41-4,96 log kob/ yumurta olarak daha yüksek oranda tespit edilirken yetiştirme sistemleri arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Katlı kafes sisteminde küf maya düzeyinin serbest gezinmeli sistemden daha yoğun çıkmasına kafes sistemindeki nem düzeyinin etkisi olduğu düşünülmektedir.

Yetiştirme Sistemlerine Göre Dışkıdaki Mikrobiyolojik Yük Sonuçları

Yetiştirme sistemlerine göre toplanan dışkı örneklerinde toplam mezofilik bakteri yükü (TMAB) serbest gezinmeli sistemde 10,47 (log kob/g) ve kafes sisteminde 9,22 (log kob/g) olarak tespit edilmiştir (Tablo 2). Serbest gezinmeli sistem ile kafes sisteminden elde edilen dışkı örneklerindeki TMAB düzeyleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Serbest gezinmeli sistemde TMAB düzeyi bakımından daha yoğun bulaşmanın olduğu ve dışkı ile temasın kabuk yüzeyindeki bulaşma düzeyi üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Shigella serbest gezinmeli ve kafes sisteminde sırasıyla 7,01 ve 5,77 (log kob/g), *Enterococcus* 8,88 ve 6,61 (log kob/g) olarak saptanmış ve yetiştirme sistemleri arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($p<0,05$). TMAB'deki yoğunluk gibi *Shigella* ve *Enterococcus*'un dışkıdaki bulaşma düzeyine paralel olarak serbest gezinmeli sistemden elde edilen yumurtaların bulaşma düzeyi önemli bulunmuştur.

E.coli serbest ve kafes sistemde sırasıyla 7,29 ve 8,16 (log kob/g), *Coliform* 6,80 ve 7,22 (log kob/g) ve maya 3,70 ve 4,30 (log kob/g) olarak tespit edilmiş ve yetiştirme sistemleri arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$).

Tablo 2. Dışkıdaki ortalama mikrobiyolojik yük (log 10 kob/g)¹

Mikroorganizmalar	N	Serbest Gezinmeli (Free-range) Sistem		Kafes Sistemi		P Değeri
		Mean+Sd	Median(Min-Max)	Mean+Sd	Median(Min-Max)	
TMAB	3	10,47±0,43	10,75(8,11-11,42)	9,22±0,58	9,25(7,78-10,61)	0,015*
<i>E.coli</i>	3	7,29±0,35	7,50(5,90-9,16)	8,16±0,49	7,54(7,48-9,03)	0,844
<i>Coliform</i>	3	6,80±2,80	6,50(4,00-9,59)	7,22±2,42	6,70(4,80-9,65)	0,419
<i>Campylobacter</i>	3	NA	NA	NA	NA	NA
<i>Shigella</i>	3	7,01±0,47	7,41(6,08-7,54)	5,77±1,07	5,70(4,70-6,85)	0,043*
<i>Staphylococcus aureus</i>	3	8,53±0,52	8,87(6,25-10,00)	10,10±0,55	10,60(9,00-10,70)	0,016*
Yeast (maya)	3	3,70±0,10	3,80(3,5-4,80)	4,30±0,69	4,5(4,00-4,80)	0,973
Mold (küf)	3	5,00±1,00	5,15(4,30-4,48)	6,37±0,58	6,5(5,8-6,95)	0,030*
<i>Enterococcus</i>	3	8,88±0,51	8,90(7,60-10,11)	6,61±1,81	8,54(0,00-10,05)	0,033*

*: P<0.05

¹ Serbest gezinmeli ve kafes sistemi için analiz edilen dışkı sayısı 3, her tekrür miktarı için 90 gram toplamda 180 gram dışkı analiz için kullanılmıştır.

Staphylococcus Aureus ve küf düzeyleri kafes sisteminde daha yoğun olarak tespit edilmiş ve bakteri düzeyleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0.05). *Staphylococcus Aureus* sırasıyla kafes ve serbest gezinmeli sistemde 10,10 ve 8,53 (log kob/g), küf düzeyleri 6,37 ve 5,00 (log kob/g) olarak tespit edilmiştir. Kafes sisteminde barınak içi nem düzeyinin bulaşma yoğunluğunu artırdığı düşünülmektedir.

Yaptığımız çalışmada dışkı örneklerinin yıkama solüsyonlarında *Campylobacter* saptanmamıştır.

Sonuç ve Öneriler

Ülkemizde üretilen sofralık yumurtalar organik, serbest gezinmeli (free range), kapalı kümes yer ve katlı kafes sistemi gibi yetiştirilme sistemine göre kodlanarak tüketiciye sunulmaktadır. Bu çalışmada serbest gezinmeli (free range) ve kafes sisteminde yetiştirilen AKBAY hibrit tavuklardan elde edilen sofralık yumurtalar ve dışkı örnekleri; toplam mezofilik bakteri (TMAB), *koliform*, *E coli*, *Staphylococcus Aureus*, *Enterococcus*, küf-maya, *Campylobacter* spp. ve *Shigella* sayısı bakımından analiz edilmiştir. Serbest gezinmeli kafes sisteminden elde edilen sofralık yumurtaların toplam mezofilik bakteri (TMAB) yükü önceki çalışma sonuçlarına göre yaklaşık 3 log kob/yumurta daha yüksek (8,22 log kob/yumurta), *S.Aureus*, *coliform*, *shigella* ve *Enterococcus* bakterileri daha yoğun oranda tespit edilmiştir.

Gıda güvenliği açısından öneme sahip *Campylobacter* spp. her iki yetiştirme sisteminde üretilen yumurtaların kabuğunda ve tavukların dışkısında saptanmamıştır.

Yumurta üretiminin her basamağında uluslararası gıda ve kalite güvenlik sistemlerinin en yüksek düzeyde uygulanması, bakteriyel bulaşma risklerinin kontrol altına alınması ve yok edilmesi önem arzeden konulardır. Hayvan refahı açısından sağladığı avantajlara ve giderek artan tüketici taleplerine karşın serbest gezinmeli sistemde yetiştirilen tavuklardan elde edilen yumurtaların daha kontrollü tüketilmesi önerilmektedir. Sofralık yumurtalarda farklı yetiştirme sistemlerinde mikrobiyal düzeyin saptanması açısından ülkemiz genelinde sınırlı sayıda literatür bulunmaktadır ve daha çok çalışma yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

AB Yönetmeliği., 1999. Council Directive 1999/74/EC of 19 July 1999 laying down minimum standards for the protection of laying hens Official Journal L 203, 03/08/1999 P. 0053 – 0057.

Adesiyun A, Offiah N, Seepersadsingh N, Rodrigo S, Lashley V, Musai L., 2007. Antimicrobial resistance of salmonella spp. and escherichia coli isolated from table eggs. Food Control, 18(4): 306-311.

Al Momani W, Janakat S, Khatatbeh M., 2018. Bacterial contamination of table eggs sold in Jordanian Markets. Pakistan Journal of Nutrition, 17(1): 15-20.

Ayaz E, Baylan M, Kurşun K., 2022. Atak-S tavuklarda farklı yetiştirme sisteminin verim özellikleri, kalite kriterleri ve yumurta kabuğu mikrobiyal yükü üzerine etkileri. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 2(2): 216-229.

BAM., 2002, Bacteriological Analytical Manual, 8th Ed., Revision A.

Barnes HJ, Vaillancourt JP, Gross WB., 2003. Colibacillosis. In: Diseases of Poultry (11 nd ed), Iowa State Press; Ames, Iowa, USA, 2003, s 631-652.

Brambell FWR., 1965. Report of the technical committee to enquire into the welfare of animals kept under intensive livestock husbandry systems. Fish.85.

Bulancak A, Baylan M, Erginkaya Z, Toy N., 2016. Effects of propolis and thyme essential oil as a bio-fumigants on microbiological load of hatching eggs and incubation

performance parameters. *World's Poultry Science Journal*, 72(I). 5th Mediterranean Poultry Summit, Oral sessions, 20-25 October, Italy-Spain- France, page 41.

Bulancak A., 2017. Kuluçkalık yumurtalarda propolis ve kekik eterik yağının bio-fumigant olarak kullanımının mikrobiyolojik yük, kuluçka ve besi performansı özelliklerine etkisi, Çukurova Üniversitesi, Zootekni Anabilim Dalı, Doktora Tez Çalışması.

Chute HL, Gershman M., 1961. A new approach to hatchery sanitation. *Poultry Science*, 40: 468-571.

Chousalkar K, Flynn P, Sutherland M, Roberts J, Cheetham B., 2010. Recovery of salmonella and escherichia coli from commercial egg shells and effect of translucency on bacterial penetration in eggs. *International Journal of Food Microbiology* 2010; 142(1-2): 207-13.

De Reu K, Grijspeerdt K, Heyndrickx M, Uyttendaele M, Herman L., 2005a. The use of total aerobic and gram-negative flora for quality assurance in the production chain of consumption eggs. *Food Control*, 16, 147e155.

De Reu K, Grijspeerdt K, Heyndrickx M, Zoons J, De Baere K, Uyttendaele M., 2005b. Bacterial eggshell contamination in conventional cages, furnished cages and aviary housing systems for laying hens. *British Poultry Science*, 46, 149e155.

De Reu K, Messens, W, Heyndrickx M, Rodenburg TB, Uyttendaele M, Herman L., 2008. Bacterial contamination of table eggs and the influence of housing systems. *World's Poultry Science Journal*, 64: 5-19.

De Reu K, Rodenburg TB, Grijspeerdt K, Heyndrickx M, Tuytens FAM, Sonck B, Zoons J, Herman L., 2009. Bacteriological contamination, dirt, and crack of eggshells in furnished cages and noncage systems for laying hens: an international on-farm comparison. *Poultry Science*, 88: 2442-2448.

De Reu K, Rodenburg TB, Grijspeerdt K, Messens W, Heyndrickx M, Tuytens FA, Sonck B, Zoons J, Herman L., 2009. Bacteriological contamination, dirt, and cracks of eggshells in furnished cages and noncage systems for laying hens: an international on-farm comparison. *Poultry Science* 88(11): 2442-2448.

Dipineto L, Gargiulo A, Russo TP, De Luca Bossa LM, Borrelli L, Menna LF., 2011. *Campylobacter jejuni*, *campylobacter coli*, and cytolethal distending toxin genes in laying hens. *Avian Diseases*. 2011; 55(1): 103-105.

Doyle MP., 1984. Association of *Campylobacter jejuni* with laying hens and eggs. *Applied and Environmental Microbiology*, 47, 533-536

Durmuş İ, Sarıca M, Aktan S, Yıldız T, Kahraman Z, Ertaş S., 2009. Geliştirilmekte olan yerli ticari yumurtacı hibritlerin verim özelliklerinin belirlenmesi. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 8(1): 5-9.

EFSA., 2011. Evaluation of the foodex, the food classification system applied to the development of the EFSA Comprehensive European Food Consumption Database. *EFSA Journal*, 9(3): 1970.

Englmaierova M., Tůmová E, Charvátová V, Skřivan M., 2014. Effects of laying hens housing system on laying performance, egg quality characteristics, and egg microbial contamination. *Czech Journal of Animal Science*, 59(8): 345-352.

Esen Ş., 2019. Farklı yetiştirme sistemlerinde üretilen tavuk yumurtalarında salmonella ve bazı indikatör mikroorganizmaların varlığı. Dicle Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin/Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Tez Çalışması.

Ernst RA, Bickford AA, Glick-Smith J., 1980. Microbiological monitoring of hatcheries and hatching eggs. *Poultry Science*, 59: 1604.

FDA (Food Drug Administration)., 1998. Decomposition and histamine in raw, frozen Tuna and Mahi-mahi, Canned Tuna and related species. Compliance Policy Guides 7108. 240, sec. 540-525.

Ferrante V, Lolli S, Vezzoli G, Cavalchini LG., 2009. Effects of two different rearing systems (organic and barn) on production performance, animal welfare traits and egg quality characteristics in laying hens. *Italian Journal of Animal Science*, 8: 165-174.

Halkman AK., 2012. Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü GDM310 Gıda Mikrobiyolojisi II Ders notları 2012/ 13 Bahar Dönemi; Ders notu 12.

Holt PS, Davies RH, Dewulf J, Gast RK, Huwe JK, Jones DR, Waltman D, Willian KR., 2011. The impact of different housing systems on egg safety and quality. *Poultry Science*, 90: 251-262.

Huneau-Salaun A, Michel V, Huonnic D, Balaine L, le Bouquin S., 2010. Factors influencing bacterial eggshell contamination in conventional cages, furnished cages, and free-range systems for laying hens under commercial conditions. *British Poultry Science*, 51, 163e169.

ICMSF (International commission on microbiological specification for food)., 1982. Microorganisms in foods. Their significance and method of enumeration. 2nd ed, eds. R. P.Elliott, D. S. Clark, K. H. Lewis, H. Lundbeck, J. C. Olsenand J. B. Simonsen, Vol. 1, University of Toronto Pres, London.

ICMSF., 1982. Microorganisms in foods. Sampling for microbiological analysis: Principles and Scientific Applications, 2nd Edition, Vol. 2. University of Toronto Press, Toronto, Canada, pp. 181-196.

İncili GK, Durmuşoğlu H, Güngören A, İlhak OI., 2019. Investigation of microbiological quality of conventional (cage type) and village eggs sold in Elazığ. The Journal of Faculty of Veterinary Medicine, 12(2): 97-102.

Jones DR, Musgrove MT, Northcutt JK., 2004. Variation in external and internal microbial populations in shell eggs during extended storage. Journal of Food Protection, 67: 2657-2660.

Jones DR, Anderson KE, Musgrove MT., 2011. Comparison of environmental and egg microbiology associated with conventional and free-range laying hen management. Poultry Science, 90, 2063e2068.

Jones DR, Anderson KE, Guard JY., 2012. Prevalence of coliforms, salmonella, listeria, and campylobacter associated with eggs and the environment of conventional cage and free-range egg production. Poultry Science, 91(5):1195-1202.

Jones DR, Anderson KE., 2013. Housing system and laying hen strain impacts on egg microbiology. Poultry Science, 92(8): 2221-2225.

Jones DR, Cox NA, Guard J, Fedorka-Cray PJ, Buhr RJ, Gast RK, Abdo Z, Rigsby LL, Plumlee JR, Karcher DM, Robison CI., 2015. Microbiological impact of three commercial laying hen housing systems. Poultry Science, 94(3): 544-551.

Karadal F., 2018. Niğde ve Kayseri’de satışa sunulan köy ve market yumurtalarının mikrobiyolojik kalitesi. Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi; 15(1): 51-57.

Mench JA, Sumner DA, Rosen-Molina JT., 2011. Sustainability of egg production in the United States-the policy and market context. Poultry Science, 90: 229-240.

Messens W, Grijspeerdt K, Herman L., 2005. Eggshell penetration by Salmonella: A review. Worlds Poultry Science Journal, 61(1): 71-86.

Musgrove MT, Jones DR, Northcutt JK, Cox NA, Harrison MA., 2005. Shell rinse and shell crush methods for the recovery of aerobic microorganisms and Enterobacteriaceae from shell eggs. Journal of Food Protection, 68: 2144-2148.

Nordenskjöld J., 2010. Study of microflora on egg shells in egg production in Jordan. Independent project/degree project in food science Uppsala Biocentre University of agricultural sciences. EX0426 Independent project/degree project in Food Science. 1-30.

Parisi MA, Northcutt JK, Smith DP, Steinberg EL, Dawson PL., 2015. Microbiological contamination of shell eggs produced in conventional and free-range housing systems. Food Control, 47: 161-165.

Pesavento G, Calonico C, Runfola M, Lo Nostro A, 2017. Free-range and organic farming: Eggshell contamination by mesophilic bacteria and unusual pathogens. *Journal Applied Poultry Research*, 26: 509-517.

Sahin O, Kobalka P, Zhang Q., 2003. Detection and survival of *Campylobacter* in chicken eggs. *Journal of Applied Microbiology* 2003, 95, 1070-1079.

Sharma MK, McDaniel CD, Kiess AS, Loar RE, Adhikari PA, 2022. Effect of housing environment and hen strain on egg production and egg quality as well as cloacal and eggshell microbiology in laying hens. *Poultry Science*, 101(2): 101595.

Sheldon BW, Ball J., 1986. Efficacy of ozon disinfection in poultry hatcheries. *Industry Summary report 119, Southeastern Poultry and Egg Association, Decatur. G.A.*

Sulonen J, Kärenlampi R, Holma U, Hänninen ML., 2007. *Campylobacter* in finnish organic laying hens in autumn 2003 and spring 2004. *Poultry Science*, 86(6): 1223-1228.

Stevens M, Ashbolt, N, Cunliffe D., 2003. Recommendations to change the use of coliforms as microbial indicators of drinking water quality. *Australian Government National Health and Medical Research Council* 2003; 1-43.

Toy N, Kurşun K, Açık İP, Bulancak A, Baylan M., 2018. Yerde yetiştirilen kanatlılardan elde edilen sofralık yumurtaların mikrobiyolojik flora açısından karşılaştırılması. 3rd International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2018) Çukurova University, Congress Center, October 24-26, 2018, Adana / TURKEY Pages: 1-1, Paper ID:520.

Yenilmez F, Bulancak A., 2020. Microbiological quality of table eggs sold at different sales location. *Çukurova Tarım Gıda Bilimleri Dergisi*, 35(2): 115-124.

Kantil Regresyon Analizi Üzerine Bir Uygulama

Bahar ARSAN AYSA¹, Hamit MİR TAGİOĞLU², Sıddık KESKİN³, Yıldırım DEMİR^{4*}

¹Bağımsız Araştırmacı, Bitlis

²Bitlis Eren Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi İstatistik Bölümü, Bitlis

³Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tıp Fakültesi Temel Tıp Bilimleri Bölümü, Van

⁴Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Ekonometri Bölümü, Van

¹<https://orcid.org/0000-0002-3304-2616>

²<https://orcid.org/0000-0003-2952-9584>

³<https://orcid.org/0000-0001-9355-6558>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-6350-8122>

*Sorumlu yazar: ydemir@yyu.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 26.02.2024

Kabul tarihi: 30.05.2024

Online Yayınlanma: 10.06.2024

Anahtar Kelimeler:

Bootstrap yöntemi
Doğrusal regresyon
En küçük kareler
Kantil regresyon
Şarap kalitesi

ÖZ

Genel olarak bir araştırma yapılmak istendiğinde, değişkenler arasındaki ilişki incelenmek ya da bir model yardımıyla tahmin yapılmak istenebilir. Bu model yardımıyla tahmin yapılmak istendiğinde, yaygın kullanılan yöntem Standart regresyon analizi yöntemidir. Ancak, bu regresyon analizinin kullanılabilmesi için bazı varsayımların yerine gelmesi gerekmektedir. Bu varsayımlar yerine gelmediği veya bazı araştırmalarda transformasyonlar yapılmasına rağmen bu varsayımlar sağlanmadığı durumlarda alternatif yöntemler tercih edilmektedir. Bu alternatif yöntemlerden birisi de Kantil regresyon yöntemidir. Kantil regresyon, heterojen yapıdaki veri setleri için oldukça kullanışlıdır. Herhangi bir varsayım gerektirmediği için esnek bir yöntemdir. Çalışmada Wine Quality veri setinin 300 birimlik kısmı ve STATA 14 paket programı kullanılmıştır. Önce şarap kalitesi veri setinden 1 bağımlı (kalite) ve 5 bağımsız değişken alınarak 100, 200 ve 300 örneklem genişliklerinde doğrusal ve 0,20, 0,25, 0,50 ve 0,75 kantil değerlerine göre Kantil regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra aynı işlemler 1 bağımlı (kalite) ve 11 bağımsız değişken için tekrarlanmıştır. Kısmi regresyon katsayısı, standart hata ve güven aralıkları temel alınarak doğrusal ve Kantil regresyon analiz sonuçları; örneklem genişliğine ve değişken sayısına göre karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak; modele dahil edilen değişken sayısının artırılmasının, katsayılar belirgin etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Ayrıca kantil değerlerin sonuçlar üzerindeki etkisinin, değişken sayısından daha önemli olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle de düşük katsayı ve dar güven aralığı elde etmek için uygun kantil değerinin tercih edilmesi önemlidir.

An Application on Quantile Regression Analysis

Research Article

Article History:

Received: 26.02.2024

Accepted: 30.05.2024

Available online: 10.06.2024

Keywords:

Bootstrap method
Least squares
Linear regression

ABSTRACT

In general, when a research is desired to be conducted, the relationship between variables may be examined or prediction may be made with the help of a model. When it is desired to make predictions with the help of this model, the commonly used method is the standard regression analysis method. However, some assumptions must be fulfilled in order to use this regression analysis. Alternative methods are preferred when these assumptions are not fulfilled or when these assumptions are not met although transformations are made in some studies. One of these alternative methods is the quantile regression

Quantile regression
Wine quality

method. Quantile regression is very useful for heterogeneous data sets. It is a flexible method since it does not have any assumptions. In the study, 300 units of the Wine Quality data set and STATA 14 package program were used. Firstly, by taking 1 dependent (quality) and 5 independent variables from the wine quality data set, quantile regression analyses were performed according to 0,20, 0,25, 0,50 and 0,75 quantile values as well as standard linear regression at sample sizes of 100, 200 and 300. Then, the same procedures were repeated for 1 dependent (quality) and 11 independent variables. The results of linear and quantile regression analyses based on partial regression coefficient, standard error and confidence intervals were compared according to sample size and number of variables. As a result, it was observed that increasing the number of variables included in the model did not have much effect on the coefficients. In addition, it was determined that the effect of quantile values on the results is more important than the number of variables. Therefore, it is important to choose the appropriate quantile value to obtain low coefficient and narrow confidence interval.

To Cite: Arsan Aysal B, Mirtağoğlu H, Keskin S, Demir Y., 2024. Kantil regresyon analizi üzerine bir uygulama. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(2): 454-478.

Giriş

Doğadaki değişkenler arasında var olan ilişkinin doğru belirlenebilmesi, ilgili değişkene istenilen şekilde yön verilebilmesi açısından oldukça önemlidir. Değişkenler arası ilişkileri belirlemek üzere farklı istatistik yaklaşımlar geliştirilmiş ve en yaygın olanı regresyon analizidir. Araştırmacının cevap (sonuç) değişkeni veya bağımlı değişken olarak aldığı değişkenle, açıklayıcı (bağımsız) değişken veya değişkenler olarak aldığı özellikler arası ilişkileri belirlemek üzere kurulan doğrusal veya doğrusal olmayan modeller genel olarak Regresyon modelleri olarak adlandırılır. Regresyon modelleri ve bu modellerle ilişkili istatistik analizler, minimum sayıdaki açıklayıcı değişkenle, bağımlı değişkeni en yüksek doğrulukla tahmin etmek üzere gerekli işlemleri içerir.

Değişkenler arasındaki ilişkiler, genel olarak doğrusal ve doğrusal olmayan ilişkiler olmak üzere iki kısımda incelenmektedir. Analiz süreci ve elde edilen sonuçların yorumlanmasındaki kolaylık bakımından doğrusal modeller, doğrusal olmayan modellere göre daha çok tercih edilmektedir. Regresyon modellerine dayalı olan regresyon çözümlenmeleri için bazı varsayımlar gereklidir. Bu varsayımların sağlanmaması durumunda, ya değişkenlere uygun transformasyonlar uygulanarak varsayımların sağlanmasına çalışılmakta ya da bu varsayımlara karşı esnek olan parametrik olmayan yöntemler tercih edilmektedir.

Çoklu doğrusal regresyon analizinde parametre tahmini, çoğunlukla En Küçük Kareler (EKK) yöntemine göre yapılmaktadır. Diğer bir ifade ile Çoklu doğrusal regresyon, gözlemlerin her bir değeri için açıklayıcı değişkenlere dayalı cevap değişkeninin (koşullu) ortalamasını hesaplamak için EKK yöntemini kullanmaktadır. EKK yöntemi hesaplama işlemlerinin, diğer yöntemlere göre kısmen daha kolay olması bu yöntemin tercih

edilebilirliğini artırmaktadır. Ancak bu yöntem için bazı varsayımların sağlanması gerekmektedir. Bu varsayımların sağlanmaması durumlarında alternatif yöntemlere başvurulabilir. Bu yöntemlerden birisi de Koenker ve Bassett (1978) tarafından önerilen Kantil regresyon modelidir.

Kantil regresyon, bağımsız değişken/ler ile bağımlı değişkenin, araştırmacı tarafından belirlenmiş olan kantilleri arasındaki ilişkiyi modellemektedir. Böylece Kantil regresyon, bağımlı değişkenin koşullu medyanını veya diğer kantillerini tahmin eden ve standart doğrusal regresyonun varsayımları sağlanmadığında kullanılabilen çoklu doğrusal regresyon analizinin bir uzantısı olarak düşünülebilir (Kuşkaya, 2023). En Küçük Kareler regresyonuna göre iki önemli avantajı bulunmaktadır. Birincisi, cevap değişkeni ile ilgili herhangi bir varsayım gerektirmemesi, diğeri ise uç değerlere karşı sağlam (robust) olmasıdır. Bu nedenle başta ekoloji bilimi olmak üzere, sağlık bilimleri, ekonometri ve ziraat gibi birçok alanda kullanılabilir. Kantil regresyon, bağımsız değişken/ler ile bağımlı değişkenin, araştırmacı tarafından belirlenmiş olan kantilleri arasındaki ilişkiyi modellemektedir. Böylece Kantil regresyon, bağımlı değişkenin koşullu medyanını veya diğer kantillerini tahmin eden ve standart doğrusal regresyonun varsayımları sağlanmadığında kullanılabilen çoklu doğrusal regresyon analizinin bir uzantısı olarak düşünülebilir (Kuşkaya, 2023). En Küçük Kareler regresyonuna göre iki önemli avantajı bulunmaktadır. Birincisi, cevap değişkeni ile ilgili herhangi bir varsayım gerektirmemesi, diğeri ise uç değerlere karşı sağlam (robust) olmasıdır. Bu nedenle başta ekoloji bilimi olmak üzere, sağlık bilimleri, ekonometri ve ziraat gibi birçok alanda kullanılabilir.

Literatür incelemesinde, Kantil regresyon ile ilgili yeterli sayıda çalışmanın olduğu, ancak farklı kantil oranları, değişken sayısı ve gözlem sayısı bakımından çalışmaların sınırlı olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu çalışmada, Kantil regresyon yöntemine ilişkin genel bilgi verilmiş ve 3 farklı örneklem genişliği, farklı değişken sayıları ile 4 farklı kantil oran kombinasyonları kullanılarak Kantil ve standart çoklu regresyon analizi sonuçları değerlendirilmiştir.

Kantil regresyon modeli ilk olarak Koenker ve Bassett (1978) tarafından önerilmiştir. Kantil regresyon modellerinin doğrusal regresyon modellerine bağlı bir yan dal olabileceği ifade edilmektedir (Koenker ve Bassett, 1978). Doğrusal olmayan tüm Kantil regresyon modellerini kapsayan yarı Bayesçi modeller Taddy ve Kottas (2010), tarafından incelenmiştir. Bu modeller, tüm değişkenlerin birleşik dağılımları üzerinde etkili olabilecek esnek modellere ulaşma imkânı tanımıştır. Bu modellerde, esnek modellere ulaşabilmek adına, bağımlı değişkenin koşullu dağılımlarından faydalanılmıştır. Bunun için farklı kantil değerlerindeki eğriler yorumlanmıştır. Doğrusal ve Kantil regresyon modelleri Kuan ve Lin (2010) tarafından, detaylı bir şekilde incelenmiş ve gerçekleştirilen uygulamalar sonucunda modelin genel olarak ki-kare dağılımına eğilim gösterdiği vurgulanmıştır.

Serbest ekonomiden yana olan bankaların işleyişini konu alan çalışmada; klasik ekonometrik modeller kullanılarak elde edilen çıkarımların tüm resmi görmeye imkân tanımayacağı Schaeck (2008) tarafından vurgulanmıştır. Kantil değerler için sonuçlar incelendiğinde, eş benzer faktörlerin bağımlı değişkeni aynı şekilde etkilemesinin mümkün olmadığı gözlenmiştir. Ayrıca değişkenler arasındaki etkilerin bağımlı değişkenin kuyruğunu etkilemesi durumunda, etkin bir tahminleme yöntemi olarak Kantil regresyona başvurulması

gerektiği belirtilmiştir. Kiren Gürler ve ark. (2018), Hanehalkı Bütçe Anketi veri seti ile yaptıkları çalışmada Kantil regresyon ve EKK yönteminden elde edilen sonuçları karşılaştırmışlar. Sonuç olarak, büyük veri gruplarıyla çalışılırken, değişen varyans sorununun ortaya çıktığı ve bu durumda katsayıların etkin tahmin edilememesi ve aykırı değerlerin varlığı gibi sorunlarla karşılaşılabilceği vurgulanmıştır. Ayrıca, tüm bu sorunlara rağmen Kantil regresyon yönteminin etkin bir tahminci olma özelliğini koruduğuna dikkat çekilmiştir. Çınar (2019), simülasyon yöntemiyle uç değerler barındıran normal dağılımlı bir veri seti üretmiştir. Bu veri setini kullanarak Kantil regresyon model etkinliğini EKK ile karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, Kantil regresyon model etkinliğinin EKK'dan çok daha iyi olduğu gözlenmiştir. Özçelik ve ark. (2021) tarafından, Kantil regresyon ve doğrusal olmayan en küçük kareler yöntemiyle doğal karaçam meşcereleri için gövde çapı modeli geliştirilmiştir. Hem tüm gövde hem de farklı nisbi boy sınıfları için Kantil regresyonla elde edilen gövde çapı tahmin sonuçlarının doğrusal olmayan en küçük kareler yöntemiyle elde edilen sonuçlara göre daha başarılı olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, gövde çapı tahminlerinde Kantil regresyon yönteminin alternatif bir yöntem olarak kullanılabilceği belirtilmiştir. Demir (2022) tarafından, ürün ve hizmet ihracatı ile ham tarım ürün ihracatının ekonomik büyüme üzerindeki etkileri; verilere %25, %50 ve %100 bootstrap uygulanarak Kantil ve doğrusal regresyon yöntemleriyle belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak, normallik varsayımının sağlanmadığı durumlarda, Kantil regresyonun ve sağlandığı durumlarda ise doğrusal (EKK yaklaşımı) regresyonun daha iyi tahminler verdiği ifade edilmiştir.

Materyal ve Metot

Çalışmada, <https://www.kaggle.com/datasets?search=wine+quality> internet sitesinden alınan Wine Quality veri seti kullanılmıştır. 2019 yılında veri setinin 300 birimlik kısmı alınarak yeni bir veri seti oluşturulmuştur. Analizlerde STATA 14 paket programı kullanılmıştır.

İlk olarak, şarap kalitesi veri setinden 1 bağımlı (kalite) ve 5 bağımsız değişken alınarak 100, 200 ve 300 örneklem genişliklerinde doğrusal ve 0,20, 0,25, 0,50 ve 0,75 kantil değerlerine göre Kantil regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Farklı örneklem büyüklükleri ve farklı kantil değerlerinin yanı sıra; farklı değişken sayısının da sonuçlara etkisini gözlemlemek için daha sonra aynı işlemler; 1 bağımlı (kalite) ve 11 bağımsız değişken için tekrarlanmıştır. Kısmi regresyon katsayısı, standart hata ve güven aralıkları temel alınarak doğrusal ve Kantil regresyon analizi sonuçları, örneklem genişliğine ve değişken sayısına göre karşılaştırılmıştır.

Regresyon modelleri ile parametre tahminlerinde EKK yaklaşımı en sık kullanılan modeldir. EKK, hata kareler toplamını minimize eden α ve β parametrelerinin tahmini

değerlerinin bulunmasını esas almaktadır. Bu yaklaşım ile elde edilecek model minimum hata payına sahip olmalı ve gerçek değerlere en yakın değerler elde eden en uygun eğriyi ortaya çıkarmalıdır. EKK ile etkin sonuçların elde edilebilmesi için gerekli varsayımlar sağlanmalı ve bu varsayımlar sağlanmadığında EKK yanlı sonuçlar verebildiğinden, alternatif bir yöntem olarak En Küçük Medyan Kareler yöntemi önerilmektedir (Erickson ve ark., 2006).

En Küçük Medyan Kareler modeli, veri setinin %50'ye kadar sapan değer içermesi halinde, EKK yaklaşımından daha etkin sonuçlar vermekte ve bu durumda oldukça güçlü bir regresyon modeli olarak kullanılabilir (Rousseeuw ve Leroy, 1987). Medyan Regresyon modelinin geliştirilmiş bir hali ise Kantil regresyon modelidir. Medyan Regresyon modelinde, veri setinin sadece ortanca değerine göre sonuçlar hesaplanırken, Kantil regresyonda farklı kantil değerlerine göre veri seti incelenerek daha kapsamlı ve daha etkin sonuçlar hesaplanmaktadır.

Doğrusal Regresyon

Regresyon analizine yönelik ilk çalışmalar Sör Francis Galton tarafından yapılmıştır. Galton, değişkenler arası ilişkileri inceleyen ve yorumlayan ilk bilim adamlarındandır. 1885 yılında kalıtım konusunda çalışmalar yaparken, babalar ve oğulların boyları konusunda yaptığı araştırmalarda, değişkenler arasında ortalamaya doğru yönelimin olduğunu göstererek regresyon kavramının temelini atmıştır. Karl Pearson ve Lee (1903) ise bu çalışmayı daha da ileriye taşıyarak, çocuklar arasında babası uzun boylu olanların babalarının aksine kısa boylu olabileceğini, uzun boylu çocukların babalarının ise kısa olabileceğini vurgulamıştır. Bunun sonucunda, uzun ve kısa çocukların boylarının benzer şekilde ortalamaya gerilediğini (regressing) ifade etmiştir (Gujarati, 2004).

İstatistik tahmin çalışmaları yapılmak istendiğinde, ilk akla gelen Regresyon modelidir. Regresyon modeli ile iki ya da daha fazla değişken arasındaki ilişkinin gösterilmesi mümkün olabilmektedir (Chatterjee ve Simonoff, 2013). İki değişken arasındaki ilişki neden sonuç ilişkisi olarak da tanımlanabilir. Sonuç değişkeni bağımlı değişken (Y) olarak, neden değişkeni ise bağımsız değişken (X) olarak ifade edilmektedir. Neden sonuç değişkenlerinin doğru belirlenmesi regresyon analizinin doğru sonuç vermesi bakımından oldukça önemlidir (Orhunbilge, 2000). X ve Y arasındaki ilişki için çizilen grafiğe serpilme diyagramı denilmektedir. Doğrusal regresyon, bir bağımlı ve bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi açıklamakta ve bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni nasıl etkilediğini belirlemek için kullanılmaktadır (Draper ve Smith, 1998). Doğrusal regresyon basit

ve çoklu regresyon olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. En basit haliyle doğrusal regresyon modeli;

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_j X_{ij} + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 0, 1, \dots, k \quad (1)$$

olarak ifade edilmektedir.

Eşitlik (1)'de Y_i : bağımlı değişkeni, X_{ij} : bağımsız değişkenleri, β_0 : sabit terimi, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_j$: bağımsız değişken katsayılarını ve ε_i : rassal değişkenler olup sıfır etrafında normal dağılan hata terimini göstermektedir. Modeldeki bağımsız değişkenlerin etkisi β terimleri ile belirlenmektedir (Demir, 2022). Eşitlik (1) çoklu doğrusal regresyon modeli olup, j 'nin 1 olması basit regresyon modelini ifade etmektedir. Doğrusal regresyon, hata kareler ortalamasını en iyi minimize eden β katsayılarının tahmincileri olan $\hat{\beta}$ değerlerini belirlemeyi amaçlamaktadır. EKK varsayımları sağlandığında $\hat{\beta}$ değerlerinin belirlenmesinde EKK yöntemi kullanılmaktadır (Demir, 2020). Gerekli varsayımlardan herhangi birinin sağlanmaması durumunda ise parametre tahmini için farklı bir model kullanmanın daha doğru sonuçlar vereceği savunulmaktadır (Berry, 1993). Bu varsayımlar;

- 1) Bağımsız değişkenlerin nicel veya nitel olması, bağımlı değişkenin ise nicel ve sürekli olması,
- 2) Bağımsız değişkenlerin varyansının sıfırdan farklı olması,
- 3) Bağımsız değişkenler arasında yüksek doğrusal ilişkinin olmaması,
- 4) Hata terimi ortalamasının sıfır olması,
- 5) Bağımsız değişkenler ve hata terimi arasında korelasyon olmaması,
- 6) Hata terimi varyansının sabit olması,
- 7) Hataların normal dağılması şeklinde özetlenebilir (Rawlings ve ark., 1998; Demir, 2020).

EKK yöntemiyle $\hat{\beta}$ parametre tahminleri;

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1} X'Y \quad (2)$$

olarak hesaplanmaktadır. Bu yöntemde amaç, ε_i 'nin tahmincisi olan e_i 'yi minimum yapmaktır.

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i \quad (3)$$

Eşitlik (3)'te Y_i gözlenen değerleri, \hat{Y}_i ise Y_i değerlerinin tahmini değerlerini ifade etmektedir. Burada hataların toplamı sıfır ve hata kareler toplamı ise minimum olur. EKK yönteminde amaç gerçek değerlerle tahmini değerler arasındaki farkların kareleri toplamını

minimum yapan $\hat{\beta}$ değerlerini belirlemektir. Böylece, Eşitlik (2) yardımıyla bağımlı değişkenin (Y_i) tahmini değerleri (\hat{Y}_i) Eşitlik (4) ile hesaplanmaktadır.

$$\hat{Y}_i = X_i \hat{\beta}_i + e_i \quad (4)$$

$\hat{\beta}$ katsayısının, sıfırdan önemli derecede farklı olması Y değişkeni ile X değişkenleri arasında önemli (anlamlı) bir ilişkinin varlığını gösterirken, katsayı işaretleri ise bunlar arasındaki ilişkinin yönünü göstermektedir. EKK tahmin edicilerinin doğrusal ve yansız olması durumunda, en düşük varyans ile gerçeğe en yakın tahminler elde edilmektedir. Bu nedenle EKK, analizlerde sıkça tercih edilmektedir. Gerekli varsayımlar sağlandığında EKK, değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklamada etkin sonuçlar verirken, varsayımların sağlanmaması durumunda EKK'nın etkinliği azalmaktadır (Gujarati, 2004). Bu gibi durumlarda Kantil regresyon gibi alternatif yöntemlerle daha etkin sonuçlar elde edilebilir.

Kantil Regresyon

Kantil regresyon, doğrusal regresyon yöntemiyle aynı görevi görmektedir. EKK için gerekli varsayımlar sağlanmadığı durumlarda ya veri setine bazı dönüşümler uygulanmakta ya da Kantil regresyon gibi bazı alternatif yöntemlerle veriler arasındaki ilişkiler belirlenmek istenmektedir (Demir, 2022). Belirlenen kantiller için medyan regresyon yönteminin geliştirilmiş bir durumu olan Kantil regresyon, veri setlerinde uç değerler bulunduğunda EKK'dan daha güçlü tahminler vermektedir (Alakaya, 2019). Bu yöntem, dağılım için herhangi bir varsayımda bulunmadığından doğrusal regresyon varsayımları sağlanmadığı durumda, Kantil regresyonla çok daha güçlü sonuçlar sağlanabilir. Kantil regresyon, tüm koşullu dağılımları modelleyebileceği gibi parametrik bir dağılım gerektirmeden tüm kantiller için doğrusal regresyon ile belirlenmesi zor olan bilgiler verebilmektedir. Doğrusal regresyon modeli tek bir koşullu ortalamaya sahip ve bu nedenle yalnızca bir eşitlikle gösterilirken, Kantil regresyon modeli ise birden fazla koşullu ortalamaya sahip olduğundan model birden fazla eşitlikle gösterilmektedir (Demir, 2022).

Kantil regresyon modeli;

$$Y_i = \beta + \varepsilon_i \quad (5)$$

olarak gösterilmektedir. Y_i ; simetrik F dağılım fonksiyonlu, bağımsız özdeş dağılımlı ve β medyanlı rastgele değişkeni göstermektedir. x_θ değeri, populasyonun θ 'inci kantilini gösterirse, modelde θ 'inci örnek kantili Eşitlik (6)'nın β 'ya göre minimizasyonu ile bulunmaktadır.

$$\min_{\beta} \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i:y_i \geq \beta} \theta |y_i - \beta| + \sum_{i:y_i < \beta} (1 - \theta) |y_i - \beta| \right\} \quad (6)$$

Bu ifade doğrusal regresyon modeline genelleştirilirse Eşitlik (5);

$$Y_i = x_i \beta_{\theta} + e_i \quad (7)$$

olarak yeniden yazılabilir. Burada bağımsız değişkenler vektörü olan x_i ; bağımsız değişkenlerle bağımlı değişkene ait koşullu dağılımın θ 'inci kantili arasındaki doğrusal regresyonu, β_{θ} ; θ 'inci Kantil regresyona ait parametre vektörünü ve e_i ise bağımsız ve sıfır etrafında simetrik F dağılımına sahip hatayı göstermektedir. Böylece ($0 < \theta < 1$) aralığı için θ 'inci Kantil regresyon;

$$\min_{\beta} \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i:y_i \geq x_i \beta} \theta |y_i - x_i \beta| + \sum_{i:y_i < x_i \beta} (1 - \theta) |y_i - x_i \beta| \right\} \quad (8)$$

eşitliğinin β 'ya göre minimize edilmesiyle tahmin edilmekte ve y 'nin θ 'inci kantili olarak tanımlanmaktadır. Parametre tahmini için Eşitlik (9)'dan faydalanılmakta ve θ değerleri için $\hat{\beta}$ tahmincileri Eşitlik (10) ile hesaplanmaktadır.

$$\min_{\beta} \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i=1}^n \rho_{\theta}(y_i - x_i \beta) \right\} \quad (9)$$

$$\hat{\beta}(\theta) = \arg \min_{\beta \in \mathbb{R}^p} \left\{ \sum_{i=1}^n \rho_{\theta}(y_i - x_i \beta) \right\} \quad (10)$$

Bağımlı değişkenin koşullu dağılımının farklı noktalarındaki bağımsız değişkenlerde oluşan değişikliklere farklı tepkiler vermesine bağlı olarak Kantil regresyonun her bir kantili de birbirinden farklı sonuçlar vermektedir. Doğrusal regresyonda en uygun regresyon eğrisi, gözlemlerin ağırlık merkezinden veya gözlem noktalarının ortasından geçerken, Kantil regresyonda kantillerden geçmekte ve asimetric olarak belirlenmektedir. Yani kantil değeri 0,2 olarak alınır, verilerin %20'si ilk regresyon eğrisinin altında %80 ise üstünde kalacaktır. Bu durumda veri setinin birikimli dağılımı daha detaylı görüntülenebilir. Böylece ortalamanın değil de kantillerin kullanılmasının önemi;

- Normal dağılım göstermeyen veri setleri ile yapılan analizlerde daha etkili olabilmesi,
- Güvenilir tahminler yapabilmesi,
- Temsili bir değerle veya aykırı değerlerle ilgilenildiğinde EKK'ya göre daha güçlü bir yöntem olarak kullanılabilmesi,
- Değişken etkilerinin yerleri ve ölçek parametreleri açısından incelenebilmesi,

Hata terimleri yarı parametrik varsayımlara sahip olduğunda değişen varyanslı örneklerde daha etkin sonuçlar verebilmesi, şeklinde sıralanabilir (Keskin, 2012; Özyıldırım, 2019).

Bootstrap Yöntemi

Efron (1979) tarafından geliştirilen ve Yeniden örnekleme yöntemlerinden birisi olan Bootstrap yöntemi, uygulamada yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bootstrap yönteminde mevcut örneklem popülasyon olarak kabul edilmekte ve bu örneklemden belirli sayıda tekrarlı örneklemeler alınarak ilgili tahminci için yeni bir örnekleme dağılımı oluşturmaktır (Çamurlu ve Erilli, 2019).

Bootstrap yöntemi, veri seti dağılımı için herhangi bir varsayıma gerek duymaz ve varsayımlarda sapmalar görülse de, Bootstrap ile yapılan tahminler bu sapmalardan etkilenmez (Okutan, 2009). Dolayısıyla, yöntem hem parametrik hem de parametrik olmayan yöntemlerle birlikte kullanılmaktadır. Bu yöntemde hata terimleri küçültülerek daha düşük standart sapmalar sağlanmakta ve bunun sonucunda da daha sağlam parametre tahminleri yapılabilmektedir (Efron ve Tibshirani, 1993).

Bu yöntem önce; örnek ortalaması, standart sapması ve güven aralığının hesaplanması için geliştirilmiştir. Ayrıca, EKK için gerekli varsayımlar yerine getirilemediği durumlarda bir düzeltme işlemi olarak kullanılabileceği gibi model seçim kriteri olarak tahmin hatasının hesaplanması, yanlılık tahmini, regresyon analizi, güven aralığının oluşturulması ve hipotez testleri gibi farklı alanlarda da kullanılabilmektedir (Gayaker, 2015).

Bulgular ve Tartışma

Tablo 1’de 11 bağımsız değişen ve bağımlı değişken olan kalite değişkeni için bazı tanımlayıcı istatistikler verilmiştir.

Tablo 1. Değişkenler için tanımlayıcı istatistikler

Değişken (N=300)	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Ranj	Minimum	Maximum
Sabit Asitlik	7,995	1,508	0,087	10,40	4,60	15,00
Uçucu Asitlik	0,553	0,181	0,010	1,15	0,18	1,33
Sitrik Asit	0,235	0,193	0,011	1,00	0,00	1,00
Kalan Şeker	2,438	1,163	0,067	9,50	1,20	10,70
Klorit	0,099	0,072	0,004	0,57	0,04	0,61
Serbest Kükürt	15,130	9,087	0,525	49,00	3,00	52,00
Toplam Kükürt	56,383	35,675	2,060	145,00	8,00	153,00
Yoğunluk	0,999	0,002	0,0001	0,01	0,99	1,00
pH	3,327	0,156	0,009	1,16	2,74	3,90
Sülfat	0,690	0,243	0,014	1,67	0,33	2,00
Alkol	9,878	0,814	0,047	5,00	9,00	14,00
Kalite	5,407	0,723	0,042	4,00	4,00	8,00

Tablo 1'e göre; en büyük (145) değişim aralığına (ranj) Toplam Kükürt değişkeni ve en küçüğüne (0,01) ise Yoğunluk değişkeni sahiptir. Zira Toplam Kükürt değişkeninin maksimum değeri 153, minimum değeri 8 ve Yoğunluk değişkeninin ise sırasıyla 1,00 ve 0,99 olarak belirlenmiştir. En yüksek ortalama (56,383), standart sapma (35,675) ve standart hataya (2,060) Toplam Kükürt değişkeninin sahip olduğu; en düşük ortalama (0,099) Klorit, standart sapma (0,002) ve standart hataya (0,0001) ise Yoğunluk değişkeninin sahip olduğu görülmektedir. Bağımsız değişkenler arasındaki ilişki için Tablo 2'de bu değişkenler arasındaki korelasyonlar verilmiştir.

Tablo 2. Bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları

	Sabit Asitlik	Uçucu Asitlik	Sitrik Asit	Kalan Şeker	Klorit	Serbest Kükürt	Toplam Kükürt	Yoğunluk	pH	Sülfat
Uçucu Asitlik	-0,250									
Sitrik Asit	0,498	-0,608								
Kalan Şeker	0,224	-0,072	0,157							
Klorit	0,208	0,094	0,110	0,027						
Serbest Kükürt	0,012	-0,039	0,101	0,076	0,192					
Toplam Kükürt	0,004	0,035	0,210	0,084	0,224	0,796				
Yoğunluk	0,343	-0,082	0,224	0,171	0,237	-0,101	-0,110			
pH	-0,659	0,198	-0,487	0,012	-0,354	-0,110	-0,205	-0,333		
Sülfat	0,342	-0,304	0,372	0,087	0,239	0,087	0,081	0,100	-0,351	
Alkol	0,042	-0,118	0,014	0,257	-0,136	-0,012	-0,075	-0,290	0,219	0,114

Tablo 2 incelendiğinde, en yüksek korelasyonun Toplam Kükürt ile Serbest Kükürt değişkenleri arasında (0,796) olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla pH ile Sabit Asitlik değişkenleri arasındaki korelasyon (-0,659) ve Sitrik Asit ile Uçucu Asitlik değişkenleri arasındaki korelasyon (-0,608) izlemektedir. Böylece Toplam Kükürt artarken buna bağlı olarak Serbest Kükürt değerinin de arttığı, pH artarken Sabit Asitlik değerinin ve Sitrik Asit artarken de Uçucu Asitlik değerinin azaldığı söylenebilir.

EKK varsayımlarının sağlanıp sağlanmadığına dair bazı test sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon katsayılarının ($r \geq 0,75$) büyük olması durumunda çoklu doğrusal bağlantıdan şüphelenip diğer kriterlere bakılmalıdır (Demir, 2020). Tablo 2'de verilen Toplam Kükürt ile Serbest Kükürt değişkenleri arasındaki korelasyon katsayısı 0,796 olduğundan dolayı çoklu doğrusal bağlantı sorunu için VIF (Varyans şişirme faktörü) değerlerine bakılmıştır.

Regresyon analizinde, VIF çoklu doğrusallığın derecesini belirlemek için istatistik bir ölçüt olarak kullanılmaktadır. Çoklu doğrusallık, iki ya da daha fazla bağımsız değişkenin

birbiriyle ilişkili olması durumu olarak tanımlanmaktadır. VIF değerlerinin 10'dan büyük olması durumunda çoklu doğrusal bağlantı sorunundan söz edilebilir (Özen ve ark., 2023). Tablo 3 incelendiğinde, bağımsız değişkenlere ait VIF değerlerinden, en büyüğünün 6,286 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı sorunu olmadığı söylenebilir.

Tablo 3. EKK varsayımlarının sınanması için bazı test sonuçları

Değişken	VIF	Shapiro-Wilk		Grubbs		Durbin-Watson		Breusch-Pagan		
		W-İst.	p	G-İst.	p	DW-İst.	p	BP-İst.	p	sd.
Sabit Asitlik	6,268	0,874	<0,001	4,646	<0,001					
Uçucu Asitlik	1,621	0,954	<0,001	4,316	0,0018					
Sitrik Asit	2,597	0,926	<0,001	3,961	0,0090					
Kalan Şeker	1,858	0,661	<0,001	7,104	<0,001					
Klorit	1,994	0,427	<0,001	7,091	<0,001					
Serbest Kükürt	2,315	0,910	<0,001	4,058	0,0058	2,021	0,5294			
Toplam Kükürt	2,822	0,916	<0,001	2,708	0,971			35,686	<0,001	11
Yoğunluk	5,322	0,949	<0,001	3,886	0,0126					
pH	3,872	0,985	0,0036	3,759	0,0216					
Sülfat	2,005	0,730	<0,001	5,400	<0,001					
Alkol	2,373	0,774	<0,001	5,063	<0,001					
Kalite		0,797	<0,001	3,586	0,044					

p=0,05 olarak alınmıştır, sd= Serbestlik derecesi

Hata terimlerinin normal dağılıma sahip olup olmadığı için Shapiro-Wilk test istatistiğine ve aykırı değerlerin varlığı için ise Grubbs test istatistiğine bakılmıştır. Shapiro-Wilk olasılık değerlerinin 0,05'den küçük olmasından dolayı 0,05 anlamlılık düzeyinde hiçbir değişkenin normal dağılıma sahip olmadığı söylenebilir. Grubbs testi olasılık değerine göre; Toplam Kükürt değişkeninin ($p>0,05$) aykırı değer barındırmadığı, ancak geriye kalan 11 değişkenin ($p<0,05$) aykırı değer barındırdığı belirlenmiştir.

Değişen varyans durumunda EKK yöntemi yansız ve tutarlı olma özelliğini koruyabilmekte ancak minimum varyans özelliğini kaybetmektedir. Bu nedenle regresyon analiz sonuçlarını olumsuz etkilemektedir (İşleyen ve ark., 2018). Breusch-Pagan test istatistiği olasılık değerine ($p<0,05$) göre modelde değişen varyans problemi görülmüştür.

Çoklu doğrusal regresyonda temel model varsayımları arasında otokorelasyon da yer almaktadır. Otokorelasyon, hata terimlerinin birbirlerini izleyen değerleri arasındaki ilişki durumudur. Otokorelasyonun varlığında modelden sağlıklı sonuçlar elde edilememektedir (İşleyen ve ark., 2018). Durbin-Watson test istatistiği olasılık değerine ($p>0,05$) göre modelde otokorelasyon problemi görülmemektedir.

Şarap kalitesini etkileyen değişkenleri belirlemek üzere, 5 ve 11 bağımsız değişken alınarak 300 örneklem genişliğinde standart regresyonla birlikte, 0,20, 0,25 0,50 ve 0,75 kantil

değerleri için Kantil regresyon analizi uygulanmıştır. Daha sonra bootstrap yöntemiyle 300 örneklem genişliğinden 100 ve 200 örneklem genişliğine sahip yeni örnekler çekilerek benzer işlemler bu örneklemelere de uygulanmıştır. Regresyon katsayıları ve güven aralıkları 5 bağımsız değişken için Tablo 4’te ve 11 bağımsız değişken için ise Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 4. Beş değişkenli model için regresyon analiz sonuçları

Değişken	n=100					n=200					n=300					
	b ± S _b		%95 güven aralığı			b ± S _b		%95 güven aralığı			b ± S _b		%95 güven aralığı			
Sabit	5,91+0,59		4,75-7,07			5,85+0,39		5,09-6,61			5,52+0,93		4,94-6,11			
Sabit Asitlik	s,r	0,10+0,07	-0,03-0,23			0,05+0,05		-0,03-0,14			0,13+0,03		0,07-0,19			
	0,20	2,82e ⁻¹⁶ +0,03	-0,06-0,06			2,82e ⁻¹⁶ +0,03		-0,06-0,06			7,22e ⁻¹⁶ +0,02		-0,03-0,03			
	0,25	1,99e ⁻¹⁶ +0,03	-0,06-0,06			-		-			-1,45e ⁻¹⁶ +1,78e ⁻¹⁶		-4,95e ⁻¹⁷ -2,06e ⁻¹⁶			
	0,50	-6,22e ⁻¹⁷ +0,04	-0,07-0,72			-6,22e ⁻¹⁷ +0,04		-0,07-0,72			0,17+0,05		0,07-0,26			
	0,75	0,05+0,11	-0,16-0,27			0,05+0,11		-0,16-0,27			0,12+0,05		0,03-0,21			
Uçucu Asitlik	s,r	-2,05+0,49	-3,01- -1,09			-1,30+0,27		-1,83-0,78			1,63+0,26		-2,14- -1,12			
	0,20	-6,26e ⁻¹⁶ +0,17	-0,33-0,33			-6,26e ⁻¹⁶ +0,17		-0,33-0,33			1,61e ⁻¹⁶ +0,14		-0,28-0,28			
	0,25	-1,20e ⁻¹⁵ +0,22	-0,43-0,43			-		-			-4,37e ⁻¹⁵ +1,51e ⁻¹⁵		-7,35e ⁻¹⁵ -1,39e ⁻¹⁵			
	0,50	1,96e ⁻¹⁵ +0,22	-0,43-0,43			1,96e ⁻¹⁵ +0,22		-0,43-0,43			-1,29+0,41		-2,09- -0,48			
	0,75	-1,41+0,66	-2,72-0,10			-1,41+0,66		-2,72-0,10			-1,53+0,40		-2,31- -0,75			
Sitrik Asit	s,r	-1,70+0,50	-2,69-0,71			-0,90+0,29		-1,47- -0,33			-0,91+0,29		-1,49- -0,33			
	0,20	2,67e ⁻¹⁵ +0,18	-0,35-0,35			2,67e ⁻¹⁵ +0,18		-0,35-0,35			-8,88e ⁻¹⁶ +0,16		-0,32-0,32			
	0,25	-2,13e ⁻¹⁵ +0,22	-0,44-0,44			-		-			-1,06e ⁻¹⁵ +1,72e ⁻¹⁵		2,33e ⁻¹⁵ -2,33e ⁻¹⁵			
	0,50	2,16e ⁻¹⁵ +0,23	-0,46-0,46			2,16e ⁻¹⁵ +0,23		-0,46-0,46			-0,93+0,47		-1,85- -0,02			
	0,75	-1,11+0,71	-2,51-0,30			-1,11+0,71		-2,51-0,30			-1,25+0,45		-2,13- -0,36			
Kalan Şeker	s,r	0,00+0,05	-0,09-0,09			-0,03+0,03		-0,09-0,04			0,01+0,03		-0,05-0,07			
	0,20	-6,60e ⁻¹⁶ +0,02	0,04-0,04			-6,60e ⁻¹⁶ +0,02		0,04-0,04			2,90e ⁻¹⁷ +0,02		-0,04-0,04			
	0,25	1,11e ⁻¹⁶ +0,02	-0,04-0,04			-		-			1,60e ⁻¹⁵ +1,93e ⁻¹⁶		5,39e ⁻¹⁴ -5,39e ⁻¹⁴			
	0,50	-4,19e ⁻¹⁷ +0,03	-0,05-0,05			-4,19e ⁻¹⁷ +0,03		-0,05-0,05			-0,01+0,05		-0,11-0,10			
	0,75	-1,24+0,09	-0,29-0,04			-1,24+0,09		-0,29-0,04			-0,02+0,05		-1,20-0,08			
Klorit	s,r	0,87+0,67	-0,46-2,21			0,04+0,53		-0,94-1,08			-0,43+0,58		-1,57-0,71			
	0,20	-3,55e ⁻¹⁵ +0,33	-0,64-0,64			-3,55e ⁻¹⁵ +0,33		-0,64-0,64			-1,89e ⁻¹⁶ +0,32		-0,62-0,62			
	0,25	3,12e ⁻¹⁵ +0,30	-0,60-0,60			-		-			6,21e ⁻¹⁵ +3,39e ⁻¹⁵		1,29e ⁻¹⁴ -1,29e ⁻¹⁴			
	0,50	-8,88e ⁻¹⁶ +0,42	-0,84-0,84			-8,88e ⁻¹⁶ +0,42		-0,84-0,84			0,30+0,92		-1,51-2,10			
	0,75	0,23+1,30	-2,32-2,79			0,23+1,30		-2,32-2,79			-0,78+0,89		-2,53-0,98			
Kalite	s,r	5,91+0,59	4,75-7,07			5,85+0,39		5,09-6,61			5,52+0,93		4,94-6,11			
	0,20	5+0,24	4,53-5,47			5+0,24		4,53-5,47			5+0,16		4,68-5,32			
	0,25	5+0,26	4,49-5,52			-		-			5+1,74e-15		5-5			
	0,50	5+0,31	4,39-5,61			5+0,32		4,38-5,62			4,78+0,47		3,85-5,70			
	0,75	6,62+0,95	4,75-8,50			6,62+0,95		4,75-8,50			6,15+0,46		5,25-7,05			
R²	s,r	0,18	0,0	-0,0	-0,0	0,14	0,12	-0,0	-	-0,0	0,09	0,20	-0,0	-0,0	0,03	0,05
R²_{düz}	0,14	-					0,10					0,19				
RMSE	0,61					0,59					0,65					

s.r. Standart regresyon

Tablo 4 incelendiğinde; en yüksek regresyon sabiti değerinin, 5,91 ile 100 örneklem genişliğinde elde edildiği ve bunu 5,85 ile 200 ve 5,52 ile 300 örneklem genişliklerinin izlediği görülmektedir. Ayrıca n=100 olduğunda diğer örneklem genişliklerine göre daha geniş güven aralığı elde edildiği gözlenmiştir.

200 örneklem genişliği ve 0,25 kanilinde hem bağımlı hem de bağımsız değişkenler için herhangi bir sonuç hesaplanamamıştır. Ayrıca 0,2, 0,5 ve 0,75 kantillerinde bağımsız değişkenlere ait regresyon katsayısı, standart hata ve güven aralığı değerleri 100 ve 200 örneklem genişliklerinde aynı bulunmuştur.

Sabit Asitlik: Standart regresyon modeli için en yüksek kısmi regresyon katsayısı 0,13 ile 300 örneklem genişliğinde elde edilirken, bunu 0,10 ile 100 ve 0,05 ile 200 örneklem genişlikleri izlemektedir.

100 örneklem genişliğinde; kantil değerler için en yüksek kısmi regresyon katsayısı 0,05'lik değerle 0,75 kantilinde bunu, $2,82e^{-16}$ ile 0,20 kantili izlerken, en düşük katsayı ise $-6,22e^{-17}$ ile 0,5 kantilinde elde edilmiştir.

Örneklem genişliği 200 olması durumunda; 0,75 kantili ile standart regresyon modelindeki kısmi regresyon katsayısı aynı (0,05) ve standart hata değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Kantiller içerisinde 0,50 kantilinin en geniş güven aralığına sahip olduğu gözlenmiştir.

Örneklem genişliği 300 olması durumunda; kısmi regresyon katsayılarında değişkenlik gözlenmekle birlikte, standart regresyon modelindeki katsayıya en yakın katsayı 0,75 kantil değerinde elde edilmiş, ancak standart hata değeri, standart modeldeki değerden bir miktar büyük bulunmuştur. En yüksek katsayı ve en geniş güven aralığı ise 0,5 kantil değerinde elde edilmiştir.

Uçucu Asitlik: Standart regresyon modeli için en yüksek katsayı 1,63 ile 300 örneklem genişliğinde elde edilirken, bunu $-1,30$ ile 200 ve $-2,05$ ile 100 örneklem genişliği izlemiştir.

n=100 olması durumunda; kantil değerler için en yüksek kısmi regresyon katsayısı $1,96e^{-15}$ ile 0,50 kantilinde elde edilirken bunu, $-1,20e^{-12}$ ile 0,25 kantili izlemiş, en düşük katsayı ise $-1,41$ ile 0,75 kantil değerinde elde edilmiştir. 100 ve 200 örneklem genişliği için en geniş güven aralığı 0,75 kantilinde elde edilmiştir.

Örneklem genişliği 300 olması durumunda; kısmi regresyon katsayılarında değişkenlik gözlenmekle birlikte, standart regresyon modelindeki katsayıya en yakın kısmi regresyon katsayısı 0,20 kantilinde, en geniş güven aralığı ise 0,50 kantilinde elde edilmiştir.

Sitrik Asit: Standart regresyon modeli için en yüksek kısmi regresyon katsayısı sırasıyla $-0,90$ ile 200, $-0,91$ ile 300 ve $-1,70$ ile 100 örneklem genişliklerinde elde edilmiştir.

Örneklem genişliği 100 olduğunda kantiller için en yüksek kısmi regresyon katsayısı $2,67e^{-15}$ ile 0,20 kantilinde elde edilmiş ve bunu, $2,16e^{-15}$ ile 0,50 kantili izlemiş, en düşük katsayı ise -1,11 ile 0,75 kantilinde elde edilmiştir. En geniş güven aralığı ise 0,75 kantilinde gözlenmiştir.

Örneklem genişliği 300 olduğunda; kısmi regresyon katsayılarında değişkenlik gözlenmekle birlikte, standart regresyon modelindeki katsayıya (-0,91) en yakın katsayı 0,50 kantilinde (-0,93) elde edilmiş ancak standart hata değeri, standart modeldeki değerden bir miktar büyük bulunmuştur. En geniş güven aralığı ise 0,50 kantilinde elde edilmiştir.

Kalan Şeker: Standart regresyon modeli için en yüksek kısmi regresyon katsayısı 0,01 ile 300 örneklem genişliğinde elde edilmiş, bunu 0 ile 100 ve -0,03 ile 200 örneklem genişlikleri izlemiştir.

Örneklem genişliği 100 olduğunda; kantiller için en yüksek kısmi regresyon katsayısı $1,11e^{-16}$ ile 0,25 kantilinde ve en düşük katsayı ise -0,12 ile 0,75 kantilinde elde edilmiştir. En geniş güven aralığı ise 0,75 kantilinde gözlenmiştir.

Örneklem genişliği 300 olduğunda; kısmi regresyon katsayılarında değişkenlik gözlenmekle birlikte, standart regresyon modelindeki katsayıya en yakın katsayı 0,20 kantilinde elde edilmiş, ancak standart hata değeri, standart modeldeki değerden bir miktar küçük bulunmuştur. En geniş güven aralığı ise 0,75 kantilinde elde edilmiştir.

Klorit: Standart regresyon modeli için en yüksek kısmi regresyon katsayısı 0,87 ile 100 örneklem genişliğinde elde edilirken, bunu 0,04 ile 200 ve -0,43 ile 300 örneklem genişlikleri izlemiştir.

100 örneklem genişliğinde; kantil değerler için en yüksek kısmi regresyon katsayısı 0,23 ile 0,75 kantilinde elde edilmiş ve bunu, $3,12e^{-15}$ ile 0,25 kantili izlemiş, en düşük katsayı ise - $8,88e^{-16}$ ile 0,5 kantilinde elde edilmiştir. Klorit değişkeni için 100 ve 200 örneklem genişliklerinde en geniş güven aralığı 0,75 kantilinde gözlenmiştir.

Örneklem genişliği 300 olduğunda; kısmi regresyon katsayılarında değişkenlik gözlenmekle birlikte, standart regresyon modelindeki katsayıya en yakın katsayı 0,75 kantilinde elde edilmiş ancak standart hata değeri, standart modeldeki değerden bir miktar büyük bulunmuştur. Kantil değerler için en büyük katsayı ve en geniş güven aralığı ise 0,5 kantilinde elde edilmiştir.

Kalite: Standart regresyon modeli için en yüksek kısmi regresyon katsayısı 5,91 ile 100 örneklem genişliğinde en düşüğü ise 5,52 ile 300 örneklem genişliğinde elde edilmiştir.

100 örneklem genişliğinde kantil değerler için en yüksek kısmi regresyon katsayısı 6,62 ile 0,75 kantilinde, geriye kalan kantillerde ise 5 olarak bulunmuştur. Dolayısıyla 0,75 kantili

için kısmi regresyon katsayısının diğer kantillerdeki katsayılardan farklı ve yüksek olduğu belirlenmiştir.

Örneklem genişliği 200 olması durumunda; 0,20, 0,50, 0,75 kantilleri için kısmi regresyon katsayıları, 100 örneklem genişliğindeki katsayılarla aynı ve standart hata ve güven aralığı değerleri ise ya aynı ya da birbirlerine çok yakın hesaplanmıştır. En geniş güven aralığı 0,75 kantiline aittir.

Örneklem genişliği 300 olduğunda; kısmi regresyon katsayılarında değişkenlik gözlenmekte, standart regresyon modelindeki katsayıya en yakın katsayı 5 ile 0,2 ve 0,25 kantilinde elde edilirken en geniş güven aralığı ise 0,75 kantilinde elde edilmiştir.

Tablo 5. On bir değişkenli model için regresyon analiz sonuçları

Değişken	n = 100		n = 200		n = 300	
	b ± S _b	%95 güven aralığı	b ± S _b	%95 güven aralığı	b ± S _b	%95 güven aralığı
Sabit	45,31+122,67	-198,47-289,10	0,51+85,62	-169,4-169,4	71,41+57,89	0,05-0,28
s,r	0,08+0,14	-0,20-0,36	0,12+0,10	-0,07-0,31	0,17+0,06	0,05-0,28
Sabit Asitlik	0,20	-0,07+0,20	-4,69e ⁻¹⁶ +0,07	-0,13-0,13	5,85e ⁻¹⁶ +0,03	-0,07-0,07
0,25	1,05e ⁻¹⁵ +0,05	-0,11-0,11	-8,01e ⁻¹⁷ +0,05	-0,09-0,09	4,12e ⁻¹⁶ +1,84e ⁻¹⁶	5,03e ⁻¹⁷ -7,73e ⁻¹⁶
0,50	2,19e ⁻¹⁵ +0,14	-0,27-0,27	0,29+0,10	-0,16-0,21	0,18+0,10	-0,02-0,37
0,75	0,09+0,26	-0,43-0,61	0,05+0,19	-0,32-0,41	0,13+0,08	-0,03-0,29
s,r	-1,95+0,51	-2,96- -0,93	-1,22+0,28	-1,78- -0,66	-1,32+0,25	-1,81- -0,83
Uçucu Asitlik	0,20	-0,82+0,71	4,44e ⁻¹⁶ +0,21	-0,41-0,41	-4,72e ⁻¹⁵ +0,14	-0,29-0,29
0,25	2,08e ⁻¹⁴ +0,20	-0,39-0,39	3,19e ⁻¹⁵ +0,14	-0,27-0,27	-2,47e ⁻¹⁵ +7,82e ⁻¹⁶	-4,01e ⁻¹⁵ +9,34e ⁻¹⁶
0,50	-3,80e ⁻¹⁵ +0,50	-0,99-0,99	-0,47+0,28	-1,03-0,09	-0,89+0,42	-1,72- -0,06
0,75	-1,61+0,95	-3,50-0,28	-0,85+0,55	-1,93-0,24	-0,73+0,35	-1,41- -0,06
s,r	-1,41+0,57	-2,55- -0,28	-0,71+0,35	-1,40- -0,03	-0,68+0,29	-1,25-0,10
Sitrik Asit	0,20	-0,67+0,79	1,43e ⁻¹⁵ +0,25	-0,50-0,50	-2,26e ⁻¹⁶ +0,17	-0,34-0,34
0,25	1,71e ⁻¹⁴ +0,22	-0,44-0,44	1,04e ⁻¹⁴ +0,17	-0,33-0,33	-2,77e ⁻¹⁵ +9,23e ⁻¹⁶	-4,58e ⁻¹⁵ +9,52e ⁻¹⁶
0,50	-4,14e ⁻¹⁵ +0,55	-1,10-1,10	-0,04+0,35	-0,73-0,64	-0,24+0,50	-1,22-0,74
0,75	-0,89+1,06	-2,99-1,22	-0,35+0,68	-1,68-0,99	-0,00+0,40	-0,80-0,79
s,r	0,00+0,07	-0,14-0,14	-0,03+0,05	-0,13-0,07	0,04+0,04	-0,04-0,12
Kalan Şeker	0,20	-0,05+0,10	-9,10e ⁻¹⁸ +0,04	-0,07-0,07	-8,85e ⁻¹⁷ +0,02	-0,05-0,05
0,25	3,72e ⁻¹⁶ +0,03	-0,05-0,05	4,36e ⁻¹⁶ +0,03	-0,05-0,05	-8,76e ⁻¹⁷ +1,30e ⁻¹⁶	3,43e ⁻¹⁶ -1,68e ⁻¹⁶
0,50	1,42e ⁻¹⁶ +0,07	-0,13-0,13	-0,06+0,05	-0,65-0,04	-0,02+0,07	-0,16-0,12
0,75	0,12+0,13	-0,14-0,37	-0,07+0,10	-0,27-0,12	-0,00+0,06	-0,12-0,11
s,r	-0,00+1,18	-2,36-2,35	-0,40+0,84	-2,05-1,26	-0,54+0,69	-1,89-0,81
Klorit	0,20	0,31+1,64	-3,65e ⁻¹⁵ +0,61	-1,20-1,20	-1,50e ⁻¹⁵ +0,40	-0,79-0,79
0,25	-7,55e ⁻¹⁵ +0,46	-0,91-0,91	-1,20e ⁻¹⁴ +0,41	-0,81-0,81	3,11e ⁻¹⁵ +2,16e ⁻¹⁵	-1,14e ⁻¹⁵ -7,36e ⁻¹⁵
0,50	2,68e ⁻¹⁵ +1,15	-2,28-2,28	-0,25+0,08	-1,91-1,41	0,02+1,17	-2,28-2,32
0,75	-1,80+2,20	-6,17-2,57	-2,34+1,63	-5,55-0,88	-1,84+0,95	-3,70-0,02
s,r	0,50+0,01	-0,00-0,04	0,00+0,00	-0,00-0,02	0,01+0,01	-0,00-0,01
Serbest Kükürt	0,20	0,00+0,01	1,88e ⁻¹⁷ +0,00	-0,00-0,00	-2,60e ⁻¹⁶ +0,00	-0,00-0,00
0,25	9,46e ⁻¹⁸ +0,00	-0,00-0,00	5,37e ⁻¹⁷ +0,00	-0,00-0,00	-7,64e ⁻¹⁸ +1,85e ⁻¹⁷	-4,41e ⁻¹⁷ -2,88e ⁻¹⁷
0,50	-1,07e ⁻¹⁶ +0,00	-0,02-0,02	0,00+0,00	-0,00-0,00	0,01+0,01	-0,01-0,03
0,75	0,02+0,00	-0,01-0,06	0,00+0,01	-0,01-0,04	0,01+0,00	-0,00-0,02
s,r	-0,00+0,00	-0,01-0,04	-0,00+0,00	-0,00-0,00	-0,00+0,00	-0,00- -0,00

	0,20	-0,00+0,00	-0,01-0,00	-2,33e ⁻¹⁷ +0,00	-0,00-0,00	5,99e ⁻¹⁷ +0,00	-0,00-0,00								
Toplam Kükürt	0,25	2,85e ⁻¹⁷ +0,00	-0,00-0,00	-3,14e ⁻¹⁹ +0,00	-0,00-0,00	-3,97e ⁻¹⁹ +5,21e ⁻¹⁸	-1,06e ⁻¹⁷ -9,85e ⁻¹⁸								
	0,50	4,49e ⁻¹⁷ +0,00	-0,00-0,00	-0,00+0,00	-0,00-0,00	-0,00+0,00	-0,00-0,00								
	0,75	-0,01+0,00	-0,02-0,00	-0,00+0,00	-0,01-0,00	-0,01+0,00	-0,01-0,00								
	s,r	-39,31+124,92	-287,59-2008,9	2,50+87,09	-169,30-174,31	-70,0+58,89	-185,9-45,9								
Yoğunluk	0,20	183,82+173,33	-160,65-528,30	1,89e ⁻¹³ +63,28	-124,82-124,82	-3,27e ⁻¹³ +34,39	-67,70-67,70								
	0,25	-3,13e ⁻¹² +48,25	-95,89-95,89	-1,19e ⁻¹² +42,64	-84,11-84,11	-8,97e ⁻¹⁴ +1,86e ⁻¹³	4,55e ⁻¹³ -2,76e ⁻¹³								
	0,50	-9,20e ⁻¹³ +121,40	-241,27-241,27	20,77+87,10	-151,1-192,6	-27,9+100,46	-225,6-169,8								
	0,75	-207,77+232,17	-669,16-253,62	52,34+168,97	-280,9-385,7	-52,3+81,24	-212,2-107,6								
	s,r	-0,76+0,94	-2,62-1,10	0,13+0,63	-1,11-1,37	0,39+0,44	-0,48-1,26								
Ph	0,20	-1,14+1,30	-3,73-1,44	1,10e ⁻¹⁵ +0,46	-0,90-0,90	5,99e ⁻¹⁵ +0,26	-0,51-0,51								
	0,25	2,03e ⁻¹⁴ +0,36	-0,72-0,72	-1,85e ⁻¹⁵ +0,31	-0,61-0,61	1,52e ⁻¹⁵ +1,39e ⁻¹⁵	-1,06e ⁻¹⁷ -4,26e ⁻¹⁵								
	0,50	4,41e ⁻¹⁶ +0,91	-1,81-1,81	-0,03+0,63	-1,28-1,21	0,41+0,75	1,08-1,89								
	0,75	-1,40+1,74	-4,86-2,07	0,04+1,22	-2,37-2,45	0,32+0,61	-0,88-1,52								
	s,r	0,16+0,33	-0,49-0,81	0,12+0,24	-0,34-0,60	0,44+0,20	0,04-0,84								
Sülfat	0,20	-0,23+0,45	-1,13-0,67	1,74e ⁻¹⁷ +0,17	-0,34-0,34	1,09e ⁻¹⁵ +0,12	-0,24-0,24								
	0,25	4,14e ⁻¹⁵ +0,13	-0,25-0,25	3,92e ⁻¹⁶ +0,12	-0,23-0,23	4,35e ⁻¹⁶ +6,46e ⁻¹⁶	-8,36e ⁻¹⁶ -1,71e ⁻¹⁵								
	0,50	-1,18e ⁻¹⁵ +0,32	-0,63-0,63	0,00+0,24	-0,46-0,47	-0,02+0,35	-0,70-0,67								
	0,75	0,44+0,60	-0,77-1,65	0,56+0,46	-0,36-1,47	0,75+0,28	0,19-1,30								
	s,r	0,24+0,15	-0,05-0,54	0,18+0,09	0,00-0,37	0,19+0,07	0,06-0,32								
Alkol	0,20	0,18+0,20	-0,22-0,60	-5,33e ⁻¹⁶ +0,07	-0,13-0,13	-5,75e ⁻¹⁶ +0,04	-0,08-0,08								
	0,25	-3,61e ⁻¹⁵ +0,06	-0,11-0,11	-7,01e ⁻¹⁶ +0,05	-0,09-0,09	6,75e ⁻¹⁷ +2,09e ⁻¹⁶	-3,44e ⁻¹⁶ -4,79e ⁻¹⁶								
	0,50	-9,05e ⁻¹⁶ +0,14	-0,29-0,29	0,21+0,09	0,02-0,39	0,20+0,11	-0,02-0,42								
	0,75	0,37+0,27	-0,18-0,91	0,30+0,18	-0,06-0,66	0,25+0,09	0,07-0,43								
	s,r	45,31+122,67	-198,47-289,10	0,51+85,82	-169,39-169,41	71,41+57,89	0,05-0,28								
Kalite	0,20	-174,79+179,19	-513,03-163,44	5+62,21	-117,71-127,71	5+33,81	-61,54-61,54								
	0,25	-3,61e ⁻¹⁵ +2,13	-89,15-99,15	5+41,92	-77,69-77,69	5+1,82e ⁻¹³	-5-5								
	0,50	5+47,36	-231,90-241,90	-17,30+85,63	-186,22-151,61	29,02+98,74	165,32-223,37								
	0,75	5+119,20	-239,04-667,04	-49,21+166,15	-376,9-278,5	53,87+79,85	-103,3-211,03								
	s,r	0,20	0,25	0,50	0,75	s,r	0,20	0,25	0,50	0,75	s,r	0,20	0,25	0,50	0,75
R²	0,25	0,03	-0,0	0,0	0,23	0,21	-0,0	-0,0	0,0	0,19	0,32	-0,0	-0,0	0,10	0,17
R²_{Düz}	0,16					0,16					0,30				
RMSE	0,60					0,57					0,61				

s.r. Standart regresyon

Tablo 5 incelendiğinde; en yüksek regresyon sabitinin, 71,41 ile 300 örneklem genişliğinde elde edildiği ve bunu 45,31 ile 100 ve 0,51 ile 200 örneklem genişliklerinin izlediği görülür. En geniş güven aralığının ise 100 örneklem genişliğinde elde edildiği gözlenmiştir.

Sabit Asitlik: Standart regresyon modeli için kısmi regresyon katsayıları sırasıyla 0,17 ile 300, 0,12 ile 200 ve 0,08 ile 100 örneklem genişliklerinden elde edilmiştir.

100 örneklem genişliğinde; kantiller için en yüksek kısmi regresyon katsayısı 0,09 ile 0,75 kantilinde elde edilmiş, bunu, 2,19e⁻¹⁵ ile 0,50 kantili izlemiş ve en düşük katsayı ise -0,07 ile 0,20 kantilinde elde edilmiştir.

Örneklem genişliği 200 olduğunda; kısmi regresyon katsayılarında değişkenlik gözlenmekte ve standart regresyon modelindeki katsayıya en yakın katsayı 0,75 kantilinde elde edilmiştir. Ayrıca en geniş güven aralığı da bu kantilde gözlenmiştir.

Örneklem genişliği 300 olması durumunda; standart regresyon modelindeki kısmi regresyon katsayısına en yakın katsayı 0,5 kantilinde ve en yüksek standart hata ile en geniş güven aralığı da yine bu kantilde elde edilmiştir. Ayrıca, sabit değer için güven aralığının, standart regresyon analizindeki güven aralığı ile aynı olduğu gözlenmiştir.

Uçucu Asitlik: Standart regresyon için en yüksek kısmi regresyon katsayısı -1,22 ile 200 örneklem genişliğinde elde edilmiş ve bunu 300 ve 100 (-1,32, -1,95) örneklem genişlikleri izlemiştir.

100 örneklem genişliğinde; kantiller için en yüksek kısmi regresyon katsayısı $2,08e^{-14}$ ile 0,25 kantilinde elde edilmiş, bunu $-3,80e^{-15}$ ile 0,50 kantili izlemiş ve en düşük katsayı ise -1,61 ile 0,75 kantilinde elde edilmiştir.

Örneklem genişliği 200 olduğunda; kısmi regresyon katsayılarında bir değişkenlik gözlenmiştir. Standart regresyon modelindeki katsayıya en yakın katsayı 0,75 kantilinde elde edilmiş, yine en yüksek standart hata değeri ile en geniş güven aralığı da bu kantilde gözlenmiştir.

Örneklem genişliği 300 olması durumunda; standart regresyon modelindeki kısmi regresyon katsayısına en yakın katsayı 0,50 kantilinde elde edilmiş, ayrıca en yüksek standart hata değeri ve en geniş güven aralığı da yine 0,50 kantilinde elde edilmiştir.

Sitrik Asit: Standart regresyon için en yüksek kısmi regresyon katsayısı -0,68 ile 300 örneklem genişliğinde sağlanmış ve bunu 200 ve 100 (-0,71, -1,41) örneklem genişlikleri izlemiştir.

100 örneklem genişliğinde; kantiller için en yüksek kısmi regresyon katsayısı $1,71e^{-14}$ ile 0,25 kantilinde elde edilmiş ve bunu, $-4,14e^{-15}$ ile 0,50 kantili izlemiştir. Kantillerde en düşük katsayı ise -0,89 ile 0,75 kantilinde elde edilmiştir.

Örneklem genişliği 200 olduğunda; kısmi regresyon katsayılarında bir değişkenlik gözlenmekte ve standart regresyon katsayısına en yakın katsayı 0,75 kantilinde elde edilmiştir. Ayrıca en yüksek standart hata ve en geniş güven aralığı da yine bu kantilde gözlenmiştir.

Örneklem genişliği 300 olması durumunda; standart kısmi regresyon katsayısına en yakın katsayı 0,5 kantilinde elde edilmiş, ayrıca en büyük standart hata değeri ve en geniş güven aralığı da yine 0,50 kantilinde elde edilmiştir.

Kalan Şeker: Standart regresyon için en yüksek kısmi regresyon katsayısı 0,04 ile 300 örneklem genişliğinde elde edilmiş ve bunu 100 ve 200 (0,00, -0,03) örneklem genişlikleri izlemiştir.

n=100 olduğunda; kantiller için en yüksek kısmi regresyon katsayısı 0,12 ile 0,75 kantilinde elde edilmiş ve bunu, $3,72e^{-16}$ ile 0,25 kantili izlemiştir. Ayrıca, en düşük kısmi regresyon katsayısı ise -0,05 ile 0,20 kantilinde elde edilmiştir.

Örneklem genişliği 200 olması durumunda; kısmi regresyon katsayılarında değişkenlik gözlenmiş ve standart kısmi regresyon katsayısına en yakın katsayı 0,20 kantilinde elde edilmiştir. Ayrıca en yüksek standart hata 0,75 ve en geniş güven aralığı ise 0,50 kantilinde gözlenmiştir.

Örneklem genişliği 300 olması durumunda; standart regresyon modelindeki kısmi regresyon katsayısına en yakın katsayı 0,75 kantilinde elde edilmiştir. Ayrıca en yüksek standart hata ve en geniş güven aralığı ise 0,50 kantilinde elde edilmiştir.

Klorit: Standart regresyon için en yüksek kısmi regresyon katsayısı -0,00 ile 100 örneklem genişliğinde elde edilmiş, bunu sırasıyla 200 ve 300 örneklem genişlikleri izlemiştir.

n=100 olduğunda; kantiller için en yüksek kısmi regresyon katsayısı 0,31 ile 0,20 kantilinde elde edilmiş ve bunu, $2,68e^{-15}$ ile 0,50 kantili izlemiştir. En düşük kısmi regresyon katsayısı ise -1,80 ile 0,75 kantilinde elde edilmiştir.

Örneklem genişliği 200 olması durumunda; standart kısmi regresyon katsayısına en yakın katsayı 0,50 kantilinde, en farklı katsayısı ise 0,75 kantilinde elde edilmiştir. Ayrıca en yüksek standart hata ve en geniş güven aralığı da 0,75 kantilinde gözlenmiştir.

Örneklem genişliği 300 olduğunda; kısmi regresyon katsayılarında değişkenlik gözlenmiş ve standart kısmi regresyon katsayısına en yakın katsayı 0,20 kantilinde elde edilmiştir. Ancak en büyük standart hata ve en geniş güven aralığı 0,50 kantilinde elde edilmiştir.

Serbest Kükürt: Standart regresyon için en yüksek kısmi regresyon katsayısı 0,50 ile 100 örneklem genişliğinde elde edilmiş ve bunu 300 (0,01) ve 200 (0,00) örneklem genişlikleri izlemiştir.

n=100 olduğu durumda; kantiller için en yüksek kısmi regresyon katsayısı 0,02 ile 0,75 kantininde elde edilmiş ve bunu, $9,46e^{-18}$ ile 0,25 kantili izlemiştir. En düşük kısmi regresyon katsayısı ise $-1,07e^{-16}$ ile 0,5 kantilinde elde edilmiştir.

Örneklem genişliği 200 olduğunda; kısmi regresyon katsayılarının birbirlerine çok yakın oldukları 0,5, 0,75 kantiller ve standart regresyon katsayılarının aynı olduğu belirlenmiştir. Yine 0,75 kantili hariç diğer kantiller için standart hata ve güven aralığı değerleri de aynı bulunmuş ve en yüksek standart hata ve güven aralığı ise 0,75 kantilinde gözlenmiştir.

Örneklem genişliği 300 olduğunda; kısmi regresyon katsayıları, standart hata ve güven aralığı değerlerinin 200 örneklem genişliğindeki değerlerle oldukça benzerlik gösterdiği, ancak burada en büyük standart hatanın ve en geniş güven aralığının 0,50 kantilide olduğu gözlenmiştir.

Toplam Kükürt: Standart regresyonda tüm örneklem genişlikleri için kısmi regresyon katsayıları (-0,00) aynı bulunmuştur.

Örneklem genişliği 100 olduğunda; kantiller için en yüksek kısmi regresyon katsayısı $4,49e^{-17}$ ile 0,5 kantilinde elde edilirken bunu sırasıyla, 0,25, 0,20 ve 0,75 kantilleri izlemektedir.

$n=200$ olduğu durumda; kısmi regresyon katsayılarının birbirine oldukça yakın olduğu, 0,50 ve 0,75 kantilleri için regresyon katsayıları ile standart regresyon katsayısının aynı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, tüm kantillerde standart hata değerinin (0,00) aynı ve 0,75 kantili hariç diğer kantillerde güven aralığının da aynı olduğu gözlenmiştir.

Örneklem genişliğinin 300 olduğu durumda; en yüksek kısmi regresyon katsayısının $5,99e^{-17}$ ile 0,2 kantilinde ve 0,5 kantili ile standart regresyon kısmi regresyon katsayılarının -0,00 olarak elde edildiği belirlenmiştir. Tüm modellerde standart hata değerlerinin hemen hemen aynı ve en geniş güven aralığının ise 0,25 kantilinde elde edildiği söylenebilir.

Yoğunluk: Standart regresyon modeli için en yüksek kısmi regresyon katsayısı 2,50 ile 200 örneklem genişliğinde elde edilmiş ve bunu sırasıyla 100 (-39,31) ve 300 (-70,0) örneklem genişlikleri izlemiştir.

$n=100$ olduğunda; kantiller için en yüksek kısmi regresyon katsayısı 183,82 ile 0,20 kantilinde ve en düşük katsayı ise -207,77 ile 0,75 kantilinde elde edilmiştir. Ayrıca standart regresyon kısmi regresyon katsayısına en yakın katsayı $-3,13e^{-12}$ ile 0,25 kantilinde gözlenmiştir.

Örneklem genişliğinin 200 olması durumunda; kantil kısmi regresyon katsayıları arasında en yüksek katsayı (52,34) 0,75 kantilinde ve en düşük katsayı ise $(-1,19e^{-12})$ 0,25 kantilinde elde edilirken, standart regresyon kısmi regresyon katsayısına en yakın katsayı ise 0,20 kantilinde elde edilmiştir. En yüksek standart hata ve en geniş güven aralığı da 0,75 kantilinde gözlenmiştir.

300 örneklem genişliğinde, standart regresyon katsayısına en yakın kısmi regresyon katsayısı 0,75 kantilide, en küçük katsayı 0,25 kantilinde ve en büyük katsayısı ise standart regresyonda saptanmıştır. Ayrıca en büyük standart hata ve en geniş güven aralığı 0,5 kantilinde gözlenmiştir.

Ph: Standart regresyon modeli için en yüksek kısmi regresyon katsayısı 0,39 ile 300 örneklem genişliğinde elde edilmiş ve bunu sırasıyla 200 ve 300 örneklem genişlikleri izlemiştir.

n=100 olduğunda; standart regresyon analizindeki kısmi regresyon katsayısına en yakın katsayı 0,2 kantilinde elde edilmiş, ayrıca kantiller için en yüksek kısmi regresyon katsayısı $2,03e^{-14}$ ile 0,25 kantilinde ve en düşük katsayı ise -1,40 ile 0,75 kantilinde elde edilmiştir.

n=200 olduğunda; kantil kısmi regresyon katsayıları arasında en yüksek katsayının 0,04 ile 0,75 kantilinde elde edildiği ve bunun standart regresyondaki kısmi regresyon katsayısına en yakın katsayı olduğu, yine en yüksek standart hata ve güven aralığının da bu kantile ait olduğu gözlenmiştir.

Örneklem genişliği 300 olduğunda; en yüksek kısmi regresyon katsayısının ve standart hatanın, en geniş güven aralığının 0,5 kantilinde elde edildiği, ayrıca standart regresyonun kısmi regresyon katsayısına en yakın katsayının da bu kantille sağlandığı gözlenmiştir.

Sülfat: Standart regresyon modeli için en yüksek kısmi regresyon katsayısı 0,44 ile 300 örneklem genişliğinde ve en küçük katsayı ise 0,12 ile 200 örneklem genişliğinde elde edilmiştir.

100 örneklem genişliğinde; en yüksek kısmi regresyon katsayısı 0,44 ile 0,75 kantilinde, sonra standart regresyonda (0,16) ve en düşük katsayı (-0,23) ise 0,20 kantilinde elde edilmiştir.

Örneklem genişliği 200 olduğunda; standart regresyonun kısmi regresyon katsayısına en yakın katsayı 0,25 kantilinde elde edilmiştir. Ayrıca en yüksek kısmi regresyon katsayısı (0,56), en büyük standart hata (0,46) ve en geniş güven aralığı 0,75 kantilinde gözlenmiştir.

Örneklem genişliği 300 olduğunda; standart regresyonun kısmi regresyon katsayısına en yakın ve en yüksek katsayı 0,75 değeriyle 0,75 kantilinde elde edilmiştir. Ancak en büyük standart hata (0,35) ve en geniş güven aralığı (-0,70-0,67) ise 0,50 kantilinde elde edilmiştir.

Alkol: Standart regresyon modeli için büyükten küçüğe doğru kısmi regresyon katsayıları sırasıyla 0,24 ile 100, 0,19 ile 300 ve 0,18 ile 200 örneklem genişliğinden elde edilmiştir.

100 örneklem genişliğinde; en yüksek kısmi regresyon katsayısı 0,37 ile 0,75 kantilinde, sonra standart regresyonda (0,24) ve en düşük katsayı ($-3,61e^{-15}$) ise 0,25 kantilinde elde edilmiştir. En geniş güven aralığı ve en büyük standart hata ise 0,75 kantilinde gözlenmiştir.

Örneklem genişliği 200 olduğunda; en yüksek kısmi regresyon katsayısı (0,30), en büyük standart hata (0,18) ve en geniş güven aralığı (-0,06-0,66) 0,75 kantilinde gözlenmiştir. Standart regresyonun kısmi regresyon katsayısına en yakın katsayı ise 0,5 kantilinde elde edilmiştir.

300 örneklem genişliğinde; standart regresyonun kısmi regresyon katsayısına en yakın katsayı (0,20) ve en geniş güven aralığı 0,50 kantilinde elde edilmiştir.

Kalite: Standart regresyon için büyükten küçüğe doğru kısmi regresyon katsayıları sırasıyla 71,41 ile 300, 45,31 ile 100 ve 0,51 ile 200 örneklem genişliğinde elde edilirken, örneklem genişliğinin 100 olması durumunda en geniş güven aralığı elde edilmiştir.

100 örneklem genişliğinde; kantiller için en yüksek kısmi regresyon katsayısı 5 ile 0,5 ve 0,75 kantillerinde ve en düşük katsayı ise -174,79 ile 0,20 kantilinde elde edilmiştir.

Örneklem genişliği 200 olduğunda; standart regresyonun kısmi regresyon katsayısına (0,51) en yakın ve en yüksek kısmi regresyon katsayısı (5) 0,20 ve 0,25 kantilleride, en yüksek standart hata (166,15) ve en geniş güven aralığı 0,75 kantilinde (-376,9-278,5) elde edilmiştir.

Örneklem genişliği 300 olması durumunda; kısmi regresyon katsayıları arasında en yüksek katsayı (71,41) standart regresyonla ve buna en yakın katsayı (53,87) ise 0,75 kantilinde elde edilmiştir. Ayrıca en geniş güven aralığı da yine 0,75 kantilinde gözlenmiştir.

Sonuç

Beş bağımsız ve bir bağımlı değişkene sahip uygulamalarda, tüm örneklem genişliklerine göre sonuçlar değerlendirildiğinde; hesaplanan sabit katsayılar birbirine yakın bulunmuş ve örneklem hacmi arttıkça bu artışa bağlı olarak katsayılarda küçük azalmalar meydana gelmiştir. Ayrıca regresyon uygulamaları için hesaplanan sabit değerlerin, standart regresyonda kalite değişkeninin katsayısına eşit olduğu görülmüştür.

Sabit regresyona göre; tüm örneklem genişliklerinde kalite değişkenine en yüksek etki Uçucu Asitlik ve en düşük etki ise Kalan Şeker değişkeni tarafından yapılmıştır. Uçucu Asitlik değişkeni, 100 ve 200 örneklem genişliklerinde kaliteyi olumsuz etkilerken, 300 örneklem genişliğinde ise olumlu etkilemiştir. Ayrıca tüm örneklem genişliklerinde kalite üzerinde Sabit Asitliğin olumlu ve Sitrik asitin ise olumsuz etkisi olduğu gözlenmiştir.

Kantil regresyon analizlerine göre; 200 örneklem genişliğinde 0,25 kantilinde değişkenler için herhangi bir değer hesaplanamamıştır. Bu nedenle bu kantil hariç diğer kantillerde tüm değişkenler için 100 ve 200 örneklem genişliklerinde aynı değerler hesaplanırken, 300 örneklem genişliğinde farklı değerler hesaplanmış ve özellikle de 0,5 kantili kısmi regresyon katsayılarında önemli değişkenlikler gözlenmiştir. Böylece örneklem hacminin 200'e çıkarılmasının, değişkenlerin kalite üzerindeki etkisini değiştirmede, ancak 300'e çıkarılması durumunda değişkenlerin kalite üzerindeki etkisini değiştirdiği ve özellikle de 0,5 kantilinin bundan çok etkilendiği belirlenmiştir.

100 ve 200 örneklem genişliklerinde 0,75 dışındaki diğer kantillerde değişkenlerin kaliteye etkilerinin çok düşük olduğu belirlenmiştir. 0,75 kantilinde, Sabit Asitlik ve Klorit değişkenleri kaliteyi olumlu ve diğer üç değişken ise olumsuz etkilemiştir. Ayrıca en yüksek

etki, -1,41 ile Uçucu Asitlik tarafından yapılmıştır. 300 örneklem genişliğinde ise 0,75 kantilinin yanı sıra, 0,50 kantilinde de değişkenlerin kaliteyi önemli ölçüde etkilediği gözlenmiştir. Bu örneklem genişliğinde sırasıyla hem 0,50 hem de 0,75 kantil regresyon analizinde kalite, üzerinde en yüksek etkinin -1,29 ve -1,53 değerleriyle Uçucu Asitlik ve en düşük etkinin ise -0,01 ve -0,02 değerleriyle Kalan Şeker tarafından yapıldığı ve bu etkilerin negatif olduğu gözlenmiştir. Ayrıca en geniş güven aralığı, 100 ve 200 örneklem genişliklerinde ve genellikle 0,75 kantilinde, 300 örneklem genişliğinde ise genellikle 0,50 kantilinde elde edilmiştir. Böylece kısmi regresyon katsayılarının büyümesinin güven aralığını artırdığı gözlenmiştir.

0,20, 0,25, 0,50 kantilleri için %5'ten küçük ve birbirine çok yakın R2 değerleri elde edilirken 0,75 kantilinde nispeten daha büyük değerler elde edilmiştir. Standart regresyonda ise en yüksek değerler elde edilmiş ve R2 değerleri maksimum %20'ye kadar çıkmıştır. Ayrıca örneklem genişliği arttıkça 0,75 kantili için bu değer küçüldüğü gözlenmiştir.

On bir bağımsız ve bir bağımlı değişkene sahip uygulamalarda tüm örneklem genişliklerine göre sonuçlar değerlendirildiğinde; hesaplanan sabit katsayılar birbirinden oldukça farklı bulunmuştur. Ayrıca regresyon uygulamaları için hesaplanan sabit değerlerin standart regresyonda kalite değişkeninin kısmi regresyon katsayısına eşit olduğu görülmüştür.

Standart regresyona göre; tüm örneklem genişliklerinde kalite değişkenine en yüksek etki Yoğunluk ve daha sonra Uçucu Asitlik tarafından gerçekleştirilmiştir. Yoğunluk 100 ve 300 örneklem genişliklerinde kaliteyi olumsuz etkilerken, 200 örneklem genişliğinde ise olumlu etkilemiştir. Uçucu Asitlik değişkeninin ise tüm örneklem hacimlerinde kalite üzerine olumsuz etkisi olmuştur. Ayrıca tüm örneklem genişliklerinde Sabit Asitlik, Serbest Kükürt, Sülfat ve Alkol kaliteyi olumlu ve Uçucu Asitlik, Sitrik Asit ve Klorit ise olumsuz etkilemiştir.

Kantil regresyon analizlerine göre; tüm örneklem genişliklerinde kalite üzerinde en yüksek etki sırasıyla Yoğunluk, Klorit ve Uçucu Asitlik tarafından gerçekleştirilmiştir. Kalite üzerinde 100 ve 300 örneklem genişliklerinde bu üç değişken olumsuz, 200 örneklem genişliğinde ise Yoğunluk olumlu iken diğer iki değişken olumsuz etkiye sahiptir. Ayrıca kaliteye en yüksek etkiyi; 100 ve 200 örneklem genişliklerinde hemen hemen tüm değişkenler 0,75 kantilinde gösterirken, 300 örneklem genişliğinde bazı değişkenler 0,50 ve bazıları da 0,75 kantilinde göstermiştir. Ayrıca 0,75 kantilinde örneklem genişliği arttıkça, genellikle değişken etkisinin azaldığı gözlenmiştir. 100 örneklem genişliğinde; 0,25 ve 0,50, 200 ve 300 örneklem genişliklerinde ise 0,20 ve 0,25 kantillerde değişkenlerin kaliteye etkilerinin çok düşük olduğu gözlenmiştir. En geniş güven aralığı, 100 ve 200 örneklem genişliklerinde genellikle 0,75 kantilinde, 300 örneklem genişliğinde ise genellikle 0,50 kantilinde elde edilmiştir. Ayrıca

kısmi regresyon katsayılarına göre bir genelleme yapılamazsa da örneklem genişliği arttıkça güven aralığının düştüğü gözlenmiştir.

Modele dahil edilen değişken sayısının artırılmasının, katsayılara çok fazla etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Kantil değerlerin sonuçlar üzerindeki etkisinin değişken sayısından daha önemli olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle de düşük katsayı ve dar güven aralığı elde etmek için uygun kantil değerinin tercih edilmesi önemlidir.

Örneklem genişliği 100 olduğunda 0,25 ve 0,50 kantilleri, 200 ve 300 olduğunda ise 0,20 ve 0,25 kantilleri kullanılabilir. Böylece örneklem büyüklüğü ne olursa olsun her durumda 0,25 kantilinde etkin sonuçların elde edilebileceği söylenebilir.

Teşekkür: Bu makale, Bahar Arsan Aysal'ın "Tarım ve hayvancılıkta doğrusal çıkarsama yöntemi (Kantil regresyon analizi) üzerine bir uygulama" başlıklı Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir.

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

Kaynaklar

Alakaya D., 2019. Kantil regresyon ve doğrusal regresyon yöntemlerinin performansını etkileyen faktörlerin incelenmesi. Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, sayfa no:78, Mersin.

Berry WD., 1993. Understanding regression assumption. Sage Publications, London.

Chatterjee S, Simonoff JS., 2013. Handbook of regression analysis. John Wiley & Sons, New Jersey.

Çamurlu S, Erilli NA., 2019. Kantil regresyon analizinde bootstrap tahmini. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 35(2): 16-25.

Çınar UK., 2019. En küçük kareler regresyonuna alternatif bir yöntem: kantil regresyon. Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi, 7(18): 57-71.

Demir Y., 2020. Çoklu doğrusal regresyon ve bazı cezalı tahmin yöntemlerinin incelenmesi. Sosyal ve Beşeri Bilimlerde Teori ve Araştırmalar II, Gece Akademi, Ankara, Ed: Öztürk S, 261-276.

Demir Y., 2022. Ürün ve hizmet ile ham tarım ürünleri ihracatının ekonomik büyümeye etkisinin doğrusal ve kantil regresyonla incelenmesi. İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 11(4): 2311-2332.

Draper NR, Smith H., 1998. Applied regression analysis. John Wiley & Sons, New York.

Efron B, Tibshirani R., 1993. An introduction to the bootstrap. Chapman & Hall, USA.

Efron B., 1979. Bootstrap methods: another look at the jackknife. The Annals of Statistics, 7(1): 1-50.

Erickson J, Har-Peled S, Mount DM., 2006. On the least median square problem. Discrete & Computational Geometry, 36: 593-607.

Gayaker S., 2015. Durağan olmayan var sistemlerinde bootstrap yöntemi ile granger nedensellik sınaması. Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, sayfa no:66, Ankara.

Gujarati DN., 2004. Temel ekonometri. Literatür Yayıncılık, İstanbul.

İşleyen Ş, Altun Y, Görür Ç., 2018. Hizmet ihracatı ve turizm harcamalarının ekonomik büyümeye katkısı üzerine ampirik bir analiz: 1996-2017 Türkiye örneği. Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 6(6): 953-960.

Keskin B., 2012. Sağlam bir çıkarsama yöntemi: kantil regresyon. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, sayfa no:99, Muğla.

Kiren Gürler Ö, Üçdoğruk Birecikli Ş, Kökçen Eryavuz A., 2018. Türkiye’de hanehalkı tüketim ve gıda harcamalarının kantil regresyon yöntemiyle araştırılması. Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 18(EYİ Özel Sayısı): 219-238.

Koenker R, Bassett G., 1978. Regression quantiles. The Econometric Society, 46(1): 33-50.

Kuan CM, Lin HY., 2010. An encompassing test for non-nested quantile regression models. Economics Letters, 107(2): 257-260.

Kuşkaya S., 2023. Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme ilişkisinin kantil regresyon ile modellenmesi: ABD örneği. İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 10(1): 234-245.

Okutan D., 2009. Bootstrap yönteminin regresyon analizinde kullanımı ve diğer yöntemlerle karşılaştırılması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uygulamalı İstatistik Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, sayfa no:55, İzmir.

Orhunbilge N., 2000. Uygulamalı regresyon ve korelasyon analizi. Nobel Akademik Yayıncılık, İstanbul.

Özçelik R, Alkan O, Kalkanlı Ş., 2021. Kantil regresyon ile gövde çapı modelinin geliştirilmesi. Türkiye Ormancılık Dergisi, 22(3): 250-256.

Özen K, İşleyen Ş, Görür Ç., 2023. Investigation of the relationship between the use of selected energy types and agricultural area utilised by ardl bound test: the case of Turkey. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 8(16): 354-372.

Özyıldırım Y., 2019. Finansal kapsayıcılık ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin kantil regresyon yöntemiyle analizi. Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, sayfa no:124, Uşak.

Pearson, K. 1903. Mathematical contributions to the theory of evolution: II. On the influence of natural selection on the variability and correlation of organs. Royal Society Philosophical Transactions, 200(Series A):1-66.

Pearson K, Lee A., 1903. On the laws of inheritance. Biometrika, 2(1903): 357-462.

Rawlings JO, Pantula SG, Dickey DA., 1998. Applied regression analysis: a research tool Second Edition. Springer, New York.

Rousseeuw PJ, Leroy AM., 1987. Robust regression and outlier detection. John Wiley & Sons, New York.

Schaeck K., 2008. Bank liability structure, FDIC loss, and time to failure: a quantile regression approach. Journal of Financial Services Research, 33: 163-179.

Taddy M, Kottas A., 2010 A bayesian nonparametric approach to inference for quantile regression. Journal of Business & Economics Statistics, 28(3): 357-369.

Ege Bölgesinde At Yetiştiriciliğinin Genel Durumu ve Uşak İlinde Atlı Cirit Sportu

Sibel ALAPALA DEMİRHAN^{1*}, Tayfur ÜNAL²

¹Uşak Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Uşak

²Uşak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Zootečni ABD, Uşak

¹<https://orcid.org/0000-0001-7677-5919>

²<https://orcid.org/0000-0002-1999-5859>

*Sorumlu yazar: sibel.alapala@usak.edu.tr

Derleme

ÖZ

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 15.08.2023

Kabul tarihi: 09.01.2024

Online Yayınlanma:

10.06.2024

Anahtar Kelimeler

At yetiştiriciliği

Cirit

Ege bölgesi

Kültür

Uşak

Türk kültüründe atın özel bir yeri ve önemi vardır. Türkler atı hem ulaşım hem de eğlence aracı olarak kullanmışlardır. Eğlence amaçlı kullanılan at oyunlarından biri de cirit sporudur. Cirit oyunu, ülkemizin Erzurum, Uşak, Manisa, Sivas, Bayburt, Erzincan, Kars ve Malatya gibi bazı illerinde hâlâ yaşatılmaktadır. Uşak ili, Ege bölgesinde cirit oyununun en çok sevildiği ve korunduğu illerden biridir. Bu geleneksel ata sporu, Uşak'ta kurumsal bir yapı kazanmış ve amatör bir ruhla devam ettirilmiştir. Bu çalışmada, at yetiştiriciliğinin kısa bir tarihçesi, dünyada, Türkiye'de ve Ege bölgesindeki at yetiştiriciliğinin durumu ve Uşak ilinin önemli kültürel miraslarından biri olan atlı cirit sporu ve sorunları hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

General Situation of Horse Breeding in the Aegean Region and Equestrian Javelin Sport in Uşak Province

Reviews

Article History:

Received: 15.08.2023

Accepted: 09.01.2024

Available online: 10.06.2024

Keywords:

Horse breeding

Jereed

Aegean region

Culture

Uşak

ABSTRACT

The horse has a special place and importance in Turkish culture. Turks have used the horse both as a means of transport and entertainment. One of the horse games used for entertainment is javelin sport. Javelin game is still kept alive in some provinces of our country such as Erzurum, Uşak, Manisa, Sivas, Bayburt, Erzincan, Kars and Malatya. Uşak province is one of the provinces in the Aegean region where the javelin game is the most popular and preserved. This traditional ancestral sport has gained an institutional structure in Uşak and has been continued with an amateur spirit. In this study, it is aimed to give information about the brief history of horse breeding, the status of horse breeding in the world, in Turkey and in the Aegean region, and the equestrian javelin, which is one of the important cultural heritages of Uşak province, and its problems.

To Cite: Alapala Demirhan S, Ünal T., 2024. Ege bölgesinde at yetiştiriciliğinin genel durumu ve Uşak ilinde atlı cirit sporu. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(2): 479-489.

Giriş

At, insanlık için büyük bir öneme sahip olmuştur. Tarihlerin yazılmasında insanlarla birlikte atların dikkat çekici katkısı olmuş ve savaşlarda bir yardımcı, tarımsal üretimde bir aktör olarak görev

almıştır. Özellikle Türk tarihine bakıldığında at, bir ekonomik unsur olmaktan öte, bir binek olarak kullanılmasından dolayı özellikle savaşlarda bir araç, bir yoldaş olarak kullanılmıştır. İnsanlık tarihinde geline bu noktada at; kültürlerin gelişmesine ve olumlu sonuçlar doğurmasına katkı sunmuştur. Türkler, yaşam sürmüş olduğu bozkırlarda atları üzerinde dolaşmışlar, savaşmışlar, girişmiş oldukları akın ve fetih hareketlerini atların yardımları ile gerçekleştirmişlerdir. Tarihi kaynakların gösterildiği üzere, büyük devlet esaslı için gerekli koşullar ancak bu ölçüde ortaya çıkmıştır (Durmuş, 2021).

Atı ilk evcilleştiren ve savaşta kullanan millet olan Türkler, atla özel bir bağ kurmuş, ona büyük bir sevgi beslemiş ve onu kendilerinin bir parçası olarak görmüştür. Türk yiğitliği orta Asya bozkırlarından Çin'e ve Avrupa'nın derinliklerine kadar at sırtında ilerlemiş ve genişlemiştir. Eski Türk uygarlıkları araştırıldığında Türk'ün atla olan ilişkisi çok güzel eserlerde de ortaya konmuştur. At; eski Türklerde kabile sembolü olmuş, inançlarında saygı duyulmuş, yüzyıllarca adına törenler düzenlenmiş, dualar edilmiştir (Aksoy, 2016).

Türklerin at sevgisi ve sadakati çok gelişmiştir. Atlarıyla birlikte defnedilmeleri ve atlı oyunlar yapmaları Türklerin atlara ne kadar değer verdiklerini ortaya koymaktadır. Ayrıca, savaşlarda ve göçlerde atlar çok büyük rol oynamıştır. Bu yüzden, Türk tarihinde at yetiştirme sanatına çok önem atfedilmiştir. Atın insan hayatını bu kadar kolaylaştırmasının fark edilmesi ile at yetiştirme işi devlet tarafından teşvik edilmiştir (Özbeyaz ve Akçapınar, 2004).

Geçmişe bakıldığında atlar, çiftçilerin diğer hayvanları arasında, günümüze kıyasla daha fazla değer taşıdıkları bilinmektedir. Çünkü hem tarım hem de ulaşım alanlarında ve yük taşıma işlerinde emek hayvanı olarak kullanılmışlardır. Ayrıca atlar, kara kuvvetlerinin hem süvari birliklerinde hem de yük taşıma birliklerinde ve ayrıca topların çekilmesinde, bugün motorlu taşıtların yaptığı görevleri yapmıştır. Birinci Dünya Savaşı'nda birçok cephede atlar önemli rol üstlenmiş, ikinci dünya savaşında bile atlar savaşlarda yer almıştır (Aksoy, 2016).

Yapılan çalışmanın amacı da at yetiştiriciliğinin kısa tarihine değinmek, at yetiştiriciliğinin Ege bölgesindeki mevcut durumu ve bunun yanı sıra Türkiye'de müsabakaları yapılan atlı cirit sporunun Uşak ilindeki önemine ilişkin bilgi vermektir.

At Yetiştiriciliği

Dünyada At Yetiştiriciliği

At yetiştiriciliği, dünya genelinde farklı amaçlar için kullanılan atların üretimi ve bakımını kapsayan bir sektördür. Yarış, eğlence, tarım ve ulaşım gibi alanlarda kullanılan atlar, insanlık tarihi boyunca en yakın dostlarımızdan biri olmuştur. Ancak, günümüzde at yetiştiriciliği sektörü, hayvan refahı ve çevre konuları gibi zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu nedenle, at yetiştiriciliği sektörü, sürdürülebilir bir şekilde yönetilerek, gelecek nesillere aktarılabilir. 1938 yılında tarım sektöründe makineleşmenin yaygın olmadığı bir dönemde dünyada 96,4 milyon at yaşarken, 2013 yılında bu rakam 59,8 milyona gerilemiştir. Atların %55,6'sı Amerika kıtasında, %23,9'u Asya'da, %10,3'ü Afrika'da, %9,6'sı Avrupa'da ve %0,7'si de Okyanusya'da bulunmaktadır. Dünyada en fazla at nüfusuna sahip ülke

10,4 milyon ile ABD'dir ve gelişmiş ülkelerde atlar daha çok eğlence ve spor amaçlı kullanılmaktadır (İzmirli, 2016).

Dünyada yaklaşık 60 milyon at olduğu tahmin edilmektedir. At yetiştiriciliği yapmak için uygun arazi, zaman, enerji ve mali kaynaklara ihtiyaç vardır. Ayrıca atların ırkına, beslenmesine, bakımına ve sağlığına dikkat etmek gerekir. Atlar, zeki ve duygusal hayvanlar olduğu için onlara saygı ve sevgi göstermek önemlidir.

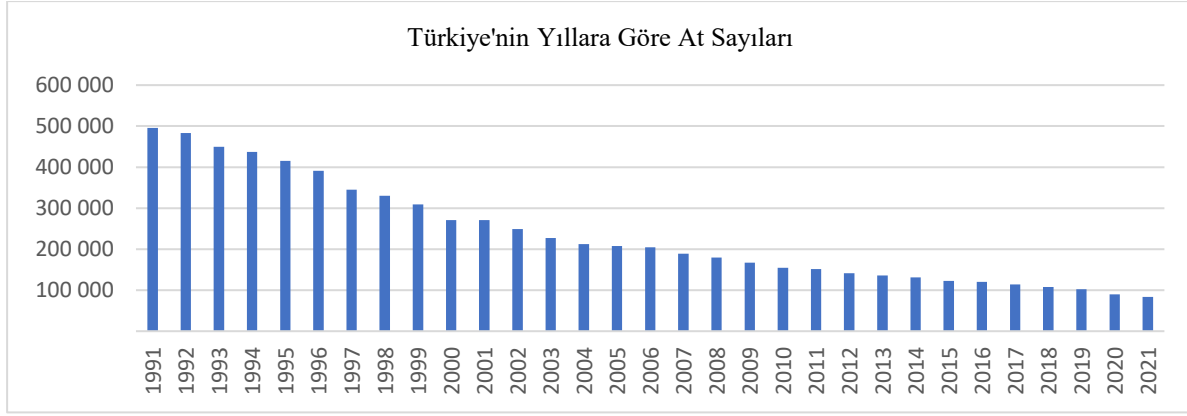
Türkiye’de At Yetiştiriciliği

Osmanlı İmparatorluğu, modern at yetiştiriciliğinin temellerinin atıldığı bir dönemdir. 14. yüzyılda Hayvanat Ocakları'nda yetiştirilen atlar sayesinde imparatorluk zirveye ulaşmıştır. Cumhuriyetin kurulmasıyla birlikte ülkenin ihtiyaçları doğrultusunda at yetiştiriciliği ve ıslahı konusunda faaliyetler yürütülmüştür. Bu sayede, at yetiştiriciliği sektörü ülkemizde de gelişmiştir (TİGEM, 2022).

Osmanlı İmparatorluğu döneminde Hayvanat Ocakları, özellikle ordunun ihtiyaçları doğrultusunda at, katır ve deve yetiştiriciliği yapmıştır. Bu ocaklarda, Arap, Acem ve Buğdan atları ile melezlemeler gerçekleştirilmiştir. Ancak, imparatorluğun gerilemesiyle birlikte bu ocaklar da etkisini yitirmiş ve at yetiştiriciliği mekanizasyonun hızlı ilerleyişi karşısında geri kalmıştır. Bu durum, at yetiştiriciliği sektörünün gerilemesine neden olmuştur (Bayram, 2022).

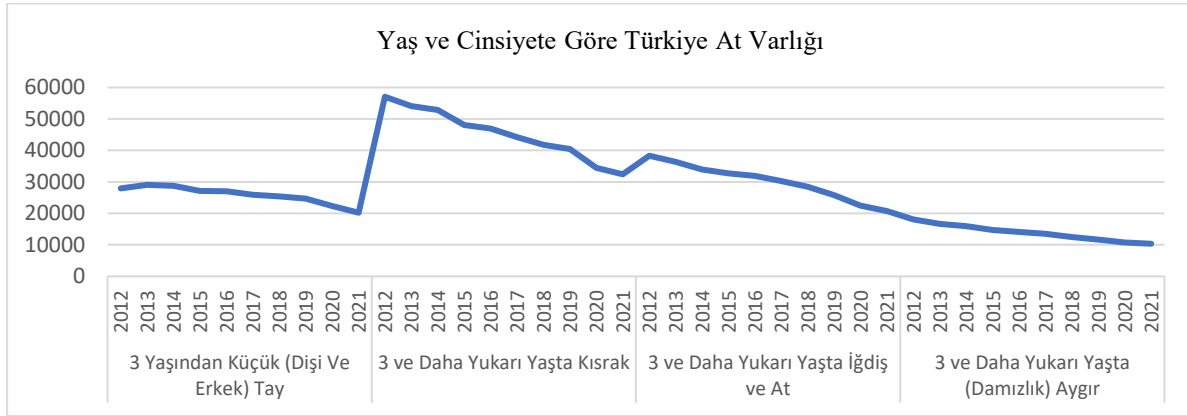
Türkiye’de at yetiştiriciliği, tarihi ve kültürel bir öneme sahip bir faaliyettir. Türkler, binlerce yıldır atlarla yakın bir ilişki içinde olmuş, atları ulaşım, tarım, savaş, spor ve eğlence amaçlarıyla kullanmışlardır. Türkiye’de yetiştirilen at ırkları arasında safkan Arap atı, safkan İngiliz atı ve Türk spor atı gibi ırklar bulunmaktadır. At yetiştiriciliği, hem ekonomik hem de sosyal açıdan ülke için önemli bir katma değer yaratmaktadır. Ancak at yetiştiriciliğinde refah ve etik konularına da dikkat edilmesi gerekmektedir. At yetiştiriciliğinde refah; uygun barınma, beslenme, nakliye ve bakım koşulları sağlanması anlamına gelmektedir. At yetiştiriciliği, Türkiye'nin tarihi ve kültürel mirasının bir parçasıdır ve bu mirası korumak için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir.

Türkiye’de Yetiştirilen At Irkları da; Arap, İngiliz, Uzunyayla, Midilli, Akhal-Teke ve Kabardin’dir (Güleç, 2005). Türkiye’de at sayılarına ilişkin veriler aşağıdaki Şekil 1’de verilmiştir.



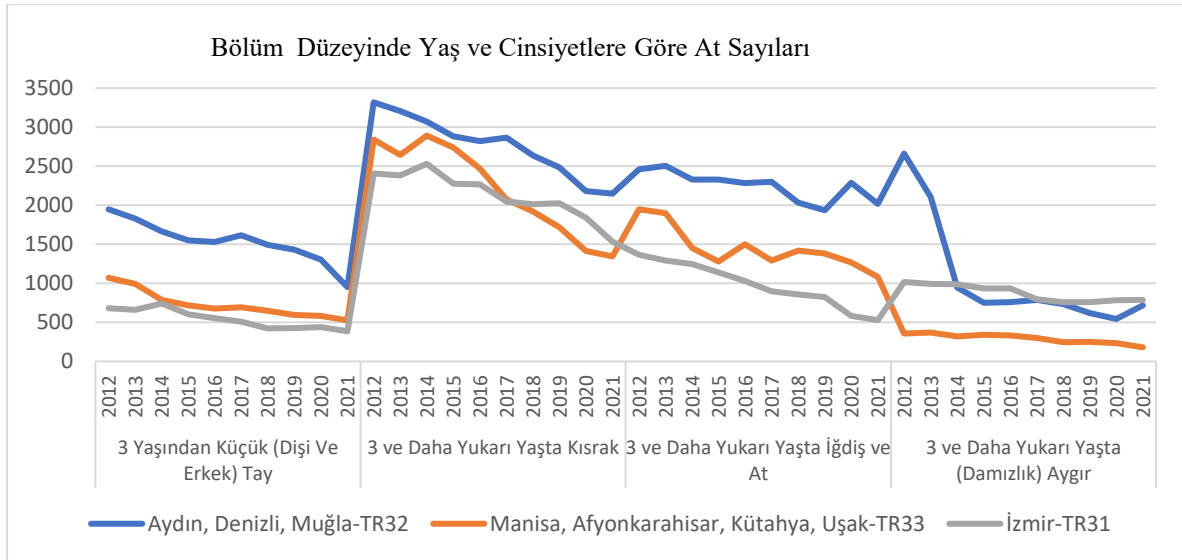
Şekil 1. Yıllara göre Türkiye at sayısı (TÜİK, 2022)

Şekil 1’de Türkiye’nin yıllara göre at sayılarına bakıldığında, 1991’den itibaren günümüze doğru azalan bir durum olduğu görülmektedir. 2021 yılına bakıldığında at sayısı 100 binin altına düştüğü tespit edilmiştir. Şekil 2’de Türkiye at varlığının yaş ve cinsiyete göre sınıflandırılmıştır.



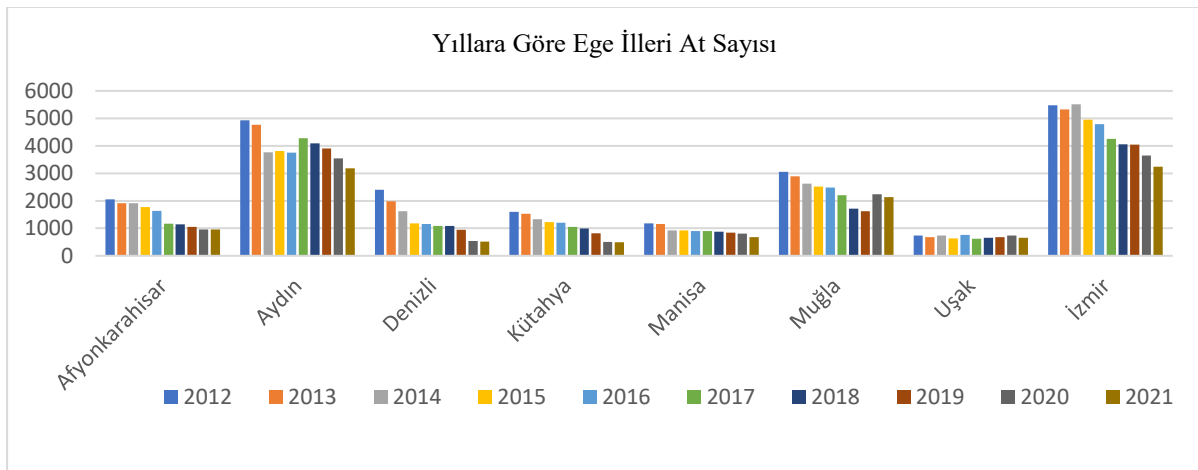
Şekil 2. Türkiye at varlığının yaş ve cinsiyete göre dağılımı (TÜİK, 2022)

Şekil 2 incelendiğinde; 3 yaşından küçük tay varlığı yıllara göre azaldığı görülmektedir. 3 yaş üstü kısarak sayısına bakıldığında da 2013 yılında 54070 den, 2021 yılında 32436’ya gerilediği görülmektedir. Ayrı durum iğdiş ve aygır sayılarında da belirtilmektedir. Şekil 3’te de Ege bölgesinde ayrılan üç bölüm düzeyinde atların cinsiyet ve yaşlarına göre dağılımları verilmiştir.



Şekil 3. Bölün düzeyinde yaş ve cinsiyetlere göre at sayıları (TÜİK, 2022)

Şekil 3 incelendiğinde yaş ve cinsiyet dağılımında, en fazla at sayısı Aydın, Denizli ve Muğla illerinde olduğu görülmektedir. Şekil 4’te yıllara göre Ege illeri at sayıları verilmiştir.



Şekil 4. Yıllara göre Ege illeri at sayısı (TÜİK, 2022)

Son 10 yıllık veri setinde Aydın ve İzmir illerinde at sayılarının diğer Ege illerine göre fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4). Şekil 4’te en az at sayısının yıllar itibariyle Uşak ilinde olduğu görülmektedir.

Cirit Sporü

Cirit, at üzerinde oynanan geleneksel bir spor dalıdır. Sporcular, at üzerinde rakiplerine doğru cirit adı verilen bir mızrak fırlatır ve rakibine isabetli bir şekilde ulaştırmaya çalışır. Muharebe anında kendisine ve bineğine hâkim olabilen sporcu, rakibine üstünlük sağlamak için çaba gösterir. Cirit sporü, Türklerin en eski atlı spor oyunlarından biri olarak kabul edilir ve tarihi Türklerin en eski yerleşim yeri olan Orta Asya’ya kadar uzanır. Günümüzde Türkiye’nin Kars, Bayburt, Ardahan, Uşak ve Erzurum gibi

şehirlerinde aktif olarak oynanmaktadır. Atlı cirit oyunu, Türkiye'de hala popüler bir spor dalıdır ve geleneksel kültürün önemli bir parçası olarak kabul edilir. (Anonim, 2023a).

Cirit sporu, en az 6-8 ya da 12 kişilik takımlarla oynanan bir spordur. Oyuncuların sağ elleri atış yapmak için cirit tutarken, sol elleri yedek cirit taşır. Oyunun amacı, rakip takım oyuncularına ciridini başarılı bir şekilde fırlatıp puan toplamaktır. Oyunda, bir oyuncuya ciridini vuran takım puan alır. (Anonim, 2023b). Atlı cirit müsabakaları 35 dakikadan 2 devre halinde toplam 70 dakika oynanır ve devre arası 15 dakikadır oyun esnasındaki duraklamalar o devre sonunu ilave edilerek süre tamamlanır beraberlikle sonuçlandığı takdirde 10 dakikalık ve saha değişimi yapılmadan tek devrelik bir devre daha oynatılır bir hamle süresi en fazla 35 saniyedir (Anonim, 2023c). Cirit sporu, Türk kültürünün önemli bir parçası olan ve atlıların mızraklarla birbirlerine karşı mücadele ettikleri geleneksel bir spordur. Cirit sporu, Orta Asya'dan Anadolu'ya kadar uzanan binlerce yıllık bir tarihe sahiptir. Cirit sporu, hem savaş sanatı hem de eğlence aracı olarak kullanılmıştır. Cirit sporu, Türklerin atlı kültürünü, cesaretini, becerisini ve dayanışmasını yansıtan bir spordur (Anonim 2023a).

Cirit sporu, günümüzde Türkiye'nin bazı bölgelerinde hâlâ yaşatılmaktadır. Özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde cirit sporu, halkın ilgi ve sevgisini kazanmıştır. Cirit sporu, bu bölgelerde düzenlenen şenliklerin, festivallerin ve törenlerin vazgeçilmez bir unsuru olmuştur. Cirit sporu, aynı zamanda Türkiye'nin ulusal sporlarından biri olarak kabul edilmektedir (Anonim 2023b).

Cirit sporunun kuralları ve oynanışı şöyledir: Cirit sporu, iki takım arasında oynanır. Her takım 12 atlıdan oluşur. Atlılar, ellerinde 70-100 cm uzunluğunda ve 250-300 gram ağırlığında mızraklar taşırlar. Mızraklar, ucunda demir bulunan ince ve hafif sopalar şeklindedir. Mızraklar, rakip takımın atlılarına fırlatılır. Mızrakların atılması sırasında atlılar, atın üzerinde çeşitli hareketler yaparlar. Bu hareketler, atın hızını, yönünü ve duruşunu değiştirmek için yapılır. Böylece atlılar, rakip takımın mızraklarından kaçmaya veya savunmaya çalışırlar. Cirit sporunda amaç, rakip takımın atlılarını mızrakla vurmaya veya düşürmektir. Vurulan veya düşürülen atlılar oyun dışı kalır. Oyun süresi içinde en çok rakip atlıyı vuran veya düşüren takım oyunu kazanır. Oyun sırasında hakemler, oyunun kurallarına uyulup uyulmadığını kontrol ederler. Kurallara aykırı davranışlarda bulunan atlılara ceza verilir. Cirit sporu, Türkiye'de hem kültürel hem de sportif bir değer olarak korunmaya ve geliştirilmeye devam etmektedir. Cirit sporu, Türk milletinin tarihini, kültürünü ve ruhunu yaşatan bir spordur (Anonim 2023b).

İnsanın akıl ve bedeninin bütünleştiği, eski savaş kurallarının uygulandığı bu spor, Orta Asya'da yaşayan Türkler tarafından at ve askerlerini zinde ve kuvvetli tutmak, insanları ruhsal ve fiziksel olarak eğitmek amacıyla oynanırdı. Atlı cirit, rakibi bağışlama şeklindeki davranışı ile diğer spor müsabakalarından ayrılır. Bu yönüyle, spor ve erdem birliktedir anıldığı asil bir yapıya sahiptir (Atılğan ve ark., 2019).

Selçuklu Dönemi'nde, çeviklik ve beceri gerektiren Atlı Cirit sporu oldukça önemli bir yere sahipti. Bu spor, savaş eğitiminin yanı sıra bir çeşit eğlence aracı olarak da kullanılırdı. Sultan ve ailesi

de yapılan spor gösterilerine katılır, bu gösterilerde lalaların ve sporcuların becerileri sergilenirdi. Türkiye Selçukluları döneminde, şehzadelerin sadece ilimle değil, aynı zamanda spor becerileriyle de ün kazanmış lalalar tarafından eğitildikleri bilinmektedir. (Anonim, 2023b).

Erzurum'da 1957 yılında kurulan ilk ihtisas kulübü, Atlı cirit sporunun Cumhuriyet dönemindeki gelişimine öncülük etmiştir. Bu kulübün ardından Erzincan, Bayburt, Ankara, Uşak, Manisa ve Malatya'da da Atlı Cirit kulüpleri açılmış ve Anadolu'nun her yerinde bu spor profesyonel bir şekilde yapılmaya başlanmıştır. Atlı Cirit, yalnızca Türkiye'de değil, İran, Afganistan ve Türkistan gibi yurtdışındaki ülkelerde de yaşatılmaktadır (Anonim, 2023b).

Cirit, Türk kültürünün önemli bir parçasıdır ve yakın zamana kadar Anadolu'nun birçok yerinde oynanmaktaydı. Ancak günümüzde sadece belli başlı illerde oynanmaktadır. Bu iller arasında Erzurum, Uşak, Manisa, Sivas, Bayburt, Erzincan, Kars ve Malatya yer almaktadır. Erzurum'da 2009 yılından bu yana resmi olarak 25 cirit kulübü mevcuttur ve kulüplere kayıtlı cirit atı sayısı yaklaşık 138'dir. Erzurum ilinde, çeşitli festival ve törenlerde, köylerde ve resmi müsabakalarda cirit oynanmaktadır. Resmi cirit müsabakaları, Türkiye Geleneksel Spor Dalları Federasyonu'na bağlı olarak Gençlik ve Spor İl Müdürlüğü tarafından kontrol edilmektedir. Cirit oyununun kuralları da bu federasyon tarafından yayınlanan Atlı Cirit Müsabaka Talimatında belirtilmiştir. Cirit, Türk kültüründe önemli bir yere sahip olan geleneksel bir spor dalıdır. Günümüzde, sadece belirli illerde oynanmasına rağmen, Erzurum'da 25 resmi cirit kulübü ve 138 cirit atı bulunmaktadır. Bu spor dalı, çeşitli etkinliklerde ve resmi müsabakalarda oynanmakta ve Türkiye Geleneksel Spor Dalları Federasyonu'nun belirlediği kurallara göre yönetilmektedir (Yıldırım ve Yıldız, 2013). Türkiye'de sadece 11 ilde organize edilmekte olan cirit sporunun özellikle Erzurum, Erzincan, Uşak, Bayburt, Ankara, Manisa ve Kars bölgelerinde oynanmaya devam etmektedir (Korkut, 2020).

Ege Bölgesi'nde Cirit Sportu

Ege Bölgesi, Türkiye'nin batısında yer alan ve zengin bir kültürel mirasa sahip olan bir bölgedir. Bu bölgede, cirit sportu da uzun yıllardır oynanmaktadır. Ege Bölgesi'nde cirit oyunları, genellikle köyler arasında düzenlenen turnuvalarda oynanır ve bölge halkı için önemli bir sosyal etkinlik olarak kabul edilir. Ege Bölgesi'nde cirit oyunları, genellikle açık alanlarda yapılır ve at üzerinde oynanır. Takımların en az 6-8 ya da 12 kişiden oluştuğu bir oyundur. Oyuncuların sağ ellerinde atacakları cirit bulunurken, diğer elinde ise yedek ciritleri bulunur. Cirit oyunu 35 dakikalık 2 devreden oluşur. Oyunun kuralları, takımların birbirlerine karşı cirit atışı yaparak puan kazanmalarını içerir. Oyunda, rakip takım oyuncularından birine ciritini isabetli bir şekilde atan takım puan kazanır (Çiftçi, 2011).

Ege Bölgesi'nde cirit oyunları, genellikle yaz aylarında düzenlenir. Bu turnuvalar, bölge halkı için önemli bir sosyal etkinlik olmanın yanı sıra, cirit sportunun yaşatılması açısından da büyük bir öneme sahiptir. Ege Bölgesi'nde cirit takımları arasında sık sık dostluk maçları düzenlenir ve bu maçlar bölge halkı tarafından büyük bir ilgiyle takip edilir.

Ege Bölgesi'nde cirit sporu, geleneksel bir spor dalı olmasına rağmen, günümüzde modernize edilerek daha da popüler hale gelmiştir. Bölgede düzenlenen cirit turnuvaları, sporun daha geniş kitlelere tanıtılmasına ve yaygınlaşmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, cirit sporu, Türkiye'de düzenlenen uluslararası spor etkinliklerinde de yer almaktadır.

Sonuç olarak, Ege Bölgesi'nde cirit oyunları, bölgenin zengin kültürel mirasının bir parçasıdır. Bu oyunlar, bölge halkı için önemli bir sosyal etkinlik olmanın yanı sıra, cirit sporunun yaşatılması açısından da büyük bir öneme sahiptir. Ege Bölgesi'nde cirit sporunun daha da yaygınlaştırılması için, cirit takımları ve turnuvalarının sayısının artması gerekmektedir.

Uşak'ta Cirit Sporü

Uşak, Türkiye'nin batısında yer alan bir ilimizdir ve Türk kültürü ve sporu için önemli bir yere sahiptir. Bu bağlamda, Uşak'ta cirit müsabakalarının tarihi oldukça eskilere dayanmaktadır.

Uşak, cirit oyununun en çok oynandığı ve geliştirildiği illerden biridir. Uşak'ın cirit tarihi, Osmanlı dönemine kadar uzanmaktadır. Osmanlı İmparatorluğu döneminde, cirit müsabakaları askeri antrenmanlar sırasında yapılmaktaydı. Daha sonra, bu spor dalı halk arasında da yaygınlaşmış ve Uşak'ta da popüler hale gelmiştir. Cirit, Osmanlı ordusunun eğitiminde ve savaşlarda kullandığı bir silah olarak gelişmiştir. Uşak, Osmanlı ordusunun önemli bir üssü olması nedeniyle cirit sporuna büyük önem vermiştir. Uşak'ta cirit oyunu, hem askeri hem de sosyal bir etkinlik olarak sürdürülmüştür.

Uşak'ta cirit oyununun törenleri ve ustaları bu kültürün devamlılığında önemli yere sahiptir. Cirit oyunu, yöreye özgü kuralları ve kültürel değerleri ile yaşatılmaktadır. Uşak'ta cirit müsabakaları, genellikle çeşitli etkinlikler ve festivaller sırasında düzenlenmektedir. Bu etkinliklerde, Uşak halkı ve çevre illerden gelen cirit takımları bir araya gelerek mücadele etmektedir. Ayrıca, Uşak'ta cirit müsabakaları genellikle açık alanlarda ve doğal zeminlerde yapılır (Şekil 5). Kalfa Korusu spor kompleksi cirit sahasında 120x40m.'lik beyaz çizgilerle bölünmüş bir alanda oynanmaktadır. Uşak'ta 9. Geleneksel Atlı Cirit turnuvası 1. turu Eylül-Ekim 2023 yılında düzenlenmiştir. (Anonim, 2023d).



Şekil 5. Geleneksel atlı cirit turnuvası (Anonim, 2023d).

Uşak'ta cirit müsabakaları, geleneksel Türk sporları arasında önemli bir yere sahiptir. Bu spor dalı, Uşak halkı için bir kültür mirasıdır ve bölgede yaşayan insanlar tarafından büyük bir ilgiyle takip edilmektedir. Ayrıca, Uşak'ta cirit müsabakaları, bölgenin turizm potansiyelini artırmak için de kullanılmaktadır.

Cirit, Türk kültüründe önemli bir yere sahip olan ve cinsiyet ayrımı gözetmeksizin oynanan bir spor dalıdır. Uşak'ta da, kadınların cirit oynadığı bilinmektedir ve kadın cirit takımları da bulunmaktadır. Bu da gösteriyor ki, cirit toplumun her kesimi tarafından sevilen ve oynanan bir spor dalıdır. (Yüksel ve ark., 2018). Uşak Türkiye'de ilk kadın ciritçilere sahip ildir. Uşak'ta yaklaşık on altı kadar kadın ciritçi vardır. Hâlihazırda bir kulüp çatısı altında toplanmış değiller ve müsabakalara gösteri amaçlı olarak çıkmaktadırlar (Çiftçi, 2011). Uşak'ta cirit müsabakaları, kadın-erkek ayrımı olmadan düzenlenmektedir. Kadınlar da erkeklerle birlikte cirit oynayabilirler ve Uşak'ta kadın cirit takımları da bulunmaktadır. Bu takımlar, çeşitli etkinlikler ve festivaller sırasında mücadele etmektedir.

Türkiye'de cirit atı yetiştiriciliğinde Erzurum ildeki cirit atı oranı %20,6'dır. Erzurum'u %19,6 ile Uşak, %17,7 ile Manisa ve %16,1 ile Erzincan izlemektedir (Yıldırım, 2011).

Uşak ilinde Gençlik ve Spor Müdürlüğü bünyesinde 563 erkek ve 19 kadın olmak üzere toplam 582 atlı sporcu kayıtlıdır. Bu sporcuların 329'u aktif olarak cirit sporuyla uğraşmaktadır. Uşak'ta 28 cirit kulübü olup bu kulüplerdeki üye sayısı 517'dir. Üyelerin yaşları 15 ile 78 arasında değişmektedir (Anonim 2023e).

Cirit Sporuna İlgili Uşakta Yaşanan Sorunlar

Cirit sporunda yaşanan kazalar sonucu ortaya çıkan yaralanmalara karşı bir sosyal güvencenin olmayışı, yeterli tanıtım yapılmaması, sponsor yardımının alınmaması, müsabakaların eleme usulü yapılması, federasyonun yapısındaki sorunlar, hakem problemleri, cirit için gerekli olan körüklü çizmelerin bulunamayışı ve yüksek fiyatı, cirit sahalarına ulaşım sorunları, uygun sahaların olmayışı, müsabakalara gidiş-geliş sıkıntıları, atların nakliye işlemleri için bir platformun bulunmaması, cirit sahalarının çevre düzenlemesinin yapılmaması ve ihtiyaçları karşılayabilecek kapalı alanların yetersizliği gibi sorunlar bulunmaktadır (Deniz ve ark., 2012).

Atlı cirit sporuna ilgi duyan kadınlar, bu tutkularının pek çok zorluğunu yaşıyorlar: En büyük zorluk, erkeklerin bu spora karşı çıkması; bir diğer zorluk ise maddi kaynak bulamamaları. Ailelerinin kendilerine manevi olarak destek olmayışlarıdır. Kendi atına sahip olan sadece bir kadın var ve diğerleri başkalarının atlarıyla gösterilere çıktıklarını belirtmişlerdir (Çiftçi, 2011).

Sonuç ve Öneriler

Cirit, at üzerindeki sporunun ciritini rakibe karşı isabetli bir şekilde atmasını, muharebe anında kendisine ve atına olan hakimiyetini sağlayarak rakibine üstün gelmesini amaç edinen, kuralları olan bir spordur. Cirit, Türklerin Orta Asya'dan Anadolu'ya geldikleri dönemden beri oynadıkları savaş oyunu olarak bilinmektedir. Cirit, aynı zamanda erdemini ve bağlılığının da göstergesidir. Rakibini affeden

sporcuya ve takımına puan kazandıran bu spor, asaletin ve sportmenliğin bir arada sergilendiği nadir sporlardan biridir. Cirit, günümüzde özellikle Doğu ve İç Anadolu'nun farklı yörelerinde yaygın olarak oynanmakta ve seyredilmektedir.

Türkiye’de Atlı Cirit ve atçılık kültürü, folklorik değerlerin yanı sıra önemli terimler içermektedir. Bu kültürün daha iyi tanıtılması ve literatüre aktarılması için daha kapsamlı çalışmalar yapılması gerekmektedir. Kültürümüze de sahip çıkarak ülkemizde at sayılarının ve cirit sporunun yaygınlaştırılması, bu hususta yetiştiricilere desteklemelerin yapılması gerekmektedir.

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.

Kaynaklar

Aksoy AR., 2016. At yetiştiriciliği ders notları. <https://docplayer.biz.tr/22854819-At-yetistirciligi-ders-notlari-yrd-doc-dr-ali-riza-aksoy-1993-guncelleme-mayis-2016.html> Erişim: 10.10.2022

Anonim., 2022. Atlarının kısa tarihi. <https://www.atveinsan.com/at-in-kisa-tarihi-m719695.html> Erişim: 12.10.2022

Anonim., 2023a. Atlı cirit. <https://www.gsdf.gov.tr/tr/spor/atli-cirit/tarihce> Erişim: 12.01.2023

Anonim., 2023b. Cirit detaylı bilgi: Nedir, nasıl oynanır? kuralları, <https://www.oyunbilim.com/geleneksel/cirit/> Erişim: 12.05.2023

Anonim., 2023c. Oyun süreleri. Türkiye geleneksel spor dalları federasyonu adlı cirit müsabaka talimatı, <https://www.gsdf.gov.tr/uploads/default/reports/23bde3c61fbc1b938e8357c1b7afa6f0.pdf> Erişim: 11.10.2023

Anonim., 2023d. Atlı cirit turnuvası. <https://www.usak.bel.tr/icerikler/usak-belediyesi-5-geleneksel-atli-cirit-turnuvasin/> Erişim: 11.10.2023

Anonim., 2023e. Uşakta atlı cirit biniciliği. <https://usak.gsb.gov.tr/HaberDetaylari/1/124172/atli-cirit-il-birinciligi.aspx>. Erişim:12.10.2023.

Atılğan D, Türkçapar Ü, Tükel Y., 2019. Türk halklarının geleneksel spor oyunlarından cirit. Türk Halklarının Geleneksel Spor Oyunları VIII, 173-185. 16-18 Ekim, Kahramanmaraş.

Bayram D., 2022. Atçılık. <https://veteriner.erciyes.edu.tr/EditorUpload/Files/61d3777c-4ef5-4ccf-b65d-9b62351a3cc7.ppt> Erişim: 12.10.2022

Çiftçi S., 2011. Uşak'ta atlı cirit sporu ve cirit kültürü. Millî Folklor Dergisi, 23: 89-99.

Durmuş İ., 2021. Türk kültür çevresinde at. Asya Araştırmaları Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi. 5(1): 1-12.

Deniz M, Sezer A., İnel Y., 2012. Uşak ilinde kültürel ve sportif amaçlı yapılan atçılık ve sorunları. Türk Dünyası Araştırmaları Dergisi, 200: 203-230.

Güleç E., 2005. Türk at ırkları. Anadolu At Irklarını Yaşatma ve Geliştirme Derneği, Ankara.
<http://bizdosyalar.nevsehir.edu.tr/11fe4de55da196ab6d2f1914cc2dcad8/turk-at-irklari.pdf>. Erişim: 11.10.2023

İzmirli S., 2016. At yetiştiriciliğinde gönenç (Refah): Türkiye’de ilgili mevzuatın değerlendirilmesi. Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi. 5(2): 90-97.

Karcıoğlu U., 2017. Türk kültüründe atın önemi ve ata sporlarımızdan atlı cirit oyunu. Anasay Dergisi, 2: 167-198.

Korkut C., 2020. Geleneksel spor dalı olarak ciritin internet haberciliğinde kullanılması: Haberler.Com Sitesi Örneği. 9. Uluslararası Türk Halkı Geleneksel Spor Oyunları Sempozyumu, Bishkek, Kırgızistan, 29 Kasım 2020, ss.143-150.

Özbeyaz C, Akçapınar H., 2004. At yetiştiriciliği ders notları. Ankara Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Zootekni Anabilim Dalı, Ankara

TİGEM 2022. “Türkiye’de Atçılığın Tarihçesi.
<https://www.tigem.gov.tr/Sayfalar/Detay/6261fcf9-7bf7-463b-b5a4-032541351ce3> Erişim: 1.10. 2022

TÜİK. 2022. Türkiye’nin yıllara göre at sayıları.
<https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=101&locale=tr>. Erişim: 10.12.2022

Yıldırım F., 2011. Cirit atlarının bazı performans ve vücut ölçüleri. Atatürk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Doktora Tezi s.47.

Yıldırım F, Yıldız A., 2013. Cirit atları: Anket çalışması. Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 8(1): 35-41.

Yüksel A, Gül M, Güven O., 2018. Cirit sporunu icra eden ve destekleyen Osmanlı sultanları. Spor Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 3(1): 145-163.

Peyzaj ve Müziğin Etkileşimi: Müzik Bahçeleri

Gülennur ŞANLI^{1*}, Gizem CENGİZ GÖKÇE²

¹Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Sakarya.

²Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Sakarya.

¹<https://orcid.org/0000-0002-3646-1875>

²<https://orcid.org/0000-0001-9888-8623>

*Sorumlu yazar: gulennursanli@subu.edu.tr

Derleme

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 12.07.2023

Kabul tarihi: 20.01.2024

Online Yayınlanma: 10.06.2024

Anahtar Kelimeler

Müzik bahçesi
Peyzaj tasarımı
Peyzaj mimarlığı
Park
Açık ve yeşil alanlar

ÖZ

Peyzajlar, sahip oldukları kültürel özellikleriyle birbirlerinden farklılık göstermektedir. Ekolojik çevre/coğrafya ve mimari yapı kadar, müzik de kültürü oluşturan/etkileyen değerlerden biridir. Bir toplumun müziği, içinde yaşanılan çevreden etkilenecek oluşmaktadır. Bu etkileşimin karşılıklı olduğunu söylemek mümkündür. Toplumu oluşturan bireyler üzerinde müzik, en etkili sanat olarak kabul edilmektedir. Peyzaj tasarım çalışmalarının; ekolojik, fonksiyonel ve estetik kaygı taşıdığı bilinmektedir. Aynı zamanda yapılan çalışmalar, toplumu oluşturan bireylerin duyularına hitap etmektedir. Müzik de, peyzaj tasarım çalışmalarında yer verildiği takdirde bireylerin duysal algılarına etki edecek önemli bir öğedir. Çalışmada, peyzaj tasarım çalışmalarında müziğin yeri ve etkisi, peyzaj mimarlığı bakış açısıyla yerli ve yabancı örnekler üzerinden değerlendirilmiştir.

The Interaction of Landscape and Music: Music Gardens

Review Article

Article History:

Received: 12.07.2023

Accepted: 20.01.2024

Available online: 10.06.2024

Keywords:

Music garden
Landscape design
Landscape architecture
Park
Open and green areas

ABSTRACT

Landscapes differ from each other with their cultural characteristics. Music is one of the values that create/affect culture, as well as ecological environment/geography and architectural structure. The music of a society is formed by being influenced by the environment in which it is lived. It is possible to say that this interaction is mutual. Music is accepted as the most effective art on the individuals who make up the society. Landscape design studies; It is known that it has ecological, functional and aesthetic concerns. At the same time, the studies appeal to the senses of the individuals who make up the society. Music is also an important element that will affect the sensory perceptions of individuals if it is included in landscape design studies. In the study, the place and effect of music in landscape design studies were evaluated from the perspective of landscape architecture, through domestic and foreign examples.

To Cite: Şanlı G, Cengiz Gökçe G., 2024. Peyzaj ve müziğin etkileşimi: müzik bahçeleri. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(2): 490-504.

Giriş

Kültür, toplumun sahip olduğu maddi ve manevi değerler bütünüdür. Beşeri faktörlerin etkisiyle oluşan kültür, toplumların sanat ve mimari gibi öğelerine yansımaktadır. İnsan algısıyla anlam kazanan peyzaj, kaynağını bulunduğu çevrenin kültüründen almaktadır. Peyzaj gibi müzik de kültürden aldığı ilham ile şekillenmektedir. Bu bağlamda müzik ve peyzaj arasında bir paralellik olduğu düşünülmektedir (Akgül Barış ve Akgül, 2007).

Peyzaj tasarımı, doğası gereği kullanıcıların hem fiziksel hem de ruhsal ihtiyaçlarına yönelik estetik ve fonksiyonel alanlar yaratmaktadır. Ruhsal ihtiyaçlar duyularla bağ kurmayı gerektirmektedir. Müzik de, bireylerin duyuları üzerindeki en etkili sanat dalıdır (Li, 2017). Müziğin mekânda karakterize olmasıyla yarattığı iç ses, bireylerin müzik aracılığıyla mekânı algılamasına olanak tanımaktadır (Taşçıoğlu ve Başkan Günel, 2021). Müzik mekân ile etkileşim halinde olduğunda algılanması daha kolay bir hal alır. Peyzaj tasarım çalışmalarında alan kullanımları belirlenirken, müzik ögesine yer verilmesi kullanıcıların mekân ile kuracakları bağı doğrudan etkilemektedir. Peyzaj tasarımında müzik ögesine görsel ve işitsel olarak yer vermek mümkündür. Müzik enstrümanlarına donatılarda yer verilmesi ya da yaprak ve su ile doğal seslerin oluşabileceği tasarımlar, müziği mekâna somut olarak yansıtabilmektedir. Peyzaj ve müzik arasındaki ilişki böylelikle somut hale gelmektedir.

Müzik dinamik bir yapıya sahiptir. Bu yapısı sayesinde kompozisyon ve organizasyon açısından mekânların oluşmasına katkı sağlamaktadır (Bulu, 2018). Yüzyıllardır süre gelen bahçe gelenekleri, müzik ile mekânın ritim duygusunda birleştiğini göstermektedir (Li, 2017). Müzik ve peyzaj temel tasarım ilkeleri üretim sürecindeki kullanımları açısından benzerlik göstermektedir.

Aslan ve ark. (2014)'a göre; Peyzaj mimarlığına müziği eklemek duyuşsal ve görsel olarak mekânda yer vermek ile mümkün olmaktadır. Su ögesi kullanımı ve bitki yapraklarının çıkardığı sesler ile müziğin işitsel olarak algılanabilmektedir (Arslan ve ark., 2014). Eski Mısır döneminden bu yana su ögesi bahçelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Her ne kadar başlangıçta tarımsal amaçla su yüzeyleri oluşturulsa da zamanla bahçelerin dekoratif bir elemanı haline gelmiştir (Düzenli ve ark., 2019). İslam bahçelerinde su; dinginlik, meditasyon, düşüncelere dalmak, deşarj olmak için ortam oluşturmaktadır. Müzik ve şiir ile etkileşimi sayesinde rahatlatıcı ve huzur verici amaçla kullanılmaktadır. Bahçede yer alan havuzlar, fiskiye ve su kanalları ile birlikte tasarlanarak suyun musiki etkisi ortaya çıkarılmaktadır. Su ögesi bahçenin tam ortasında konumlandırılıp bahçe düzenlemeler ile dörde ayrılarak tasarlanmaktadır. İslam bahçelerindeki bu etkisi, Türk Bahçelerine II. Bayezid döneminde kurulan Ruh ve Sinir Hastalıkları Hastanesinde tedavi amaçlı kullanılmasıyla yansımaktadır

(Khabbazi ve Erdoğan, 2012; Düzenli ve ark., 2019; Çiftci, 2023). Müzik görsel olarak ise; enstrümanların, nota ve simgelerin şekillerinden ilham alınarak hissettirilebilmektedir (Arslan ve ark., 2014). Bu çalışmada, peyzaj tasarım çalışmalarında yer verilen müzik bahçeleri ile müzik donatılarına dünyadan ve ülkemizden örnekler verilmiştir.

Dünyadan Örnekler

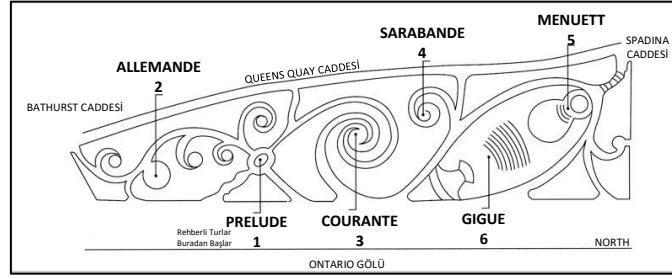
Toronto Müzik Bahçesi

Toronto Müzik Bahçesi, Kanada-Toronto’da yer alan Ontario Gölü kıyısında üç dönümlük alana sahip bir açık-yeşil alan olarak kurgulanmıştır. Şekil 1’de alana ait genel bir görünüm verilmiştir.



Şekil 1. Toronto Müzik Bahçesinden genel bir görünüm (Marquez, 2023)

Parkın tasarımında, Çellist Yo-Yo Ma ve Peyzaj Mimarı Julie Moir Messervy birlikte çalışmıştır. Peyzaj tasarım projesi hazırlanırken Johann Sebastian Bach’ın “The First Suite for Unaccompanied Cello” eserinden esinlenilmiştir (Anonymous, 2018; Kruse, 2021). Farklı etkilere sahip olan fakat aynı tonda dans parçalarının birbirini ardına dizilmesi anlamına gelen “Süit”, bahçenin her bir bölümünde yaratılan farklılık ile hissedilmektedir (Ünal, 2011; Kruse, 2021). Girişte bulunan kroki müzik eserinin sıralamasına uygun olarak bahçede nasıl hareket edileceğini tarif etmektedir (Kruse, 2021). Bach’ın bu eseri Prelude ve Sarabanda gibi bölümlerinde sakin ve melankolik bir atmosfere sahipken Courante gibi bölümlerinde daha enerjik ve canlıdır. Tasarımda bu dinamiğe ayak uydurarak parkın belirli bölümlerinde yapısal ve bitkisel materyal seçimi ve informal çizgiler ile ferah bir alan oluşturulurken belirli bölümlerinde dar ve sık dokulu bitkiler ve formal çizgiler ile kasvetli bir atmosfer yaratılmıştır. Toronto Müzik Bahçesi’ne ait kroki Şekil 2’de verilmiştir. Kroki üzerinde verilen rakamlar eserin sıralamasını ifade etmektedir.



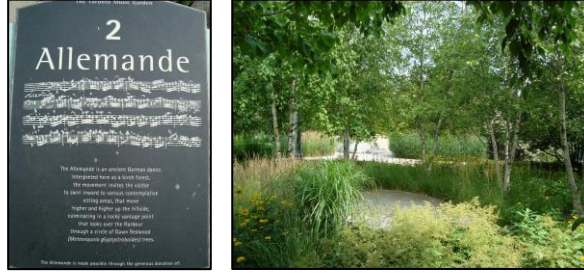
Şekil 2. Toronto Müzik Bahçesine ait kroki (Connell, 2012)

Prelude, eserin başlangıcıdır. Bu bölüm krokide 1 rakamıyla ifade edilmekte olup kıvrımlı yollarıyla dalgalı bir göl manzarası sunmaktadır. Bu alana ait görsel Şekil 3'te verilmiştir. Granit kayalar ve bodur bitkilerle yapılan tasarım ziyaretçilere içinde yürünebilen bir nehir hissi verirken; düz gövdeli ve düzenli aralıklarla dikilen *Celtis occidentalis* (Batı çitlembiği) bitkileri müzik ölçülerini andırmaktadır (Pam, 2009). Süit'in bu bölümü eserin başlangıcı olduğu gibi parkın da başlangıç noktasıdır. Süit gibi park da ziyaretçileri bu bölümde karşılamaktadır.



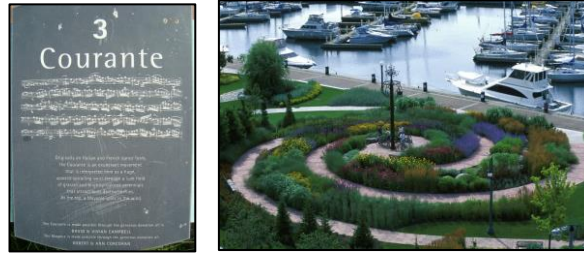
Şekil 3. Prelude bölümünden bir görünüm (Pam, 2009)

Kroki üzerinde 2 rakamıyla ifade edilmiş olan Allemande, aslen eski bir Alman dansıdır. Sakin ve ritmik bir düzene sahiptir. Kurtuluş, özgürlük ve sürükleyiciliği temsil eder (Korlu, 2004). Bu bölüm *Betula sp.* (Huş) ormanı ve *Metasequoia glyptostroboides* (Su Ladini) ile çevrelenmiş olup seyir noktasında ziyaretçilerin ruhsal olarak içe dönmeleri amacıyla oluşturulmuştur (Pam, 2009). Süit'in bu bölümün tasarıma ziyaretçilerin kendileri ile baş başa kalıp, ruhsal bir yolculuğa çıkabilecekleri alanların oluşturulmasıyla yansıtılmıştır. Yapraklı ağaçlarla çevrelenen gezinti parkurları sürükleyiciliği temsil etmektedir. Alandan bir görünüm Şekil 4'te yer almaktadır.



Şekil 4. Allemande bölümünden bir görünüm (Pam, 2009)

Courante, İtalyan ve Fransız dans stilidir. Hızlı ve neşeli bir tempoya sahiptir (Korlu, 2004). Bahçenin krokisi üzerinde 3 rakamıyla ifade edilmiş olan bölümdür. Kır çiçekleriyle kaplı olan alan spiral forma sahiptir. Tepe noktasındaki “Mayıs Direği” adı verilen öge ile baharı simgelediği düşünülmektedir (Pam, 2009). Süit’in neşeli temposu baharı temsil eden tasarım öğeleri ile bahçeye aktarılmıştır. Oluşturulan spiral formunun ortasında renk etkisi olan mevsimlik bitkiler kullanılmıştır. Şekil 5’te bu bölümden görünüm yer almaktadır.



Şekil 5. Courante bölümünden bir görünüm (Pam, 2009)

Sarabande, eski bir İspanyol dans stilidir. Bu dans törensel bir niteliğe sahiptir, ölçülü adımlarla oynanır ve ağır bir temposu vardır. Eserin bu bölümü duygu yoğunluğu yüksek melodilere sahiptir. Başlangıçta yüksek ve çok sesli iken sona doğru yalın ve basittir (Korlu, 2004). Kroki üzerinde 4 rakamı ile ifade edilen alan, ibreli bitkilerle çevrili olup yay formunda olan yol dairesel bir alanda noktalanmaktadır. Bu alan şairler köşesi olarak adlandırılır. Yapılacak okumalar için bir sahne ve küçük bir havuz tasarlanmıştır (Anonymous, 2017; Kruse, 2021). Parkın bu bölümü, sahneye odaklanılması için sık dokulu bitkiler kullanılarak oluşturulmuş yapısı ile Süit’in duygu yoğunluğunu betimler niteliktedir. Şekil 6’da alana ait görsel bulunmaktadır.



Şekil 6. Sarabande bölümünden bir görünüm (Pam, 2009)

Menuett; Bach'ın müziği ile çağdaş bir dans figürüdür. Ağır temposuna rağmen zarif ve incelikli figürleri olan bir halk dansıdır. Süt'in bu bölümü majör başlar ve minör ile sonlanır. Neşe ve hüznü aynı anda hissettirir (Korlu, 2004). Dairesel ve simetrik hatlara sahip pavilyon peyzaj tasarım ilkelerinden biçim, tekrar, ölçü, egemenlik, çizgi özelliklerini yansıtırken; pavilyon üzerine kaplanan sarılıcı bitkiler doku, renk, sadelik, birlik ile tasarımda resmiyet ve zarafeti aynı anda yansıtır. Bu bölüm kroki üzerinde 5 rakamıyla ifade edilmiş olup alanda müzik gruplarının ya da dans topluluklarının sahne alabileceği küçük bir pavilyon yapı bulunmaktadır (Pam, 2009). Şekil 7'de pavilyon yapıdan bir görünüm bulunmaktadır.



Şekil 7. Menuett bölümünde bulunan pavilyon yapıdan bir görünüm (C, 2010; Pam, 2009)

Gigue; İngiliz asıllı, hareketli bir barok dönemi dansıdır. Aceleci ve akıcı bir tempoda ilerleyen bölüm coşkulu ve neşelidir (Korlu, 2004). Bu bölüm kroki üzerinde 6 rakamıyla ifade edilmiştir. Parkın bu bölümünde liman manzarasına karşı geniş çim basamaklarla oluşturulmuş bir amfi bulunmaktadır. Yay şeklinde oluşturulmuş basamaklar taş bir sahneyi çevreleyerek amfi tiyatro oluşturmaktadır. Sahne genellikle doğaçlama gelişen performanslara ev sahipliği yapmaktadır (Pam, 2009). Geniş çim yüzey ve amfi tiyatro sahip olduğu geometrik çizgiler, sadelik ve düzen ile barok dönemini yansıtmaktadır. Süt'in bu bölümünü coşkusu tasarıma sahne performanslarının sergilenebileceği bir çim amfi olarak yansıtmıştır. Bu alan tıpkı Süt'in neşesine benzer olarak ziyaretçilerin özgürce dans edip şarkılar söylediği bir alandır. Şekil 8'de çim basamaklardan bir görünüm verilmiştir.



Şekil 8. Gigue bölümünden bir görünüm (Anonymous, 2018, 2022; Pam, 2009)

Ziyaretçiler bu bahçeyi kendileri deneyimleyebilecekleri gibi rehber önderliğinde de gezabilmektedir. Rehberler, tur esnasında Bach'ın eseri hakkında bilgi verirken Allamande bölümünde ziyaretçileri dansa davet ederek tasarımın müzikten nasıl esinlendiğini deneyimlemelerini sağlamaktadır (Kruse, 2021). Müziği biçimsel ve deneyimsel olarak tasarıma entegre eden Toronto Müzik Bahçesi, 2005 yılında Leonardo da Vinci Yenilik ve Yaratıcılık ödülüne layık görülmüştür (Anonymous, 2018).

Highfield Keşif ve Müzik Bahçesi

Amerika Birleşik Devletleri'nin New Jersey eyaletinde bulunan Greenwood Bahçeleri'nde yer almaktadır. Bahçe 12 dönümlük alanda her yaş grubundan kullanıcı için çeşitli keşif etkinliklerine olanak tanımaktadır. Keşif bahçesi içinde yer alan Müzik Bahçesi, müzikte kullanılan sol anahtar şekli verilerek tasarlanmıştır (Anonymous, 2023a). Şekil 9'da Highfield Keşif ve Müzik Bahçesi'ne ait bir görünüm verilmiştir.



Şekil 9. Highfield Keşif ve Müzik Bahçesi'nden bir görünüm (Anonymous, 2023a)

Bahçe içerisinde davullar, çanlar ve çeşitli vurmali çalgılar içeren beş müzik durağı ve bir sahne yer almaktadır (Anonymous, 2023a). Şekil 10'da bu öğelere ilişkin görseller bulunmaktadır.



Şekil 10. Highfield Keşif ve Müzik Bahçesi'ndeki öğelerden görüntüler (Weingartner, 2023)

San Diego Botanik Bahçesi

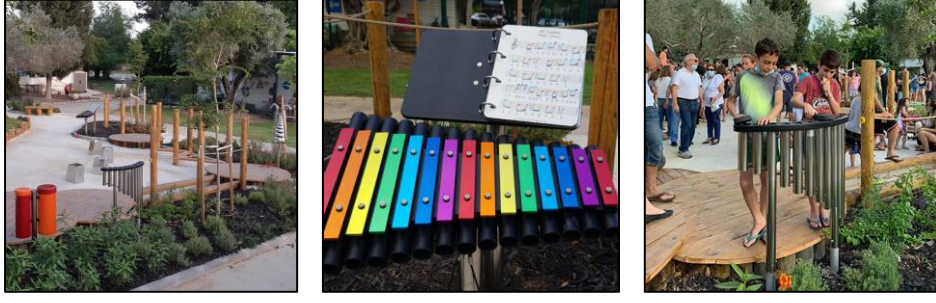
Amerika Birleşik Devletleri, Kaliforniya eyaletinde bulunan San Diego Botanik Bahçesi 37 dönümlük arazide 29 tematik alana sahiptir. Bunlar arasında Kuzey Amerika Batı Yakası'nın en büyük çocuk bahçesi niteliğini taşıyan Hamilton Çocuk Bahçesi'ne de ev sahipliği yapmaktadır (Anonymous, 2021). Keşif temasıyla tasarlanan bahçe çocukların doğayı özgürce deneyimlemesine odaklanmaktadır. Bu nedenle bahçede bitkiler ve hayvanları keşfederken işitme ve koklama gibi duylara hitap eden donatılar yer almaktadır (Anonymous, 2023d). Geri dönüştürülebilir doğal malzemelerden üretilen bu oyun elemanları Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11. Hamilton Çocuk Bahçesi işitsel donatılardan görüntüler (Anonymous, 2023d)

Guy'ın Müzik Bahçesi

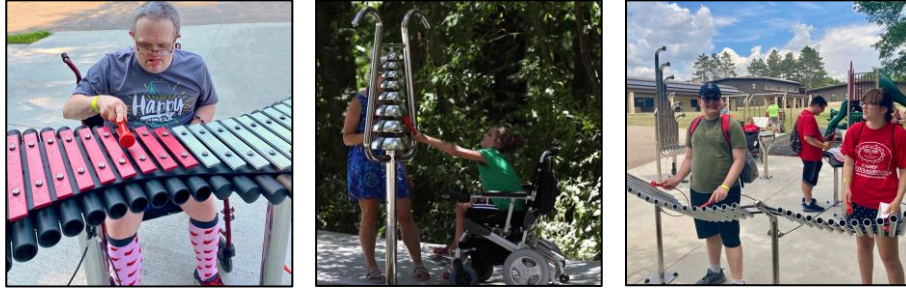
İsrail'in kuzeyinde Kibbutz Magal bölgesinde bulunan bir müzik bahçesidir. 6 yaşında vefat eden Guy'ın ailesi oğullarının müzik tutkusu anısına halka açık bir müzik bahçesi yaptırmıştır. Müziğin iyileştirici gücüne odaklanan tasarımda seçilen donatıların herkes için erişilebilir olmasına dikkat edilmiştir. Bahçede açık hava davulları, cajon, tumba, açık hava müzik kitabı ve üzerinde Guy'ın adı yazan bir ksilofon bulunmaktadır (Anonymous, 2020). Şekil 12'de açık hava enstrümanlarına örnekler verilmiştir.



Şekil 12. Guy'ın Müzik Bahçesi'nden görünüm (Anonymous, 2020) URL-3, 2020)

Courageous Kampı

Amerika Birleşik Devletleri'nde Iowa eyaletinde yer almaktadır. Kâr amacı gütmeyen kuruluş, özel ihtiyaçları olan bireyler için yıl boyu etkinlik imkânı sunmaktadır. Parkta bulunan müzik bahçesi her yaş grubundan katılımcının fiziksel ve bilişsel ihtiyaçlarını dikkate alarak tasarlanmıştır (Anonymous, 2023b). Şekil 13'te duyuşsal temelli aktiviteler için yer seçilen açık hava müzik aletlerinden örnekler gösterilmektedir.



Şekil 13. Camp Courageous açık hava müzik aletlerinden görünüm (Anonymous, 2023c)

Jess Mackie Müzik Bahçesi

İskoçya'nın başkentinde bulunan Edinburg Çocuk Hastanesi Jess Mackie Müzik Bahçesi'ne ev sahipliği yapmaktadır. Bahçe 14 yaşında hayatını kaybeden Jess anısına kurulmuştur ve Jess Mackie Memorial Fund tarafından finanse edilmiştir (Anonymous, 2023b; URL-4, 2023). Bireylerin doğal alanlar ile iç içe olması stres seviyelerinde azalma ve ruh sağlığının iyileşmesine olumlu etkisi bulunmaktadır. Sağlık kuruluşlarında yapılacak tasarımların doğallığı da bireyler üzerinde sakinleştirici bir etki yaratmaktadır (Külekçi ve Sezen, 2020; Yakınlar, 2020). Sakıcı ve Var (2014), yaptıkları çalışmada sağlık kuruluşlarının fiziksel çevresindeki kalitenin hastaların iyileşme sürecine olumlu yönde katkı sağladığını tespit etmiştir. Hastane bahçelerinde sağlanacak yeşil ve doğal dokunun hastaların ruh hallerini olumlu etkilediği, iyileşme sürecine katkı sağladığı, ferahlama ve rahatlamaya sebep olduğu belirtilmiştir (Sakıcı ve Var, 2014). Jess Mackie Müzik Bahçesi, hastanelerin iyileştirici

görevinden ilhamla müzikal ve terapi bahçesi olarak tasarlanmıştır. Şekil 14’te bahçe içerinden yer alan müzikal donatılara örnekler verilmiştir.



Şekil 14. Jess Mackie Müzik Bahçesi’nden görünüm (Anonymous, 2023b)

Shizhushan Parkı

Çin’in Chongqing kentinde yer almaktadır (Whitelocks, 2017). Parkın tasarımında kemandan ilham alınırken, koşu parkurundan donatılara kadar parkın çeşitli alanlarında müzikal öğelere yer verilmiştir. Şekil 15’te parktan görünüm yer almaktadır.



Şekil 15. Shizhushan Parkı'na ait görünüm (Le, 2013; Whitelocks, 2017)

Türkiye’den Örnekler

Sakarya Çocuk Hakları Sokağı

Sakarya ili Adapazarı ilçesinde yer almaktadır. Çocuk Hakları teması üzerine kurgulanan parkta yer alan donatıların seçiminde erişilebilirliğin yanı sıra, çocukların fiziksel ve bilişsel gelişimine katkı sağlaması etkili olmuştur. Buna uygun olarak parkta işitsel nitelikte çocuk oyun elemanlarına yer verilmiştir (Anonim, 2023). Şekil 16’da bu donatılardan örnekler verilmiştir.



Şekil 16. Çocuk Hakları Sokağı'ndaki işitsel donatılar (Orijinal)

Okul Öncesi Eğitim Kurumu

Okul öncesi eğitim kurumlarında da çocukların duyuşsal gelişimine katkı sunacak mekânlar yaratıldığı görülmektedir. Şekil 17'de bir anaokulu bahçesinde oluşturulmuş müzik duvarına ait görsel yer almaktadır. Bu duvar; metal, tahta, plastik gibi farklı doku ve ses özelliğine sahip materyaller seçilerek hazırlanmıştır. Öğrenciler bu duvarda üflemeli ve vurmali çalgılara benzer sesleri deneyimleyebilmektedir. Okul öncesi eğitim kurumlarında sağlanan müzik imkânlarının çocukların sosyal, duyuşsal, kültürel ve psikomotor gelişimine katkı sağlamaktadır.



Şekil 17. Anaokulu bahçesindeki müzik duvarı/Sakarya (Orijinal)

Ortaöğretim Kurumu

Okul öncesi, eğitim kurumlarında olduğu gibi liselerde de benzer çalışmalar görmek mümkündür. İzmir ilinde yer alan bir Anadolu lisesinde öğrencilerin el becerilerini ve müzikal yönlerini geliştirmek amacıyla bir müzik bahçesi kurulmuştur (Anonim, 2022). Okul bahçesinde yer alan bu parkta vurmali çalgılar ile mutfak gereçlerinden üretilen müzik aletlerinin olduğu bir duvar yer almaktadır. Şekil 18'de bu bahçeden örnekler verilmiştir.



Şekil 18. İzmir'de yer alan bir anadolu lisesinin müzik parkı (Aliğa İlçe M.E.M., 2022)

Nilüfer Müzik Parkı

Bursa'nın Nilüfer ilçesinde yer alan Nilüfer Müzik Parkı 1200 m²'lik alanda vurmali çalgılar, piyano yol ve müzik tahtası gibi çeşitli müzikal donatılar bulundurmaktadır. Parkta aynı zamanda sanatçılar anısına özel tasarım banklara ve müzik aletlerinden ilham alınmış heykellere yer verilmiştir (Anonim, 2018). Şekil 19'de parkta bulunan donatılara örnekler verilmiştir.



Şekil 19. Nilüfer Müzik Parkı'ndan görünüm (Nilüfer Belediyesi, 2018)

Sonuç

Çalışmada verilen örneklerden de görüldüğü gibi müzik bahçelerinin; kent parkı, semt parkı, okul bahçeleri gibi farklı ölçeklerde uygulanması mümkündür. Müziğin de peyzaj mimarlığı gibi yaratıcı düşüncenin bir ürünü olması ritim-denge gibi temel tasarım ilkelerinde ortak paydada buluşmalarına olanak sağlamaktadır. Buna bağlı olarak müziğin peyzaj tasarım sürecinde tema niteliğinde kullanılması yapılan çalışmanın kompozisyonel bağının kuvvetli olmasını sağlar. Bu konu ile ilgili yabancı örneklerin yerli örneklere kıyasla sayıca daha fazla olduğu görülmüştür. Yabancı örneklerde müziğin tematik olarak işlendiği, donatı ölçeğinde değil parkın bütününe müzik bahçesi olarak kurgulandığı görülmektedir. Yerli örneklerde ise işlevsellik ve fonksiyonelliğin ön planda olduğu görülmektedir. Tasarımların müzik teması üzerinde kurgulanmamış olması uygulamaların alandan bağımsız görünmesine sebep olmaktadır. Parçacıl tasarlanan alanlar peyzaj ve müzik birleşiminin görsel ve işitsel etkisini azaltmaktadır. Bu durum uygulanan alanlarda müzik temasının sürdürülebilirliğini sağlamakta olumsuz etki yaratmaktadır.

Peyzajın duyuşsal gelişime olan etkisi erken çocukluk döneminde başlamakta, tüm yaş gruplarına hitap ederek ilerleyen yaşlarda da devam etmektedir. Görsel hafızanın oluşumunda peyzajın işitselliği etkilidir. Peyzaj mimarlığının işitsellik özelliğinin var olduğu unutulmamalıdır. İşitsel peyzaj algılarla doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle yapısal peyzajın formunu ve karakterini şekillendirir. Yaşam boyu oluşacak görsel ve işitsel hafızanın devamlılığı açısından yapılan çalışmalarda peyzajın duyulara olan katkısının göz önünde

bulundurulması gereklidir. Tasarım uygulamalarında, peyzajın bu özelliği “müzik bahçeleri” alan kullanımıyla veya donatı ölçeğinde sürece dâhil edilebilmektedir. Buna bağlı olarak müzik, tasarım çalışmalarında malzeme seçimini de etkilemektedir.

Kentleşmenin ve hayat koşturmacasının arttığı günümüz koşullarında parklar, bahçeler, açık ve yeşil alanlar kapalı mekânlara kıyasla daha fazla tercih edilmektedir. Peyzajların benzersiz niteliği kültürden gelen farklılıklar neticesinde oluşmaktadır. Açık ve yeşil alanlar; özellikle ziyaret amaçlı kullanılmasının yanı sıra yerel kullanıcıların da dinlenme, geçiş, spor, meditasyon vb. işlevlerle günlük hayatlarına dahil ettiği güzergâhlar olabilmektedir. Bu nedenle, bu alanlarda müzik-peyzaj ilişkisinde müziği üreten ya da dinleten kültürel faaliyetlere (doğal ve yapısal materyallerin işitsel özellikte olması ya da müzik üretmek ve dinlemek için yapısal mekânlar yaratmak) olanak sağlanmalı; bireylerin fiziksel, ruhsal ve kültürel gelişimine hizmet etmelidir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

Adapazarı Belediyesi., 2023. Çocuk hakları sokağı açılışa hazır. <https://www.adapazari.bel.tr/haber/6/1334/cocuk-haklari-sokagi>. Erişim Tarihi: 07.07.2023.

Akgül Barış D, Akgül E., 2007. Tarihsel bir perspektifte türk müzik ve peyzaj sanatında kültürel paralellikler. Kastamonu Eğitim Dergisi, 15(2): 707-718.

Akpınar Külekçi E, Sezen I., 2020. Peyzaj tasarım sürecinde iyileştirme bahçeleri. Bursa Uludag Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(Özel Sayı): 337-350.

Aliğa İlçe MEM., 2022. Mustafa Güngör Çolakoğlu Anadolu Lisesi müzik park açılışı. <https://aliaga.meb.gov.tr/www/mgc-anadolu-lisesi-muzik-park-acilisi/icerik/1178>. Erişim Tarihi: 10.07.2023.

Anonymous., 2021. Explore our gardens. <https://sdbg.org/explore-our-gardens/>. Erişim Tarihi: 08.07.2023.

Anonymous., 2023a. Highfield Discovery Gardens. <https://www.greatparks.org/parks/glenwood-gardens/the-highfieldddg-discovery-garden>. Erişim Tarihi: 29.06.2023.

Anonymous., 2023b. New Music Park Wins Over Camp Guests and Bolsters Inclusivity. <https://www.percussionplay.com/camp-courageous-music-park/>. Erişim Tarihi: 09.07.2023.

Anonymous, 2023c. San Diego botanic garden. <https://dpadesign.com/sdbg-hamilton-childrens>. Erişim Tarihi: 08.07.2023.

Arslan F, Mustan Dönmez B, Yılmaz B., 2014. Görsel ve işitsel sanatların doğa ile olan köprüsü: Peyzaj mimarlığı. İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi, 4(9): 99-106.

Bulu A., 2018. Müzik ile mekân arasındaki ilişkiye yönelik deneysel yaklaşımların incelenmesi. Hacettepe Üniv. Güzel Sanatlar Ens. İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, sayfa no: 123-126, Ankara.

Connell J., 2012. Late bloomers at the Toronto Music Garden. <https://threedogsinagarden.blogspot.com/p/about-three-dogs-in-garden.html>. Erişim Tarihi: 09.07.2023.

Çiftci E., 2023. İslam medeniyetinde bahçe sanatı özgün adı: The Arts of The Islamic Garden. Mîzânü'l-Hak: İslami İlimler Dergisi, 16: 271-275.

Düzenli T, Alpak EM, Akyol D., 2019. Peyzaj mimarlığında su ögesinin tarihsel süreçteki kullanım amaçları. Sanat ve Tasarım Dergisi, 9(1): 20-35 .

Graham P., 2009. A visit to Toronto Music Garden. <http://cherishtoronto.blogspot.com/2009/08/visit-to-toronto-music-garden.html>. Erişim Tarihi: 01.07.2023.

Khabbazi PA, Erdoğan E., 2012. İslam bahçeleri. Tekirdağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(2): 20-31.

Korlu MV., 2004 Johann Sebastian Bach ve Çello suitleri. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Müzik (Yaylı Çalgılar) Anasanat Dalı Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.

Kruse R., 2021. Bach on the harbourfront: Geographies of the Toronto Music Garden. Area, 55: 254-263. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/area.12843>

Le L., 2013 Shizhushan Music Park. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%E9%9F%B3%E> . Erişim Tarihi: 10.07.2023.

Li Y., 2017. Landscape as music: A new approach to the study the spiritual beauty in landscape design. World Design Summit, Canada. (Basılmamış).

Marquez A., 2023. Toronto Music Garden: Um dos pontos mais mágicos de Toronto. <https://mileniostadium.com/vida-vidas/canada-entre-nos/toronto> - . Erişim Tarihi: 08.07.2023.

Nilüfer Belediyesi., 2018. Müziğin tınısı bu parkta hayat buluyor. <https://www.nilufer.bel.tr/haber/muzigin-tinisi-bu-parkta-hayat-buluyor>. Erişim Tarihi: 09.07.2023.

Taşçıoğlu S, Başkan Günel NY., 2021. Müziğin peyzaj algısı üzerindeki etkisi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(2): 233-244.

URL-1., 2018. Toronto Music Garden. <https://jmmds.com/portfolio/the-toronto-music-garden/>. Erişim Tarihi: 09.06.2023.

URL-2., 2016. Toronto Music Garden. <https://listify-demos.astoundify.com/classic/listing/toronto-music-garden/>. Erişim Tarihi: 08.07.2023.

URL-.3, 2020. New Musical Garden in Memory of Guy. <https://www.percussionplay.com/kibbutz-magal-musical-memorial-garden/>. Erişim Tarihi: 07.07.2023.

URL-4., 2023. Jess Mackie Music Garden <https://www.percussionplay.com/edinburgh-childrens-hospital/>. Erişim Tarihi:09.07.2023.

Ünal K., 2011. Barok Dönem’de süit Ve Johann Sebastian Bach Si Minör No:2 Orkestra Süiti’nin Flüt Partisi Üzerine Bir İnceleme. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Müzik (Üfleme ve Yaylı Çalgılar) Anasanat Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Weingartner T., 2023. Great Parks Opens Music Garden at Glenwood Gardens. <https://www.wvxu.org/environment/2023-06-08/great-parks-music-garden-glenwood-gardens>. Erişim Tarihi: 19.06.2023.

Whitelocks S., 2017. Walking in rhythm! Gardeners Construct a Five-Acre 'Musical Park' Complete with Giant Violin That Can Only be Seen from the Air. Dailymail. <https://www.dailymail.co.uk/news/article-4220164/> . Erişim Tarihi: 10.07.2023.

Yakınlar N., 2020. Algısal duyuşal Karakteristikler kapsamında kentşel yeşil alanların beden sağığı restorasyonu üzerindeki etkisinin incelenmesi. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.



Spermanın İşlenmesinde Kullanılan Kriyoprotektif Maddeler ve Kriyoprezervasyon

Metotları

Mehmet Ali ARSLANOĞLU¹, Nurdan COŞKUN ÇETİN^{2*}, Cengiz YILDIZ³

¹Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Dölerme ve Suni Tohumlama Ana Bilim Dalı Hatay

²Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Dölerme ve Suni Tohumlama Ana Bilim Dalı Hatay

³Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Dölerme ve Suni Tohumlama Ana Bilim Dalı Hatay

¹<https://orcid.org/0000-0001-6127-3991>

²<https://orcid.org/0000-0002-7120-8146>

³<https://orcid.org/0000-0002-9166-8836>

*Sorumlu yazar: nurdansknctn@gmail.com

Derleme

Makale Tarihçesi:

Geliş tarihi: 20.05.2023

Kabul tarihi: 26.02.2024

Online Yayınlanma: 10.06.2024

Anahtar Kelimeler

Kriyoprezervasyon

Sperm

Kriyoprotektanlar

Kriyohasar

Kriyoprezervasyon yöntemleri

ÖZ

Reprodüksiyon biyoteknolojisi hayvancılık alanında çok büyük öneme sahiptir. Biyoteknoloji başta suni tohumlama olmak üzere birçok alanda uygulama olanağı sağlamaktadır. En yaygın biyoteknoloji yöntemi, değerli erkek gamet hücrelerinin dondurulup, sonrasında suni yolla tohumlama işlemidir. Suni tohumlama ile istenen yönde genetik ıslah sağlanabilirken gereksiz erkek damızlık besleme külfetinin önüne geçilmiş olur. Spermanın dondurulması alanındaki önemli ilerlemeler gliserolün kriyoprotektif etkisinin keşfiyle başlamıştır. Kriyoprezervasyon yöntemi gelecekte kullanmak amacıyla, hücrelerin ve dokuların sıfır derecenin altında dondurularak biyolojik aktivitelerinin durdurulmasını ifade eder. Bu işlemde temel amaç, çok düşük sıcaklıklarda canlı hücre yada dokunun, en az hasarla ve fonksiyon kaybıyla uzun süreli saklanmasıdır. Gliserolün spermatozoonları dondurmanın zararlı etkilerine karşı koruyabildiği tesadüfen keşfedilmesinden sonra bilimsel ve modern anlamda ilk kez spermatozoon dondurma işlemi 1949'da Polge ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Spermatozoonun dondurulması işleminde kriyoprotektanlar ile dengelendikten sonra soğutma, sıvı nitrojen içinde depolama ve çözündürme işleminde kriyoprotektanların uzaklaştırılması ve en sonunda canlılığın devam etmesi sağlanmalıdır. Kriyoprezervasyon uygulamasında kullanılan kimyasallar, dondurma-çözme işlemi hücrenin canlılığını etkilemektedir. Dondurma işlemi sırasında kullanılan kriyoprotektanlar hücreyi dondurma hasarından korur ve yüksek oranda hidrojene bağlama özelliğine sahiptir. Kriyoprotektanlar ortamda donmamış fraksiyonu artırarak ve iyon miktarını azaltarak etki ederler. Dondurma işlemleri sırasındaki dondurma hızı iyi ayarlanmalıdır. Yavaş soğutmada fazlaca buz kristali oluşmakta iken hızlı soğutmada buz kristalleri daha küçüktür. Bu derlemede kriyoprezervasyonda kullanılan kriyoprotektan maddeler, bazı kriyoprezervasyon teknikleri ile kriyoprezervasyonun spermatozoon üzerine etkilerinden bahsedilmiştir.

Cryoprotectant Substances Used in Sperm Processing and Cryopreservation Methods

Reviews

ABSTRACT

Article History:

Received: 20.05.2023

Accepted: 26.02.2024

Available online: 10.06.2024

Keywords:

Cryopreservation

Sperm

Cryoprotectants

Cryo-injury

Cryopreservation methods

Reproduction biotechnology is of great importance in the field of animal husbandry. Biotechnology provides application opportunities in many fields, especially artificial insemination. The most common biotechnology method is the freezing of valuable male gamete cells and then artificial insemination. While genetic breeding can be achieved in the desired direction with artificial insemination, unnecessary male breeder feeding burden is avoided. Important advances in the field of sperm freezing began with the discovery of the cryoprotective effect of glycerol. The cryopreservation method, for future use, refers to stopping the biological activities of cells and tissues by freezing them below zero degrees. The main purpose of this process is the long-term storage of living cells or tissue at very low temperatures with minimal damage and loss of function. After the accidental discovery that glycerol can protect sperm against the harmful effects of freezing, the first scientific and modern sense of sperm freezing was performed in 1949 by Polge et al. After the sperm cell is stabilized with cryoprotectants in the freezing process, the cryoprotectants should be removed in the cooling, storage and thawing process in liquid nitrogen and finally the continuation of vitality should be ensured. The chemicals used in cryopreservation and the freezing-thawing process affect the viability of the cell. Cryoprotectants used during the freezing process protect the cell from freezing damage and have high hydrogen bonding properties. Cryoprotectants act by increasing the unfrozen fraction and reducing the amount of ions in the medium. The freezing speed during freezing processes should be well adjusted. While more ice crystals are formed in slow cooling, ice crystals are smaller in fast cooling. In this review, cryoprotectant substances used in cryopreservation, some cryopreservation techniques and the effects of cryopreservation on spermatozoa are mentioned.

To Cite: Arslanoğlu MA, Coşkun Çetin N, Yıldız C., 2024. Spermmanın işlenmesinde kullanılan kriyoprotektif maddeler ve kriyoprezervasyon metotları. *Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(2): 505-520.

Giriş

Reprodüksiyon biyoteknolojisi hayvancılık alanında büyük öneme sahiptir. Suni tohumlama, kriyoprezervasyon, *in vitro* fertilizasyon, gen transferi ve klonlama gibi birçok alanda biyoteknoloji kullanılmaktadır. Değerli erkek gamet hücrelerinin dondurulup suni tohumlamada kullanılması oldukça yaygın bir işlemdir. Bu sayede istenen yönde genetik ilerleme hızlıca sağlanabilir, erkek damızlık besleme zorluğunun önüne geçilmiş olur (Özkoca, 1984; Hafez, 1993; İleri ve ark., 2000). Spermmanın dondurulması alanındaki önemli ilerlemeler gliserolün kriyoprotektif etkisinin keşfiyle başlamıştır (Brezina, 2018).

Spermmanın dondurulabilirliği ilk defa 1776'da Spallanzani tarafından çalışılmıştır. Spallanzani dondurulmuş çözdürülmüş spermada motilitenin bir süre korunduğunu gözlemlemiştir. Montegazza 1886'da ilk defa insanlarda spermatozoon dondurma fikrini ortaya atmıştır. Kriyohasarın 1940 yılında gliserol ile korunduğu keşfedildikten sonra insan spermasını kuru buz üzerinde saklama çalışmaları kaydedilmiştir. Gliserol ile insan spermatozoonunun dondurulması işlemi ilk defa 1949'da Polge ve arkadaşları tarafından başarılmıştır. Bunge ve Sherman tarafından 1953 yılında dondurma-çözdürme sonrası fertilizasyon ve embriyo gelişimi ilk defa bildirilmiştir. 1964 yılında dondurulmuş-çözdürülmüş insan spermatozoonundan ilk

canlı yavru doğmuştur. 1972'de ilk hücre dondurma bankası kurulmuş, dondurma-çözdürme sonrası sperma kullanılarak 1973'te ilk bebek dünyaya gelmiştir (Delilbaşı, 2008; Walters ve ark., 2009; Verheyen, 2010; Kadioğlu, 2011).

Kriyoprezervasyon; gelecekte kullanılması amacıyla, doku veya hücrelerin sıfır derecenin altında tüm biyolojik aktivitelerinin durdurulması olarak tanımlanabilir. Temel olarak, en az hasarla ve fonksiyon kaybı olmaksızın hücrenin uzun süreli saklanması amaçlanmaktadır (Bailey ve ark., 2000). Bilimsel ve modern anlamda ilk spermatozoon dondurma işlemi 1949'da Polge ve arkadaşları tarafından başarılmıştır (Polge ve ark., 1949). Spermatozoonun dondurulmasında kriyoprotektanlar ile dengeleme, soğutma, -196°C'da depolama ve kriyoprotektanların hücreden uzaklaştırılarak çödürülmesi adımları izlenmektedir (Gardner, 2007).

Özetle kriyoprezervasyonun aşamaları;

1. Kriyohasara karşı kriyoprotektan kullanılması
2. Dondurma
3. Saklama
4. Çözdürme
5. Kriyoprotektanların ortamdaki uzaklaştırılması

Kriyoprezervasyon uygulamasında kullanılan kimyasallar, dondurma-çözme işlemi hücrenin canlılığını etkilemektedir (Schroeder ve ark., 1990). Dondurma işlemi sırasında kullanılan kriyoprotektanlar yüksek oranda hidrojene bağlanma özelliğine sahiptirler. Kriyoprotektanlar ortamdaki donmamış fraksiyonu arttırarak ve iyon miktarını azaltarak koruyuculuk sağlamaktadırlar (Palasz ve Mapletopt, 1996). Kriyoprotektanlar hücre içerisine girerek (gliserol, DMSO, Propilen gikol vs.) meydana gelecek buz kristalleri oluşumunu -40°C'ye düşürürler. Hücre dışında etkili kriyoprotektanlar (monosakkaritler, disakkaritler ve trisakkaritler) zarı osmotik basınç değişimlerine karşı korurlar (Sanger ve ark., 1992).

Soğutma ve dondurma işlemleri sırasında -5°C ile -15°C'de buz kristalleri oluşur. Küçük kristaller, termodinamik olarak sabit değildirler ve buz parçacıkları bir araya gelerek buz kristallerini meydana getirirler. Geriye kalan kısımda kriyoprotektif maddelerin miktarına bağlı olarak donmamış bir fraksiyon kalır. Bu kısımda şeker, tuz ve diğer kriyoprotektanların yoğunluğu artmakta ozmotik basınç yükselmektedir. Bu sayede su hücre dışına doğru çıkar ve ozmotik basınç dış ortamla eşitlenene kadar devam eder (Whoelders, 1997).

Bu derlemede kriyoprezervasyonda kullanılan kriyoprotektan maddeler, bazı kriyoprezervasyon teknikleri ile kriyoprezervasyonun spermatozoonlar üzerine etkilerinden bahsedilmiştir.

Kriyoprotektan Maddeler

Dondurma-çözdürme işlemlerinde sıcaklık değişimi ile ozmotik basınç ve kimyasal bileşimde oluşan değişikliklere karşı kriyoprotektan maddeler sulandırıcılara eklenerek spermatazoonları soğuk şokuna, hücre içi kristal oluşumuna, membran destabilizasyonuna karşı korumaktadır (İleri ve ark., 2000). Kriyoprotektanlar düşük moleküler ağırlığa sahip maddelerdir (Polge ve ark., 1949).

Permeable (Hücre İçine Girebilen) Kriyoprotektanlar

DMSO, gliserol, etilen glikol ve propilen glikol gibi permeable özellikli kriyoprotektanlar koruyucu etkilerini donma esnasında ortamdaki elektrolit yoğunluğunu ve ozmotik büzüşmeyi azaltarak göstermektedirler (Leeuw ve ark., 1993). Hücre içerisine giren kriyoprotektanlar membran lipidlerini ve proteinlerini yeniden düzenlerler. Membran akışkanlığını artırarak düşük sıcaklıkta dehidrasyonu uyararak hücrenin canlılığının korunmasını sağlarlar (Holt, 2000).

DMSO (Dimetilsülfoksit)

DMSO hem sıvı hem de organik sulandırıcılarda çözünme özelliğine sahiptir. Kriyoprotektanların toksik etkisini azaltmada maruz kalma süresinin kısaltılması veya nonpermeable kriyoprotektanların kullanımı denenebilir (Massip, 2001).

Gliserol

Türe bağlı olarak toksik etkisi değişmektedir. Gliserol hücrelerde membran destabilizasyonu ve ozmotik stres etkisi göstermektedir (Alvarenga ve ark., 2000; Woods ve ark., 2000).

Etilen Glikol

Etilen glikol kriyoprotektan maddeler içinde en az toksik etkiye sahip alkoldür (Aydiner, 2008; Şaylan, 2011). Birçok türde üreme hücrelerinin dondurma-çözdürme işlemi sırasında oluşan zararın etkisi, etilen glikol ve gliserolde benzerdir (Aydiner, 2008).

Propilen Glikol

Toksik özellikli olduğundan kullanımı sınırlıdır, yüksek konsantrasyonları önerilmemektedir (Şaylan, 2011).

Amid Türevi Kriyoprotektanlar

Bu maddelere örnek olarak formamid ve dimetilasetamid verilebilir. Aygırlarda spermanın dondurulmasında daha yaygın kullanılmaktadırlar. Sulandırıcıya %3,5-5 ilavesinin çözdürme sonrası spermatolojik kaliteye iyi geldiği kaydedilmiştir.

Nonpermeable (Hücre İçine Geçemeyen) Kriyoprotektanlar

Hücre içine giremeyen kriyoprotektanlar spermatozoonun plazma membranını geçemedikleri için hücre dışında etki gösterirler. Bu maddeler membranları ozmotik strese karşı daha esnek hale getirirler. Bu maddeler çözelti görevi görerek ortamın donma noktasını düşürürler (Amann, 1999). Ayrıca dondurma-çözdürme sonrası lipid peroksidasyonunu azalttığı saptanmıştır (Arav ve ark., 1993; Cabria ve ark., 2001).

Makromoleküller

Kriyoprezervasyonda yaygın olarak polietilen glikol, ficoll 70, bovine serum albümin, dekstran, mannitol, polivinil alkol, antifriz protein, polivinilil providon ve diğer polimerler kullanılmaktadır (Kasai, 1996; Mcgann, 1999; Cabria ve ark., 2001; Şaylan 2011).

Sakkaritler

Hücre içi kristalleşmeyi önlemek için hücrede sıvı kaybı oluşturarak etki ederler (Rudolph ve Crowe, 1985; An ve ark., 2000). Dondurma ve çözdürme sırasında şekillenen membran zararına karşı membrandaki fosfolipitlerle etkileşime girerek yüzey artışı sağlamaktadırlar. Ayrıca sakkaritler çözdürme işlemi sırasında hücrelerin ozmotik şoka girmesini de önlemektedir (Mcgann, 1999). Sperma sulandırıcılarına katılan şekerler enerji verici faydalı etkiye de sahiplerdir (Panyaboriban ve ark., 2015).

Yumurta Sarısı ve Süt

Yumurta sarısı fosfolipitleri hücrenin yüzeyine bağlanarak ve adenilat siklazı aktive ederek koruyucu etki göstermektedir (Holt, 2000). Hayvan türüne göre etkili fosfolipit kaynakları araştırılmıştır (Leeuw ve ark., 1993). Hayvansal kaynaklı yumurta sarısı ve sütte kontaminasyon riski bulunmaktadır. Spermatozoon enerji kaynağı glukoz ya da fruktoz oluşturur. Sulandırıcılarda tampon etkili sitrat, tris, fosfat ve sitrik asit gibi maddeler eklenmektedir. Bakterilere karşı hayvansal kaynaklı olmayan apatojen steril ürünler veya SPF (Specific Patogen Free) yumurta sarısının kullanılması ile daha iyi sonuçlar alınmaktadır (Thibier ve Guerine, 2000).

Diğer Kriyoprotektif Ajanlar

Soya fasülyesi, pentoksifylline, kafeine, sodyum nitroprusside, platelet aktivasyon faktörü ve hyaluronik asit gibi maddeler çözündürme sonrası spermatozoon canlılığında artış sağlamaktadırlar (Holt, 2000; Oehninger ve ark., 2000; Tsutsui ve ark., 2000). Son yıllarda spermatozoon membranında transport işlevi gören aquaporin adı verilen protein yapılı bileşiğin spermatozoon dondurma medyumuna eklenmesi çözündürme sonrası canlılıkta artış sağlamıştır (Edashige ve ark., 2003).

Kriyoprezervasyon Hasarları

Dondurma işlemi esnasında hücre içi buz oluşumu, dehidratasyon, pH değişiklikleri, protein denatürasyonu gibi olaylar yaşanmaktadır. Ani sıcaklık azalması membran geçirgenliği ve hücre iskelet yapısında değişimler oluşturur (Elder ve Dale, 2014). Buz kristalleri, hücre membranlarında büyük hasarlara sebep olmaktadır. Sulandırıcılara kriyoprotektif madde eklenmediği takdirde pH değişiklikleri ve farklı konsantrasyonlarda tuz etkisi hücrenin ölümüne sebep olacaktır. Lipoprotein denatürasyonu ve buna bağlı membran yapısında bozulmalar kaçınılmazdır. Kriyoprotektan solüsyonu içindeki tuz konsantrasyonunun artması ile su kaybı, dehidrasyon ve büzüşme yaşanır. Hücredeki bu hasarların şiddetine bağlı olarak geri dönüşümü olmayan durumlar ortaya çıkabilmektedir (Tablo 2).

Kriyoprezervasyon uygulamasında hücrenin hızlı bir şekilde aniden dondurulmasıyla, hücre dışına su aktarımı da hızlı ve fazla olacağından hücre zarında ozmotik hasar meydana gelmektedir, çözündürme işlemi yavaş yapılırsa bu defa hücre içi buz kristalleri birbirleriyle birleşip büyüyebilir ve yine hücre zarında hasar meydana gelir. Bu sebeple uygulama sırasında yavaş dondurma ve hızlı çözündürme önemlidir (Alberts ve ark., 2008).

Dondurma işleminde buz kristallerinden kaynaklanan yapısal hasarlar yanında oksidatif stres ile ilişkili reaktif oksijen radikallerinden kaynaklanan hasarlar da oldukça önemlidir. Bununla birlikte dondurma hasarı membran, organel hasarı ve DNA bütünlüğünün bozulması (DNA Fragmantasyonu) şeklinde de karşımıza çıkmaktadır (Tablo 1). Dondurma-çözündürme sonrası %30-50 oranında hücre hasarı gözlenmektedir (Paoli ve ark., 2014). Dondurma işleminde bakteriyel, viral veya mantar enfeksiyonları gözlenebilir (De Lamirande ve ark., 1997). Bazı araştırmacılar katalaz, askorbik asit, E vitamini ilavesini önermektedirler (Askari ve ark., 1994).

Tablo 1. Kriyoprezervasyonda çeşitli faktörlerin DNA üzerine etkisi.

Fiziksel ya da Kimyasal faktörler (Fizyolojik aralıklar dışında)	DNA üzerine etkisi
Kriyoprotektanlar	Etilen glikol: Kromatin hasarına neden olur. Dimetil sülfoksit: Kromatin hasarına neden olur. DNA metilasyonu, DNA ve kromatinde yapı değişikliklerine neden olur. Propilen Glikol: DNA metilasyonunu artırır. Gliserol: DNA'nın konformasyonunu değiştirir, istikrarı bozucu bir etkiye sahiptir, DNA'nın termal stabilitesini baskılar.
Osmotik stres	Kromatin gevşemesine, kromozomal sapmalara, DNA çift zincir kırıklarına ve sonuçta DNA fragmentasyonunda artışa neden olur. Proteinlerin yanlış katlanmasına neden olur.
Sıcaklık	Soğuk denatürasyonuna (protein polar olmayan grupların su ile, çok spesifik ve kuvvetli sıcaklığa bağlı etkileşimi) neden olur. Mutasyonları indükler.
Ph	Deaminasyon (bir molekülden bir amin grubunun çıkarılması), Depürinasyon (DNA'daki pürin dükleotidinin fizyolojik sıcaklıklarda n-glikozid bağının kırılması)'a neden olur. Aşırı yüksek veya düşük pH, DNA sarmalını dengesizleştirir ve erime noktasını değiştirir.
Reaktif oksijen türleri (ROS)	DNA fragmentasyonu, baz kaybı, tek-iplik kırıkları ve çift-iplik kırıkları, 8-hidroksiguanin üretimi, DNA-protein çapraz bağları, DNA instabilitesine neden olur.

Farklı maturasyon evresindeki spermatozoonlar farklı kriyobiyolojik özellikler gösterirler ve farklı dondurma çözme yöntemleri gerekli görülmektedir. Örnek olarak ejakülatın dondurma ve çözme hassasiyeti epididimal spermatozoon ve testiküler spermatozoonlardan daha yüksektir (De Lamirande ve ark., 1997).

Kriyoprezervasyonda Kullanılan Teknikler

Dondurma işlemleri sırasındaki uygulanacak dondurma hızı hücrelerin özelliğine uygun olmalıdır. Hızlı dondurma ve yavaş dondurma protokollerinin en önemli farkı kriyoprotektan maddelerin konsantrasyonlarıdır (Gardner, 2007).

Klasik Yavaş Dondurma

Genellikle embriyo ve oosit dondurmada yavaş dondurma tercih edilmektedir. Genel olarak;

- 1- Kriyoprotektan ilavesi
- 2- Dondurma alanına hücrelerin alınması
- 3- Dondurma makinesine nakil
- 4- Kristalizasyon (seeding) işlemi

- 5- Yavaş olarak soğutma
- 6- Sıvı azot içine alınması
- 7- Çözdürme ve kriyoprotektanın uzaklaştırılması

Tablo 2. Kriyoprezervasyonda dondurma-çözdürme işleminin etkileri (Yeste, 2016'ya göre oluşturulmuştur).

Plazma membran üzerine etkisi; Membran destabilizasyonu, sıvı durumda jel faza geçiş, iyon kanallarında fonksiyon kaybı oluşur, seçici geçirgenlik kaybı meydana gelir.

Sperm nükleusu üzerine etkisi; Protamin ve bazı histonların çekirdeklerindeki yer dağılımında değişiklikler meydana gelir. Protamin sistein köprülerinde hasarlar şekillenir, DNA fragmentasyonu, fertilizasyon ve erken embriyo gelişiminde rol oynayan önemli genlerde lezyonlar oluşur.

Perinükleer tekaya etkisi; Hücre iskeleti elemanlarında hasarlar, sperm çekirdeği dekonpensasyonu.

Mitokondriyal fonksiyon ve reaktif oksijen türleri (ROS) üretimine etkisi; ROS seviyesinde artış olurken, mitokondriyal seviyede düşüş meydana gelir.

Sperm vakuollerine etkisi; Sperm nükleer vakuolizasyonunda artış meydana gelir.

Sperm proteinlerinin seviyeleri, yerleri, fonksiyonları ve trozin fosforilasyonuna etkisi; Sperma protein seviyesinde artış ya da azalışlar meydana gelir. Yerleşiminde değişimler oluşur, iyon kanalları fonksiyonlarına etkileri, trozin fonksiyonunda değişiklikler şekillenir.

mRNA ve mikroRNA'lar üzerine etkisi; Fertilizasyon ve doğum başarısı ile ilgili mRNA'larda azalma, bazı mikroRNA seviyelerinde değişim meydana gelir.

Parental epigenetik düzenleme üzerine etkisi; Şimdiye kadar elde edilen verilere göre sperm kriyoprezervasyonu gen baskılama açısından güvenlidir.

Sperm hareketliliği üzerine etkisi; Sperm hareketliliğinde azalma meydana gelir.

Buz oluşumunu engellemek ve dondurma zararını azaltmak amacıyla hücreler dehidre edilmelidir (Shaw ve ark., 2000). Kriyoprotektan sulandırıcılara eklendikten sonra belli süre dengelenmeye bırakılırlar ve ekstraselüler ortam hiperozmotik olduğundan hücre su kaybetmeye başlar. Hücre dışına su çıkışı ve hücre içine kriyoprotektan girişi dengelendiğinde büzüşmesi sona erer (Fahning ve Garcia, 1992).

Dondurma makinesi kullanılarak 0°C'nin altında kontrollü buz oluşumu uyarılmaktadır. Dondurma işlemi yavaş olduğunda suyun hücre içinde donması engellenmektedir. Seeding işleminde, plazma membranının koruyucu etkisinden dolayı hücre dışı ortam daha önce donmaya başlar. Hücre içi su hücre dışına çıkarak burada donmaya başlar (Gao ve Critser, 2000; Shaw ve ark., 2000). Donma işlemi esnasında hücre içinde donmadan kalan sıvıda konsantrasyon artışı olmaktadır (Pegg, 2000). Artan elektrolit konsantrasyonu membranda destabilizasyona neden olur. Fare oositlerinde yapılan çalışmalarda intraselüler buz kristallerinin oluşumunun engellenmesinde suyun %90'ının kaybedilmesi gerektiği bildirilmiştir bu oran embriyo dondurulmasında %30'dur (Friedler ve ark., 1988).

Soğutma çok yavaş yapıldığında buz kristallerinin oluşumuna bağlı olarak eriyik konsantrasyonu artmaktadır (Gao ve Critser, 2000). Membran yapısı, hücre plazma membranının suya ve kriyoprotektana karşı ısıya bağımlı geçirgenliği ve yüzey/hacim oranı dondurulma işleminde önemli faktörlerdendir (Agca, 2000).

Ultra Hızlı Dondurma

Hızlı dondurma, kısmen dehidre edilmiş hücrelerin yaklaşık 1200-1250°C/dk hızında soğutulmuş olarak dondurulmasını ifade etmektedir (Trounson ve Sjöblom, 1988). Bu teknikte hücre zarından geçebilen ve geçemeyen kriyoprotektanlar birlikte eklenirler. Hücreler kısa bir dengeleme süresi sonrası soğutulur ve sıvı nitrojen buharında bekletildikten sonra tanka alınmaktadır. Bu yöntem klasik dondurma ve vitrifikasyona kıyasla daha düşük canlılık oranına sahiptir (Trounson, 1990).

Vitrifikasyon

Vitrifikasyon ekonomik ve pratik bir yöntemdir. Embriyo dondurma süresi ve dondurma esnasında buz kristali miktarının az olması, yüksek başarı nedeniyle tercih edilmektedir. Vitrifikasyon, buz kristali oluşmaksızın bir sıvının aşırı soğuma sonucu yoğunluk artışına bağlı cam benzeri hal almasıdır. Bu işlemde yüksek konsantrasyonlarda kriyoprotektan, yüksek soğutma ve ısıtma oranları uygulanarak hücre içi ve dışının eş zamanlı soğuması gerçekleşir (Sutton, 1991; Vajta, 2000). Bu teknikte +15 ile -5 °C arasındaki ısılar çok hızlı olarak geçilmektedir (Vajta, 2000).

Vitrifikasyonda ihtiyaç duyulan katkı maddelerinin yüksek konsantrasyonları potansiyel sitotoksik etkilidir (Kasai, 1996).

Yukarıda sayılan yöntemler dışında sıvı azotsuz -130°C altında buzdolapları ve dondurucularda saklanma yöntemi uygulanmakta, hücre kayıplarının çok önemli olmadığı bazı memeli hücre kültürlerinde ve mikrobik süspansiyonlarda kullanılabilir (Özkavukçu ve Erdemli, 2002).

Liyofilizasyon

Liyofilizasyon (dondurarak kurutma) yöntemi, biyolojik materyalin dondurulup, düşük basınç altında buzun sıvı hale geçmeden uzaklaşması ile su miktarının herhangi bir metabolik reaksiyonu desteklemeyecek seviyeye kadar azaltılması olarak tanımlanmaktadır. Liyofilize örnekler oda sıcaklığında veya +4°C'de daha az maliyetle muhafaza edilmekte ve taşınması mümkün olmaktadır (Krokida ve ark., 1998; Yöney, 2005). Günümüzde bu metot özellikle gıda

ve ilaç endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Spermatozoon liyofilizasyonunda, Wakayama ve Yanagimachi (1998) yaptıkları çalışmada, liyofilize fare spermatozoonlarının hareketsiz, ölü olduklarını fakat DNA'larının bozulmadığını fark etmişler ve intra-sitoplazmik spermatozoon enjeksiyonu yöntemiyle fertilizasyon sonrasında yavru alınabileceğini göstermişlerdir. Liyofilizasyon sulandırıcısı olarak, fetal sıgır serumu, monosakkarit veya disakkaritler, L-glutamin, sodyum pürivat, EDTA, esansiyel ve esansiyel olmayan amino asitler ve antibiyotikler gibi çeşitli tampon, besin ve koruyucu madde bileşiklerinin eklendiği ticari kültür sulandırıcıları (TCM-199, DMEM, TRIS) kullanılabilir.

Genel olarak bu işlemden önce dondurma, esas kurutma ve son kurutma işlem basamakları bulunmaktadır. Dondurulmuş sperma örnekleri -30°C - -80°C 'de liyofilizatör içerisine yerleştirilerek esas kurutma işlemine geçilir. Kademeli olarak sıcaklık artışı ve basıncın düşürülmesi ile spermadaki suyun yaklaşık %90'ı sıvı süblimasyona uğrayarak uzaklaştırılmaktadır. Liyofilize sperma vakumlu tüplerde muhafaza edilmektedir, oda sıcaklığında veya $+4^{\circ}\text{C}$ 'de saklanabileceği gibi daha uzun süre muhafaza için -20°C 'de veya -80°C 'de saklanabilir (Kawase ve ark., 2005; Arav ve Saragusty, 2016).

Çözdürme Sonrası Spema Kalitesinin Değerlendirilmesi

Spermanın dondurulması ve çözündürülmesi sırasında sıcaklık ve osmotik değişimler, membran hasarlarına sebep olarak viabilite ve fertilizasyon yeteneği azalmaktadır (Correa ve Zavos, 1995; Coorea ve ark., 1997; Yavaca ve ark., 1999; Zeng ve Terada, 2001). Boğa spermasının çözündürülmesi işlemi su banyosu içerisinde $33-35^{\circ}\text{C}$ de 30-40 saniye süreli yapılmaktadır (De Jarnette ve ark., 2000; De Jarnette ve Marshall, 2005). 0,25'lik payette dondurulan boğa spermasının 37°C de 30 saniyede çözündürülmesinin uygun olduğu bildirilmiştir (Underwood ve ark., 2010).

Hayvansal üretimde sperma kalitesinin fertilité ile ilişkisi büyük önem taşımaktadır. Sperma kalitesinin belirlenmesinde çeşitli testler uygulanmaktadır (Clement ve ark., 2001). Çözdürme sonrası çekirdek, akrozom, kuyruk, mitokondri ve plazma membranı değerlendirmeye gerek duyulan en önemli bölgelerdir (Graham ve Moce, 2005). Plazma membran bütünlüğünün değerlendirilmesinde oldukça çeşitli laboratuvar prosedürleri bulunmaktadır. Eozin boyama, hipoozmotik şişme testi (HOST) membran bütünlüğünün değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır (Davies-Morel, 1999). Rutin spermatolojik testlerin yanında DNA kalitesi, enzimatik aktivite, ozmotik stres ve inkübasyon testleri, arttırılmış akrozom reaksiyon oranı, mukus veya jel penetrasyon testi, hamster oosit

penetrasyon testi ve heterospermik tohumlama testleri de kullanılmaktadır (Foote, 2001). Fonksiyonel bölgelerin aktivitelerinin değerlendirilmesinde floresan boyalar ile mitokondriyal - akrozomal boyaların kombinasyonları tercih edilebilmektedir (Kavak ve ark., 2003). CASA (computer asisted semen analyzer) sistemi sperma kalitesi yönünden detaylı bilgi vermektedir (Garner ve ark., 1994). DNA hasarlarının tespiti ile erken embriyonik ölümlerin tespit edilmesi kolaylaşabilmektedir. Biyokimyasal bazı belirteçler ile spermatozoon fonksiyonlarının ve DNA hasarının belirlenmesine yönelik çalışmalar da yapılmıştır (Evenson ve ark., 1995).

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

- Agca Y., 2000. Cryopreservation of oocyte and ovarian tissue. *Ilar*, 41(4): 207-220,
- Alberts B, Johnson A, Lewis, J, Raff M, Roberts, K, Walter P., 2008. Hücrenin moleküler biyolojisi. TÜBA yayınları, Çev. Ankara: Garland Science.
- Alvarenga MA, Alvarenga FC, Moreira RM, Cesarino MM., 2000. Acrozomal ultrastructure of stallion spermatozoa cryopreserved with ethylene glycol using two packing systems. *Equine Vet J*, 32: 541-545.
- Amann R, 1999. Cryopreservation of sperm In: Knobil E, Neill JD (eds) *Encyclopedia of Reproduction*.
- An TZ, Iwakiri M, Edashige K, Takashi M., 2000. Factors affecting the survival of frozen mouse spermatozoa. *Cryobiology*, 40: 237-249.
- Arav A, Hehu D, Mattioli M., 1993. Osmotic and cytotoxic study of vitrification of immature bovine oocytes. *J Reprod Fertil*, 99: 353-358.
- Arav A, Saragusty J., 2016. Directional freezing of sperm and associated derived technologies. *Animal Reproduction Science*, 169: 6–13.
- Askari HA, Check JH, Peymer N, Bollendorf A., 1994. Effect of natural antioxydants tocopherol and ascorbic acids in maintenance of sperm activity during freez thaw process. *Arch Androl*, 33: 11-15.

Aydiner F., 2008. Sperm kriyoprezervasyonu sonrasında apoptozun değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Bailey JL, Bilodeau JF, Cormier N., 2000. Semen cryopreservation in domestic animals: Acrosome and capacitation phenomenon. *J. Androl*, 21: 1-7.

Brezina PR., 2018. Fertility preservation for social and oncofertility indications. *Minerva Endocrinol*, 43: 69-79.

Bunge RG, Keettel WC, Sherman JK, 1954. Clinical use of frozen semen; report of four cases. *Fertil Steril*, 5: 520-9.

Cabria E, Anel L, Herraez MP., 2001. Effect of external cryoprotectants as membrane stabilizers on cryopreserved rainbow trout sperm. *Theriogenology*, 52: 623-635.

Clement F, Ladonnet Y, Magistrini M., 2001. Sperm morphology and fertility. *Animal Reprod.*, 68: 362-363.

Correa JR, Pace MM, Zavos PM., 1997. Relationships among frozen-thawed sperm characteristics assessed via the routine semen analysis, sperm functional tests and fertility of bulls in an artificial insemination program. *Theriogenology*. 48: 721-731

Correa JR, Zavos PM., 1995. Frozen-thawed bovine spermatozoa diluted by slow or rapid dilution method: measurements on occurrence of osmotic shock and sperm viability. *Theriogenology*. 44: 963-971.

Davies-Morel MCG., 1999. Equine artificial insemination. p: 416. CAB International, Wallingford, UK.

De Lamirande E, Jiang H, Zini A, Kodama H, 1997. Reactive oxygen species and sperm physiology”, *Rev Reprod*, 2(1): 48-54.

DeJarnette JM, Barnes DA, Marshall CE., 2000. Effects of pre-and post-thaw thermal insults on viability characteristics of cryopreserved bovine semen. *Theriogenology*, 53(6): 1225-1238.

DeJarnette JM, Marshall CE., 2005. Straw-thawing method interacts with sire and extender to influence sperm motility and conception rates of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 88(11): 3868-3875.

Delilbaşı L., 2008. A'dan Z'ye tüp bebek laboratuvar. İstanbul, Veri Medikal Yayıncılık, 229-258.

Edashige K, Yamaji Y, Kleinhans FW, Kasai M., 2003. Artificial expression of aquaporin-3 improves the survival of mouse oocytes after cryopreservation. *Biol. Reprod*, 68: 87-94.

Elder K, Dale B., 2014. İn-vitro fertilizasyon. T. İrez, Çev. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri.

Evenson DP, Sailer BL, Jost LK., 1995. Relationship between stallion sperm deoxyribonucleic acid (DNA) susceptibility to denaturation in situ and presence of DNA strand breaks: implications for fertility and embryo viability. *Biol. Reprod. Mono*, 6: 655-659.

Fahning ML, Garcia MA., 1992. Status of cryopreservation of embryos from domestic animals. *Cryobiology*, 29: 1-8.

Foote RH., 2001. The history of artificial insemination: Selected notes and notables. *Journal of Animal Sci*, Volume 80, Electronic Supplement 2. Per-reviewed papers from the ASAS National Meeting.

Friedler S, Gıudıce IC, Lamb EJ., 1988. Cryopreservation of embryos and ova. *Fertil. Steril*, 49(5): 743-764.

Gao D, Critser JK., 2000. Mechanisms of cryoinjury in living cells. *Ilar*, 41(4): 187-196.

Gardner DK., 2007. In vitro fertilization- a practical approach. Informa healthcare [İn Vitro Fertilizasyon- Pratik Yaklaşım, Sağlık]. New York, London.

Garner DL, Thomas CA, Gravance CG., 1994. The effect of glycerol on the viability, mitochondrial function and acrosomal integrity of bovine spermatozoa. *Reproduction Domestic Animals*, 34: 399-404.

Graham JK, Moce E., 2005. Fertility evaluation of frozen/thawed semen. *Theriogenology*, 64: 492-504.

Hafez E., 1993. *Reproduction in farm animals*. '6th edition, Philadelphia, 330-343, 405-423.

Holt WT., 2000. Basic aspects of frozen storage of semen. *Anim Reprod Sci*, 62: 3-22.

İleri IK, AK , Pabuççuoğlu S, Birlir S., 2000. Reprodüksiyon ve suni tohumlama, *Ders Notu*, 59, p: 75-90, İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayını, İstanbul.

Kadıoğlu A., 2011. *Who Laboratuvar El Kitabı '5. Basım'*, İstanbul, Nobel Yayıncılık, 169-176.

Kasai M., 1996. Simple and efficient methods for vitrification of mammalian embryos. *Anim Reprod Sci*, 42: 67-75.

Kavak A, Johannisson A, Lundeheim N, Rodriguez-Martinez H, Aydın M., 2003. Evaluation of cryopreserved stallion semen from Tori and Estonian breeds using CASA and flow cytometry. *Anim. Reprod. Sci*, 76: 205-216.

Kawase Y, Araya H, Kamada N, Jishage K, Suzuki H., 2005. Possibility of long-term preservation of freeze-dried mouse spermatozoa. *Biology of Reproduction*, 72(3): 568-573.

Krokida MK, Karathanos VT, Maroulis ZB., 1998. Effect of freeze-drying conditions on shrinkage and porosity of de-hydrated agricultural products. *Journal of Food Engineering*, 35(4): 369-380.

Leeuw FED, Leeuw AMD, Daas JHG, Colenbrander BV., 1993. Effects of various cryoprotective agents and membrane-stabilizing compounds on bull sperm membrane integrity after cooling and freezing. *Cryobiology*, 30: 32-44.

Massip A., 2001. Cryopreservation of embryos of farm animal. *Reprod Dom Anim*, 36: 49-55.

Mcgann LE., 1999. Differing action of penetrating and nonpenetrating agents. *Cryobiology*, 15: 382-390.

Oehninger S, Duru NK, Srisombut C, Morshedi M., 2000. Assessment of sperm cryodamage and strategies to improve outcome. *Mol Cell Endocrinol*, 169: 3-10.

Özkavukçu S, Erdemli E., 2002. Cryopreservation: Basic knowledge and biophysical effects. *Journal of Ankara Medical School*, 24(4): 187-196.

Özkoca A., 1984. Çiftlik hayvanlarında reproduksiyon ve sun'i tohumlama. İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Palasz AT, Mapletopt RJ., 1996. Cryopreservation of mammalian embryos and oocytes: recent advances. *Biotechnol Adv*, 14: 127-149.

Panyaboriban S, Suwimonteerabutr J, Phutikanit N, Swangchan-Uthai T, Tharasanit T, Techakumphu M., 2015. Effect of various combinations of sugar supplementation in the extender on frozen-thawed ram semen quality and fertility. *The Thai Journal of Veterinary Medicine*, 45(2): 229.

Paoli D, Lombardo F, Lenzi A, Gandini L., 2014. Sperm cryopreservation: Effects on chromatin structure. In *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 20(1): 5-13.

Pegg DE., 2000. The history and principles of cryopreservation. *Semin. Reprod. Med*, 20(1): 5-13.

Polge C, Smith AU, Parkes AS., 1949. Revival of spermatozoa after vitrification and dehydration at low temperatures. *Nature*, 164(4172): 666.

Rudolph AS, Crowe JH, 1985. Membrane stabilization during: the role of two natural cryoprotectants, trehalose and proline. *Cryobiology*, 22: 367-377.

Sanger WG, Olson JH, Sherman JK., 1992. Semen cryobanking for men with cancer-criteria change. *Fertil Steril*. 58(5): 1024-1027.

Schroeder AC, Champlin AK, Mobraaten LE, Eppig JJ., 1990. Developmental capacity of mouse oocytes cryopreserved before and after maturation in vitro. *J Reprod Fert*, 89: 43-50.

Shaw JM, Oranratnachai A, Trounson AO., 2000. Fundamental cryobiology of mammalian oocytes and ovarian tissue. *Theriogenology*, 53: 59-72.

Sutton RL., 1991. Critical cooling rates to avoid ice crystallization in aqueous cryoprotectant solutions containing polymers. *J. Chem. Soc. Faraday trans*, 87(23): 3747-3751.

Şaylan A., 2011. Kadın gamet hücresinde optimal vitrifikasyon araştırması, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.

Thibier M, Guerin B., 2000. Hygienic aspects of storage and use of semen for animal insemination. *Anim Reprod Sci*, 62: 233-251.

Trounson A, Sjöblom P., 1988. Cleavage and development of human embryos in vitro after ultrarapid freezing and thawing. *Fertility and Sterility*, 50(2): 373-376.

Trounson AO., 1990. Cryopreservation. *Br. Med. Bull*, 46(3): 695-708.

Tsutsui T, Hase M, Hori T, Ito T., 2000. Effects of orvus es paste on canine spermatozoal longevity after freezing and thawing. *Vet Med Sci*, 62: 533-535.

Underwood SL, Bathgate R, Pereira DC, Castro A, Thomson PC, Maxwell WMC, Evans G., 2010. Embryo production after in vitro fertilization with frozen-thawed, sex-sorted, re-frozen-thawed bull sperm. *Theriogenology*, 73(1): 97-102.

Vajta G., 2000. Vitrification of the oocytes and embryos of domestic animals. *Anim. Reprod. Sci*, 621: 357-364.

Verheyen G., 2010. Outcomes, safety and effectiveness for cryopreservation of ejaculated, testicular and epididymal sperm. ALPHA Conference Budapest 30th April-2nd May.

Wakayama T, Yanagimachi R., 1998. Development of normal mice from oocytes injected with freeze-dried spermatozoa. *Nature Biotechnology*, 16(7): 639-641.

Walters EM, Benson JD, Woods EJ, Critser JK., 2009. Sperm banking: Theory and practice. The history of sperm cryopreservation. Cambridge University Press. Edited by Pacey AA. and Tomlinson M., 1-10.

Whoelders H., 1997. Fundamentals and recent development in cryopreservation of bull and boar semen. *Veterinary Quarterly*, 19: 135-138.

Woods EJ, Gilmore JA, Liu J., 2000. Cryoprotective agent and temperature effects on human sperm membrane permeabilities: convergence of theoretical and empirical approaches for optimal cryopreservation methods. *Hum Reprod*, 15: 335-343.

Yavasca I, Ak K, Ileri IK., 1999. Einwirkungen verschiedener umgebungsterperaturen und besamungszeiten auf die fertilität der nach paillettenverfahren tiefgefrorenen und aufgetauten bullenspermien (in German). *J Fac Vet Med Istanbul Univ*. 25: 215-223.

Yeste M., 2016. Sperm cryopreservation update: cryodamage, markers, and factors affecting the sperm freezability in pigs. *Theriogenology*, 85(1): 47-64.

Yöney T., 2005. Gıdaları dondurarak kurutup saklamak nasıl çalışır? *Bilim Teknik Dergisi*, 12: 101.

Zeng WX, Terada T., 2001. Protection of boar spermatozoa from cold shock damage by 2hydroxypropyl-beta-cyclodextrin. *Theriogenology*, 55: 615-627.

Doğa ile Teknoloji Arasındaki Mükemmel Uyum: Biyosentez Yolu ile Nanopartikül Üretimi

Şükran YILDIZ¹, Ayşegül YAVUZ², Dilek TEKDAL^{3*}

¹Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji ABD, Mersin

²Bahçeşehir Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, İstanbul

³Mersin Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoteknoloji Bölümü, Mersin

¹<https://orcid.org/0000-0001-7896-4748>

²<https://orcid.org/0009-0001-7295-8897>

³<https://orcid.org/0000-0002-4545-9005>

*Sorumlu yazar: dilektekdal@mersin.edu.tr

Derleme

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 08.02.2024

Kabul tarihi: 16.05.2024

Online Yayınlanma: 10.06.2024

Anahtar Kelimeler:

Biyosentez

Bitki

Biyolojik atıklar

Nanopartikül

Mikroorganizma

ÖZ

Nanopartiküller çevresel uygulamalarda, biyomedikal ve tıp alanında sıkça kullanılan 1-100 nanometre boyutunda bulunan materyallerdir. Bu nanomalzemeler çeşitli büyüklük ve şekillerde fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak sentezlenebilmektedirler. Fiziksel ve kimyasal olarak sentezlenen nanopartiküller, doğaya ve canlı organizmalara karşı oldukça zararlıdır ve toksik etki göstermektedirler. Toksik kimyasalların kullanımını azaltmak amacıyla biyolojik sentez yoluyla bitki ve mikroorganizma tabanlı nanopartiküllerin sentezindeki araştırmalar oldukça önemlidir. Biyosentez aşamasında kullanılan biyolojik materyalden elde edilen nanopartiküllerin özellikleri ve stabilitesi, kullanılan organizma veya koşullara bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Biyolojik materyaller kullanılarak yeşil sentez yoluyla nanopartiküllerin sentezi sentetik olarak elde edilen nanopartiküllerin sentezinden genel olarak daha güvenlidir. Ayrıca, bitki atıklarının kullanılarak sentez yapılması ticari olarak büyük avantaj sağlamaktadır. Sunulan bu derleme çalışmasında yeşil sentezin prensibi, uygulama alanları, yapılan çalışmalar, avantaj ve dezavantajları detaylandırılmaktadır.

Perfect Harmony Between Nature and Technology: Nanoparticle Production via Biosynthesis

Reviews

Article History:

Received: 08.02.2024

Accepted: 16.05.2024

Available online: 10.06.2024

Keywords:

Biosynthesis

Plant

Biowaste

Nanoparticle

Microorganism

ABSTRACT

Nanoparticles, ranging from 1 to 100 nanometers, are materials frequently utilized in environmental applications, biomedicine, and medicine. These particles can be synthesized in various sizes and shapes through physical, chemical, and biological means. However, nanoparticle synthesis through physical and chemical methods tends to be highly harmful and toxic to nature and living organisms. Research into plant and microorganism-based nanoparticle synthesis via biological routes has gained significant importance in reducing the usage of toxic chemicals. The properties and stability of nanoparticles obtained from biological materials during biosynthesis can vary depending on the organism or conditions employed. The synthesis of nanoparticles through biological materials, known as green synthesis, is generally safer than synthetically produced nanoparticles. Moreover, utilizing plant waste for synthesis provides significant commercial advantages. This review presents the principles of

To Cite: Yıldız Ş, Yavuz A, Tekdal D., 2024. Doğa ile teknoloji arasındaki mükemmel uyum: Biyosentez yolu ile nanopartikül üretimi. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(2): 521-540.

Giriş

21. yüzyılda bilimsel yenilik olarak gelişen nanoteknoloji, maddeyi atomik veya moleküler ölçekte manipüle etme bilim dalını ele almaktadır. Boyutu 100 nm'den küçük olan malzemelerin buluşunu, işlenmesini ve kullanımını içeren disiplinler arası bir alandır. Maddeyi moleküler düzeyde yönetmekle ilgilenmektedir ve geniş bir uygulama alanına hitap etmektedir (Mansoori, 2005). Nanoteknoloji, optik, elektronik, biyomedikal bilim, mekanik, ilaç-gen taşınması, kimya endüstrisi, optoelektronik cihazlar, uzay endüstrileri, enerji bilimi ve foto elektrokimyasal uygulamalar alanlarında nano ölçekli yapılar (nanopartiküller) aracılığıyla birçok önemli teknolojide kritik bir rol oynamaktadır (Singh ve ark., 2019a). Ayrıca nanopartiküller, geniş yüzey/hacim oranları ve son derece küçük boyutları (nm cinsinden) nedeniyle oldukça ilgi çeken maddelerdir (Ray, 2010; Bakand ve ark., 2012).

Nanopartiküller fiziksel, kimyasal ve biyolojik yollardan üretilen parçacıklardır. Fiziksel yöntemler ile nanopartiküllerin sentezinde sık kullanılan yöntemler şöyledir: lazer ablasyon (Mafuné ve ark., 2001), inert gaz yoğunlaşması (Benelmekki ve ark., 2015), elektrik ark deşarjı (Tseng ve ark., 2016) ve radyofrekans (RF) plazma yöntemidir (Hiragino ve ark., 2016). Bu fiziksel yöntemler, termal kararlılığa ulaşabilmesi için çok zaman gerektirmektedir. Ayrıca kaynak, malzemenin etrafındaki ortam sıcaklığını yükseltirken çok fazla enerji tüketir ve tüp fırınlarda geniş alanlar kaplamaktadır (Kawasaki ve Nishimura, 2006). Bu nedenle fiziksel yöntemler ile sentez yolu nanopartiküllerin üretimi için uygun değildir. Nanopartiküllerin kimyasal yöntemler ile sentezinin en büyük dezavantajı ise, sodyum borohidrit, sodyum sitrat gibi sert indirgeyici ajanların ve organik çözücülerin kullanılmasıdır (Tarasenko ve ark., 2006). Bu kimyasal reaktifler çevresel sorunlara ve toksisiteye sebep olmaktadır (Pal ve ark., 2007). Fiziksel ve kimyasal yollarla sentezleme sırasında karşılaşılan olumsuzluklar nedeniyle bu yöntemlerin yerine biyolojik sentez yolları tercih edilmektedir.

Nanoteknoloji ve yeşil kimya alanlarının ortak çalışmaları ile bitkiler veya mikroorganizmalar kullanılarak biyolojik yollarla doğa dostu nanopartiküller üretilmektedir (Lateef ve ark., 2016). Yeşil/biyolojik sentez yöntemi ile nanopartiküllerin daha çevre dostu, basit ve uygun maliyetler ile üretilmesi sağlanmaktadır. Ölçülebilirlik, biyo-uyumluluk ve

nanopartiküllerin indirgeyici ajan olarak evrensel çözügen (su) aracılığıyla sentezi, biyolojik materyaller ile nanopartikül sentezinin avantajlarından biridir. Yeşil sentez, partiküllerin sentezi için bitkileri ve mikroorganizmaları kullanmaktadır. Bitki destekli yeşil sentez için bitkinin kök, meyve, gövde, tohum ve yaprak gibi farklı dokuları kullanılarak nanopartiküller sentezlenmektedir. Bitki kullanılarak nanopartiküllerin sentezinin kesin mekanizması henüz açıklığa kavuşturulmamıştır. Fakat farklı tipte nanopartiküllerin sentezinden organik asit, protein, vitaminler, alkaloidler, flavonoidler, terpenoidler, polisakkaritler ve heterosiklik bileşikler gibi ikincil metabolitlerin sorumlu olduğu gösterilmiştir. Yeşil sentezde kullanılan diğer organizma grubu olan mikroorganizmalar, çevre dostu, toksik ve sert kimyasallardan uzak, düşük maliyet için etkin bir araç ve geniş potansiyele sahip nano fabrikalar olarak kabul edilmektedir. Son yıllarda nanopartiküllerin sentezi için maya, bakteri ve mantar gibi çeşitli mikroorganizmalar kullanılmaktadır. Mikroorganizmalardan nanopartiküllerin sentezinde proteinler, indirgeyici kofaktörler, metal dirençli genler, enzim ve organik materyaller önemli rol oynamaktadır (Ijaz ve ark., 2020).

Biyosentez

Hızlı sanayileşme, kentleşme ve nüfus artışı, dünya atmosferinin bozulmasına ve çok miktarda tehlikeli ve istenmeyen maddelerin açığa çıkmasına sebep olmaktadır. Bu süreçte nanopartiküllerin sentez süreçlerinde ilerlemelere yol açan, doğada var olan doğal ürünleri keşfetmenin ve kullanmanın tam zamanıdır. Ayrıca, nanopartiküller insanlarla temas eden alanlarda yaygın olarak kullanıldığından toksik kimyasallar kullanılmadan elde edilen nanopartiküllerin geliştirilmesine yönelik artan bir ihtiyaç vardır. Bundan dolayı, nanopartiküllerin yeşil/biyolojik sentez yolu ile elde edilmesi, fiziksel ve kimyasal yöntemlere olası bir alternatiftir (Hussain ve ark., 2016).

Fiziksel ve kimyasal yaklaşımlar ile nanopartiküllerin sentezi, toksik metabolitleri nedeniyle çevre üzerinde çeşitli streslere neden olmaktadır. Nanopartiküller yeşil sentez yolu ile zahmetsizce sentezlenebilir. Ayrıca, mali açıdan bu tekniğin kullanılması daha akıllıcadır. Bitki bazlı sentezde bitki ekstraktı ile metal tuz sentezlenir ve oda sıcaklığında dakikalar veya birkaç gün içinde sentez işlemi tamamlanmış olur. Bu sentez son on yılda özellikle diğer metalik nanopartiküller ile karşılaştırıldığında daha güvenli olan gümüş (Ag) ve altın (Au) nanopartiküller için daha fazla ilgi görmüştür. Metalik nanopartiküllerin kullanılması insan sağlığına ve çevreye zarar vermekte olup partikül reaktivitesini ve toksisitesini arttırabilir ve böylece sağlık üzerinde istenmeyen olumsuz etkilere neden olabilmektedir (Hussain ve ark., 2016). Yeşil sentez tekniği, sentetik nanopartiküllerden

dolayı oluşabilecek toksisiteyi azaltma potansiyeline sahip olduğundan dolayı önemli ölçüde ilgi çekici konumdadır (Baruwati ve ark., 2009).

Doğal veya sentetik yollarla nano ölçekte benzersiz özellikler sergileyebilen nanopartiküllerin sentezinde, farklı hazırlama yöntemleri içeren ve eski zamanlardan beri bilinen iki temel yaklaşım kullanılmaktadır. İlk yaklaşım, katı maddelerin dış kuvvet uygulanarak küçük parçalara ayrılmasını gerektiren ‘yukarıdan aşağıya (top-down approach)’ yöntemidir. Bu yaklaşımda nanopartikülün meydana gelmesi için gerekli enerjiyi sağlamak amacıyla birçok fiziksel, kimyasal ve termal teknik kullanılmaktadır (Nadaroglu ve ark., 2017). Bir diğer yaklaşım ise "aşağıdan yukarıya (bottom up approach)’ yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda atomların veya moleküllerin bir nanoyapı oluşturmak için temel yapı birimleri olarak kullanıldığı eklemeli bir yöntemdir. Bu yaklaşımı içeren tekniklerden bazıları şöyledir; sol-jel tekniği, kimyasal buhar biriktirme, plazma püskürtme, mikro emülsiyon tekniği ve lazer ablasyon tekniği. Ayrıca, kimyasal sentez yöntemi de bu yaklaşımı içermektedir (Ashik ve ark., 2018; Satyanarayana, 2018).

Atıklardan Nanopartikül Sentezleme

Sürdürülebilir nanoteknoloji alanında çalışma yapan araştırmacılar, doğada çözünebilen atıklardan nanomateryal üretimini olanaklı hale getirmişlerdir (Aswathi ve ark., 2022). Yeşil sentez diğer bir adıyla biyosentez, biyoçözünür atıklardan yararlanmanın kolay ulaşılabilir, ucuz ve sürdürülebilir bir yoldur. Ayrıca, farklı kimyasal kombinasyonlarla istenilen nanopartikül elde edilebilmektedir (Siwal ve ark., 2021). Sentezlenen bu yeşil nanopartiküllerden birçok alanda faydalanılmaktadır. Örneğin; sağlık, biyo-görüntüleme, su arıtımı, enerji transformasyonu ve depolama, çevre kirliliği denetimi, akıllı paketleme teknolojisi, hassas tarım ve gıda bileşenlerinin kontrollü dağıtımı, membran teknolojisi, ilaç dağıtımı ve teşhis, kemik ve doku mühendisliği gibi alanlar nanopartikül teknolojisinde gelişmelerin görüldüğü alanlardır (Devatha ve ark., 2016; Khatami ve ark., 2018; Chen ve ark., 2021).

Çevresel biyolojik atıklar ile nanopartikül sentezlenmesi ile ilgili araştırmalar son yıllarda oldukça artmaktadır. Örneğin, kurumuş çim atıkları kullanılarak yapılan bir çalışmada gümüş nanopartikülleri elde edilmiştir. Çim atıklarından elde edilen gümüş nanopartiküllerinin ortalama boyutunun 15 nm olduğu gözlemlenmiştir ve bu partiküllerin antikanser, antifungal ve antibakteriyel özelliklere sahip olduğu yapılan laboratuvar çalışmalarında gözlemlenmiştir (Khatami ve ark., 2018). Bir başka çalışmada, üstün floresans özelliğe sahip olan karbon nanodotlar, endüstriyel atık sularda bulunan Reactive

Red 2 (RR2)'den elde edilmiştir. Boyutları ortalama 2,43 nm olan karbon nanodotlar, hücre kültürü ve model organizma olan zebra balığını görüntülemeye başarılı olmuştur ve biyo-görüntülemedeki işlevselliği bu şekilde kanıtlamıştır (Chen ve ark., 2021). *Mangifera indica* L., *Murraya Koenigii* (L.) Spreng, *Azadiracta indica* A. Juss ve *Magnolia champaca* (L.) Baill. Ex. Pierre yaprak ekstratları kullanılarak yapılan araştırmada, sentezlenen demir nanopartiküller evsel atık sularının arıtımında kullanılmıştır. Demir nanopartiküllerinin; eşzamanlı olarak toplam fosfat, amonyak azotu ve kimyasal oksijen ihtiyacını indirdiği gözlenmiştir. Biyolojik atıkların geri dönüştürülmesi, çevre dostu ve toksik özellik göstermeyen nanopartiküllerin elde edilebilmesi için bu alanda yapılan araştırmalar gün geçtikçe artmaktadır. Ayrıca nanopartiküllerin kullanım alanlarının geniş olması ve istenilen amaç doğrultusunda modifiye edilebilmeleri bu parçacıkları popüler hale getirmektedir. Atıklardan elde edilen nanopartiküllerin insanlığa birçok katkı sunmasıyla birlikte, sürdürülebilir bir çevrenin de önünü açmaktadır.

Biyosentezin Avantajları

Biyosentezin kimyasal ve fiziksel yöntemlere kıyasla birçok avantajı bulunmaktadır. Biyosentez yolu ile sentezlenen nanopartiküller toksik değildir (Devi ve ark., 2019), kirlilik içermezler (Alsammarraie ve ark., 2018), çevre dostudurlar ve ekonomiktirler (Kataria ve Garg, 2018) ve ayrıca daha sürdürülebilirlerdir (Nasrollahzadeh ve Sajadi, 2016). Yeşil sentezin başarısı, kullanılan çözügen ortamının, çevre dostu indirgeyici maddenin ve toksik olmayan stabilizasyon malzemesinin seçimine bağlıdır. Sentetik yöntemlerin (fiziksel ve kimyasal) çoğunluğu, kapatma maddelerinin hidrofobikliği nedeniyle büyük ölçüde organik çözücülere bağlıdır (Raveendran ve ark., 2003). Bununla birlikte, yeşil sentezde indirgeyici ve stabilizasyon ajanları genellikle biyo-ekstreler içerisinde mevcuttur (Inbakandan ve ark., 2010).

Nanopartiküllerin sentezi için bakteri, mantar ve maya gibi çeşitli mikroorganizmalar nanofabrika olarak kullanılmış olsa da nanopartiküllerin üretimi için bitki ekstraktlarının kullanımı hızlı, ekonomik ve çevre dostu prosedür nedeniyle dikkat çekmektedir. Bu süreç biyosentez için tek adımlı bir yöntem sağlar ve indirgeme sürecine yardımcı olabilecek geniş bir metabolit yelpazesine sahiptir (Lengke ve ark., 2007; Nanda ve Saravanan, 2009). Şu anda pek çok bitkinin biyosentez yolu ile nanopartikül sentezi için uygunluğu araştırılmaktadır. *Brassica juncea* (L.) Czern. (Hint hardalı), *Medicago sativa* L. (yonca) ve *Heliantus annuus* L. (ayçiçeği) gibi bitkiler, altın (2-20 nm), gümüş, nikel, kobalt, çinko ve bakır nanopartiküllerinin sentezi için kullanılmıştır (Lengke ve ark., 2007). *Brassica*

juncea gibi bazı bitkiler, daha yüksek derişimlerde metal biriktirebildikleri ve daha sonra onları nanopartiküller olarak özümseyebildikleri için hiperakümülatör görevi görmektedir (Cunningham, 1993). Çeşitli organizmalardan biyosentez yolu ile sentezlenen benzersiz yapıdaki nanoparçacıklar farklı alanlarda kullanımları denenmektedir. Örneğin, yeşil sentez yolu ile sentezlenen NiO nanoparçacıkları, antibakteriyel, antioksidan, antikanser ve antiinflamatuvar özellikler göstererek onları biyomedikal uygulamalar için umut verici malzemeler haline getirmiştir (Abbasi ve ark., 2019; Iqbal ve ark., 2019; Ramalingam ve ark., 2019). Ayrıca, NiO nanopartiküllerinin birçok mantar türüne karşı fungisidal aktivite gösterdiği bulunmuştur (Iqbal ve ark., 2019). Yapılan birkaç çalışmada ve HT-29, MCF-7, HepG2, A549 ve Hela kanser hücre dizilerine yönelik sitotoksikite çalışmaları da dahil olmak üzere yeşil sentezlenmiş NiO nanopartiküllerinin anti-kanser aktivitelerinin olduğu gözlenmiştir (Ezhilarasi ve ark., 2016; Karthik ve ark., 2018; Lingaraju ve ark., 2020).

Biyosentezin Dezavantajları

Elde edilen yeni teknolojilerin ortaya çıkışı, tarımsal alanda nanomateryallerin sentezi ve kullanımının önemli ölçüde ilerlemesine yol açmıştır. Nanopartikül kullanımının bitki hücrelerinde uygulama, emilim ve içselleştirme şekliyle ilgili belirsizlikler ve hedef organizmalardaki penetrasyon mekanizmaları ve ilişkili risklerin gözlenmesi gibi dezavantajları mevcuttur. Nanopartiküllerin birikmesi genellikle terlemeyi ve fotosentez hızını azaltarak, hücresel bütünlüğü ve hücre altı organelleri bozarak ve bitkinin büyümesini etkileyerek bitkinin fizyolojik sürecini değiştirir. Çoğu durumda kuantum verimi, fotosistemi ve terleme oranını azaltmıştır. Çeşitli çalışmalar, nanopartiküllerin çimlenme, kök ve sürgün oranını azaltarak mahsuller üzerindeki etkisini göstermiştir (Mitra ve ark., 2023). Fakat tarımda nanopartikül uygulamaları doza bağlı olarak değişmektedir. Tarlaya uygulama yapılmadan önce mahsul üzerinde pilot ölçekli çalışmalar yapılmalı ve nanopartiküllerin uygulanacağı en iyi derişim miktarı belirlenmelidir. Yüksek derişimde nanopartikül uygulamaları bitkiler için toksik olabilmektedir.

Nanoteknoloji, yaşam standartlarımızı yükseltmiştir; fakat bununla beraber su ve hava kirliliğine de sebep olabilmektedir. Örneğin, Vicario-Pares ve ark. (2014), zebra balığı embriyosuna karşı CuO (bakır oksit nanopartikülleri), ZnO ve TiO₂ nanopartiküllerinin toksisite çalışmasını gerçekleştirmişlerdir (Vicario-Parés ve ark., 2014). ZnO NP'lerin, en yüksek toksisiteye sahip olan çinkonun iyonik formundan daha az toksik olduğu bulunmuştur (Vicario-Parés ve ark., 2014). Zhu ve ark. (2008), ZnO NP toksisitesinin doza bağlı olduğunu belirlemişlerdir (Zhu ve ark., 2008). Doksan gün boyunca yapılan bir başka

toksosite çalışmasında, farklı yüzey yüklerine (negatif yüklü, ZnOAE100 [-] ve pozitif yüklü ZnOAE100 [-]) sahip 100 nm boyutundaki ZnO NP'ler, toksik seviyeyi belirlemek ve birikimi olan hedef organları tanımlamak için Sprague Dawley sıçanlarına uygulanmıştır. 125 mg kg⁻¹'dan daha yüksek bir derişimde her iki cinsiyette de önemli toksik etkiler gözlenmiştir. Ayrıca, her iki cinsiyet için de yaklaşık 31,25 mg kg⁻¹'lık bir derişimde olumsuz etki düzeyinde bir eksiklik olmadığı belirtilmiştir (Kim ve ark., 2014).

Nanoteknolojinin sosyo-ekonomik dezavantajları da bulunmaktadır. Nanoteknolojinin ilerlemesi, geleneksel tarım ve imalat sanayinde olası iş kayıplarına neden olabilir. Ayrıca, nanoteknoloji, bugünlerde erişimi kolaylaşmış olan atomik bombaların daha güçlü ve yıkıcı olmalarına sebebiyet verebilir (Parveen ve ark., 2016). Çeşitli araştırmalar, fiziksel ve kimyasal yöntemlerle sentezlenen nanopartiküllerin, biyosentez yöntemiyle üretilenlere kıyasla bir dizi dezavantaj içerdiğini belirlemiştir. Dolayısıyla, çevre dostu özellikleri nedeniyle biyolojik sentez yöntemi tercih edilmelidir (Vithiya ve Sen, 2011).

Biyosentez Yolu ile Sentezlenen Nanopartiküllerin Uygulama Alanları

Biyosentez yolu ile biyomoleküllerden, bitkilerden ve mikroorganizmalardan elde edilen nanopartiküller, uygun maliyetli, biyolojik olarak parçalanabilir, biyoyumlu, çevre dostu, sürekli olarak bulunabilen, yenilenebilir ve daha az toksik olması nedeniyle nanopartiküllerin fiziksel ve kimyasal sentezinden daha fazla tercih edilmektedir. Bu benzersiz özelliklerden dolayı yeşil sentez, yeni nano formülasyonların hazırlanması ve işlenmesinde kullanılabilir. Bitki fitokimyasalları kaplama ajanları olarak görev yapar ve birçok uygulama için sinerjik etkilere yol açan nanopartiküllerin etrafını sarar. Gümüş, altın, çinko, bakır, demir gibi nanopartiküllerin biyotıp, elektronik, kozmetik, tarım ve tekstil gibi çeşitli alanlarda uygulamaları olması nedeniyle, son yıllardan itibaren yeşil sentezin parlak bir gelecek için büyük bir umut vaat ettiği düşünülmektedir (Di Guglielmo ve ark., 2010) (Tablo 1).

Tablo 1. 2019-2023 yılları arasında biyosentez yöntemiyle elde edilen nanopartiküller

Bitki	Nanopartikül	Boyut	Referans
<i>Laurus nobilis</i> L.	Çinko oksit-NP	21,49 nm (çinko asetat) 25,26 nm (çinko nitrat)	(Fakhari ve ark., 2019)
<i>Millettia pinnata</i>	Bakır-NP	23 ± 1.10 nm	(Thiruvengadam ve ark., 2019)
<i>Galega officinalis</i>	Gümüş-NP	21.1±6,4 nm	(Manosalva ve ark., 2019)
<i>Nigella sativa</i> L.	Küresel Platin-NP	1–6 nm	(Aygün ve ark., 2020)
<i>Ononidis radix</i>	Küresel ve Hegzagonal Platin-NP	4 nm	(Dobruca ve ark., 2019)
<i>Terminalia belerica</i>	Çinko, Demir, Bakır oksit-NP	9–11 nm, 15–23 nm, 9-14 nm	(Akhter ve ark., 2019)
<i>Lawsonia inermis</i>	Demir oksit-NP	150–200 nm	(Chauhan ve Upadhyay, 2019)
<i>Solanum trilobatum</i>	Küresel Magnezyum oksit NP	30 nm (St-MgO) 42 nm (Che-MgO)	(Narendhran ve ark., 2019)
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Magnezyum oksit-NP	8,8 nm	(Abdallah ve ark., 2019)
<i>Rhizophora lamarckii</i>	Hegzagonal ve küresel Magnezyum oksit-NP	20-50 nm	(Prasanth ve ark., 2019)
<i>Matricaria chamomilla</i> L.	Disk şekilli Magnezyum oksit-NP	18,2 nm (MgO) 16,5 nm (MnO ₂)	(Ogunyemi ve ark., 2019)
<i>Rhododendron arboreum</i>	Magnezyum oksit	<100 nm	(Singh ve ark., 2019b)
Zencefil ve sarımsak	Nikel oksit-NP	16–52 nm (Zencefil) 11–59 nm (Sarımsak)	(Haider ve ark., 2020)
<i>Lysiloma acapulcensis</i>	Gümüş-NP	1,2- 62 nm 5 nm (ortalama)	(Garibo ve ark., 2020)
Yeşil çay	Küresel Platin-NP	2 nm	(Depciuch ve ark., 2020)
<i>Deverra tortuosa</i>	Çinko oksit-NP	15.22 nm	(Selim ve ark., 2020)
<i>Carica papaya</i>	Demir oksit-NP	21,59 nm	(Bhuiyan ve ark., 2017)
<i>Scallion</i>	Azot-Kükürt Karbon noktaları	3.5 ± 0.7 nm	(Zhang ve ark., 2020)
<i>Bambu</i>	Azot-Kükürt Karbon noktaları	<10 nm	(Yang ve ark., 2020)
<i>Celery</i>	Karbon noktaları	0,75 nm-3,75 nm 2,08 nm (ortalama)	(Qu ve ark., 2020)
<i>Phyllanthus emblica</i>	Gümüş-NP	60-80 nm	(Dhar ve ark., 2021)
<i>Zingiber officinale</i>	Gümüş-NP	7-23 nm	(Lotfy ve ark., 2021)
<i>Coccinia indica</i>	Gümüş-NP	8-48 nm	(Chinni ve ark., 2021)
<i>Scabiosa atropurpurea</i> subsp. <i>maritima</i>	Gümüş-NP	40–50 nm	(Essghaier ve ark., 2022)
<i>Moringa oleifera</i>	Gümüş-NP	15,22-29,45 nm	(Mohammed ve ark., 2022)
<i>Piper retrofractum</i>	Gümüş-NP	1–5 nm	(Amaliyah ve ark., 2022)
<i>Cymbopogon citratus</i>	Gümüş-NP	47 nm	(Rakib-Uz-Zaman ve ark., 2022)
<i>Cuphea carthagenensis</i>	Gümüş-NP	10.65 ± 0.1 nm	(Rather ve ark., 2022)
<i>Spondias pinnata</i>	Hematite-NP	37,69 nm	(Prabhu ve ark., 2022)
<i>Thymbra spicata</i> L.	Çinko oksit-NP	6,5-7,5 nm	(Gur ve ark., 2022)
Patates	Gümüş-NP	9-30 ± 2 nm	(Wasilewska ve ark., 2023)
Beyaz soğan			

☐	Sarımsak			
☐	Kırmızı turp			
☐	Kırmızı biber			
☐	Portakal			
☐	Elma			
<i>Mangifera indica</i>	Magnezyum oksit- NP	10,25–27,08 nm	(Rotti ve ark., 2023)	
<i>Azadirachta indica</i>				
<i>Carica papaya</i>				
<i>Morinda tinctoria</i>	Gümüş/Seryum(IV) Oksit-NP	15–20 nm	(Ahmad ve ark., 2023)	
<i>Muntingia calabura</i>	Kobalt oksit-NP	27,59 nm	(Vinayagam ve ark., 2023)	

Modern tarım, çevre ve sağlık üzerinde olumsuz etkileri olan kimyasal maddeler kullanılmadan sürdürülebilir ve yüksek verim elde etmeyi talep etmektedir. Zararlı kimyasal gübreler toprağın altına sızarak kaynak suları kirletmekte ve zararlı suların yeryüzüne çıkmasına yol açmaktadır. Ancak, kimyasal gübrelerin oluşturduğu istenmeyen zararlı risklerin azaltılması için önleyici tedbirlerin alınması gerekmektedir (Kah, 2015). Nanoteknolojiye dayalı tarımsal yaklaşım, mahsullerden elde edilecek verimin artırılması için başarılı bir yöntemdir (Liu ve Lal, 2015). Geleneksel tarım sistemlerinde nanopartiküllerin kullanımı, toprağın kalitesinin iyileştirilmesi, akıllı izleme, gelişmiş enzimatik aktivite, artan besin alımı gibi sayısız faydalarından dolayı büyük önem kazanmaktadır ve bu yaklaşım nanotarım olarak bilinmektedir (Aslam ve ark., 2022).

Yeşil sentez yolu ile tarımsal alanda Logeswari ve ark. (2013) tarafından yapılan araştırmada *Solanum tricobatum* Linn., *Syzygium cumini* (L.) Skeels, *Centella asiatica* (L.) Urban ve *Citrus sinensis* (L.) Osbeck bitkilerinin ekstraktları kullanılarak çevre dostu gümüş nanopartiküller elde edilmiştir. Yang ve ark. (2014) ise tarımsal atıklar olan mango kabuğu ekstraktı kullanılarak altın nanoparçacıklar (AuNP'ler)'inin biyosentezini gerçekleştirmişlerdir (Logeswari ve ark., 2013; Yang ve ark., 2014). Verma ve Mehata. (2016) *Azadirachta indica* A. Juss yaprakları ve Bagherzade ve ark. (2017) ise *Crocus sativus* L. özlerini kullanılarak yeşil sentez yoluyla elde edilen metal NP'nin antimikrobiyal aktivitesini göstermişlerdir.

Patojenik bakteriler arasında antibiyotik direncinin artması, nanopartiküllerin antibakteriyel özelliklerini ve yeni tıbbi araçlar olarak kullanılabilme yeteneklerini ön plana çıkarmıştır. Örneğin, Gümüşün antimikrobiyal aktivitesi yaygın olarak bilinmektedir ve patojenlere karşı birçok tıbbi preparatlarda kullanılmaktadır (Sondi ve Salopek-Sondi, 2004; Kumar ve Yadav, 2009; Sotiriou ve Pratsinis, 2011). Ag nanopartiküllerinin anti-bakteriyel özellikleri, bunların gıda depolama, sağlık endüstrisi, tekstil kaplamaları ve çeşitli çevresel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmasına olanak sağlamaktadır. *Tridax procumbens* L. (tridax papatya) bitkisinden elde edilen ekstrakt kullanılarak sentezlenen gümüş

nanopartikülleri, *Escherichia coli*, *Shigelladysenteriae* ve *Vibrio cholera*'ya karşı güçlü antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir (Dhanalakshmi ve ark., 2019). *Pinusthun thunbergii* Parl. (Japon karaçamı) kozalağının özleri kullanılarak elde edilen gümüş nanopartiküller, çeşitli Gram-negatif ve Gram-pozitif tarımsal patojenlere karşı antibakteriyel aktivite sergilemektedir (Velmurugan ve ark., 2012) ve Ag nanopartiküllerinin antifungal etkisi yapılan çalışmalar ile doğrulanmıştır (Vivek ve ark., 2011).

Güçlü antioksidan davranışlara sahip patojenler olan *Aeromona shidrofila*, *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Staphylococcus aureus* mikroorganizmalarına karşı antimikrobiyal aktiviteyi ölçmek amacıyla *Psidium guajava* L. ekstraktından TiO₂ nanopartiküller sentezlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, sentezlenen TiO₂ nanopartiküllerinin bu patojenlere karşı etkili bir antimikrobiyal aktivite olduğu tespit edilmiştir (Heinlaan ve ark., 2008; Santhoshkumar ve ark., 2014). Ayrıca, TiO₂ oksit nanopartiküllerinin biyomedikal endüstrisinde, atık su dezenfeksiyonunda ve güzellik ürünlerinde uygulamaları olduğu bilinmektedir. Bir diğer nanoteknolojik materyal olan ZnO nanopartikülleri de atık su arıtmalarında ve gıda ambalajlamasında kullanılan antibakteriyel aktiviteye sahip popüler parçacıklardır (Espitia ve ark., 2012). Aynı zamanda, biyojenik ZnO nanopartikülleri doksorubisin (doxorubicin) için ilaç dağıtım aracı olarak kullanılabilir (Vimala ve ark., 2014).

Sonuç

Günümüzde nanoteknolojik ürünler neredeyse bütün alanlarda kullanılmaktadır ve giderek daha popüler hale gelmektedir. Kullanımlarının artmasıyla birlikte doğada oluşabilecek kirliliği ve toksisiteyi düşündüğümüzde biyolojik yollar ile doğa dostu materyallerin üretilmesi zorunlu hale gelmektedir. Aynı zamanda var olan kaynakların giderek tükenmesi geri dönüşümün önemini de arttırmaktadır. Bu nedenle gıda atıklarından veya biyolojik kaynaklardan direkt olarak nanopartiküllerin sentezlenmesi enerji tasarrufu ve düşük maliyet sağlamaktadır. Ayrıca, doğanın bize sunduğu kaynaklardan biyolojik nanoboyutta parçalar üretmek ve bu parçaları sağlık sektöründe, tarımda, tekstilde, savunma sanayisinde vb. birçok alandan kullanmak muazzam fırsatlar yaratmaktadır.

Biyosentez yolu ile nanoparçacıkların sentezlenmesi özellikle sağlık ve tarım sektöründe büyük avantajlar sağlamaktadır. Tarım sektöründen toksik kimyasalların kullanılması yerine biyolojik olarak sentezlenen daha geniş yüzey alanına sahip nanoparçacıkların kullanılması daha az tarım alanı kullanılarak yüksek verimde mahsuller yetiştirilmesine olanak sağlamaktadır. Sağlık sektöründe ise bu yeşil nanopartiküllerin

kullanılması toksisitesinin daha az olmasından dolayı umut vaat etmektedir. Nanoteknolojinin hitap ettiği alanlar düşünüldüğünde biyonanopartiküller, gelecekte birçok sorunun çözülmesinde önemli rol oynayacaktır.

Sunulan bu derleme çalışmasında, biyosentezin önemine, elde edilen nanopartiküllerin kullanım alanlarına ve potansiyel risk ve avantajlarına değinerek bu konuda çevreyi korumanın ve kimyasal maddelerin kullanımını en aza indirmenin önemi ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

Abbasi BA, Iqbal J, Mahmood T, Ahmad R, Kanwal S, Afridi S., 2019. Plant-mediated synthesis of nickel oxide nanoparticles (NiO) via *Geranium wallichianum*: characterization and different biological applications. *Materials Research Express*, 6(8): 0850a7.

Abdallah Y, Ogunyemi S, Abdelazez A, Zhang M, Hong X, Ibrahim E, Hossain A., 2019. The green synthesis of MgO nano-flowers using *Rosmarinus officinalis* L. (Rosemary) and the antibacterial activities against *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. *FouadBioMed Research International*, 5620989.

Ahmad A, Javed MS, Khan S, Almutairi TM, Mohammed AA, Luque R., 2023. Green synthesized Ag decorated CeO₂ nanoparticles: Efficient photocatalysts and potential antibacterial agents. *Chemosphere*, 310: 136841.

Akhter SMH, Mohammad F, Ahmad S., 2019. Terminalia belerica mediated green synthesis of nanoparticles of copper, iron and zinc metal oxides as the alternate antibacterial agents against some common pathogens. *BioNanoScience*, 9(2): 365-372.

Alsammaraie FK, Wang W, Zhou P, Mustapha A, Lin M., 2018. Green synthesis of silver nanoparticles using turmeric extracts and investigation of their antibacterial activities. *Colloids Surf B Biointerfaces*, 1(171): 398-405.

Amaliyah S, Sabarudin A, Masruri M, Sumitro SB., 2022. Characterization and antibacterial application of biosynthesized silver nanoparticles using *Piper retrofractum* Vahl fruit extract as bioreductor. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 12(3): 103-114.

Ashik UPM, Kudo S, Hayashi JL., 2018. An overview of metal oxide nanostructures. içinde synthesis of inorganic nanomaterials: Advances and Key Technologies, 19-57. Elsevier.

Aslam AA, Aslam AA, Aslam MS, Quazi S., 2022. An overview on green synthesis of nanomaterials and their advanced applications in sustainable agriculture. International Journal of Applied Chemical and Biological Sciences, 3(2): 70-99.

Aswathi VP, Meera S, Maria CGA, Nidhin M., 2022. Green synthesis of nanoparticles from biodegradable waste extracts and their applications: a critical review. Nanotechnology for Environmental Engineering, 8(2): 377-397.

Aygun A, Gülbagca F, Ozer LY, Ustaoglu B, Altunoglu YC, Baloglu MC, Sen F., 2020. Biogenic platinum nanoparticles using black cumin seed and their potential usage as antimicrobial and anticancer agent. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 179: 112961.

Bagherzade G, Tavakoli MM, Namaei MH., 2017. Green synthesis of silver nanoparticles using aqueous extract of saffron (*Crocus sativus* L.) wastages and its antibacterial activity against six bacteria. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 7(3): 227-233.

Bakand S, Hayes A, Dechsakulthorn F., 2012. Nanoparticles: A review of particle toxicology following inhalation exposure. Inhalation Toxicology, 24(2): 125-135.

Baruwati B, Polshettiwar V, Varma RS., 2009. Glutathione promoted expeditious green synthesis of silver nanoparticles in water using microwaves. Green Chemistry, 11(7): 926-930.

Benelmekki M, Vernieres J, Kim JH, Diaz RE, Grammatikopoulos P, Sowwan M., 2015. On the formation of ternary metallic-dielectric multicore-shell nanoparticles by inert-gas condensation method. Materials Chemistry and Physics, 151: 275-281.

Chauhan S, Upadhyay LSB., 2019. Biosynthesis of iron oxide nanoparticles using plant derivatives of *Lawsonia inermis* (Henna) and its surface modification for biomedical application. Nanotechnology for Environmental Engineering, 4(1): 1-10.

Chen W, Shen J, Wang Z, Liu X, Xu Y., 2021. Turning waste into wealth: facile and green synthesis of carbon nanodots from pollutants and applications to bioimaging. Chem. Sci., 12: 11722-11729.

Chinni SV, Gopinath SCB, Anbu P, Fuloria NK, Fuloria S, Mariappan P, Samuggam S., 2021. Characterization and antibacterial response of silver nanoparticles biosynthesized using an ethanolic extract of *Coccinia indica* leaves. Crystals, 11(2): 1-12.

Cunningham DP, Lundie Jr LL., 1993. Precipitation of cadmium by *Clostridium thermoaceticum*. Applied and Environmental Microbiology, 9: 7-14.

Depciuch J, Stec M, Maximenko A, Drzymała E, Pawlyta M, Baran J, Parlinska-Wojtan M., 2020. Synthesis method-dependent photothermal effects of colloidal solutions of platinum nanoparticles used in photothermal anticancer therapy. Applied Organometallic Chemistry, 34(3): e5401.

Devatha CP, Thalla AK, Katte SY., 2016. Green synthesis of iron nanoparticles using different leaf extracts for treatment of domestic wastewater. Journal of Cleaner Production, 139: 1425-1435.

Devi HS, Boda MA, Shah MA, Parveen S, Wani AH., 2019. Green synthesis of iron oxide nanoparticles using *Platanus orientalis* leaf extract for antifungal activity. Green Processing and Synthesis, 8(1): 38-45.

Dhanalakshmi A, Surendran U, Vijayakumari KK, Marimuthu S., 2019. Green synthesis of silver nanoparticles using *Macrotyloma uniflorum* seed sprout and their Characterization. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 8(2S): 648-653.

Dhar S, Chowdhury R, Das S., 2021. Plant-mediated green synthesis and characterization of silver nanoparticles using *Phyllanthus emblica* fruit extract. Materials Today: Proceedings, 42(5): 1867-1871.

Di Guglielmo C, López DR, De Lapuente J, Mallafre JML, Suárez MB., 2010. Embryotoxicity of cobalt ferrite and gold nanoparticles: A first in vitro approach. Reproductive Toxicology, 30(2): 271-276.

Dobrucka R, Romaniuk-Drapała A, Kaczmarek M., 2019. Evaluation of biologically synthesized platinum nanoparticles using *Ononidis radix* extract on the cell lung carcinoma A549. Biomedical Microdevices, 21(3): 1-10.

Espitia PJP, Soares NDFF, Coimbra JSJR, de Andrade NJ, Cruz RS, Medeiros EAA., 2012. Zinc oxide nanoparticles: Synthesis, antimicrobial activity and food packaging applications. Food and Bioprocess Technology, 5(5): 1447-1464.

Essghaier B, Toukabr N, Dridi R, Hannachi H, Limam I, Mottola F, Abdelkarim M., 2022. First report of the biosynthesis and characterization of silver nanoparticles using *scabiosa atropurpurea* subsp. *maritima* fruit extracts and their antioxidant, antimicrobial and cytotoxic properties. Nanomaterials, 12(9): 1585.

Ezhilarasi AA, Vijaya JJ, Kaviyarasu K, Maaza M, Ayeshamariam A, Kennedy LJ., 2016. Green synthesis of NiO nanoparticles using *Moringa oleifera* extract and their

biomedical applications: Cytotoxicity effect of nanoparticles against HT-29 cancer cells. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 164: 352-360.

Fakhari S, Jamzad M, Kabiri Fard H., 2019. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles: a comparison. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 12(1): 19-24.

Garibo D, Borbón-Nuñez HA, de Leon JND, Garcia Mendoza E, Estrada I., 2020. Green synthesis of silver nanoparticles using *Lysiloma acapulcensis* exhibit high-antimicrobial activity. *Scientific Reports*, 10: 12805.

Gur T, Meydan I, Seckin H, Bekmezci M, Sen F., 2022. Green synthesis, characterization and bioactivity of biogenic zinc oxide nanoparticles. *Environmental Research*, 204: 111897.

Haider A, Ijaz M, Ali S, Haider J, Imran M, Majeed H, Ikram M., 2020. Green synthesized phytochemically (*zingiber officinale* and *allium sativum*) reduced nickel oxide nanoparticles confirmed bactericidal and catalytic potential. *Nanoscale Research Letters*, 15(1): 1-11.

Heinlaan M, Ivask A, Blinova I, Dubourguier HC, Kahru A., 2008. Toxicity of nanosized and bulk ZnO, CuO and TiO₂ to bacteria *Vibrio fischeri* and crustaceans *Daphnia magna* and *Thamnocephalus platyurus*. *Chemosphere*, 71(7): 1308-1316.

Hiragino Y, Tanaka T, Takeuchi H, Takeuchi A, Lin J, Yoshida T, Fujita Y., 2016. Synthesis of nitrogen-doped ZnO nanoparticles by RF thermal plasma. *Solid-State Electronics*, 118: 41-45.

Hussain I, Singh NB, Singh A, Singh H, Singh SC., 2016. Green synthesis of nanoparticles and its potential application. *Biotechnology Letters*, 38(4): 545-560.

Ijaz I, Gilani E, Nazir A, Bukhari A., 2020. Detail review on chemical, physical and green synthesis, classification, characterizations and applications of nanoparticles. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 13(3): 59-81.

Inbakandan D, Venkatesan R, Ajmal Khan S., 2010. Biosynthesis of gold nanoparticles utilizing marine sponge *Acanthella elongata* (Dendy, 1905). *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 81(2): 634-639.

Iqbal J, Abbasi BA, Mahmood T, Hameed S, Munir A, Kanwal S., 2019. Green synthesis and characterizations of Nickel oxide nanoparticles using leaf extract of *Rhamnus virgata* and their potential biological applications. *Applied Organometallic Chemistry*, 33(8): e4950.

Kah M., 2015. Nanopesticides and nanofertilizers: Emerging contaminants or opportunities for risk mitigation?. *Frontiers in Chemistry*, 3: 64.

Karthik K, Shashank M, Revathi V, Tatarchuk T., 2018. Facile microwave-assisted green synthesis of NiO nanoparticles from *Andrographis paniculata* leaf extract and evaluation of their photocatalytic and anticancer activities. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 673(1): 70-80.

Kataria N, Garg VK., 2018. Green synthesis of Fe₃O₄ nanoparticles loaded sawdust carbon for cadmium (II) removal from water: Regeneration and mechanism. *Chemosphere*, 208: 818-828.

Kawasaki M, Nishimura N., 2006. 1064-nm laser fragmentation of thin Au and Ag flakes in acetone for highly productive pathway to stable metal nanoparticles. *Applied Surface Science*, 253(4): 2208-2216.

Khatami M, Sharifi I, Nobre MAL, Zafarnia N, Aflatoonian MR., 2018. Waste-grass-mediated green synthesis of silver nanoparticles and evaluation of their anticancer, antifungal and antibacterial activity. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 11(2): 125-134.

Kim YR, Park JI, Lee EJ, Park SH, Seong NW, Kim JH, Kim MK., 2014. Toxicity of 100 nm zinc oxide nanoparticles: A report of 90-day repeated oral administration in Sprague Dawley rats. *International Journal of Nanomedicine*, 9: 109-126.

Kumar V, Yadav SK., 2009. Plant-mediated synthesis of silver and gold nanoparticles and their applications. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 84(2): 151-157.

Lateef A, Ojo SA, Elegbede JA., 2016. The emerging roles of arthropods and their metabolites in the green synthesis of metallic nanoparticles. *Nanotechnology Reviews*, 5(6): 601-622.

Lengke MF, Fleet ME, Southam G., 2007. Biosynthesis of silver nanoparticles by filamentous cyanobacteria from a silver(I) nitrate complex. *Langmuir*, 23(5): 2694-2699.

Lingaraju K, Raja Naika H, Nagabhushana H, Jayanna K, Devaraja S, Nagaraju G., 2020. Biosynthesis of nickel oxide nanoparticles from *euphorbia heterophylla* (L.) and their biological application. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(3): 4712-4719.

Liu R, Lal R., 2015. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. *Science of The Total Environment*, 514: 131-139.

Logeswari P, Silambarasan S, Abraham J., 2013. Ecofriendly synthesis of silver nanoparticles from commercially available plant powders and their antibacterial properties. *Scientia Iranica*, 20(3): 1049-1054.

Lotfy WA, Alkersh BM, Sabry SA, Ghozlan HA., 2021. Biosynthesis of silver nanoparticles by *aspergillus terreus*: characterization, optimization, and biological activities. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9: 633468.

Mafuné F, Kohno JY, Takeda Y, Kondow T, Sawabe H., 2001. Formation of gold nanoparticles by laser ablation in aqueous solution of surfactant. *Journal of Physical Chemistry B*, 105(22): 5114-5120.

Manosalva N, Tortella G, Cristina Diez M, Schalchli H, Seabra AB, Durán N, Rubilar O., 2019. Green synthesis of silver nanoparticles: effect of synthesis reaction parameters on antimicrobial activity. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 35(6): 1-9.

Mansoori GA., 2005. Principles of nanotechnology: molecular-based study of condensed matter in small systems. World Scientific, 1-341, Singapore.

Mitra D, Adhikari P, Djebaili R, Thathola P, Joshi K, Pellegrini M, Panneerselvam P., 2023. Biosynthesis and characterization of nanoparticles, its advantages, various aspects and risk assessment to maintain the sustainable agriculture: Emerging technology in modern era science. *Plant Physiology and Biochemistry*, 196: 103-120.

Mohammed ABA, Mohamed A, El-Naggar NEA, Mahrous H, Nasr GM, Abdella A, Ali AS., 2022. Antioxidant and antibacterial activities of silver nanoparticles biosynthesized by *moringa oleifera* through response surface methodology. *Journal of Nanomaterials*, 2022: 1-15.

Nadaroglu H, Alayli A, Nadaroglu H, Alayli Gungor A, Ince S., 2017. Synthesis of nanoparticles by green synthesis method. *International Journal of Innovative Research and Reviews*, 1(1): 6-9.

Nanda A, Saravanan M., 2009. Biosynthesis of silver nanoparticles from *Staphylococcus aureus* and its antimicrobial activity against MRSA and MRSE. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*, 5(4): 452-456.

Narendhran S, Manikandan M, Baby Shakila P., 2019. Antibacterial, antioxidant properties of *Solanum trilobatum* and sodium hydroxide-mediated magnesium oxide nanoparticles: A green chemistry approach. *Bulletin of Materials Science*, 42(3): 1-8.

Nasrollahzadeh M, Mohammad Sajadi S., 2016. Pd nanoparticles synthesized in situ with the use of Euphorbia granulate leaf extract: Catalytic properties of the resulting particles. *Journal of Colloid and Interface Science*, 462: 243-251.

Ogunyemi SO, Zhang F, Abdallah Y, Zhang M, Wang Y, Sun G, Li B., 2019. Biosynthesis and characterization of magnesium oxide and manganese dioxide nanoparticles using *Matricaria chamomilla* L. extract and its inhibitory effect on *Acidovorax oryzae* strain RS-2. *Artificial Cells, Nanomedicine and Biotechnology*, 47(1): 2230-2239.

Qu Y, Yu L, Zhu B, Chai F., 2020. Green synthesis of carbon dots by celery leaves for use as fluorescent paper sensors for the detection of nitrophenols. *New J. Chem.*, 44: 1500-1507.

Pal S, Tak YK, Song JM., 2007. Does the antibacterial activity of silver nanoparticles depend on the shape of the nanoparticle? A study of the Gram-negative bacterium *Escherichia coli*. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(6): 1712-1720.

Parveen K, Banse V, Ledwani L., 2016. Green synthesis of nanoparticles: Their advantages and disadvantages. *AIP Conference Proceedings*, 1724(1): 0200048.

Prabhu P, Rao M, Murugesan G., 2022. Synthesis, characterization and anticancer activity of the green-synthesized hematite nanoparticles. *Environmental Research*, 214(2): 113864.

Prasanth R, Dinesh Kumar S, Jayalakshmi A, Singaravelu G, Govindaraju K, Ganesh Kumar V., 2019. Green synthesis of magnesium oxide nanoparticles and their antibacterial activity. *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, 48(8): 1210-1215.

Rakib-Uz-Zaman SM, Hoque Apu E, Muntasir MN, Mowna SA, Khanom MG, Jahan SS, Khan K., 2022. Biosynthesis of silver nanoparticles from *Cymbopogon citratus* leaf extract and evaluation of their antimicrobial properties. *Challenges*, 13(1): 18.

Ramalingam R, Fazil MHUT, Verma NK, Arunachalam KD., 2019. Green synthesis, characterization and antibacterial evaluation of electrospun nickel oxide nanofibers. *Materials Letters*, 256: 126616.

Rather MA, Deori PJ, Gupta K, Daimary N, Deka D, Qureshi A, Mandal M., 2022. Ecofriendly phytofabrication of silver nanoparticles using aqueous extract of *Cuphea carthagenensis* and their antioxidant potential and antibacterial activity against clinically important human pathogens. *Chemosphere*, 300: 134497.

Raveendran P, Fu J, Wallen SL., 2003. Completely “green” synthesis and stabilization of metal nanoparticles. *Journal of the American Chemical Society*, 125(46): 13940-13941.

Ray PC., 2010. Size and shape dependent second order nonlinear optical properties of nanomaterials and their application in biological and chemical sensing. *Chemical Reviews*, 110(9): 5332-5365.

Rotti RB, Sunitha DV, Manjunath R, Roy A, Mayegowda SB, Gnanaprakash AP, Khidir EB., 2023. Green synthesis of MgO nanoparticles and its antibacterial properties. *Frontiers in Chemistry*, 11: 1143614.

Santhoshkuma T, Rahuman A, Jayaseelan C, Rajakumar G, Marimuthu S, Kirthi AV, Kim SK., 2014. Green synthesis of titanium dioxide nanoparticles using *Psidium guajava*

extract and its antibacterial and antioxidant properties. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 7(12): 968-976.

Satyanarayana T., 2018. A review on chemical and physical synthesis methods of nanomaterials. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 6(1): 2885-2889.

Selim Y, Azb M, Ragab I., 2020. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using aqueous extract of *deverra tortuosa* and their cytotoxic activities. *Nature*, 10: 3445.

Bhuiyan MSH, Miah MY, Paul SC, Aka TD, Saha O, Rahaman MM, Sharif MJI, Habiba O, Ashaduzzaman M., 2017. Green synthesis of iron oxide nanoparticle using *Carica papaya* leaf extract: application for photocatalytic degradation of remazol yellow RR dye and anti bacterial. *Heliyon*, 6: e04603.

Singh T, Singh A, Wang W, Yadav D, Kumar A, Singh PK., 2019a. Biosynthesized nanoparticles and its implications in agriculture. *Biological Synthesis of Nanoparticles and Their Applications*, 257-274.

Singh A, Joshi NC, Ramola M., 2019b. Magnesium oxide nanoparticles (MgONps): green synthesis, characterizations and antimicrobial activity. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 12(10): 4644-4646.

Siwal SS, Zhang Q, Devi N, Saini AK, Saini V, Pareek B, Thakur VK., 2021. Recovery processes of sustainable energy using different biomass and wastes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 150: 111483.

Sondi I, Salopek-Sondi B., 2004. Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on *E. coli* as a model for Gram-negative bacteria. *Journal of Colloid and Interface Science*, 275(1): 177-182.

Sotiriou GA, Pratsinis SE., 2011. Engineering nanosilver as an antibacterial, biosensor and bioimaging material. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 1(1): 3-10.

Tarasenko NV, Butsen AV, Nevar EA, Savastenko NA., 2006. Synthesis of nanosized particles during laser ablation of gold in water. *Applied Surface Science*, 252(13): 4439.

Thiruvengadam M, Chung IM, Gomathi T, Ansari MA, Gopiesh Khanna V, Babu V, Rajakumar G., 2019. Synthesis, characterization and pharmacological potential of green synthesized copper nanoparticles. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 42(11): 1769-1777.

Tseng KH, Chou CJ, Liu TC, Haung YH, Chung MY., 2016. Preparation of Ag-Cu composite nanoparticles by the submerged arc discharge method in aqueous media. *Materials Transactions*, 57(3): 294-301.

Velmurugan P, Lee SM, Iydroose M, Lee KJ, Oh BT., 2012. Pine cone-mediated green synthesis of silver nanoparticles and their antibacterial activity against agricultural pathogens. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(1): 361-368.

Verma A, Mehata MS., 2016. Controllable synthesis of silver nanoparticles using Neem leaves and their antimicrobial activity. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 9(1): 109-115.

Vicario-Parés U, Castañaga L, Lacave JM, Oron M, Reip P, Berhanu D, Orbea A., 2014. Comparative toxicity of metal oxide nanoparticles (CuO, ZnO and TiO₂) to developing zebrafish embryos. *Journal of Nanoparticle Research*, 16(8): 1-16.

Vimala K, Sundarraaj S, Paulpandi M, Vengatesan S, Kannan S., 2014. Green synthesized doxorubicin loaded zinc oxide nanoparticles regulates the Bax and Bcl-2 expression in breast and colon carcinoma. *Process Biochemistry*, 49(1): 160-172.

Vinayagam R, Hebbar A, Kumar S, Rangasamy G, Varadavennkatesan T, Murugesan G, Srivastava S, Goveas LC, Kumar NM, Selveraj R., 2023. Green synthesized cobalt oxide nanoparticles with photocatalytic activity towards dye removal. *Environmental Research*, 216: 114766.

Vithiya K, Sen S., 2011. Biosynthesis of nanoparticles. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2(11): 2781-2785.

Vivek M, Kumar PS, Steffi S, Sudha S., 2011. Biogenic silver nanoparticles by *Gelidiella acerosa* extract and their antifungal effects. *Avicenna Journal of Medical Biotechnology*, 3(3): 143-148.

Wasilewska A, Klekotka U, Zambrzyckab M, Zambrowskib G, Święcickab I, Kalska-Szostkoa B., 2023. Physico-chemical properties and antimicrobial activity of silver nanoparticles fabricated by green synthesis. *Food Chemistry*, 400: 133960.

Yang N, Weihong L, Hao L., 2014. Biosynthesis of Au nanoparticles using agricultural waste mango peel extract and its in vitro cytotoxic effect on two normal cells. *Materials Letters*, 134: 67-70.

Yang X, Wang D, Luo N, Feng M, Peng X, Liao X., 2020. Green synthesis of fluorescent N, S-carbon dots from bamboo leaf and the interaction with nitrophenol compounds. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 239: 118462.

Zhang Z, Hu B, Zhuang Q, Wang Y, Luo X, Xie Y, Zhou D., 2020. Green synthesis of fluorescent nitrogen–sulfur co-doped carbon dots from scallion leaves for hemin sensing. *Analytical Letters*, 53(11): 1704-1718.

Zhu X, Zhu L, Duan Z, Qi R, Li Y, Lang Y., 2008. Comparative toxicity of several metal oxide nanoparticle aqueous suspensions to Zebrafish (*Danio rerio*) early developmental stage. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 43(3): 278-284.