

ORDU ÜNİVERSİTESİ

**BİLİM ve TEKNOLOJİ
DERGİSİ**

Ordu University
Journal of Science and Technology

Hakemli Elektronik Dergi

Aralık 2024 | Cilt: 14, Sayı: 2

ISSN: 2146-6440

e-ISSN: 2146-6459



ORDU ÜNİVERSİTESİ

BİLİM VE TEKNOLOJİ DERGİSİ

CİLT 14, SAYI: 2 | ARALIK 2024

ORDU UNIVERSITY

JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

VOLUME 14, ISSUE: 2 | DECEMBER 2024

"Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi" 2011 yılından bu yana, Türkçe veya İngilizce olarak hazırlanan çalışmaları açık erişimli yayınlayan bilimsel ve hakemli bir dergidir. Dergimiz, elektronik olarak yılda iki kez (Haziran ve Aralık) yayınlanmaktadır.

Dergimiz; Fen Bilimleri alanında Mühendislik, Temel Bilimler, Ziraat ve Fen-Matematik Eğitimi konularını kapsayan hem deneysel hem de kuramsal makalelere yer vermektedir.

Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, TRDizin, Index Copernicus, DRJI ve SOBIAD dizinlerinde yer almaktadır.

"Ordu University Journal of Science and Technology" is a scientific and peer-reviewed journal that has been publishing open access studies in Turkish or English since 2011. Our journal is published electronically twice a year (June and December).

Our journal includes both experimental and theoretical articles in the fields of Science, Engineering Sciences, Agriculture, and Science-Mathematics Education.

Ordu University Journal of Science and Technology currently indexed by TRDizin, Index Copernicus, DRJI, and SOBIAD

Makaleler "intihal.net" incelemesinden geçmiştir.
Articles have passed the "intihal.net" plagiarism review.

Dergimiz, "Yayın Etiği Komitesi" COPE (Committee on Publication Ethics) ilkelerini benimsemektedir.

Our journal adopts the principles of COPE (Committee on Publication Ethics).



Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası Lisansı (CC BY-NC 4.0)
Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)

SAHİBİ

Ordu Üniversitesi Adına:
Doç. Dr. Mithat AKGÜN (Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü)

EDİTÖR

Doç. Dr. Mithat AKGÜN

EDİTÖR YARDIMCISI

Prof. Dr. Elvan ÜSTÜN

YABANCI DİL EDİTÖRÜ

Öğr. Gör. Dr. Selin YURDAKUL

MİZANPAJ EDİTÖRÜ

Dr. Öğr. Üyesi. Necati TAŞKIN

ALAN EDİTÖRLERİ

Prof. Dr. Şevket Metin KARA
Prof. Dr. Kürşat KORKMAZ
Prof. Dr. Kamil KAYGUSUZ
Prof. Dr. Genççağa PÜRÇEK
Prof. Dr. İmdat İŞCAN
Prof. Dr. Sezai ALKAN
Prof. Dr. Mustafa AKTAŞ
Prof. Dr. Erhan SET
Prof. Dr. Tuğba ÖZBUCAK
Prof. Dr. Elvan ÜSTÜN
Doç. Dr. Ahmet AYGÜN
Doç. Dr. Faruk AKYAZI
Doç. Dr. Burhan ÖZTÜRK

Doç. Dr. Mutlu SÖNMEZ ÇELEBİ
Doç. Dr. Fatih ÖNER
Doç. Dr. Ali MİROĞLU
Doç. Dr. Ömer ATABEYOĞLU
Doç. Dr. Erdem TÜRKELİ
Doç. Dr. Mithat AKGÜN
Doç. Dr. Elif ÇİL
Doç. Dr. Üsâme DEMİR
Dr. Öğr. Üyesi Erdinç YÜCESOY
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Remzi ÖZCAN
Dr. Öğr. Üyesi. Ergün YÜCESOY

Dr. Öğr. Üyesi. Kerem ERZURUMLU
Dr. Öğr. Üyesi. Sümeyye ŞAHİN

Dr. Öğr. Üyesi. Necati TAŞKIN

*Endüstri Bitkileri, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler
Bitki Fizyolojisi, Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği
Fiziksel Kimya
Kaynak Teknolojileri, Malzeme Tasarım ve Davranışları
Matematiksel Analiz
Kanatlı Hayvan Yetiştirme ve Islahı
Elektrik Makineleri ve Enerji Dönüşümü
Matematiksel Analiz
Ekoloji
Kimya, İnorganik Kimya, Teorik ve Hesaplamalı Kimya
Bahçe Bitkileri Yetiştirme ve Islahı
Entomoloji, Nematoloji
Bahçe Bitkileri Yetiştirme ve Islahı, Hasat Sonu
Teknolojisi ve Fizyolojisi, Meyve Yetiştirme ve Islahı
Kimya, Analitik Kimya, Elektrokimya
Tarla Bitkileri Yetiştirme ve Islahı, Tahıllar ve Baklagiller
Hidrobiyoloji
Mimarlık, Planlama, Tasarım
Betonarme Yapılar, Çelik Yapılar, Yapı Dinamiği
Makine Mühendisliği, Gıda Bilimleri ve Mühendisliği
Mikrobiyoloji, Bakteriyoloji
Akım Makinaları, Otomotiv Yanma ve Yakıt Mühendisliği
Esnek Hesaplama, Olasılık Teorisi
Görüntü İşleme, Gömülü Sistemler, Sinyal İşleme
Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği, Yapay Öğrenme,
Yapay Zekâ, İşaret İşleme
Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği
Gıda Bilimleri ve Mühendisliği, Gıda Bilimi, Gıda Kimyası,
Yağ Teknolojisi, Beslenme ve Diyetetik
İnsan Bilgisayar Etkileşimi, Makine Öğrenmesi
Algoritmaları, Çevrimiçi Öğrenme*

2024 ARALIK 14 (2) SAYISI HAKEM LİSTESİ

Prof. Dr. Özgür KALKIŞIM	<i>Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Saim TOPÇU	<i>Giresun Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Bekir Erol AK	<i>Harran Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Halil Güner SEFEROĞLU	<i>Aydın Adnan Menderes Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Sultan ÖZTÜRK	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Hilal TURGUT	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Nalan Demircioğlu YILDIZ	<i>Atatürk Üniversitesi</i>
Prof. Dr. İbrahim ERDAL	<i>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Behiye BİCER	<i>Dicle Üniversitesi</i>
Prof. Dr. İlknur AYAN	<i>Ondokuz Mayıs Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Hanife MUT	<i>Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi</i>
Prof. Dr. Yasin ALEMDAĞ	<i>Karadeniz Teknik Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Halil SAMET	<i>Kocaeli Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Fırat Ege KARAAT	<i>Adıyaman Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Yusuf GÜREFE	<i>Mersin Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Sertaç GÖKTAŞ	<i>Mersin Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Tolga AKTÜRK	<i>Ordu Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Hasan KARAOSMANOĞLU	<i>Giresun Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Mehmet KOKOÇ	<i>Trabzon Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Ersen YILMAZ	<i>Bursa Uludağ Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Selahattin KOŞUNALP	<i>Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Rüveyda YÜZBAŞIOĞLU	<i>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Derya ÖZTÜRK	<i>Ordu Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Muhammad Azhar NADEEM	<i>Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Fatih ERDOĞDU	<i>Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Barış Bülent AŞIK	<i>Bursa Uludağ Üniversitesi</i>
Doç. Dr. Abdullah ÇAĞMAN	<i>Erzurum Teknik Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Ömer Çağrı YAVUZ	<i>Trabzon Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Bülent KANDEMİR	<i>Ordu Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Muhammad Tanveer ALTAF	<i>Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Melih AĞRAZ	<i>Giresun Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi İdris KARSLIOĞLU	<i>Trabzon Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Lokman ŞILBIR	<i>Trabzon Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Tuğba Kocadağ Ünver	<i>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Sinem Öztürk ERDEM	<i>Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Bedrettin SAVAŞ	<i>Kafkas Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Ali Rıza KUL	<i>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Adnan YILDIZ	<i>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Gökçe Çaylak KAYATURAN	<i>Ordu Üniversitesi</i>
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Sefa Cihan	<i>Sivas Cumhuriyet Üniversitesi</i>
Öğr. Gör. Dr. Ebru KARNEZ	<i>Çukurova Üniversitesi</i>
Öğr. Gör. Dr. Esin HAZNECİ	<i>Ondokuz Mayıs Üniversitesi</i>
Öğr. Gör. Dr. Okan KEKÜL	<i>Gümüşhane Üniversitesi</i>

DERLEME MAKALELER | REVIEW ARTICLES

- 191-212 Triklolan Pestisitinin Dünü, Bugünü, Geleceği ve Çevresel Arıtımı
Past, Present, Future and Environmental Treatment of the Pesticide Triclosan
Elif Kağızman, Şeyda Fikirdeşici Ergen, Burcu Ertit Taştan
- 213-228 Badem Üretiminin Bölgesel Analizi: Ege Bölgesi'nde Mevcut Durum ve Gelecek
Potansiyeli
Analysis of Almond Production: Current Situation and Future Potential in the Aegean Region
Levent Kirca

ARAŞTIRMA MAKALELERİ | RESEARCH ARTICLES

- 229-240 The Effects of Boron (B) and Phosphorus (P) Applications on Some Plant
Characteristics in Cowpea (*Vigna unguiculata* L.)
Bor (B) ve Fosfor (P) Uygulamalarının Börülcede (*Vigna unguiculata* L.) Bazı Bitki Özellikleri Üzerine
Etkileri
Nuri Yılmaz, Yunus Elmas
- 241-248 On Some New Generalized Gaussian Oresme Numbers
Bazı Yeni Genelleştirilmiş Gaussian Oresme Sayıları
Elifcan Sayın, Serpil Halıcı
- 249-260 Transmuted Unit Exponentiated Half-Logistic Distribution and its Applications
Dönüştürülmüş Birim Üstel Yarı Lojistik Dağılım ve Uygulamaları
Murat Genç, Ömer Özbilen
- 261-272 An Investigation on Phase Behavior of ABA-type Block Copolymers Comprising of 2-
Hydroxypropyl Acrylate and Poly (Ethylene Glycol)
2-Hidroksipropil Akriyat ve Poli (Etilen Glikol)'den Oluşan ABA Tipi Blok Kopolimerlerin Faz
Davranışlarının İncelenmesi
Efkan Çatıker, Abdullah Karanfil
- 273-292 The Future of Distance Education: Exploring the Potential of Adaptive Learning
Systems
Uzaktan Eğitimin Geleceği: Uyarlanabilir Öğrenme Sistemlerinin Potansiyelini Keşfetmek
Bülent Kandemir, Necati Taşkın
- 293-306 Using Text Mining to Identify Research Trends in Management Information
Systems Theses: A Topic Modeling Approach
Metin Madenciliği ile Yönetim Bilişim Sistemleri Tezlerindeki Araştırma Eğilimlerinin Belirlenmesi: Bir
Konu Modellemesi Yaklaşımı
Mehmet Kokoç, Memnune Kokoç, Özge Tuncer
- 307-320 Al₇O₇₅-Al₂O₃ Kompozitlerin Toz Metalürjisi ve Sıcak Preslemeyle Üretimi ve Mekanik
Özelliklerinin Araştırılması
Investigation of the Mechanical Properties and Fabrication of Al₇O₇₅-Al₂O₃ Composites by Powder
Metallurgy and Hot Pressing
Elif Işık, Aleyna Taşkın, Mahmut Can Şenel

- 321-332 Asit, Alkalin ve Kireçli Toprak Koşullarında Farklı Demir Gübrelemesinin Baklanın Demir ve Bazı Besin Elementi İçerikleri Üzerine Etkisi
The Effect of Different Iron Fertilization on Iron and Some Nutrient Concentrations of Broad Bean under Acid, Alkaline and Calcareous Soil Conditions
Ceyhan Tarakçioğlu, Sinem Uzun
- 333-346 Ordu İli Turizm Alanlarının Zihin Haritalama Yöntemi ile Değerlendirilmesi ve Deneyimle Değişen Turizm Alanı Algısının İncelenmesi
Evaluation of Ordu Province Tourism Areas with Mind Mapping Method and Investigation of Tourism Area Perception Changing with Experience
Hande Şeyma Tepe, Pervin Yeşil
- 347-360 Kaolin Üzerine Reaktif Siyah 5 Boyar Maddesinin Adsorpsiyon Dengesi ve Kinetik İncelemeleri
Adsorption Equilibrium and Kinetic Investigations of Reactive Black 5 Dye on Kaolinite
Salih Alkan, Burcu Adıyaman, Hasan İlhan
- 361-373 Titanyum Takviye Miktarının Alümina Esaslı Kompozitlerin Mekanik ve Mikroyapı Özelliklerine Etkisi
Effect of Titanium Reinforcement Amount on Mechanical and Microstructural Properties of Alumina Based Composites
Samet Yavuz, Mevlüt Gürbüz
- 374-383 Bazı Fındık Çeşitlerinde Kabuk, Naturel İç ve Beyazlatılmış İçlerin Duyusal Özelliklerinin Karşılaştırılması
Comparison of Sensory Properties of Shell, Natural Kernel and Blanched Kernel in Some Hazelnut Cultivars
Hüseyin İrfan Balık, Neriman Beyhan
- 384-395 Hafif Bir Derin Öğrenme Modeli İle Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinden Beyin Kanaması Tespiti
Intracranial Hemorrhage Identification from Computed Tomography Images Using a Lightweight Deep Learning Model
Emine Betül Altun, Sümeyye Engin, Esmâ Başkaya, Fatmanur Şafak, Saffet Vatansever
- 396-410 Kümeleme Analizi Yöntemleri ile Fındık Üretilen İllerin İncelenmesi
Investigation of Hazelnut Producing Provinces with Cluster Analysis Methods
Mehmet Akif Kara
- 411-423 Meyve Tüketiminde Demografik Faktörlerin Önemi: Iğdır İli Örneği
The Importance of Demographic Factors in Fruit Consumption: Iğdır Province Example
İbrahim Hakkı Kadirhanoğulları
- 424-434 Bazı Aspir Çeşitlerinde Farklı Ekim Zamanı Uygulamalarının Agronomik Parametrelerine Etkisi
The Effect of Different Sowing Dates Application on Agronomic Parameters in Some Safflower Varieties
Nurettin Baran

Triklosan Pestisitinin Dünü, Bugünü, Geleceği ve Çevresel Arıtımı

Elif Betül Kağızman¹ , Şeyda Fikirdeşici Ergen² , Burcu Ertit Taştan³ 

¹ Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

² Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara

³ Gazi Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Ankara

Geliş Tarihi / Received Date: 28.12.2023

Kabul Tarihi / Accepted Date: 03.11.2024

Öz

Triklosan [5-chloro-2-(2,4-dichlorophenoxy) phenol] ya da ticari ismiyle "Irgasan" geniş spektrumlu güçlü bir antimikrobiyal ajan olarak bilinmektedir. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA) tarafından "pestisit" olarak tescillenmiştir. Avrupa'da her yıl yaklaşık 450 ton triklosanın kullanıldığı tahmin edilmektedir. Triklosanın % 85'i kişisel bakım ürünlerinde, % 5'i tekstil endüstrisinde ve % 10'u da plastik ve gıda ile temas eden maddelerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kapsamlı kullanımı nedeniyle, insanlarda ve çevrede triklosan birikimi tespit edilmiştir. Triklosan çevresel açıdan toksik bir madde olup, toksisitesi ile çalışmalar yürütülmekte ve farklı canlı gruplarında toksik etki mekanizması aydınlatılmaktadır. Bu makale, triklosan'ın çevresel akıbeti, insan ve diğer canlı gruplarında maruziyeti, anti-mikrobiyal aktivitenin etkinliği, toksisitesi ve çevresel arıtım mekanizmaları hakkındaki verileri gözden geçirmektedir.

Anahtar Kelimeler: atık su arıtımı, çevre sağlığı, pestisit, toksisite, triklosan

Past, Present, Future and Environmental Treatment of the Pesticide Triclosan

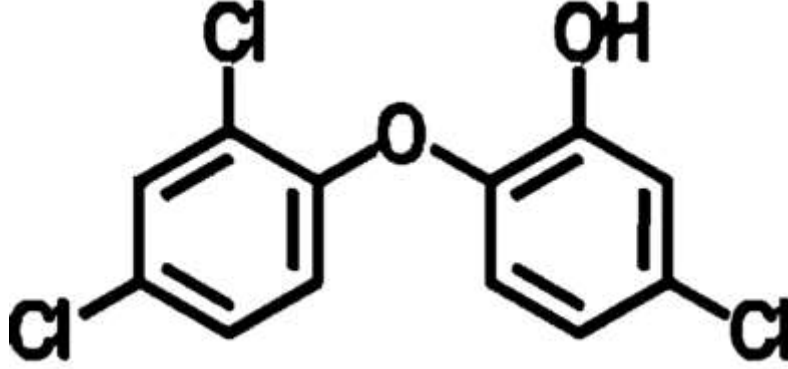
Abstract

Triclosan [5-chloro-2-(2,4-dichlorophenoxy) phenol] or with its trade name "Irgasan" is known as a broad spectrum powerful antimicrobial agent. It is registered as a "pesticide" by the United States Environmental Protection Agency (USEPA). It is estimated that around 450 tonnes of triclosan are used each year in Europe. 85% of triclosan is widely used in personal care products, 5% in the textile industry and 10% in the production of plastics and food contact materials. Due to its extensive use, accumulation of triclosan has been detected in humans and the environment. Triclosan is an environmentally toxic substance, studies are being conducted on its toxicity and its toxic effect mechanism is elucidated in different living groups. This article reviews data on triclosan's environmental fate, exposure in humans and other organisms, efficacy of antimicrobial activity, toxicity, and environmental treatment mechanisms.

Keywords: environmental health, pesticide, toxicity, triclosan, wastewater treatment

Giriş

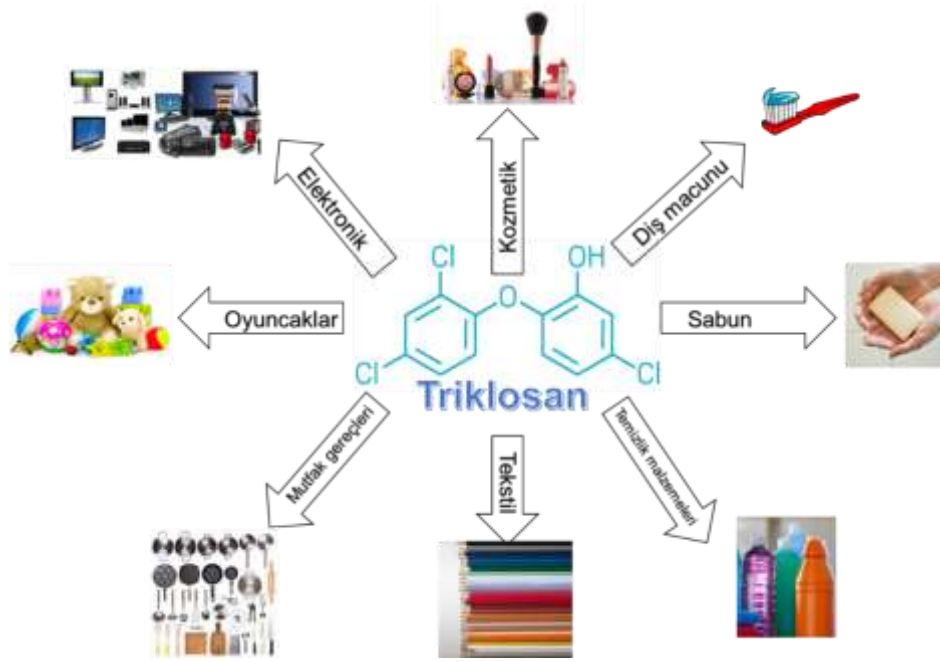
Klorlu fenolik bileşikler pestisit, antimikrobiyal ajan ve koruyucu olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar (Stewart ve Stewart, 2008). Ticari olarak "Irgasan" adıyla da bilinen triklosan (TCS), toksisitesi nedeniyle Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Ajansı tarafından bu bileşikler arasındaki en önemli "Pestisit" olarak tescillenmiştir (EPA, 2008). Triklosanın kimyasal formülü ve Uluslararası Saf ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC) ID'si sırasıyla; $C_{12}H_7Cl_3O_2$ ve 5-kloro-2-(2,4-diklorofenoksi)fenol'dür (Şekil 1).



Şekil 1. Triklosanın Moleküler Yapısı

Triklosan sahip olduğu yüksek toksik karakterine rağmen kişisel bakım ürünlerinde, tekstil endüstrisinde, gıda ve plastiklerle temas eden malzemelerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (EPA, 2008). Triklosanın % 85'i kişisel bakım ürünlerinde, % 5'i tekstil endüstrisinde ve % 10'u da plastik ve gıda ile temas eden maddelerin üretiminde kullanılmaktadır. Özellikle sabunlar, diş macunları, dezenfektanlar, şampuan ve deodorantlar başta olmak üzere hayatımızın hemen hemen her alanında yaklaşık 30 yıllık geçmişi ile yaygın bir kullanıma sahiptir (Şekil 2).

TCS'ın üretim ve tüketiminin büyük bir kısmı, yılda yaklaşık 3200 tonluk toplam üretimin olduğu Asya'da gerçekleşirken, Avrupa Birliği'ndeki üretim 2015 yılında 850 ton olarak belirtilmiştir. TCS, Avrupa Birliği'nde (Almanya) ve bazı Avrupa Birliği üyesi olmayan ülkelerde (Hindistan ve Çin) üretilmektedir. Nüfus sayılarına bakıldığında Asya'da ve dünyanın diğer bölgelerinde TCS tüketimi Avrupa'ya göre daha azdır. Danimarka'da ise TCS üretimi bulunmamaktadır (DEPA, 2016). Türkiye'de ise Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu tarafından yayınlanan Kosmetik Ürünler Yönetmeliği'ne göre TCS'ın en yüksek izin verilen kullanım miktarı %0.3 olarak belirlenmiştir.



Şekil 2. Triklosanın Kullanım Alanları

Triklosan, 1960'larda geliştirilen, geniş antimikrobiyel özellik gösteren ve bisfenoller sınıfının en yaygın şekilde kullanılan üyesidir (Bhargava ve Leonard, 1996). Bu antimikrobiyel özelliğini bakterilerin yağ asidi sentezinde enoil-açıl taşıyıcı-protein redüktaz aktivitesini inhibe ederek göstermektedir (McMurry vd., 1998). Antimikrobiyal ajanların kullanımının giderek artması çevresel sistemlerde antimikrobiyal bileşenlerin artışına sebep olmuştur. Antimikrobiyal ajanların aşırı kullanımı sonucunda da bakterilerin direnç kazanması kaçınılmaz olmuştur (Brown vd., 2006; Kummerer, 2004). Geniş spektrumlu bir biyosit olan TCS, klorlu bifenil eterdir. Triklosan, antiseptikler için etken madde, koruyucu ve dezenfektan olarak uzun yıllardır kullanılmaktadır (Condell vd., 2012). Antimikrobiyal özelliklerinden dolayı TCS'in, sağlık başta olmak üzere çeşitli endüstriyel alanlarda diş macunu, sabunlar, kozmetik ürünleri, gargaralar, deodorantlar gibi kişisel bakım ürünlerinde, mutfak eşyaları, tekstil, yatak örtüleri, elektronik ürünler, plastikler ve oyuncaklar gibi ürünlerde ürün koruyucu olarak kullanımı büyük ilgi görmektedir (Bellamy vd., 1993; Falkenburger vd., 2010; Regös vd., 1979). Triklosanın yüksek kullanımı ve kalıcılığı nedeniyle ortamdaki seviyeleri her geçen gün artmaktadır. Kişisel bakım ürünlerindeki triklosan konsantrasyonları %0,1–0,3 aralığındadır (Dann ve Hontela 2011; Sabaliunas vd., 2003). ABD Jeoloji Araştırması akarsu ve nehirlerde 2,3 µg/L konsantrasyonunda triklosan saptamıştır (Kolpin vd., 2002). Sadece İsveç'te yılda iki ton triklosan tüketilmektedir (Dann ve Hontela, 2011). Uzun yarı ömrü ve lipofilik özelliğinden dolayı insan vücudunda potansiyel olarak uzun vadeli sağlık risklerine neden olur. Hayvan çalışmaları, TCS'in spermiler üzerinde toksik etkileri olabileceğini göstermiştir (Lan vd., 2015). Triklosanın güvenlik profili son zamanlarda, TCS'in sadece atık sularda (Wu vd., 2007) değil aynı zamanda anne sütünde de (Dayan, 2007) varlığının gözlemlenmesiyle sorgulanmaya başlamıştır.

Bu çalışmanın önemi; önemli ve yaygın kullanım alanına sahip bir pestisit olan TCS'in çevresel akıbetini dün, bugün ve gelecek perspektifinde değerlendirmektir. Bu amaç doğrultusunda TCS'in fiziksel ve kimyasal özellikleri, çevresel maruziyeti ve toksisitesi ile hangi etkin arıtım metotlarının kullanılabileceğine yönelik araştırmalar detaylandırılmıştır.

Kimyasal Özellikleri

Triklosanın antimikrobiyal karakterine karşın etkin bir çevresel kirlenici olması kimyasal yapısı ve özellikleri ile ilişkilidir. Triklosanın kimyasal özellikleri Tablo 1'de özetlenmiş olup (Fang vd., 2010), Şekil 3 TCS'in çalışmalarımız esnasında kaydettiğimiz toz halinin görselini içermektedir.

Tablo 1. Triklosanın Kimyasal Özellikleri

Kimyasal adı	2,4,4'-trichloro-2'-hydroxydiphenyl ether
CAS No	3380-34-5
Sinonim adları	5-chloro-2-(2, 4-dichlorophenoxy)phenol
Ticari adları	Irgasan, Tinosan, Invasan, Aquasept
Formülü	C ₁₂ H ₇ Cl ₃ O ₂
Moleküler ağırlığı	289.54
Fiziksel yapısı	Renksiz, beyazımsı kristal toz
Koku	Hafif aromatik
Tat	Tatsız
Kararlılık	Normal koşullarda kararlı
Erime noktası	55–57 °C
Buhar basıncı	4 × 10 ⁻⁶ mm Hg at 20 °C
Termal ayrışma	280–290 °C
pKa	7.9
Çözünürlük	Su, 0.01g/L; 0.1 N NaOH, 23.5 g/L; Etanol, aseton, propilen glikol, Tween 20, benzen, yüksek oranda çözünür (> 1,000 g/L)

**Şekil 3.** Triklosan Kimyasalının Toz Hali

TCS'in Çevresel Maruziyeti ve Toksikitesi

TCS'ye oluşan fazla talebin yanı sıra hidrofobikliği, dayanıklılığı ve biyolojik birikme ve zamanla daha toksik olan metil triklosan (MTCS) ve dioksin gibi ürünlere dönüşebilme yeteneği bu antimikrobiyelin bir çevresel kirletici olarak endişe uyandırmasını kaçınılmaz kılmıştır (Pycke vd., 2014). Aynı zamanda TCS çeşitli organizmalarda birikmesi bu canlılar üzerinde toksik etkilere sebep olabilmektedir (Benotti vd., 2009). Yapılan analizlere göre, TCS'in hızlı bozulmayan kalıcı bir kirletici olduğu, birincil biyolojik bozunma yarı ömrünün "haftalar" ve nihai biyolojik bozunma yarı ömrünün "aylar" sürdüğü belirlenmiştir (Ying vd., 2007; Ying ve Kookana, 2007). TCS'in tatlı su ve deniz suyundaki yarılanma ömrü sırasıyla yaklaşık 8 ve 4 gün olarak belirlenmiştir. Işık varlığında bozunmanın karanlık kontrollere kıyasla daha fazla olduğu da bilinmektedir. Uzun yarılanma ömrü ve lipofilik özelliğinden dolayı insan vücudunda uzun süreli sağlık risklerine yol açma potansiyeline sahiptir. Hayvan çalışmaları, triklosanın üreme sistemi üzerinde zararlı etkileri olabileceğini düşündürmektedir (Lan vd., 2013). Endişe uyandıran diğer bir husus ise TCS'in birden fazla kirletici bileşik ile etkileşime girerek toksik etkilerini karmaşılaştırmasıdır (Sanchis vd., 2016). Mikroplastikler TCS için önemli bir adsorbsiyon yeteneğine sahiptir ve bu nedenle mikroplastiklerle birleşen TCS, tehlike riskini arttırabilmektedir (Zhu vd., 2019). Ayrıca TCS'in güneş ışığına veya UV ışığa maruz kalması, TCS'i toksik bir bileşik olan klorlu dioksinlere dönüştürmektedir (Latch vd., 2005). Aktif çamurda TCS konsantrasyonunun 0,5-16 mg/kg olduğu rapor edilmiştir (Clarke ve Smith 2011). Triklosan atık sularda µg/L konsantrasyon düzeylerinde tespit edilmiştir (Lindström vd., 2002; Halden ve Paull 2005). Triklosan oldukça stabil, lipofilik bir yapıdadır (log Kow=4.8) bu özellikleri TCS'in organik yüzeylerde birikiminin µg/L 'den mg/L düzeyine çıkmasına sebep olabilmektedir (Xu vd., 2009). TCS'in küresel olarak üretiminin yaklaşık 1500 ton olduğu

düşünülmektedir (Chen vd., 2011, Dann ve Hontela 2011). Bu nedenle TCS, ekosisteme girerek, bulunduğu ekosistemdeki organizmaların ekolojik işleyişini ve doğal dengeyi tehdit etmektedir.

Sucul Ortamlarda Triklosan Maruziyeti ve Toksikitesi

Sanayileşmenin ve kentleşmenin hızla gelişmesi ile çok sayıda kimyasalla kirletilmiş, çeşitli kaynaklardan gelen kentsel atık sular, drenaj sistemleri vasıtası ile atık su arıtma tesislerine (ATT) gelmektedirler (Reiss vd., 2002). Su kütleleri genellikle arıtılmış atık suların alıcı ortamı olduğu için TCS'in çevreye dağılması ATT'lerinde meydana gelmektedir. Yapılan araştırmalar nehirlerde bulunan en yaygın kimsayallardan birinin TCS olduğunu belirtmektedir (Peng vd., 2017). Triklosan deniz suları, göller ve akarsularda yüksek oranda tespit edilmiştir (Chau vd., 2008; Kolpin vd., 2004). Çeşitli katı maddeler (asılı partikül madde, toprak, tortu gibi) TCS'in yerleşim gösterdiği önemli yerlerdir, bu nedenle TCS topraktan sızıp yeraltı suyuna karışabilmektedir (Bedoux vd., 2012; Wang vd., 2017). Bu sızma olayı meydana geldiğinde biriken TCS kalıcılığından dolayı hem ortamda hem de organizmalarda uzun süre mevcudiyetini sürdürebilmektedir (Halden vd., 2005). Atıksularda saptanan en yüksek triklosan konsantrasyonu 434 ng/L (Ying ve Kaokana 2007) ile 86.161 ng/L (Kumar vd., 2010) arasındadır. Yapılan araştırmalar TCS'in su ekosistemini kirlettiği, içme, yüzey ve atık sularda, çevresel tortularda hatta balıkların safralarında bulunduğu kanıtlamıştır (Kolpin vd., 2002; Loraine ve Pettigrove 2006). TCS'in sucul canlılar üzerinde toksisitesini anlamak için pek çok çalışma yapılmaktadır. Alglerin sucul türlerin çoğunun besin kaynağı olması TCS'in birikmesinde önemli bir faktördür (Capdevielle vd., 2008). Sucul çevrelerdeki TCS'in yüksek konsantrasyonları ise ekosistem devamlılığı için önemli olan alg populasyonlarının ölümüne sebep olmaktadır (Tatarazako vd., 2004). Orvos vd. (2002), TCS'in AAT sediment organizmaları, algler, su pireleri ve balıklara karşı toksisitesini değerlendirmeyi amaçlayan çalışmalarında TCS'a karşı en hassas sucul türlerin *Scenedesmus subspicatus* gibi alg türleri olduğunu kanıtlamışlardır. Tatarazako vd. (2004) da alglerin TCS maruziyeti konusundaki duyarlılığına dair benzer kanıtlara ulaşmışlardır. Bir başka çalışma, *Geitlerinema* sp. ve *Chlorella* sp. mikroalglerinin 72 saat 50 mg/L TCS maruziyetine karşı dirençli oldukları daha yüksek maruziyet sürelerinin ve yüksek TCS konsantrasyonlarının toksik etki gösterebileceğini ortaya çıkarmıştır (Tastan vd., 2017).

Gelişimi, başkalaşımı ve diğer mekanizmaları detaylı bir şekilde bilinen, model organizma olarak yaygın kullanılan zebra balığı, TCS'in sucul canlılar üzerindeki potansiyel etkilerin araştırılması için ideal bir tür olarak görülmektedir (Santos vd., 2017). Örneğin Stenzel vd. (2019), zebra balıkları üzerinde yaptıkları bir çalışmada TCS'a maruz kalan balıkların gelişme ve üreme yeteneklerinin zayıfladığını, yavruların hayatta kalma ve gelişme yeteneklerinin azaldığını kanıtlamaktadır. Benzer bir çalışma TCS'in zebra balığının Ca²⁺ sinyal kanallarını etkileyerek göve arke kasının gelişmesinde olumsuz sonuçlara neden olduğunu göstermektedir (Ma vd., 2019). TCS'in üreme toksikolojisini değerlendirmeyi amaçlayan bir çalışma yetişkin medakanın kronik bir şekilde TCS'a maruz kaldıktan sonra doğurganlık ve yavru sağlığı gibi üreme fonksiyonlarının zarar görmediğini ancak erken gelişimde maruziyet meydana geldiğinde bozukluğa yol açabileceğini göstermektedir (Ishibashi vd., 2004). Fritsch vd. (2013) *Pimephales promelas*'ı TCS'a maruz bırakmışlar ve ardından bu canlının yüzme davranışının değiştiğini gözlemlemişlerdir. *Daphnia*'ların da (su piresi) TCS'a maruz kalmaları adaptasyon yeteneklerini ve üremelerini olumsuz yönde etkilemektedir (Chiaia vd., 2013).

Karasal Ortamda Triklosan Maruziyeti ve Toksikitesi

TCS su orjinli bir kirletici olarak varsayılrsa da, çeşitli yollarla toprağa karışmaktadır. TCS atık su artımında yeterli verimle giderilmediğinde sedimentte ve kanalizasyon atıklarında görülmektedir (Ying ve Kookana, 2007). Triklosan kumlu toprakta mevcutsa toprak nitrojen döngüsünü indükleyen toprak biyomlarının işleyişini bozmaktadır (Waller ve Kookana 2009). TCS'a maruz kalan canlılarda önemli davranış anormallelikleri görebilmektedir (Pullaguri vd., 2020; Tabari vd., 2019). Davranış anormalleliklerinin yanı sıra TCS bitkilerin de büyümesini sekteye uğratabilmektedir. Pirinç ve hıyar bitkisi üzerinde TCS'in bitki büyümesi etkilerini inceleyen Liu vd. (2009) köklerin TCS'a karşı sürgünden daha hassas olduğunu, TCS'lı topraklarda kök uzamasının inhibe olduğunu kanıtlamışlardır. Yapılan bu çalışma TCS'in toprak solunumunu da engellediğini göstermektedir.

Triklosan duyarlılığı türden türe göre farklı olabilir, pirinç tohumu ve salatalıklarda, TCS EC50 değerleri sırasıyla 57 ve 108 mg/kg olarak bulunmuştur (Liu vd.,2009). Besin zinciri yoluyla diğer türleri de etkileyen TCS'ın artan seviyeleri sıçan gibi hayvanların fizyolojisini değiştirebilmektedir (Crofton vd., 2007). Sıçan ve farelerde yapılan çalışmalarda TCS'ın dokularda ve dışkıda sülfasyon, glukuronidasyon ve hidroksilasyon ürünleri çıkardığını, mikrozomal detoksifikasyonu bozduğunu, doğum öncesi ve doğum sonrası sağ kalımı azalttığını ve merkezi sinir sistemi baskılanmasına yol açtığını kanıtlamaktadır (Arrhenius vd., 1977; Fang vd., 2016; Miller vd., 1982; Moss vd., 2000; Russell ve Montgomery 1980). Bir başka çalışmada TCS'ın fare karaciğerinde hepatosit proliferasyonunu ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) artmasına sebep olarak tümör promotörü olarak işlev gösterdiği kanıtlanmıştır (Yueh vd., 2014). TCS'ın farelerde maruziyet konsantrasyonuna bağlı olarak kardiyovasküler sistemin normal işleyişini sekteye uğrattığı gösterilmiştir (Cherednichenko vd., 2012). Ayrıca TCS bu canlılarda nefrotoksisite, hepatotoksisite, ve hipotermiye de neden olmaktadır (Chow vd., 1977; Miller vd., 1983). Sıçan beyнинin gelişmesinde TCS'ın etkisini araştıran Park vd. (2016) TCS maruziyetinin nörotoksisiteye sebep olabileceğini göstermişlerdir.

İnsan Maruziyeti ve Toksikitesi

Triklosanın çeşitli alanlarla kullanılmasından itibaren yapılan ilk çalışmalar TCS'ın akne, kontakt dermatit, deskuamasyon gibi yan etkilere karşı etkili olduğunu ve semptomları rahatlattığını göstermektedir (Aliaga vd., 1983; Franz vd., 1978; Kalliomaki ve Kuokkanen 1979; Skaare vd., 1996). TCS reaksiyonu ilk kez %0.12 ve %0.2 TCS bulunduran deodorantları kullanan iki hastada kontakt dermatit gelişmesi ile 1975'te görülmektedir (Roed-Petersen vd., 1975). Bir başka çalışma TCS'a maruz kalma durumunda maruziyet seviyesine bağlı olarak astım ve alerji riskinin artabileceğine dikkat çekilmiştir (Spanier vd., 2014). Bu tartışmaların ve verilerin analiz edilmesinin ardından ABD Gıda ve İlaç İdaresi (FDA), 2016 yılının Eylül ayında TCS bulunduran antiseptik ürünlerin yasaklanmasına karar vermiştir (Weatherly ve Gosse 2017). Daha sonra 2017 yılında Avrupa Komisyonu hijyenik amaçlar doğrultusunda kullanılan TCS ürünlerini yasaklarken, belli kozmetik ürünlerde % 0.3 ve % 0.2 oranda koruyucu amaçla kullanılmasına onay vermiştir. Bu nedenle hem atık sularda bulunan TCS'ın farklı ortamlara ve besin zincirine karışmasıyla hem de kullanılan bazı ürünlerin içeriği nedeniyle TCS'ın insanlar üzerindeki maruziyeti devam etmektedir. Örneğin Allmyr vd. (2006) emziren annelerden alınan süt ve kan örneklerinde, Calafat vd. (2008) 2003-2004 yılları arasında ABD nüfusunun yaklaşık %75'inin idrar örneklerinde değişen oranlarda TCS bulunduğu kanıtlanmaktadır. Takip eden yıllarda Quebec City'de test edilen insan idrar örneklerinden 46'sının 44'ünde TCS bulunduğu tespit edilmiştir (Provencher vd., 2014). Yin vd. (2016) tarafından Çin'de yapılan bir çalışmaya göre 209 kişiden alınan idrar örneklerinin yaklaşık %80'inde TCS bulunmaktadır. Yapılan bu çalışmada kadın katılımcıların erkek katılımcılara göre daha yüksek oranda ve 20'li yaşlarda olan katılımcıların diğer yaş aralıklarındaki katılımcılara göre daha yüksek konsantrasyonlarda TCS'a maruz kaldığı görülmektedir (Yin vd., 2016). 2015 yılında ise spontan düşük oranları ile idrarda bulunan yüksek seviye TCS'ın arasında bir bağlantı olduğu vurgulanmıştır (Wang vd., 2015). Bazı araştırmacılar erkek bireylerin idrarlarında bulunan yüksek seviye TCS ile baş çevresinin küçülmesi arasında bir ilişki olduğunu gösterse de yapılan bazı çalışmalar yenidoğanlarda cinsiyet faktöründen bağımsız bir şekilde TCS seviyesindeki artışın baş çevresindeki ağırlığı ve uzunluğu etkilediğini göstermiştir (Etzet vd., 2017; Lassen vd., 2016; Philippat vd., 2014). Bu çalışmalar insanların TCS maruziyetini açıkça göstermektedir.

Triklosanın doğal çevrelerde antibiyotik dirençli bakterilere karşı kullanılması halk sağlığı açısından potansiyel bir risk teşkil etmektedir (Braoudaki ve Hilton 2004). Triklosan endokrin sistemi bozan bir bileşik olarak bilinir (Gee vd., 2008). İnsanların TCS'a geniş ölçüde maruz kalması sonucunda karaciğer ve safra kesesinde ve yağ dokusunda (Geens vd., 2012), idrarda (Calafat vd., 2008; Li vd.,2013; Pirard vd., 2012), kanda (Allmyr vd., 2008; Wu vd., 2012) tırnaklarda (Shi vd., 2013) ve anne sütünde (Toms vd., 2011) TCS varlığı saptanmıştır. Lipofilik özellikleri nedeniyle cilt tarafından kolayca emilen TCS çeşitli yollarla dolaşım sistemine katılabilmektedir (Lin 2000; Moss vd., 2000). Bu nedenle TCS maruziyeti insan bedeninin normal işleyişini bozabilmektedir. Örneğin Ashrap vd. (2017) yılında yaptıkları bir çalışma TCS yapısının tiroid hormonuna olan benzerliğinden dolayı TCS'ın potansiyel bir

tiroid interferonu olabileceğini, Skarkha vd. (2019) yılında yaptıkları bir diğer çalışmada TCS'in tiroid homeostazını ve otoimmüniteyi etkileyebileceğini belirtmektedirler. TSC'in hücre zarı hasarına, buna bağlı olarak K⁺ sızıntısına, hemolize, hipotonik lizise ve membrana bağlı Na⁺, K⁺, Mg²⁺-ATPase enzimatik aktivitesinin inhibisyonuna sebep olduğuna dair kanıtlar da bulunmaktadır (Lorusso vd., 1981; Miller ve Deinzer 1980; Villalain vd., 2001). Aynı zamanda TCS'in intrinsik östrojenik ve androjenik işleve sahip olduğu, cinsiyet hormonlarının normal işleyişlerini bozabilen endokrin bozucu bir potansiyeli olabileceği de belirtilmektedir (Olaniyan vd., 2016). Nassan ve ark. (2019) yılında yaptıkları çalışmada TCS'in üreme sistemini dolaylı bir şekilde etkileyebileceği kanıtlanmıştır (Nassan vd., 2019). TCS'in prostat kanser hücreleri üzerinde metastazı teşvik edici rol üstlendiği ve bu hücrelerin in vitro proliferasyonunu arttırdığı da değerlendirilmiştir (Kim vd., 2015).

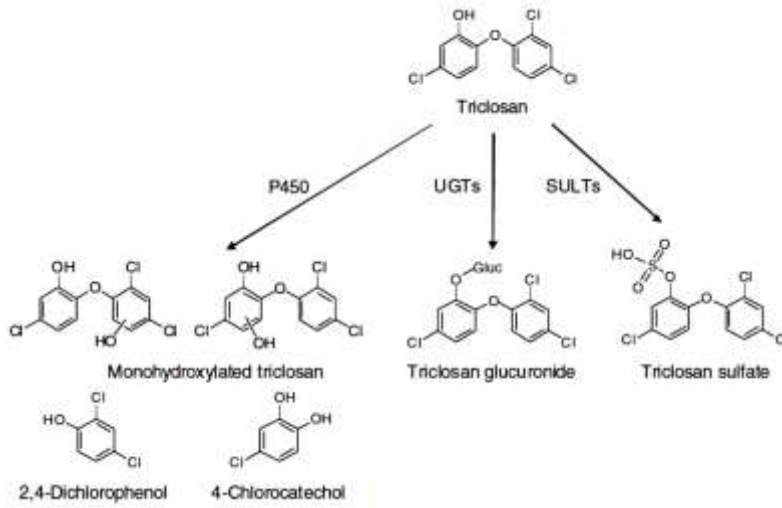
Mikrobiyel Toksikite

TCS'ye dair yapılan toksisite çalışmalarında TCS'den etkilenen çeşitli canlılar arasında mikroorganizmalar da bulunmaktadır (Fuchsman vd., 2010). Ricart vd. (2010) TCS'in farklı konsantrasyonlarda biyofilmden algelere ve bakterilere kısa dönemde ne şekilde etki edeceğine dair yaptıkları bir çalışmada TCS toksisitesinden bakterilerin algelere göre daha yüksek oranda etkilendiğini göstermişlerdir. Yapılan bu çalışmada denenen en yüksek konsantrasyonda bakterilerin %85'i ölmüştür (Ricart vd., 2010). Orvos vd. (2002) bir siyanobakteri olan *Anabaena flosaquae* için 96 saatlik TCS maruziyeti testi sonunda etkin konsantrasyon değerini (EC50) 1.6 µg/L, etki gözlemlenmeyen konsantrasyon (NOEC) değerini ise 0.8 µg/L olarak bulmuşlardır. Bulunan bu değeri ise fitoplanktonun gösterdiği duyarlılığa benzetmişlerdir (Orvos vd., 2002). *Vibrio fischeri* de 53 mcg/L (15 dk) EC50 değeri ile TCS'a duyarlı bir bakteri olarak belirlenmiştir (Delorenzo vd., 2008). *Dunaliella tertiolecta* ise triklosana en hassas türlerin başında gelmektedir (EC50; 3.55 mg/L-96 s) (Delorenzo vd., 2008). Aynı zamanda Stasinakis vd. (2008) heterotrofik ve ototrofik biyokütle ile yaptıkları bir deneyde nitrifikasyon bakterilerinin TCS'a karşı daha duyarlı olduğunu tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada lüminesans bir bakteri olan ve atık su toksisitesini izlemek için in vitro biyoanalizde kullanılan *Vibrio fischeri* için TCS'a karşı EC₅₀ değeri maruziyet süresine göre 220-520 µg/L olarak belirlenmiştir (Harada vd., 2008). Gonzalez-Pleiter vd. (2017) yaptıkları çalışmada yeşil bir alg *Chlamydomonas reinhardtii* ve patojenik mantar *Cryptococcus neoformans* gibi tek hücreli canlılarda TCS'in apoptoza veya benzeri bir hücre ölümüne neden olduğunu göstermişlerdir. TCS'in *Mycobacterium tuberculosis* üzerine genetik etkilerini araştıran bir çalışmada hücre duvarı, taşıma, detoksifikasyon, DNA replikasyonu ve transkripsiyonda görev alan çok çeşitli genlerdeki bozukluklar belirlenmiştir (Betts vd., 2003).

TCS'in antibiyotik direnci gelişimine sebep olduğuna dair bazı veriler de mevcuttur (Birosová ve Mikulášová 2009; Sandborgh-Englund vd., 2006). Örneğin TCS'ye daha uzun süre daha yüksek seviyede maruz kalan bakterilerin direnç arttırdığı bulunmuştur (Aiello vd., 2004; Maillard 2007). Seaman vd. (2007) penisilin, gentamisin, kinolonlara dirençli TCS toleranslı *Staphylococcus aureus*, Parikh vd. (2000) ise izoniazide dirençli TCS toleranslı *Mycobacterium smegmatis* izole etmişlerdir. Bakterilerin TCS'a maruziyet sonrası TCS'a dirençli hale gelebildiğine ayrıca bu maruziyet sonucu diğer antimikrobiyal maddelere ve birçok antibiyotiğe karşı direnç kazanabileceğine dair çalışmalar da mevcuttur (Braoudaki ve Hilton 2004; Chen vd., 2009; Drury vd., 2013; Nietch vd., 2013).

TCS Parçalama Yöntemleri

Atık sulardaki TCS, biyolojik bozunma ve sorpsiyon ile elimine edilir; ancak kalıntı TCS, yüzey sularındaki konsantrasyon artışına neden olur. Bu nedenle, triklosanın atık sulardan uzaklaştırılması, çevre sağlığını ve kalitesini korumak için gerekli bir göreve arkir (Lee vd., 2012; Lozano vd., 2013). Triklosan 2,4-diklorofenol ve klorlu bileşiklere kadar degrade olabilmektedir (Tastan ve Dönmez, 2015). Triklosan degradasyonunun şematik gösterimi Şekil 4'te verilmiştir (Fang vd., 2010). Triklosan ekosisteme sürekli olarak giriş yaptığı için TCS'ı çevreden uzaklaştırmayı amaçlayan yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler genel olarak kimyasal, biyolojik ve kombine yöntemler olarak sıralanabilmektedir (Wang ve Liang 2021).



Şekil 4. Triklosan Metabolizması

Kimyasal Yöntemler

Fiziksel, kimyasal ve iyonik olarak 3'e ayrılan adsorpsiyon metodunda TCS giderimi için kullanılan iki mekanizma mevcuttur. Birinci mekanizma adsorbanların Van der Waals kuvveti temeliyle çalışmaktadır (Wang vd., 2017). İkincisi ise değişim adsorpsiyonudur ki bu mekanizmanın temel prensibi adsorban yüzeyinin yük taşıması ile meydana gelmektedir. Adsorpsiyon hidrofobik bir giderim metodu olmasının yanı sıra basit ve verimli bir yöntemdir fakat bu yöntemin dezavantajı maliyet yüksekliğidir. Bu yöntemin temel prensibi adsorbanların elek görevi görmesidir. TCS için uygulanan adsorbanlardan biri yeni keşfedilen hidrokarlardır (Han vd., 2016). Bunun yanı sıra karbon nanomalzemeler, aktif karbon, biyokömür, grafen, kaolin ve montmorillonitler de TCS için verimli şekilde kullanılmaktadır (Behera vd., 2010; Mohd Khori vd., 2018; Zhang vd., 2019).

Oksidasyon ve indirgeme yöntemleri adsorpsiyon yöntemine göre TCS'ı ya tamamen mineralize edebilir ya da toksik maddeye çevirme potansiyeli düşüktür bu yüzden daha çevre dostu, hızlı ve kolay kullanılabilir bir yöntemdir (Quan vd., 2019). Oksidasyon; enzim aracılı oksidasyon, fotokimyasal oksidasyon, ozon oksidasyonu ve ileri oksidasyon, indirgeme; katalitik hidrojenasyon ve elektron indirgeme olarak sınıflandırılabilir. Enzim aracılı oksidasyonda TCS için kullanılan en yaygın enzimler genellikle çeşitli mantarlarda bulunan lakkaz ve soya fasulyesi, yaban turpu gibi bitkilerde bulunan peroksidazlardır (Inoue vd., 2010; Li vd., 2016; Murugesan vd., 2010). Lakkaz kullanılan oksidasyon fenolik kirleticilerin gideriminde de kullanılmaktadır. Fotokimyasal oksidasyon, NH_2Cl gibi oksidasyonların kullanıldığı foto uyarılmış oksidasyon ve TiO_2 gibi katalizörlerin kullanıldığı fotokatalitik oksidasyondan oluşmaktadır (Constantin vd., 2018; Sun vd., 2019). Ozon oksidasyonu TCS'ı su ortamından uzaklaştırmada kullanılan verimli bir yöntemdir çünkü TCS ve yan ürünlerinin ortamdaki konsantrasyonu azaltılması için gereken ozon miktarı çok azdır (Orhon vd., 2017). Ozon oksidasyonu sırasında TCS'in bazı yan ürünlere dönüşümü ile sonuçlanması da oldukça olasıdır. Ozonlama sırasında, ozonun fenol halkasının hidroksil grubu ile reaksiyonu ve fenol halkasına oksijen eklenmesi veya fenol halkasının açılması yoluyla TCS'in bozulması meydana gelebilmektedir (Mvula ve von Sonntag, 2003). Bu nedenle TCS'nin ozonlanması sırasında ana bileşiğe göre daha stabil ve daha toksik dönüşümler ve yan ürün oluşumları meydana gelebilir (Dann ve Hontela, 2011). Elektrokimyasal oksidasyon ise genellikle organik kirleticilerin su ortamından temizlenmesinde kullanılır ve farklı reaksiyonlarla kombine edilebilir aynı zamanda TCS degradasyonunda da uygun bir yöntemdir (Zhang vd., 2020). Genel olarak oksidasyon teknikleri TCS giderimi için etkili olmakla birlikte halojenlenmiş türlerin oluşumu (klorlama), nispeten düşük mineralizasyon derecesi (ozonasyon) ve nispeten yüksek enerji tüketimi (elektrokimyasal oksidasyon) gibi bazı dezavantajları hala mevcuttur (Luo vd., 2019).

Son yıllarda Peroksimonosülfat (PMS) kullanan ileri oksidasyon yöntemi organik kirleticilerin parçalanması için etkili işlemlerdir (Ebrahimi vd., 2024; Topaloğlu ve Kahraman, 2023). Bir çalışmada

kobalt ferrit, grafen oksit, MIL-101(Fe) ve bunların kompozit yapıları TCS giderimi için uygulanmıştır. En yüksek TCS giderim oranları sadece PMS, kobalt ferrit, grafen oksit ve PMS+kobalt ferrit+grafen oksit için sırasıyla %49.29, 66.13, 84.04, 89.73 ve %100 olarak bulunmuştur (Ebrahimi vd., 2024).

Biyolojik Yöntemler

Biyo-sorpsiyon ve biyoparçalama gibi yollarla farklı organizmalarla TCS'in uzaklaştırılması veya azaltılması olarak tanımlanabilen biyolojik yöntemler TCS giderimi için oldukça verimlidir (Tastan ve Dönmez, 2015). Diğer yöntemlere kıyaslandığında biyolojik arıtım oluşan yan ürünlerin genellikle ekotoksitesite açısından zararsız olmasından dolayı diğer yöntemlere kıyasla çok daha çevre dostu ve ekonomiktir (Lee vd., 2012; Wang vd., 2013). Triklosanın atık suların arıtımında, biyodegradasyona ve atık üzerinden emilimine dayanır (Singer vd., 2002; Ying ve Kookana 2007). Sürekli akış atık sistemlerinde %90'dan fazla, biyodegradasyonda ise %97 oranında TCS giderimi sağlanmaktadır (Stasinakis vd., 2007). Ayrıca funguslar aracılığı ile 2,4-dichlorophenol TCS'in biyotransformasyon ürünleri olarak rapor edilmiştir (Hundt vd., 2000). Triklosanın biyolojik olarak giderimi üç ana başlıkta incelenebilir. Bunlardan birincisi biyosorpsiyondur. Biyosorpsiyonda temel prensip yüksek oktanol olan TCS'in hidrofobik yüzey alanına sahip mikroorganizmalar tarafından emilmesidir (Chen vd., 2010., Wang vd., 2013). Seçilen mikroorganizmaya göre absorbe etme yeteneği farklılık gösterebilir. İkinci süreç biyo-degradasyondur ve genellikle mantar ve bakteriler tarafından bu süreç işlev gösterse de bazı alg hücreleri de TCS biyo-degradasyonunda kullanılabilir (Ding vd., 2018., Wang vd., 2018). Biyo-degradasyonda esas olarak enzimler kullanılmaktadır. Tastan vd. (2016) tarafından iki mantar suşunun, *Rhodotorula mucilaginosa* ve *Penicillium* sp.'in TCS biyoparçalama potansiyeli ve 2,4-diklorofenole (2,4-DCP) dönüşüm oranı araştırılmıştır. Her iki suş için çalışılan farklı besiyerlerinde en yüksek TCS biyoparçalama verimi, *R. mucilaginosa* için %48 ve *Penicillium* sp. için %82 olmuştur. *Penicillium* sp.'in TCS'a karşı daha toleranslı olduğu da kaydedilmiştir. Taramalı elektron mikroskopu mikrografı da TCS ile muamele edilen hücrelerin yapısal değişikliklerini ortaya koymaktadır. Genel olarak, *R. mucilaginosa* ve *Penicillium* sp.'in TCS'nin aktif alımında (degradasyonunda) ve pasif alımında (sorpsiyonunda) etkili mikroorganizmalar olarak kullanılabilmesi belirlenmiştir (Tastan vd., 2016). Bir başka çalışmada *Aspergillus versicolor*'ın TCS degradasyonunun optimizasyonu araştırılmıştır. Fungus pH, besiyeri, artan TCS ve farklı biyokütle konsantrasyonlarının optimize edilmesiyle 15.69 mg/L TCS'ı %29.81 verim ve gram hücre başına 2.22 mg birikim ile gerçekleştirmiştir (Tastan ve Dönmez, 2015).

Üçüncü ve son süreç mikroorganizmaların TCS'ı dönüştürmeden sadece biriktirdiğini ifade eden biyolojik alım bir diğer deyişle biyo-birikimdir. Bu yöntem genellikle alglerde uygulanır. TCS lipitte kolay çözündüğü için mikroalg hücrelerine kolayca geçebilmektedirler (Lipnick 1995).

Kombine Metotlar

Kombine metotlar yukarıda bahsedilen yöntemlerin birleştirilmesiyle elde edilen, TCS'in gideriminde oldukça faydalı olan ve ikincil kirliliği azalttığı için çevre dostu olan bir süreçtir. Kombine bir yöntem olarak kimyasal, fiziksel ve biyolojik süreçlerin birleştirilmesi tetrasiklin ve karbamazepin gideriminde daha önce denenmiştir (Gómez-Pacheco vd., 2011; Keen vd., 2012). Bu yöntemde ayrıştırmak istenen kimyasal tamamen uzaklaştırılabilir de mineralizasyon düşük olabileceğinden biyolojik yöntemlerden yararlanmak faydalı olabilmektedir (Quan vd., 2019). Verimliliği arttırmak için daha farklı kombine metotları da kullanılabilir. Örneğin TCS giderimini amaçlayan bir çalışmada gama ışınlanması ve biyolojik metotlar birleştirilmiş ve geliştirilebilir sonuçlar alınmıştır (Wang vd., 2017). Benzer bir amaçla Xu vd. (2014) enzim aracılı oksidasyon giderimi olan lakkaz ile nanofiberi birlikte kullanarak TCS degradasyonundaki verimi arttırmıştır. Verilen örneklerde görüldüğü gibi hibrid yöntemler tekli yöntemlerle karşılaştırıldığında TCS giderimi için daha yüksek verim elde edebilme potansiyeline sahiptir ve bu alanda daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Bir diğer alternatif metot olarak karbon membranlar, yüksek spesifik yüzey alanı ve yüksek elektronik iletkenliği ile kirleticiler üzerinde belirli bir adsorpsiyon etkisine sahiptir. Elektrokimyasal olarak aktifleştirilmiş persülfat bağlı karbon membran reaksiyon süreci sırasında, yüksek spesifik yüzey alanı

ve iyi iletkenliği sayesinde kirleticileri yüzeyinde toplanabilir ve bu da alternatif bir arıtım metodu sağlayabilir. Bir çalışmada persülfat bağlı karbon membran sistemi TCS gideriminde kullanılmış ve TCS giderimi 40 dakika içinde %90 olarak bulunmuştur (Liv d., 2023).

Türkiye’de Yapılmış Bazı Triklosan Çalışmaları

Olgun vd., (2011) nanogümüş çubuklar ve TCS içeren antimikrobiyal polikaprolakton-silika kompozit filmleri roll-milling yöntemi ile hazırlamışlardır. Kompozit filmlerin yüzeyinde *E. coli* ve *S. aureus*'un yok edilmesini 37°C'de 6 saat inkübasyondan sonra değerlendirmişlerdir. *E. coli* için, 6 saat sonra hiçbir bakteriyel kontaminasyon tespit edilmezken, *S. aureus* için, 6 saat sonra bakteriyel kontaminasyonda %94 azalma kaydedilmiştir.

Tastan ve Dönmez (2015) TCS'in *Aspergillus versicolor* tarafından biyodegradasyonunu araştırmışlardır. Simüle edilmiş atık su ve yarı sentetik ortamın fungal TCS bozunma süreci üzerindeki etkilerini tespit etmişlerdir. Tolere edilen en yüksek TCS konsantrasyonu 15.69 mg/L olarak bulunmuştur. Bu konsantrasyonda biyoparçalama verimi %29,81 ve q_m 2,22 mg/g olarak bulunmuştur.

Atar vd. (2015) atık suda TCS'in hassas ve seçici tespiti için alilmerkaptan modifiye altın SPR çipi ve baskılı poli(2-hidroksietil metakrilat-metakriloilamidoglutamik asit) [p(HEMAGA)] nanofilm kullanılarak yeni bir moleküler baskılı yüzey plazmon rezonans (SPR) kimyasal sensörü geliştirmişlerdir. SPR çipinin modifiye edilmemiş ve baskılanmış yüzeyleri Fourier transform infrared (FTIR) spektroskopisi, atomik kuvvet mikroskopu (AFM) ve temas açısı ölçümleri ile karakterize etmişlerdir. Triklosanın doğrusallık aralığı ve tespit limiti sırasıyla 0.05-1.0 ng/mL ve 0.017 ng/mL olarak bulunmuştur.

Tastan vd. (2016) *Rhodotorula mucilaginosa* ve *Penicillium sp.* olmak üzere iki mantar türünün TCS parçalanma potansiyelini ve 2,4-diklorofenole (2,4-DCP) dönüşme oranını değerlendirmişlerdir. Bu suşların her ikisi de minimal tuz ortamında yetiştirildiğinde TCS'a karşı daha az duyarlılık gösterdiği tespit edilmiştir. Çevresel koşulların TCS bozunması üzerindeki etkilerini değerlendirmek için, orijinal termik santral atık suyu, T6 nutrimedia ve amonyum mineral tuzları ortamı dâhil olmak üzere üç farklı kültür koşulu kullanılmıştır. Maksimum TCS parçalanma verimi 2,7 mg/L TCS konsantrasyonunda *R. mucilaginosa* için %48 ve *Penicillium sp.* için %82 olarak bulunmuştur. Sonuçta *Penicillium sp.* türünün TCS'a karşı daha toleranslı olduğu bulunmuştur.

Tastan vd. (2017) TCS'in iki tatlı su mikroalgiyle biyolojik olarak parçalanmasını ve akut toksisitesini ortaya koymuşlardır. *Geitlerinema sp.* ve *Chlorella sp.* 10 günde 3.99 mg/L TRC'ın sırasıyla %82.10 ve %92.83'ünü parçaladığı bulunmuştur. Mikroalgal büyüme inhibisyon deneyi ile 72 saat maruziyetten sonra 50 mg/L konsantrasyonda bile TCS'in *Chlorella sp.* üzerinde toksik etkisinin olmadığı doğrulanmıştır.

Orhon vd. (2017) TCS'in yüzey suyundan ozonlama ile giderilmesini araştırmışlardır. 1-5 mg/L TCS içeren bir yüzey suyundan 5 mg/L'de sürekli ozonlama yoluyla TCS'nin tamamen giderilmesinin, pH'a bağlı olarak 20-30 dakikalık bir ozonlama süresi gerektirdiğini göstermişlerdir. TCS ve yan ürünlerinin tam oksidasyonu için uygulanan ozon ihtiyacı, mg TCS başına 13,04 mg ozon olarak hesaplanmıştır.

Üstün-Odabaşı vd. (2020) Samsun'da bulunan bir içme suyu arıtma tesisi (İÇSS) ve bir atık su arıtma tesisinden (AAT) gelen atık su ve atık su içindeki TCS oluşumu ve giderimini incelemişlerdir. Triklosan konsantrasyonunu 2016 sonbaharından 2017 yazına kadar farklı mevsimlerde rapor etmişlerdir. İçme suyu arıtma tesisinden gelen atık su TCS konsantrasyonunu 0.342 µg/L, AAT'den gelen atık su içeriğindeki TCS konsantrasyonunu ise 0,58 µg/L olarak tespit etmişlerdir. İçme suyu arıtma tesisinin efluentinde, yaz aylarında 0.565 µg/L konsantrasyonda TCS tespit edilmiştir. Atık su arıtma tesisinin giriş suyunda kış mevsiminde TCS tespit edilirken, AAT'nin çıkış suyunda TCS tespit edilememiştir.

Cayan vd. (2020) TCS'in sıçanlarda in vitro embriyonik gelişim üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Ayrıca gen ekspresyonu yoluyla hücreleri apoptoza indükleyen kaspaz 2, 7, 8 ve 9 seviyelerini belirlemişlerdir. Triklosan dozu arttıkça deney gruplarında morfolojik skorlamanın tüm

parametrelerinde anlamlı düşüşler elde edilmiştir. Triklosanın gebelik döneminde intrinsik yolak aracılığıyla hücrelerde apoptozise neden olduğunu ve artan TCS dozu ile artan embriyonik büyüme geriliğine yol açtığını belirlemiştir.

Çiftçi vd. (2023) farklı fizikokimyasal özelliklere sahip iki model bileşik olan düşük çözünürlüğe sahip hidrofobik bir bileşik TCS ile yüksek sulu çözünürlüğe sahip hidrofilik bir bileşik olan malaşit yeşilinin (MG), polietilen (PE) üzerinde kullanılması yoluyla organiklerin mikroplastiklerle etkileşimini karşılaştırmalı bir şekilde aydınlatmayı amaçlamışlardır. Kinetik çalışmalar sonucunda daha hızlı sorpsiyona ($t_{eq} = 24$ saat) işaret edilmiş, denge çalışmaları sonucunda ise TCS için MG'ye ($t_{eq} = 5$ d, $q_e = 221$ $\mu\text{g/g}$) kıyasla çok daha yüksek kapasiteye ($q_e = 6,921$ $\mu\text{g/g}$) sahip olduğu bulunmuştur. Kinetik modelin her iki organığın PE sorpsiyonuna uyarken, denge izotermelerinin yanı sıra partikül boyutu ve pH'nın etkisi ile sonuçların farklı sorpsiyon mekanizmalarına işaret ettiği tespit edilmiştir.

Sonuç

Antimikrobiyal ve antifungal etkileri nedeniyle tekstil ürünlerinde, kişisel bakım ürünlerinde ve plastiklerde kullanılan TCS, endokrin bozucu özellikleri ve hatta antibiyotiklere karşı bakteriyel direnci kolaylaştırabilmesi özellikleri nedeniyle son yıllarda dikkatleri üzerine çekmiş bir maddedir. Triklosanın sucul ortamdaki varlığının ana kaynağı, aşırı kullanımına bağlı olarak ve dolayısıyla bertarafı da dikkate alındığında, atık sulardır. Tam olarak giderilemediğinden TCS kalıntıları yüzey ve yeraltı sularında tespit edilebilmekte ve suda yaşayan organizmalar ve sedimentlerde giderek artan birikim potansiyeline sahip olabilmektedir. Triklosan maruziyeti sonucu potansiyel toksisitesi ile sistemik rahatsızlıklar, tiroid ve nörogelişim bozuklukları, kardiyotoksikite, metabolik bozukluklar ve geniş bakteri gruplarının artan direnci arasındaki ilişkiler pek çok çalışma ile ortaya konmuştur. İyi bir ekolojik statüye ulaşabilmek için güvenlik önlemleri ve çevre koruma ile uyumlu uygun mevzuata tam bağlılık gerekmektedir. Triklosan toksisitesinin çevresel açıdan hergeçen gün daha önemli olması, TCS'in tüm detaylarıyla anlaşılması için çok daha fazla sayıda detaylı çalışmaların yapılmasını gerektirmektedir.

Destek ve Teşekkür

Bu çalışma 122Z742 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında hazırlanmıştır.

Yazar Katkısı

Bu araştırmadaki bütün yazarlar makalenin yazılmasına, yorumlanmasına ve tasarımına aynı oranda katkıda bulunmuştur.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemektedir.

ORCID

Elif Betül Kağızman  <https://orcid.org/0000-0002-0328-8623>

Şeyda Fikirdeşici Ergen  <https://orcid.org/0000-0002-4623-1256>

Burcu Ertit Taştan  <https://orcid.org/0000-0003-4644-8305>

Kaynaklar

Aiello, A. E., Marshall, B., Levy, S. B., Della-Latta, P. ve Larson, E. (2004). Relationship between triclosan and susceptibilities of bacteria isolated from hands in the community. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 48(8), 2973-2979. <http://doi.org/10.1128/AAC.48.8.2973-2979.2004>

- Aliaga A., Castells A. ve Kriznik D. (1983). An overview of two comparative multicentre trials with halometasone/triclosan cream in acute superficial bacterial skin infections. *The Journal of International Medical Research*, 11(1), 53–57. <https://europepmc.org/article/med/6339294>
- Allmyr M., Adolfsson-Erici M., McLachlan M.S., ve Sandborgh-Englund G. (2006). Triclosan in plasma and milk from Swedish nursing mothers and their exposure via personal care products. *Sci Total Environ*, 372, 87–93. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.08.007>
- Allmyr M., Harden F., Toms L.M., Mueller J.F., McLachlan M.S., Adolfsson-Erici M. ve Sandborgh-Englund G. (2008). The influence of age and gender on triclosan concentrations in Australian human blood serum. *Sci Total Environ*, 393, 162–167. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.12.006>
- Aranami K. ve Readman J. W. (2007). Photolytic degradation of triclosan in freshwater and seawater. *Chemosphere*, 66(6), 1052–1056. <http://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.07.010>
- Arrhenius E., Renberg L., Johansson L. ve Zetterqvist M.A. (1977). Disruption of microsomal detoxification mechanisms in the liver by chlorophenol pesticides. *Chemico-Biological Interactions*, 18(1), 35–46. [http://doi.org/10.1016/0009-2797\(77\)90139-9](http://doi.org/10.1016/0009-2797(77)90139-9)
- Ashrap, P., Zheng, G., Wan, Y., Li, T., Hu, W., Li, W., ... ve Hu, J. (2017). Discovery of a widespread metabolic pathway within and among phenolic xenobiotics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(23), 6062–6067. <http://doi.org/10.1073/pnas.1700558114>
- Atar, N., Eren, T., Yola, M. L. ve Wang, S. (2015). A sensitive molecular imprinted surface plasmon resonance nanosensor for selective determination of trace triclosan in wastewater. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 216, 638–644. <http://doi.org/10.1016/j.snb.2015.04.076>
- Bayston, R., Ashraf, W. ve Smith, T. (2007). Triclosan resistance in methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* expressed as small colony variants: A novel mode of evasion of susceptibility to antiseptics. *Journal of antimicrobial chemotherapy*, 59(5), 848–853. <https://doi.org/10.1093/jac/dkm031>
- Bedoux G., Roig B., Thomas O., Dupont V. ve Le Bot B. (2012). Occurrence and toxicity of antimicrobial triclosan and by-products in the environment. *Environ Sci Pollut R*, 19(4), 1044–1065. <https://doi.org/10.1007/s11356-011-0632-z>
- Behera, S. K., Oh, S. Y. ve Park, H. S. (2010). Sorption of triclosan onto activated carbon, kaolinite and montmorillonite: effects of pH, ionic strength, and humic acid. *Journal of Hazardous Materials*, 179(1-3), 684–691. <https://doi.org/10.1007/s11356-011-0632-z>
- Bellamy, K., Alcock, R., Babb, J. R., Davies, J. G. ve Ayliffe, G. A. J. (1993). A test for the assessment of 'hygienic' hand disinfection using rotavirus. *Journal of Hospital Infection*, 24(3), 201–210. [https://doi.org/10.1016/0195-6701\(93\)90049-6](https://doi.org/10.1016/0195-6701(93)90049-6)
- Benotti, M. J., Trenholm, R. A., Vanderford, B. J., Holady, J. C., Stanford, B. D. ve Snyder, S. A. (2009). Pharmaceuticals and endocrine disrupting compounds in US drinking water. *Environmental science & technology*, 43(3), 597–603. <https://doi.org/10.1021/es801845a>
- Betts, J. C., McLaren, A., Lennon, M. G., Kelly, F. M., Lukey, P. T., Blakemore, S. J. ve Duncan, K. (2003). Signature gene expression profiles discriminate between isoniazid-, thioamycin-, and triclosan-treated *Mycobacterium tuberculosis*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 47(9), 2903–2913. <https://doi.org/10.1128/AAC.47.9.2903-2913.2003>
- Bhargava, H. N. ve Leonard, P. A. (1996). Triclosan: Applications and safety. *American Journal of Infection Control*, 24(3), 209–218. [https://doi.org/10.1016/S0196-6553\(96\)90017-6](https://doi.org/10.1016/S0196-6553(96)90017-6)

- Birosová, L. ve Mikulášová, M. (2009). Evolution of triclosan and antibiotic resistance in *Salmonella enterica* serovar Typhimurium. *J Med Microbiol*, 58, 436–441. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.003657-0>
- Braoudaki, M. ve Hilton, A.C. (2004). Low level of crossresistance between triclosan and antibiotics in *Escherichia coli* K-12 and *E. coli* O55 compared to *E. coli* O157. *FEMS Microbiol Lett*, 235, 305–309. <https://doi.org/10.1016/j.femsle.2004.04.049>
- Brown, K.D., Kulis, J., Thomson, B., Chapman, T.H. ve Mawhinney, D.B. (2006). Occurrence of antibiotics in hospital, residential, and dairy, effluent, municipal wastewater, and the Rio Grande in New Mexico. *Science of the Total Environment*, 366, 772–783. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.10.007>
- Calafat, A.M., Ye, X., Wong, L.Y., Reidy, J.A. ve Needham, L.L. (2008). Urinary concentrations of triclosan in the U.S. population: 2003-2004. *Environ Health Persp*, 116, 303–307. <https://doi.org/10.1289/ehp.10768>
- Capdevielle, M., Van Egmond, R., Whelan, M., Versteeg, D., Hofmann-Kamensky, M., Inauen, J., ... ve Woltering, D. (2008). Consideration of exposure and species sensitivity of triclosan in the freshwater environment. *Integrated environmental assessment and management*, 4(1), 15-23. <https://doi.org/10.1897/ieam.2007-022.1>
- Cayan, D., Unur, E., Nisari, M., Patat, D., Dağlı, E. ve Akalin, H. (2020). The effect of triclosan on in vitro embryonic development in rat. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 26(5), 595–602. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2020.23873>
- Chau, W. C., Wu, J. L. ve Cai, Z. (2008). Investigation of levels and fate of triclosan in environmental waters from the analysis of gas chromatography coupled with ion trap mass spectrometry. *Chemosphere*, 73(1), S13-S17. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.01.087>
- Chen, X., Nielsen, J. L., Furgal, K., Liu, Y., Lolas, I. B. ve Bester, K. (2011). Biodegradation of triclosan and formation of methyl-triclosan in activated sludge under aerobic conditions. *Chemosphere*, 84(4), 452-456. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.03.042>
- Chen, Y., Pi, B., Zhou, H., Yu, Y. ve Li, L. (2009). Triclosan resistance in clinical isolates of *Acinetobacter baumannii*. *Journal of medical microbiology*, 58(8), 1086-1091. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.008524-0>
- Chen, Z., Le, J., Wang, S., Jie, Q., Kang, L., Xu, L., Shi, Y. ve Yan, Y. (2010). Biodegradation of beta-cypermethrin by two *Serratia* spp. with different cell surface hydrophobicity, *Bioresour Technol*, 101: 3423–3429. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.12.083>
- Cherednichenko, G., Zhang, R., Bannister, R. A., Timofeyev, V., Li, N., Fritsch, E. B., ... ve Pessah, I. N. (2012). Triclosan impairs excitation–contraction coupling and Ca²⁺ dynamics in striated muscle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(35), 14158-14163. <https://doi.org/10.1073/pnas.12113141>
- Chiaia-Hernandez, A. C., Ashauer, R., Moest, M., Hollingshaus, T., Jeon, J., Spaak, P. ve Hollender, J. (2013). Bioconcentration of organic contaminants in *Daphnia* resting eggs. *Environmental science & technology*, 47(18), 10667-10675. <https://doi.org/10.1021/es401763d>
- Chow, A. Y. K., Hirsch, G. H. ve Buttar, H. S. (1977). Nephrotoxic and hepatotoxic effects of triclosan and chlorhexidine in rats. *Toxicology and applied pharmacology*, 42(1), 1-10. [https://doi.org/10.1016/0041-008x\(77\)90191-0](https://doi.org/10.1016/0041-008x(77)90191-0)
- Clarke, B.O. ve Smith, S.R. (2011). Review of 'emerging' organic contaminants in biosolids and assessment of international research priorities for the agricultural use of biosolids. *Environ Intl*, 37, 226–247. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.06.004>

- Condell, O., Sheridan, A., Power, K. A., Bonilla-Santiago, R., Sergeant, K., Renaut, J., ... ve Nally, J. E. (2012). Comparative proteomic analysis of Salmonella tolerance to the biocide active agent triclosan. *Journal of proteomics*, 75(14), 4505-4519. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2012.04.044>
- Constantin, L. A., Nitoi, I., Cristea, N. I. ve Constantin, M. A. (2018). Possible degradation pathways of triclosan from aqueous systems via TiO₂ assisted photocatalysis. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 58, 155-162. <https://doi.org/10.5505/pajes.2020.66066>
- Crofton, K. M., Paul, K. B., DeVito, M. J. ve Hedge, J. M. (2007). Short-term in vivo exposure to the water contaminant triclosan: evidence for disruption of thyroxine. *Environmental toxicology and pharmacology*, 24(2), 194-197. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2007.04.008>
- Çiftçi, G., Türkeli, Ü. D., Özen, E. Y., Özdemir, M., Sanin, F. D. ve İmamoğlu, İ. (2023). Microplastics and organics—A comparative study of sorption of triclosan and malachite green onto polyethylene. *Water Science & Technology*, 87(5), 1072-1081. <https://doi.org/10.2166/wst.2023.040>
- Dann, A.B. ve Hontela, A. (2011). Triclosan: environmental exposure, toxicity and mechanisms of action, *J Appl Toxicol*, 31(4), 285–311. <https://doi.org/10.1002/jat.1660>
- Dayan, A.D. (2007). Risk assessment of triclosan [Irgasan®] in human breast milk. *Food Chem Toxicol*, 45, 125–129. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2006.08.009>
- Delorenzo, M.E., Keller, J.M., Arthur, C.D., Finnegan, M.C., Harper, H.E., Winder, V.L. ve Zdankiewicz, D.L. (2008). Toxicity of the antimicrobial compound triclosan and formation of the metabolite methyl-triclosan in estuarine systems. *Environmental Toxicology*, 23, 224–232. <https://doi.org/10.1002/tox.20327>
- DEPA (2016). *Survey of triclosan in cosmetic products*. No.152, The Danish Environmental Protection Agency.
- Ding, T., Lin, K., Yang, M., Bao, L., Li, J., Yang, B. ve Gan, J. (2018). Biodegradation of triclosan in diatom *Navicula* sp.: Kinetics, transformation products, toxicity evaluation and the effects of pH and potassium permanganate. *J Hazard Mater* 344: 200–209. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.09.033>
- Drury, B., Scott, J., Rosi-Marshall, E. J. ve Kelly, J. J. (2013). Triclosan exposure increases triclosan resistance and influences taxonomic composition of benthic bacterial communities. *Environmental science & technology*, 47(15), 8923-8930. <https://doi.org/10.1021/es401919k>
- Ebrahimi, A., Lin, K.Y.A. ve Moazeni, M. (2024). A comparative investigation on the decomposition of triclosan via synthesized heterogeneous nano-catalysts in the presence of peroxydisulfate. *Catalysis Communications*, 186, 106820. <https://doi.org/10.1016/j.catcom.2023.106820>
- EPA (2008). *Pesticides and toxic substances*. United States Environmental Protection Agency.
- Ertit Taştan, B., Özdemir, C. ve Tekinay, T. (2016). Effects of different culture media on biodegradation of triclosan by *Rhodotorula mucilaginosa* and *Penicillium* sp. *Water Science and Technology*, 74(2), 473-481. <https://doi.org/10.2166/wst.2016.221>
- Etzel, T. M., Calafat, A. M., Ye, X., Chen, A., Lanphear, B. P., Savitz, D. A., ... ve Braun, J. M. (2017). Urinary triclosan concentrations during pregnancy and birth outcomes. *Environmental research*, 156, 505-511. doi: 10.1016/j.envres.2017.04.015.
- Falkenburger, B.H., Jensen, J.B. ve Hille, B. (2010). Kinetics of PIP₂ metabolism and KCNQ2/3 channel regulation studied with a voltage-sensitive phosphatase in living cells. *J Gen Physiol*, 135, 99–114. <https://doi.org/10.1085/jgp.200910345>

- Fang, J. L., Stingley, R. L., Beland, F. A., Harrouk, W., Lumpkins, D. L. ve Howard, P. (2010). Occurrence, efficacy, metabolism, and toxicity of triclosan. *Journal of Environmental Science and Health, Part C*, 28(3), 147-171. <https://doi.org/10.1080/10590501.2010.504978>
- Fang, J. L., Vanlandingham, M., da Costa, G. G. ve Beland, F. A. (2016). Absorption and metabolism of triclosan after application to the skin of B 6 C 3 F 1 mice. *Environmental toxicology*, 31(5), 609-623. <https://doi.org/10.1002/tox.22074>
- Franz, E. ve Weidner-Strahl, S. (1978). The effectiveness of topical antibacterials in acne: a double-blind clinical study. *The Journal of International Medical Research*, 6(1), 72-77. <https://doi.org/10.1177/030006057800600113>
- Fritsch, E. B., Connon, R. E., Werner, I., Davies, R. E., Beggel, S., Feng, W. ve Pessah, I. N. (2013). Triclosan impairs swimming behavior and alters expression of excitation-contraction coupling proteins in fathead minnow (*Pimephales promelas*). *Environmental science & technology*, 47(4), 2008-2017. <https://doi.org/10.1021/es303790b>
- Fuchsman, P., Lyndall, J., Bock, M., Lauren, D., Barber, T., Leigh, K., ... ve Capdevielle, M. (2010). Terrestrial ecological risk evaluation for triclosan in land-applied biosolids. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 6(3), 405-418. https://doi.org/10.1897/IEAM_2009-071.1
- Gee, R. H., Charles, A., Taylor, N. ve Darbre, P. D. (2008). Oestrogenic and androgenic activity of triclosan in breast cancer cells. *Journal of Applied Toxicology: An International Journal*, 28(1), 78-91. <https://doi.org/10.1002/jat.1316>
- Geens, T., Neels, H. ve Covaci, A. (2012). Distribution of bisphenol-A, triclosan and n nonylphenol in human adipose tissue, liver and brain. *Chemosphere*, 87: 796-802. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.01.002>
- Gómez-Pacheco, C. V., Sánchez-Polo, M., Rivera-Utrilla, J. ve López-Peñalver, J. (2011). Tetracycline removal from waters by integrated technologies based on ozonation and biodegradation. *Chemical engineering journal*, 178, 115-121. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2011.10.023>
- González-Pleiter, M., Rioboo, C., Reguera, M., Abreu, I., Leganés, F., Cid, Á. ve Fernández-Piñas, F. (2017). Calcium mediates the cellular response of *Chlamydomonas reinhardtii* to the emerging aquatic pollutant Triclosan. *Aquatic toxicology*, 186, 50-66. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2017.02.021>
- Halden, R. U. ve Paull, D. H. (2005). Co-occurrence of triclocarban and triclosan in US water resources. *Environmental science & technology*, 39(6), 1420-1426. <https://doi.org/10.1021/es058014y>
- Han, L., Ro, K. S., Sun, K., Sun, H., Wang, Z., Libra, J. A. ve Xing, B. (2016). New evidence for high sorption capacity of hydrochar for hydrophobic organic pollutants. *Environmental science & technology*, 50(24), 13274-13282. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b02401>
- Harada, A., Komori, K., Nakada, N., Kitamura, K. ve Suzuki, Y. (2008). Biological effects of PPCPs on aquatic lives and evaluation of river waters affected by different wastewater treatment levels. *Water Science and Technology*, 58(8), 1541-1546. <https://doi.org/10.2166/wst.2008.742>
- Hundt, K. A. I., Martin, D., Hammer, E., Jonas, U., Kindermann, M. K. ve Schauer, F. (2000). Transformation of triclosan by *Trametes versicolor* and *Pycnoporus cinnabarinus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(9), 4157-4160. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.9.4157-4160.2000>

- Inoue, Y., Hata, T., Kawai, S., Okamura, H. ve Nishida, T. (2010). Elimination and detoxification of triclosan by manganese peroxidase from white rot fungus. *Journal of Hazardous materials*, 180(1-3), 764-767. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.04.024>
- Ishibashi, H., Matsumura, N., Hirano, M., Matsuoka, M., Shiratsuchi, H., Ishibashi, Y., ... ve Arizono, K. (2004). Effects of triclosan on the early life stages and reproduction of medaka *Oryzias latipes* and induction of hepatic vitellogenin. *Aquatic Toxicology*, 67(2), 167-179. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2003.12.005>
- Kalliomaki, P. ve Kuokkanen, K. (1979). Comparative study on the efficacy and tolerance of the ointments CGP433 and GP41353 in the treatment of infectious dermatitis. *Zeitschrift für Hautkrankheiten*, 54(14), 668–670.
- Keen, O. S., Baik, S., Linden, K. G., Aga, D. S. ve Love, N. G. (2012). Enhanced biodegradation of carbamazepine after UV/H₂O₂ advanced oxidation. *Environmental science & technology*, 46(11), 6222-6227. <https://doi.org/10.1021/es300897u>
- Kim, S. H., Hwang, K. A., Shim, S. M. ve Choi, K. C. (2015). Growth and migration of LNCaP prostate cancer cells are promoted by triclosan and benzophenone-1 via an androgen receptor signaling pathway. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 39(2), 568-576. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2015.01.003>
- Kolpin, D.W., Furlong, E.T., Meyer, M.T., Thurman, E.M., Zaugg, S.D., Barber, L.B. ve Buxton, H.T. (2002). Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in U.S. streams, 1999–2000: A national expedition. *Environ Sci Technol*, 36, 1202–1211. <https://doi.org/10.1021/es011055j>
- Kolpin, D.W., Skopec, M., Meyer, M.T., Furlong, E.T. ve Zaugg, S.D. (2004). Urban contribution of pharmaceuticals other organic wastewater contaminants to streams during differing flow conditions. *Sci Total Environ*, 328, 119–130. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.01.015>
- Kumar, K.S., Priya, S.M., Peck, A.M. ve Sajwan, K.S. (2010). Mass loadings of triclosan and triclocarban from four wastewater treatment plants to three rivers and landfill in Savannah, Georgia, USA. *Arch Environ Contam Toxicol*, 58, 275–285. <https://doi.org/10.1007/s00244-009-9383-y>
- Kummerer, K. (2004). Resistance in the environment. *Antimicrobial Chemotherapy*, 54, 311–320. <https://doi.org/10.1093/jac/dkh325>
- Lan, Z., Hyung Kim, T., Shun Bi, K., Hui Chen, X. ve Sik Kim, H. (2015). Triclosan exhibits a tendency to accumulate in the epididymis and shows sperm toxicity in male sprague-dawley rats. *Environmental toxicology*, 30(1), 83-91. <https://doi.org/10.1002/tox.21897>
- Lassen, T. H., Frederiksen, H., Kyhl, H. B., Swan, S. H., Main, K. M., Andersson, A. M., ... ve Jensen, T. K. (2016). Prenatal triclosan exposure and anthropometric measures including anogenital distance in Danish infants. *Environmental Health Perspectives*, 124(8), 1261-1268. <https://doi.org/10.1289/ehp.1409637>
- Latch, D.E., Packer, J.L., Stender, B.L., VanOverbeke, J., Arnold, W.A. ve McNeill, K. (2005). Aqueous photochemistry of triclosan: Formation of 2,4-dichlorophenol, 2,8-dichlorodibenzo-p-dioxin, and oligomerization products. *Environ Toxicol Chem*, 24, 517–525. <https://doi.org/10.1897/04-243r.1>
- Li, J., Wu, D., Zhang, H., Wang, L., Wang, H., Ba, Z. (2023). Insights into a removal mechanism of triclosan using an electroactivated persulfate-coupled carbon membrane system. *Catalysts*, 13, 10, 1321. <https://doi.org/10.3390/catal13101321>
- Li, J., Peng, J., Zhang, Y., Ji, Y., Shi, H., Mao, L. ve Gao, S. (2016). Removal of triclosan via peroxidases-mediated reactions in water: Reaction kinetics, products and detoxification. *Journal of hazardous materials*, 310, 152-160. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.02.037>

- Li, X., Ying, G. G., Zhao, J. L., Chen, Z. F., Lai, H. J. ve Su, H. C. (2013). 4-Nonylphenol, bisphenol-A and triclosan levels in human urine of children and students in China, and the effects of drinking these bottled materials on the levels. *Environment international*, 52, 81-86. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2011.03.026>
- Lin, Y.J. (2000). Buccal absorption of triclosan following topical mouthrinse application. *Am J Dent*, 13, 215–217. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11763935/>
- Lindström, A., Buerge, I.J., Poiger, T., Bergqvist, P.A., Müller, M.D. ve Buser, H.R. (2002). Occurrence and environmental behavior of the bactericide triclosan and its methyl derivative in surface waters and in wastewater. *Environ Sci Technol*, 36(11), 2322–9. <https://doi.org/10.1021/es0114254>
- Lipnick, R.L. (1995). Computational chemistry in environmental toxicology QSAR. *Environ Res*, 4(2-3): 125–130. <https://doi.org/10.1080/10629369508029909>
- Liu, F., Ying, G.G., Yang, L.H. ve Zhou, Q.X. (2009). Terrestrial ecotoxicological effects of the antimicrobial agent triclosan. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72(1), 86–92. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.06.009>
- Loraine, G.A. ve Pettigrove., M.E. (2006). Pharmaceutical and personal use in drinking water and recycled wastewater in Southern California seasonal variations in the concentration of care products. *Environ Sci Technol*, 40, 687–695. <https://doi.org/10.1021/es051380x>
- Lorusso, D. J., Miller, T. L. ve Deinzer, M. L. (1981). Effect of hydroxychlorodiphenyl ethers (chlorinated pre-and isopredioxins) on erythrocyte membrane adenosinetriphosphatase activity. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A Current Issues*, 8(1-2), 215-223. <https://doi.org/10.1080/15287398109530065>
- Lozano, N., Rice, C. P., Ramirez, M. ve Torrents, A. (2013). Fate of triclocarban, triclosan and methyltriclosan during wastewater and biosolids treatment processes. *Water research*, 47(13), 4519-4527. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.05.015>
- Luo, Z., He, Y., Zhi, D., Luo, L., Sun, Y., Khan, E., Wang, L., Peng, Y., Zhou, Y. ve Tsang, D.C.W. (2019). Current progress in treatment techniques of triclosan from wastewater: A review, *Sci Total Environ*, 696, 133990. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133990>
- Ma, Z., Liu, H. ve Yu, H. (2019). Triclosan affects Ca²⁺ regulatory module and musculature development in skeletal myocyte during early life stages of zebrafish (*Danio rerio*). *Environmental Science & Technology*, 53(20), 11988-11998. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03231>
- Maillard, J.Y. (2007). Bacterial resistance to biocides in the healthcare setting: should we be worried? *J Hospital Infection*, 65, 60–72. [https://doi.org/10.1016/S0195-6701\(07\)60018-8](https://doi.org/10.1016/S0195-6701(07)60018-8)
- McMurry, L. M., Oethinger, M. ve Levy, S. B. (1998). Triclosan targets lipid synthesis. *Nature*, 394(6693), 531-532. <https://doi.org/10.1038/28970>
- Miller, T. L. ve Deinzer, M. L. (1980). Effects of nonachloropredioxin and other hydroxychlorodiphenyl ethers on biological membranes. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A Current Issues*, 6(1), 11-25. <https://doi.org/10.1080/15287398009529827>
- Miller, T. L., Lorusso, D. J. ve Deinzer, M. L. (1982). The acute toxicity of nonachloropredioxin and 3- and 4-hydroxyonachlorodiphenyl ether in mice. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A Current Issues*, 10(4-5), 699-707. <https://doi.org/10.1080/15287398209530288>
- Miller, T. L., Lorusso, D. J., Walsh, M. L. ve Deinzer, M. L. (1983). The acute toxicity of penta-, hexa-, and heptachlorohydroxydiphenyl ethers in mice. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A Current Issues*, 12(2-3), 245-253. <https://doi.org/1080/15287398309530423>

- Mohd Khori, N. K. E., Hadibarata, T., Elshikh, M. S., Al-Ghamdi, A. A., Salmiati, ve Yusop, Z. (2018). Triclosan removal by adsorption using activated carbon derived from waste biomass: Isotherms and kinetic studies. *Journal of the Chinese Chemical Society*, 65(8), 951-959. <https://doi.org/10.1002/jccs.201700427>
- Moss, T., Howes, D. ve Williams, F. M. (2000). Percutaneous penetration and dermal metabolism of triclosan (2, 4, 4'-trichloro-2'-hydroxydiphenyl ether). *Food and chemical toxicology*, 38(4), 361-370. [https://doi.org/10.1016/s0278-6915\(99\)00164-7](https://doi.org/10.1016/s0278-6915(99)00164-7)
- Murugesan, K., Chang, Y. Y., Kim, Y. M., Jeon, J. R., Kim, E. J. ve Chang, Y. S. (2010). Enhanced transformation of triclosan by laccase in the presence of redox mediators. *Water Research*, 44(1), 298-308. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.09.058>
- Mvula, E. ve von Sonntag, C. (2003). Ozonolysis of phenols in aqueous solution. *Org Biomol Chem*, 1, 1749–1756. <https://doi.org/10.1039/B301824P>
- Nassan, F. L., Mínguez-Alarcón, L., Williams, P. L., Dadd, R., Petrozza, J. C., Ford, J. B., ... ve EARTH Study Team. (2019). Urinary triclosan concentrations and semen quality among men from a fertility clinic. *Environmental research*, 177, 108633. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108633>
- Nietch, C. T., Quinlan, E. L., Lazorchak, J. M., Impellitteri, C. A., Raikow, D. ve Walters, D. (2013). Effects of a chronic lower range of triclosan exposure on a stream mesocosm community. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 32(12), 2874-2887. <https://doi.org/10.1002/etc.2385>
- Olaniyan, L. W. B., Mkwetshana, N. ve Okoh, A. I. (2016). Triclosan in water, implications for human and environmental health. *Springerplus*, 5, 1-17. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3287-x>
- Olgun, U., Tunç, K. ve Özasan, V. (2011). Preparation of antimicrobial polycaprolactone-silica composite films with nanosilver rods and triclosan using roll-milling method. *Polymers for Advanced Technologies*, 22(2), 232-236. <https://doi.org/10.1002/pat.1524>
- Orhon, K. B., Orhon, A. K., Dilek, F. B. ve Yetis, U. (2017). Triclosan removal from surface water by ozonation-Kinetics and by-products formation. *Journal of environmental management*, 204, 327-336. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.09.025>
- Orvos, D. R., Versteeg, D. J., Inauen, J., Capdevielle, M., Rothenstein, A. ve Cunningham, V. (2002). Aquatic toxicity of triclosan. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 21(7), 1338-1349. <https://doi.org/10.1002/etc.5620210703>
- Parikh S.L., Xiao G. ve Tong P.J. (2000). Inhibition of InhA, an enoyl reductase from Mycobacterium tuberculosis, by triclosan and isoniazid. *Biochemistry*, 39, 7645–7650. <https://doi.org/10.1002/mco2.353>
- Park, B. K., Gonzales, E. L. T., Yang, S. M., Bang, M., Choi, C. S. ve Shin, C. Y. (2016). Effects of triclosan on neural stem cell viability and survival. *Biomolecules & therapeutics*, 24(1), 99. <https://doi.org/10.4062/biomolther.2015.164>
- Peng, X., Xiong, S., Ou, W., Wang, Z., Tan, J., Jin, J., ... ve Fan, Y. (2017). Persistence, temporal and spatial profiles of ultraviolet absorbents and phenolic personal care products in riverine and estuarine sediment of the Pearl River catchment, China. *Journal of Hazardous Materials*, 323, 139-146. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.05.020>
- Philippat, C., Botton, J., Calafat, A. M., Ye, X., Charles, M. A., Slama, R. ve EDEN Study Group. (2014). Prenatal exposure to phenols and growth in boys. *Epidemiology*, 25(5), 625-635. <https://doi.org/10.1097/EDE.000000000000132>
- Pirard, C., Sagot, C., Deville, M., Dubois, N. ve Charlier, C. (2012). Urinary levels of bisphenol A, triclosan and 4-nonylphenol in a general Belgian population. *Environment international*, 48, 78-83. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.07.003>

- Provencher, G., Bérubé, R., Dumas, P., Bienvenu, J. F., Gaudreau, É., Bélanger, P. ve Ayotte, P. (2014). Determination of bisphenol A, triclosan and their metabolites in human urine using isotope-dilution liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1348, 97-104. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2014.04.072>
- Pullaguri, N., Nema, S., Bhargava, Y. ve Bhargava, A. (2020). Triclosan alters adult zebrafish behavior and targets acetylcholinesterase activity and expression. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 75, 103311. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2019.103311>
- Pycke BFG, Roll IB, Brownawell BJ, Kinney CA, Furlong ET ve Kolpin DW (2014). Triclocarban in sewage sludge in the United States and conversion products of triclosan and human metabolites. *Environmental Sci Technol*, 48(14), 7881–7890. <https://doi.org/10.3390/molecules26092811>
- Quan, B., Li, X., Zhang, H., Zhang, C., Ming, Y., Huang, Y., ... ve Tang, Y. (2019). Technology and principle of removing triclosan from aqueous media: A review. *Chemical engineering journal*, 378, 122185. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.122185>
- Regös, J., Zak, O., Solf, R., Vischer, W. A. ve Weirich, E. G. (1979). Antimicrobial spectrum of triclosan, a broad-spectrum antimicrobial agent for topical application: ii. comparison with some other antimicrobial agents. *Dermatology*, 158(1), 72-79. <https://doi.org/10.1159/000250746>
- Reiss, R., Mackay, N., Habig, C. ve Griffin, J. (2002). An ecological risk assessment for triclosan in lotic systems following discharge from wastewater treatment plants in the United States. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 21(11), 2483-2492. <https://doi.org/10.1002/etc.5620211130>
- Ricart, M., Guasch, H., Alberch, M., Barceló, D., Bonnineau, C., Geiszinger, A., ... ve Sabater, S. (2010). Triclosan persistence through wastewater treatment plants and its potential toxic effects on river biofilms. *Aquatic Toxicology*, 100(4), 346-353. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2010.08.010>
- Roed-Petersen, J., Auken, G. ve Hjorth, N. (1975). Contact sensitivity to Irgasan DP 300. *Contact Dermatitis*, 1(5), 293-294. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0536.1975.tb05439.x>
- Russell, L. B., & Montgomery, C. S. (1980). Use of the mouse spot test to investigate the mutagenic potential of triclosan (Irgasan® DP300). *Mutation Research/Genetic Toxicology*, 79(1), 7-12. [https://doi.org/10.1016/0165-1218\(80\)90142-1](https://doi.org/10.1016/0165-1218(80)90142-1)
- Sabaliunas, D., Webb, S. F., Hauk, A., Jacob, M. ve Eckhoff, W. S. (2003). Environmental fate of triclosan in the River Aire Basin, UK. *Water research*, 37(13), 3145-3154. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(03\)00164-7](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(03)00164-7)
- Sanchís, J., Olmos, M., Vincent, P., Farre, M. ve Barcelo, D. (2016). New insights on the influence of organic co-contaminants on the aquatic toxicology of carbon nanomaterials. *Environmental science & technology*, 50(2), 961-969. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03966>
- Sandborgh-Englund, G., Adolfsson-Erici, M., Odham, G. ve Ekstrand, J. (2006). Pharmacokinetics of triclosan following oral ingestion in humans. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 69(20), 1861-1873. <https://doi.org/10.1080/15287390600631706>
- Santos, D., Luzio, A. ve Coimbra, A. M. (2017). Zebrafish sex differentiation and gonad development: a review on the impact of environmental factors. *Aquatic toxicology*, 191, 141-163. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2017.08.005>
- Shi, Y., Liu, X., Zhang, J. ve Shao, B. (2013). Analysis of triclosan and triclocarban in human nails using isotopic dilution liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography B*, 934, 97-101. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2013.07.003>
- Singer, H., Müller, S., Tixier, C. ve Pillonel, L. (2002). Triclosan: occurrence and fate of a widely used biocide in the aquatic environment: field measurements in wastewater treatment plants, surface

- waters, and lake sediments. *Environmental science & technology*, 36(23), 4998-5004. <https://doi.org/10.1021/es025750i>
- Skaare, A., Eide, G., Herlofson, B. ve Barkvoll, P. (1996). The effect of toothpaste containing triclosan on oral mucosal desquamation: A model study. *Journal of clinical periodontology*, 23(12), 1100-1103. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.1996.tb01810.x>
- Skarha, J., Mínguez-Alarcón, L., Williams, P. L., Korevaar, T. I., de Poortere, R. A., Broeren, M. A., ... ve Braun, J. M. (2019). Cross-sectional associations between urinary triclosan and serum thyroid function biomarker concentrations in women. *Environment international*, 122, 256-262. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.11.015>
- Spanier, A. J., Fausnight, T., Camacho, T. F. ve Braun, J. M. (2014, November). The associations of triclosan and paraben exposure with allergen sensitization and wheeze in children. In *Allergy and asthma proceedings* (Vol. 35, No. 6, p. 475). OceanSide Publications. <https://doi.org/10.2500/aap.2014.35.3803>
- Stasinakis, A. S., Mamais, D., Thomaidis, N. S., Danika, E., Gatidou, G. ve Lekkas, T. D. (2008). Inhibitory effect of triclosan and nonylphenol on respiration rates and ammonia removal in activated sludge systems. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 70(2), 199-206. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2007.12.011>
- Stasinakis, A. S., Petalas, A. V., Mamais, D., Thomaidis, N. S., Gatidou, G. ve Lekkas, T. D. (2007). Investigation of triclosan fate and toxicity in continuous-flow activated sludge systems. *Chemosphere*, 68(2), 375-381. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.01.047>
- Stenzel, A., Wirt, H., Patten, A., Theodore, B. ve King-Heiden, T. (2019). Larval exposure to environmentally relevant concentrations of triclosan impairs metamorphosis and reproductive fitness in zebrafish. *Reproductive Toxicology*, 87, 79-86. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2019.05.055>
- Stewart A.J. ve Stewart R.F. (2008). Phenols. In *Reference module in earth systems and environmental sciences from encyclopedia of ecology* (pp. 2682–2689). <https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00417-1>
- Sun, P., Meng, T., Wang, Z., Zhang, R., Yao, H., Yang, Y. ve Zhao, L. (2019). Degradation of organic micropollutants in UV/NH₂Cl advanced oxidation process. *Environmental Science & Technology*, 53(15), 9024-9033. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b00749>
- Tabari, S. A., Esfahani, M. L., Hosseini, S. M. ve Rahimi, A. (2019). Neurobehavioral toxicity of triclosan in mice. *Food and Chemical Toxicology*, 130, 154-160. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.05.025>
- Taştan, B. E. ve Dönmez, G. (2015). Biodegradation of pesticide triclosan by *A. versicolor* in simulated wastewater and semi-synthetic media. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 118, 33-37. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.11.002>
- Tastan, B.E., Ozdemir, C. ve Tekinay, T. (2016). Effects of different culture media on biodegradation of triclosan by *Rhodotorula mucilaginosa* and *Penicillium* sp. *Water Sci Technol*, 74(2), 473–481. <https://doi.org/10.2166/wst.2016.221>
- Taştan, B. E., Tekinay, T., Celik, H. S., Özdemir, C. ve Cakir, D. N. (2017). Toxicity assessment of pesticide triclosan by aquatic organisms and degradation studies. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 91, 208-215. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2017.10.030>
- Tatarazako, N., Ishibashi, H., Teshima, K., Kishi, K. ve Arizono, K. (2004). Effects of triclosan on various aquatic organisms. *Environmental sciences: An international journal of environmental physiology and toxicology*, 11(2), 133-140. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15746894/>

- Toms, L. M. L., Allmyr, M., Mueller, J. F., Adolfsson-Erici, M., McLachlan, M., Murby, J. ve Harden, F. A. (2011). Triclosan in individual human milk samples from Australia. *Chemosphere*, 85(11), 1682-1686. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.08.009>
- Topaloğlu A.K. ve Kahraman B.F. (2023). Textile dye removal in wastewater by peroxymonosulfate (PMS) activation on a zero-valent iron nanoparticle-modified ultrafiltration catalytic membrane (nZVI@PES). *Environ Sci Pollut Res*, 30, 94779–94789. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29100-9>
- Üstün-Odabaşı, S., Maryam, B., Özdemir, N. ve Büyükgüngör, H. (2020). Occurrence and seasonal variations of pharmaceuticals and personal care products in drinking water and wastewater treatment plants in Samsun, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 79(12), 311. <https://doi.org/10.1007/s12665-020-09047-7>
- Villalaín, J., Mateo, C. R., Aranda, F. J., Shapiro, S. ve Micol, V. (2001). Membranotropic effects of the antibacterial agent triclosan. *Archives of biochemistry and biophysics*, 390(1), 128-136. <https://doi.org/10.1006/abbi.2001.2356>
- Waller, N. J. ve Kookana, R. S. (2009). Effect of triclosan on microbial activity in Australian soils. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 28(1), 65-70. <https://doi.org/10.1897/08-224.1>
- Wang, X., Chen, X., Feng, X., Chang, F., Chen, M., Xia, Y. ve Chen, L. (2015). Triclosan causes spontaneous abortion accompanied by decline of estrogen sulfotransferase activity in humans and mice. *Sci Rep*, 2015(5), 18252. <https://doi.org/10.1038/srep18252>
- Wang, C. F. ve Tian, Y. (2015). Reproductive endocrine-disrupting effects of triclosan: Population exposure, present evidence and potential mechanisms. *Environmental pollution*, 206, 195-201. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.07.001>
- Wang, F., Lu, X., Peng, W., Deng, Y., Zhang, T., Hu, Y. ve Li, X. Y. (2017). Sorption behavior of bisphenol A and triclosan by graphene: comparison with activated carbon. *ACS omega*, 2(9), 5378-5384. <https://doi.org/10.1021/acsomega.7b00616>
- Wang, Q. ve Kelly, B. C. (2017). Occurrence, distribution and bioaccumulation behaviour of hydrophobic organic contaminants in a large-scale constructed wetland in Singapore. *Chemosphere*, 183, 257-265. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.05.113>
- Wang, S., Poon, K. ve Cai, Z. (2018). Removal and metabolism of triclosan by three different microalgal species in aquatic environment. *Journal of hazardous materials*, 342, 643-650. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.09.004>
- Wang, S., Wang, X., Poon, K., Wang, Y., Li, S., Liu, H., ... ve Cai, Z. (2013). Removal and reductive dechlorination of triclosan by *Chlorella pyrenoidosa*. *Chemosphere*, 92(11), 1498-1505. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.03.067>
- Wang, S., Yin, Y. ve Wang, J. (2017). Enhanced bio degradation of triclosan by means of gamma irradiation. *Chemosphere*, 167, 406-414. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.10.028>
- Wang, Y. ve Liang, W. (2021). Occurrence, toxicity, and removal methods of triclosan: A timely review. *Current Pollution Reports*, 7, 31-39. <https://doi.org/10.1007/s40726-021-00173-9>
- Weatherly, L. M. ve Gosse, J. A. (2017). Triclosan exposure, transformation, and human health effects. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 20(8), 447-469. <https://doi.org/10.1080/10937404.2017.1399306>
- Wu, J. L., Lam, N. P., Martens, D., Kettrup, A. ve Cai, Z. (2007). Triclosan determination in water related to wastewater treatment. *Talanta*, 72(5), 1650-1654. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2007.03.024>

- Wu, J. L., Leung, K. F., Tong, S. F. ve Lam, C. W. (2012). Organochlorine isotopic pattern-enhanced detection and quantification of triclosan and its metabolites in human serum by ultra-high-performance liquid chromatography/quadrupole time-of-flight/mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 26(2), 123-132. <https://doi.org/10.1002/rcm.5303>
- Xu, J., Wu, L. ve Chang, A. C. (2009). Degradation and adsorption of selected pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in agricultural soils. *Chemosphere*, 77, 1299–1305. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.09.063>
- Xu, R., Si, Y., Wu, X., Li, F. ve Zhang, B. (2014). Triclosan removal by laccase immobilized on mesoporous nanofibers: strong adsorption and efficient degradation. *Chemical Engineering Journal*, 255, 63-70. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.06.060>
- Yang, J., Zhang, L., Qiao, W. ve Luo, Y. (2023). Mycobacterium tuberculosis: Pathogenesis and therapeutic targets. *MedComm*, 4(5), e353. <https://doi.org/10.1002/mco2.353>
- Yin, J., Wei, L., Shi, Y., Zhang, J., Wu, Q. ve Shao, B. (2016). Chinese population exposure to triclosan and triclocarban as measured via human urine and nails. *Environ Geochem Health*, 38(5), 1125–1135. <https://doi.org/10.1007/s10653-015-9777-x>
- Ying, G. G. ve Kookana, R. S. (2007). Triclosan in wastewaters and biosolids from Australian wastewater treatment plants. *Environment international*, 33(2), 199-205. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.09.008>
- Ying, G. G., Yu, X. Y. ve Kookana, R. S. (2007). Biological degradation of triclocarban and triclosan in a soil under aerobic and anaerobic conditions and comparison with environmental fate modelling. *Environmental Pollution*, 150(3), 300-305. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.02.013>
- Yueh, M. F., Taniguchi, K., Chen, S., Evans, R. M., Hammock, B. D., Karin, M. ve Tukey, R. H. (2014). The commonly used antimicrobial additive triclosan is a liver tumor promoter. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(48), 17200-17205. <https://doi.org/10.1073/pnas.1419119111>
- Zhang, C., Jia, L., Wang, S., Qu, J., Li, K., Xu, L., ... ve Yan, Y. (2010). Biodegradation of beta-cypermethrin by two *Serratia* spp. with different cell surface hydrophobicity. *Bioresource technology*, 101(10), 3423-3429. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2018.11.037>
- Zhang, X., Song, K., Liu, J., Zhang, Z., Wang, C. ve Li, H. (2019). Sorption of triclosan by carbon nanotubes in dispersion: The importance of dispersing properties using different surfactants. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 562, 280-288. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2018.11.037>
- Zhang, Z., Li, J., Luan, C., Wang, H., Cheng, X., Fang, L., ... ve Xu, J. (2020). Preparation and characterization of palladium/polypyrrole-reduced graphene oxide/foamed nickel composite electrode and its electrochemical dechlorination of triclosan. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(2), 3963-3973. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2019.04.006>
- Zhao, F., Rezenom, Y. H., Russell, D. H. ve Chu, K. H. (2012). Biodegradation of triclosan by a wastewater microorganism. *Water Research*, 46(13), 4226-4234. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.05.025>
- Zhu, Z. L., Wang, S. C., Zhao, F. F., Wang, S. G., Liu, F. F. ve Liu, G. Z. (2019). Joint toxicity of microplastics with triclosan to marine microalgae *Skeletonema costatum*. *Environmental pollution*, 246, 509-517. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.12.044>

Badem Üretiminin Bölgesel Analizi: Ege Bölgesi'nde Mevcut Durum ve Gelecek Potansiyeli

Levent Kirca¹ 

¹Pamukkale Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Denizli

Geliş Tarihi / Received Date: 10.06.2024

Kabul Tarihi / Accepted Date: 29.10.2024

Öz

Araştırmada, Türkiye'nin badem üretiminde önemli bir yere sahip olan Ege Bölgesi'nin potansiyelini detaylı bir şekilde incelenmiştir. Türkiye'deki toplam badem üretiminin %16.8'ini karşılayan bölge, özellikle Muğla, Manisa ve Afyonkarahisar illeriyle öne çıkmaktadır. 2020-2023 yılları arasında meyve veren ve vermeyen ağaç sayılarında, ayrıca toplu meyvelik alanlarında artış gözlemlenmiştir. Bu artış, bölgede badem yetiştiriciliğine olan ilginin arttığını ve gelecekteki üretim potansiyelinin yükseleceğini göstermektedir. 2020-2023 yılları arasında meyve veren ağaç sayısında en büyük artış %304.35 ile Uşak Merkez ilçesinde gerçekleşirken, en az artış %0.65 azalma ile Muğla'da gözlemlenmiştir. Meyve vermeyen ağaç sayısında ise en büyük artış %5540 ile Aydın Koçarlı ilçesinde, en büyük azalış ise %92.38 ile Aydın ilinin Didim ilçesinde gerçekleşmiştir. Toplu meyvelik alanları açısından en fazla artış Aydın Yenipazar (%1500) ve İzmir Çeşme (%174.19) ilçesinde, en az artış ise %60 azalma ile Afyonkarahisar Şuhut ilçesinde kaydedilmiştir. Bu veriler, Ege Bölgesi'nin badem üretiminde önemli bir potansiyele sahip olduğunu ve doğru stratejilerle bu potansiyelin daha da geliştirilebileceğini göstermektedir. İlkbahar geç donları, su kaynaklarının yetersizliği, düzensiz bahçe yapısı, anaç seçimi ve pazarlama sorunları gibi zorluklar da bulunmaktadır. Bu sorunların çözümü için geç çiçeklenen badem çeşitlerinin kullanılması, modern sulama sistemlerinin kurulması, kooperatifleşmenin teşvik edilmesi ve üreticilere eğitim verilmesi önerilmektedir. Sonuç olarak, doğru stratejiler ve uygulamalarla Ege Bölgesi'nin badem üretim potansiyeli daha da geliştirilebilir ve bölge, Türkiye'nin badem üretiminde lider konuma yükselebilir.

Anahtar Kelimeler: Ege bölgesi, badem potansiyeli, sert kabuklu meyveler

Regional Analysis of Almond Production: Current Situation and Future Potential in the Aegean Region

Abstract

This research analyses almond production's current status and future potential in the Aegean Region of Turkey. The region accounts for 16.8% of Turkey's total almond production, with a 39.49% increase in the number of fruiting trees, 18.15% increase in the number of non-fruiting trees and 21.93% increase in collective fruiting areas between 2020-2023. Muğla is the highest province in terms of production area, especially Datça district, which attracts attention with its early harvest advantage and meets 30.6% (9,785 tonnes) of the region's total production. On the other hand, Kütahya has the lowest production area and accounts for only 1.4% (433 tonnes) of the total production. The province with the highest number of non-fruiting trees is Manisa, where the number of non-fruiting trees increased by 7.21% to 1,073,792, indicating that Manisa may play a more important role in almond production in the future. Demirci district is particularly noteworthy, with an 80.17% increase in non-fruiting trees. These data show that the Aegean Region has significant potential in almond production. This potential can be further developed through strategies such as modern irrigation systems, the use of late flowering almond varieties and the promotion of co-operatives.

Keywords: Aegean region, almond potential, nuts

Giriş

Rosales takımının Rosaceae familyasının *Prunus* cinsine dahil olan bademin (*Prunus amygdalus* Batsch veya *Amygdalus communis* L.), dünya üzerinde bulunan yaklaşık 40 türünün 12'si Türkiye'de yetişmektedir (Soylu, 2003). Botanik açıdan değerlendirilirse sert çekirdekli meyveler sınıfına giren badem, olgunlaşmaya doğru mezokarp kısmı kuruduğu için sert kabuklu meyveler grubuna girmektedir (Özbek, 1978). Badem, binlerce yıl öncesine dayanan köklü bir tarihe sahiptir ve birçok antik medeniyet için önemli bir besin kaynağı olmuştur. Örneğin, Bademin iyi bilinen bir arkeolojik örneği Mısır'daki Tutankhamun'un mezarında bulunmuştur (M.Ö. 1325) ve muhtemelen Levant'tan ithal edilmiştir (Zohary ve Hopf, 2000). Antik Yunanlılar da bademi değerli bir besin olarak görmüş ve sağlık açısından faydalı olduğuna inanmışlardır. Yunan mitolojisinde badem ağacı bereket ve yaşam sembolü olarak kabul edilmiştir. Ortaçağ Avrupa'sında badem, zenginlik ve refah sembolü olarak kabul edilmiş ve çeşitli yemeklerde kullanılmıştır. Ayrıca, bademin tıbbi amaçlarla kullanılmasıyla popülerliği daha da artmıştır (Dawson, 2013).

Meyvesinin yüksek besin içeriğine sahip olması sebebiyle insan beslenmesinde önemli bir yeri bulunan badem, dünyanın hemen her bölgesinde yetiştirilebilmektedir (Singar vd., 2024). Zengin besin öğeleri ve biyoaktif bileşenleri sayesinde kardiyovasküler sağlığı destekleyerek kalp hastalıkları riskini azaltmaktadır (Kalita vd., 2018; Singar, 2024; Zhu vd., 2015). Düzenli badem tüketimi, LDL kolesterol seviyelerini düşürürken HDL kolesterol seviyelerini artırmaktadır (Kalita vd., 2018; Tamimi, 2016; Zhu vd., 2015). Ayrıca, kan basıncını düşürmeye ve obezite riskini azaltmaya yardımcı olduğu bildirilmiştir (Barreca vd., 2020; Grundy vd., 2016; Tamimi, 2016). Bademin antioksidan özellikleri de önemlidir. İçerdiği vitamin E ve polifenoller, hücreleri serbest radikallerin zararlarından koruyarak yaşlanmayı yavaşlatır ve kronik hastalıkların önlenmesine yardımcı olur (Ouzir vd., 2021; Singar, 2024). Yüksek lif içeriği, sindirim sisteminin düzenli çalışmasına katkıda bulunarak kabızlık gibi sorunları önler (Dreher, 2021; Grundy vd., 2016). Ayrıca, kilo kontrolüne yardımcı olduğu ve obezite ile ilişkili hastalıkların riskini azalttığı yönünde bulgular mevcuttur (Barreca vd., 2020; Dreher, 2021). Bademin bilişsel işlevleri destekleyerek yaşa bağlı zihinsel gerilemeyi önlemeye yardımcı olumlu etkileri de araştırmalarla desteklenmektedir (Asad, 2024). Ayrıca, ruh hali üzerinde olumlu etkiler yarattığı ve stres seviyelerini düşürdüğü bildirilmiştir (Dreher, 2021).

FAO 2022 verilerine göre, dünyada 3.630.428 ton badem üretimi gerçekleşmiştir. Bu üretim miktarında en fazla paya sahip olan ülkeler sırasıyla ABD (1.858,010 ton), Avustralya (360.328 ton), İspanya (245.990 ton), Türkiye (190.000 ton) ve Fas'tır (175.763 ton) (FAO, 2024). Türkiye'ye bölgesel bazda bakıldığında, TÜİK 2023 verilerine göre, toplam 190.000 ton olan yıllık üretimin 47.650 tonu ile birinci sırada Güneydoğu Anadolu Bölgesi yer almakta olup bölgedeki ortalama verim 8 kg ağaç⁻¹'dir. İkinci sırada 43.791 ton badem üretimi ve 16 kg ağaç⁻¹ ile Akdeniz Bölgesi ve üçüncü sırada ise 31.930 ton ve 13 kg ağaç⁻¹ ile Ege bölgesi yer almaktadır (TÜİK, 2024). Yine 2023 TÜİK verilerine göre, Ege Bölgesi illeri üretim miktarı ve ağaç başına verim göz önüne alınarak sıralandığında; Muğla (9.785 ton, 19 kg) ilk sırada yer almaktadır. Muğla'yı sırasıyla Manisa (6.356 ton, 8 kg), Afyonkarahisar (3.468 ton, 24 kg), İzmir (3.397 ton, 14 kg), Denizli (3.383 ton, 7 kg), Uşak (2.737 ton, 14 kg), Aydın (2.371 ton, 18 kg) ve Kütahya (433 ton, 11 kg) takip etmektedir (TÜİK, 2024).

Anadolu'nun yüksek kesimleri ile Karadeniz bölgesinin serin ve nispi nemi yüksek kesimleri hariç ülkemizin tamamı badem yetiştiriciliği için uygun ekolojije sahiptir (Atlı vd., 2011; Özçağırın vd., 2014; Şimşek ve Yıldırım, 2010). Badem, adaptasyon gücü ile dünyada farklı ekolojik koşullara sahip alanlara yayılmış bir meyve türü olmasına rağmen, yetiştiriciliğini sınırlayan ekolojik faktörler bulunmaktadır. Ülkemizin farklı bölgelerinde 1600 m rakıma kadar yetiştiricilik yapılabilmektedir. Ancak düşük rakımdaki alanların çoğunda soğuklama ihtiyacının karşılanamaması nedeniyle tomurcuk ve dallarda zararlanmalar görülmektedir. Badem için uygun ekolojilerde kurulan yeni badem bahçelerinde, kullanılacak çeşitlerin bölge için uygunluğunun bilinmesi önem taşımaktadır. Günümüzde yaşanan şiddetli iklim değişikliği sebebiyle yetiştiriciliği sınırlayan ekolojik faktörler bazı bölgelerde badem için olumlu hale gelirken bazı bölgelerde ise olumsuz hale gelebilmektedir. Bu nedenle ülkemizin farklı kesimlerinde adaptasyon çalışmaları yapılmalıdır. Türkiye'de badem adaptasyon çalışmaları,

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde özellikle uygun ekolojik koşulların bulunduğu yerlerde yoğunlaşmıştır (Karadeniz ve vd., 2019). Toplam 21 adaptasyon çalışması, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde (9), Akdeniz Bölgesi'nde (8), Ege Bölgesi'nde (2), Marmara Bölgesi'nde (1) ve Karadeniz Bölgesi'nde (1) gerçekleştirilmiştir. Bu bulgular, badem yetiştiriciliğinin Türkiye genelinde farklı bölgelerde geliştiğini ve özellikle belirli ekolojik koşullara sahip bölgelerde daha fazla ilgi gördüğünü göstermektedir (Alaz ve Bayazit, 2022).

Badem yetiştiriciliğinde en büyük zorluklardan biri ilkbahar geç donlarıdır. Badem ağaçları çiçeklenme sırasında kısa bir süreliğine -4.4°C'ye kadar dayanabilmektedir, ancak taç yaprakları dökülmeye başladığında bu dayanıklılık -2.2°C'ye, küçük meyve döneminde ise -1°C hatta -0.6°C'ye kadar düşmektedir (Şimşek ve Gülsoy, 2017). Bunun yanında, badem ağaçları kurak koşullara toleranslı bir meyve türüdür. Bu özelliği ile yıllık yağış miktarının 500-600 mm olduğu alanlarda yetiştiriciliği yapılabilir. Bununla birlikte düzenli sulama yapılan bahçelerde meyve verimi ve kalitesi önemli seviyede artmaktadır (Küden vd., 2014).

Bu çalışma ile Ege Bölgesi'nin badem üretiminin mevcut durumu ve potansiyelinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla il ve ilçeler bazında meyve veren yaşta ağaç sayısı, meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı ve toplu meyveliklerin alanı dikkate alınmıştır.

Ege Bölgesi Genel İklim Özellikleri

Yaz ayları sıcak ve kuru, kışlar ise ılık ve yağışlı geçer. Ortalama en yüksek sıcaklık 27-28°C, en düşük ise 8-10°C'dir. Ortalama yıllık sıcaklık 17-18°C'dir. Bölgenin kıyı kesimlerinde kar yağışı ve don olayları genellikle nadirdir, ancak iç kesimlerde Nisan'ın 20-25'ine kadar don tehlikesi yaşanmaktadır. Yağışlar genellikle kış aylarında yoğunlaşırken, yaz aylarında azalmaktadır. Kış yağışları genellikle cepheden gelmekte ve yıllık yağış miktarı yükseltiye bağlı olarak değişmekte ve ortalama 600-1000 mm arasındadır. Akdeniz iklimi, güneyden kuzeye ve batıdan doğuya doğru ilerledikçe etkisini kaybeder ve iç kesimlere ulaşıldığında karasal iklim hakimdir. Bu nedenle, bölgenin iç kesimlerinde kışlar soğuk ve kar yağışlı geçmektedir (Anonim, 2024).

Verilerin Kullanımı

TÜİK verileri incelendiğinde, 2020 yılı ve sonrasına ait bölgesel veriler yer almaktadır. Bu nedenle, Ege Bölgesinde iller bazında badem üretim potansiyelinin değerlendirilmesinde 2020 ile 2023 yılları verileri kullanılmıştır. Yıllar arasındaki farkı görmek amacıyla kullanılan % değişim, aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Yüzde (\%) Değişim} = \left(\frac{\text{Son Değer} - \text{İlk Değer}}{\text{İlk Değer}} \right) \times 100$$

Ege Bölgesinin Badem Potansiyelinin Genel Durumu

Türkiye'nin badem üretiminde Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri önemli bir paya sahiptir. Badem üretim alanı bakımından 136.161 da alan ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden (239.985 da) sonra ikinci sırada yer alan Ege Bölgesini 130.065 da alan ile Akdeniz Bölgesi takip etmektedir (TÜİK, 2024). Bu üç bölge, 2023 yılında Türkiye'deki meyve veren yaşta ağaç sayısının %77.14'ünü (11.255.890 adet), meyve vermeyen yaşta ağaç sayısının %67.79'ünü (5.231.070 adet) ve toplu meyveliklerin alanının %73.69'ünü (506.241 dekar) oluşturmaktadır. Badem üretimi bakımından önemli bir bölgemiz olan Ege Bölgesinde uzun yıllardır 'Ferragnes', 'Ferraduel', 'Texas', 'Ne Plus Ultra', 'Lauranne', 'Nonpareil' ve 'Nurlu 35' gibi badem çeşitlerinin üretimi yapılmaktadır. Son yıllarda bu çeşitlere ilave olarak 'Makako', 'Marinada', 'Tarraco', 'Vairo', 'Carmel', 'Antoneta', 'Marta', 'Tardona', 'Penta' ve 'Bertina' badem çeşitleri ile yeni kapama badem bahçeleri kurulmaktadır. Bunun nedeni ise, bu çeşitlerin iklim ve toprak koşullarına uyum sağlaması, yüksek verimlilik ve kalite sunmasıdır. Özellikle 'Ferragnes', 'Ferraduel' ve 'Nonpareil' gibi klasik çeşitler, dayanıklılıkları ve lezzetleri ile öne çıkarken, son yıllarda eklenen 'Makako', 'Tarraco' ve 'Carmel' gibi çeşitler, hastalıklara karşı dirençleri ve farklı olgunlaşma dönemleri sayesinde üreticilere çeşitlilik ve pazarlama avantajı sağlamaktadır. Bölgede

badem bahçesi tesis edilirken çeşit seminde daha çok meyve kalitesine odaklanıldığı ve ekolojik isteklerin göz ardı edildiği görülmektedir. Yeni badem çeşitleri ile badem bahçesi tesis edilmeden önce, bu çeşitlerin bölge ekolojisine uyumları, dölllenme biyolojileri, meyve verim ve kalite özellikleri ile fenolojik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir (Bayazit ve Alaz, 2022).

Ege Bölgesinde İller Bazında Badem Üretim Potansiyeli

Afyonkarahisar

Afyonkarahisar ve çevresi, 1015 metre rakımı ile tipik bir bozkır iklimine sahiptir. Hava genellikle serin olmakla birlikte, yaz geceleri bile oldukça soğuk geçmektedir. Bu bölge ayrıca bir geçiş iklimi özelliğine de sahiptir. Kış mevsimi kar yağışlı ve soğuk, yaz mevsimi ise sıcak ve kurak geçmektedir. En kurak ay ağustos iken, en fazla yağış nisan ve mayıs aylarında görülmektedir. Yağmur sık ve sağanak halinde yağmakla birlikte kış aylarında kar yağışı fazla olmaktadır. Yıllık güneşlenme süresi dikkate alındığında, yılın 120-130 günü tamamen güneşli geçmektedir. Yıllık yağışın %16'sı yaz aylarında yağmakta, senelik yağış miktarı 410-478 mm'dir. Hâkim rüzgarlar çoğunlukla batıdan esmektedir. Ocak ayında sıcaklığın -20°C'nin altına düştüğü günler olmaktadır. Temmuz'da ise sıcaklık 30°C'yi aşmaktadır (Anonim, 2024).

TÜİK (2024) verilerine göre, Afyonkarahisar ilinde meyve veren yaşta badem ağaçlarının toplam sayısı 2020 yılında 134.709 iken, 2023 yılında %7.37'lik bir artışla 144.636'ya yükselmiştir. İlçeler arasında meyve vermeyen yaşta ağaç sayısındaki en büyük artış Sultandağı ilçesinde gerçekleşmiştir. 2020 yılında 4.200 adet olan sayı 2023 yılında 15.400'e çıkarak %266.67'lik bir artış göstermiştir. Benzer şekilde, Çay ilçesi de 25.500'den 28.100'e çıkarak %10.2'lik bir artış belirlenmiştir. Buna karşılık, Dinar ilçesinde 2020 yılında 53.366 adet olan meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı, 2023 yılında %10.87'lik bir azalma ile 47.566'ya düşmüştür (Tablo 1).

İlde meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı 2020'de 111.940 iken 2023'te %4.5'lik bir büyüme ile 116.979'a yükselmiştir. Başmakçı ilçesi, 1.400'den 6.900'e çıkarak %392.86'lık bir artışla dikkat çekmektedir (Tablo 1). İlde bademe ayrılan toplu meyveliklerin alanı 9.395 dekardan %0.38'lik bir büyüme ile 9.431 dekara yükselmiştir. İlçeler arasında Çay ilçesi, meyvelik alanında 900 dekardan 1.200 dekara çıkarak %33.33'lük bir artış göstermiştir. Aksine Şuhut ilçesinde ise, toplu meyvelik alanı 2020 yılında 1000 da iken 2023 yılında gelindiğinde %60 azalarak 400 da alana kadar düşmüştür.

Veriler, Afyonkarahisar ilinde özellikle Sultandağı ve Çay ilçeleri, hem meyve veren ağaç sayısındaki artış hem de meyvelik alanındaki genişleme ile dikkat çekmektedir. Bu artışlar, uygun iklim koşulları, tarımsal yatırımlar ve belki de artan pazar talebi ile açıklanabilir. Ancak, Dinar gibi bazı ilçelerdeki azalmalar, iklimsel zorluklar veya ekonomik faktörler nedeniyle dikkatle izlenmelidir.

Tablo 1. Afyonkarahisar İlçelerinin 2020 ve 2023 Yıllarına Ait Meyve Veren ve Vermeyen Yaşta Badem Ağacı Sayıları ile Toplu Meyveliklerin Alanı (TÜİK, 2024).

İlçeler	Meyve Veren Yaşta Ağaç Sayısı (adet)			Meyve Vermeyen Yaşta Ağaç Sayısı (adet)			Toplu Meyveliklerin Alanı (da)		
	2020	2023	% Değişim	2020	2023	% Değişim	2020	2023	% Değişim
Merkez	8.506	8.100	-4.78	50.600	50.600	0	3.220	3.150	-2.17
Dinar	53.366	47.566	-10.87	2.668	2.378	-10.87	2.100	1.810	-13.81
Çay	25.500	28.100	10.20	21.285	24.500	15.12	900	1.200	33.33
Emirdağ	6.700	6.310	-5.82	6.010	6.520	8.48	700	700	0
Sultandağı	4.200	15.400	266.67	7.100	7.900	11.27	335	560	67.16
Dazkırı	13.100	13.200	0.76	9.505	8.040	-15.41	445	400	-10.11
Şuhut	11.900	11.000	-7.56	380	350	-7.89	1.000	400	-60
Sandıklı	1.600	2.300	43.75	1.500	2.840	89.33	100	362	262
İhsaniye	370	200	-45.95	6.752	3.200	-52.62	162	350	116.05
Evciler	2.340	4.000	70.94	3.400	1.500	-55.88	246	200	-18.70
Bolvadin	1.550	3.500	125.81	540	1.550	187.04	80	125	56.25
Başmakçı	4.500	3.950	-12.22	1.400	6.900	392.86	50	120	140
Kızılören	750	775	3.33	10	11	10	32	29	-9.38
Sinanpaşa	35	35	0	690	690	0	25	25	0
Bayat	182	200	9.89	0	0	0	0	0	0
İscehisar	110	0	-100	100	0	-100	0	0	0
Toplam	134.709	144.636	7.37	111.940	116.979	4.50	9.395	9.431	0.38

Aydın

Yüzölçümünün %40'a yakını orman ve makilerle kaplı olan Aydın ilinde, Akdeniz iklimi görülmektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçmektedir. Yıllık sıcaklık ortalaması 17-18°C, yıllık yağış miktarı ise 580-1000 mm arasındadır. Kuzey rüzgarları sebebiyle Akdeniz bölgesine göre daha serin bir iklime sahiptir (Anonim, 2024).

Aydın ilinde 2020 ve 2023 yılları arasında meyve veren yaşta badem ağaçlarının sayısı %10.2'lik bir büyüme ile 116.688'den 128.595'e yükselmiştir. İlçeler bazında en büyük artış Karacasu'da gerçekleşmiş olup, 3.100 ağaçtan 5.900 ağaca yükselerek %90.32'lik bir artış göstermiştir. Benzer şekilde, Kuşadası ilçesinde de 13.600'den 15.475'e çıkarak %13.79'luk bir artış olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık, Bozdoğan ilçesinde 38.300'den 38.200'e hafif bir düşüş yaşanmış olup, bu da meyve veren yaş ağaç sayısında %0.26'lık bir azalma olduğu göstermektedir (TÜİK, 2024) (Tablo 2).

Meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı 2020'de 45.277 iken 2023'te 2.777 ağaçlık bir artış ile 47.554'e (%5.03) yükselmiştir. İlçeler arasında, Yenipazar ilçesinde meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı 1.200'den 4.000'e çıkarak %233.33'lük bir artışla dikkat çekmektedir. En dikkat çekici ilçe ise Koçarlı ilçesidir. Koçarlı'da meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı 25 adetten 1.410 adete çıkarak %5540'lık büyük bir artış göstermiştir. Bunlara karşılık, Didim ilçesinde 2020 yılında 2.625 adet olan meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı, 2023 yılında %92.38'lik bir azalış göstererek 200 adete düşmüştür (Tablo 2). Bu azalışta, ekonomik zorluklar veya daha kârlı alternatif ürünlerin tercih edilmesi de etkili olmuş olabilir. Ayrıca iklim değişikliği ve su kaynaklarının azalması gibi çevresel faktörler de bu azalışta rol almış olabilir. Didim'de, Datça ilçesinde olduğu gibi genel olarak badem ağaçlarının erkenden çiçek açtığı bir bölgedir. Bu bölgede ocak ayının sonları ya da şubat ayının başları gibi badem ağaçları çiçek açmaktadır. Ancak bu bölgelerde genel olarak şubat ayı ortalarında don zararı meydana gelmektedir. Bunun gibi iklim faktörleri bu bölgelerde badem yetiştiriciliğini sınırlandırmaktadır. Yine turizm açısından popüler bir bölge olduğu için, tarım arazilerinin turistik tesisler veya konut projeleri için kullanılması söz konusu olabilir.

2020 yılında 2.563 dekar olan toplu meyveliklerin alanı, 2023 yılında %24.19'lük bir büyüme ile 3.183 dekara yükselmiştir. İlçeler arasında en dikkat çekici büyüme Yenipazar ilçesinde gerçekleşmiştir.

Yenipazar ilçesinde, 2020 yılında 10 dekar olan toplu meyveliklerin alanı 2023 yılında %1500'lük bir artış ile 160 dekara çıkmıştır. Benzer şekilde Karacasu ilçesinde toplu meyveliklerin alanı %53.10'luk artışla 565 dekardan 865 dekara çıkmıştır. Buna karşılık, Germencik ilçesinde badem yetiştiriciliği yapılan alan 65 dekardan 43 dekara düşmüştür (%33.85) (Tablo 2).

Aydın ilinin badem üretimi, son yıllarda gözlemlenen veriler ışığında, belirli bölgelerde önemli bir gelişim potansiyeline sahiptir. Özellikle Karacasu ve Yenipazar ilçeleri, hem meyve veren ağaç sayısındaki artış hem de meyvelik alanındaki genişleme ile dikkat çekmektedir. Karacasu'da meyve veren ağaç sayısı %90.32 artarken, Yenipazar'da meyvelik alanı önemli oranda genişlemiştir. Bu artışlar, bölgenin iklim koşullarının badem yetiştiriciliği için uygun olduğunu ve üreticilerin bu avantajı kullanarak badem yetiştiriciliğini tercih ettiklerini göstermektedir. Bununla birlikte, Didim ilçesinde meyve vermeyen ağaç sayısında %92.38'lik bir azalma gözlemlenmiştir, bu da bazı bölgelerde üretim zorluklarının veya ekonomik faktörlerin etkili olabileceğini ya da tarım alanlarının farklı şekilde değerlendirildiği düşündürmektedir. Ancak, genel olarak Aydın ilinde badem yetiştiriciliği için ayrılan alanın %24.19 oranında artması, gelecekteki üretim kapasitesinin genişleyebileceğine işaret etmektedir.

Tablo 2. Aydın İlçelerinin 2020 ve 2023 Yıllarına Ait Meyve Veren ve Vermeyen Yaşta Badem Ağacı Sayıları ile Toplu Meyveliklerin Alanı (TÜİK, 2024).

İlçeler	Meyve Veren Yaşta Ağaç Sayısı (adet)			Meyve Vermeyen Yaşta Ağaç Sayısı (adet)			Toplu Meyveliklerin Alanı (da)		
	2020	2023	% Değişim	2020	2023	% Değişim	2020	2023	% Değişim
Karacasu	3.100	5.900	90.32	19.500	20.050	2.82	565	865	53.10
Kuşadası	13.600	15.475	13.79	9.200	8.875	-3.53	575	606	5.39
Didim	12.000	14.975	24.79	2.625	200	-92.38	428	438	2.34
Çine	10.940	13.800	26.12	1.627	2.030	24.78	400	400	0
Efeler	17.594	18.940	7.65	3.685	2.844	-22.81	247	270	9.31
Koçarlı	2.970	3.070	3.37	25	1.410	5540	121	180	48.76
Yenipazar	5.000	5.200	4	1.200	4.000	233.33	10	160	1500
Bozdoğan	38.300	38.200	-0.26	2.075	3.610	73.98	26	97	273.08
Germencik	2.989	2.450	-18.03	3.600	3.032	-15.78	65	43	-33.85
Sultanhisar	3.000	3.100	3.33	200	200	0	35	40	14.29
Kuyucak	135	250	85.19	1.100	873	-20.64	40	36	-10
Nazilli	3.900	3.900	0	340	340	0	25	25	0
Söke	2.500	2.650	6	20	20	0	21	18	-14.29
Karpuzlu	410	430	4.88	80	70	-12.5	5	5	0
İncirliova	250	255	2	0	0	0	0	0	0
Toplam	116.688	128.595	10.20	45.277	47.554	5.03	2.563	3.183	24.19

Denizli

Ege Bölgesi'nde yer almasına rağmen, bölgenin iklimi tam anlamıyla Ege iklimi özelliklerini yansıtmamaktadır. Geçit kuşağında bulunduğu için iç bölgelerin iklimi de kısmen hissedilmektedir. Yıllık ortalama en yüksek sıcaklık 34°C civarındayken, ortalama en düşük sıcaklık yaklaşık 2°C'dir. Yaz aylarında sıcaklıklar 40°C'ye kadar çıkabilirken, kış aylarında -10°C'ye kadar düşebilir. Genel olarak, yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlı geçmektedir. Aralık ayında metrekareye düşen ortalama yağış miktarı 90 mm'dir, yıllık ortalama yağışlı gün sayısı 80'dir ve yıllık toplam yağış miktarı 547 mm'dir. Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında ortalama yıllık nem oranları %50'nin altındayken, diğer aylarda yükselir ve Aralık ile Ocak aylarında %70'in üzerine çıkabilmektedir (Anonim, 2024).

TÜİK (2024) verilerine göre, Denizli ilinde 2020 yılından 2023 yıllana kadar meyve veren yaşta badem ağaçlarının sayısında belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Toplamda, ağaç sayısı 387.895'ten 455.883'e yükselmiş, bu da 67.988 ağaçlık bir artış ve yaklaşık %17.53'lük bir büyüme anlamına gelmektedir. İlçeler bazında en büyük artış Çal ilçesinde gerçekleşmiş olup, 32.810 ağaçtan 51.222 ağaca yükselerek

%56.15'lik bir artış göstermiştir. Bozkurt ilçesi de 16.250'den 21.500'e çıkarak %32.31'lik bir artış sergilemiştir. Buna karşılık, Sarayköy ilçesinde %21.63'lük bir azalış yaşanmış ve meyve veren yaşta badem ağacı sayısı 9.195'ten 7.205'e düşmüştür (Tablo 3).

Meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı 2020'de 189.503 iken 2023'te 174.108'e düşmüş olup, bu da 15.395 ağaçlık bir azalma ve %8.12'lik bir düşüş anlamına gelmektedir. Güney ilçesi, 31.540'tan 24.080'e düşerek %23.63'lük bir azalma göstermiştir. Buna karşılık, Pamukkale ilçesi 1.150'den 10.280'e çıkarak %793.04'lük önemli bir artış sergilemiştir (Tablo 3). Bu veriler, meyve vermeyen ağaç sayısında genel bir azalma eğilimi olduğunu, ancak bazı ilçelerde belirgin artışlar yaşandığını ortaya koymaktadır. Bu durum, bazı bölgelerde genç ağaçların meyve vermeye başlaması veya tarımsal stratejilerin değişmesiyle açıklanabilir.

Toplu meyveliklerin alanı 2020'de 16.473 dekadardan 2023'te 18.636 dekara yükselmiştir. Bu durum 2.163 dekarlık bir artış ve %13.13'lük bir büyüme gerçekleştiğine işaret eder. Çal ilçesi, meyvelik alanı 2.500 dekadardan 3.050 dekara çıkarak %22'lik bir artış göstermiştir. Pamukkale ilçesi de 512 dekadardan 1.000 dekara çıkarak %95.31'lik bir artış sergilemiştir. Buna karşılık, Sarayköy ilçesinde %30.77'lik bir azalış ile toplu meyveliklerin alanı 390 dekadardan 270 dekara düşmüştür (Tablo 3).

Denizli ilinde badem üretimi, özellikle Çal ve Pamukkale gibi ilçelerde önemli bir gelişim potansiyeline sahiptir. Bu artışlar, bölgenin iklim koşullarının badem yetiştiriciliği için uygun olabileceğini ve bu potansiyelin etkili bir şekilde değerlendirildiğini göstermektedir. Meyve veren ağaç sayısındaki artış, üretim kapasitesinin genişlediğine işaret ederken, aynı zamanda meyve vermeyen ağaç sayısındaki azalma, genç ağaçların meyve vermeye başlamasıyla ya da yeni kapama bahçelerin kurulmamasıyla ilişkilendirilebilir.

Tablo 3. Denizli İlçelerinin 2020 ve 2023 Yıllarına Ait Meyve Veren ve Vermeyen Yaşta Badem Ağacı Sayıları ile Toplu Meyveliklerin Alanı (TÜİK, 2024).

İlçeler	Meyve Veren Yaşta Ağaç Sayısı (adet)			Meyve Vermeyen Yaşta Ağaç Sayısı (adet)			Toplu Meyveliklerin Alanı (da)		
	2020	2023	% Değişim	2020	2023	% Değişim	2020	2023	% Değişim
Çal	32.810	51.222	56.15	30.600	29.640	-3.14	2.500	3.050	22.00
Güney	38.800	49.600	27.84	31.540	24.080	-23.65	2.167	2.200	1.52
Buldan	34.959	34.828	-0.37	33.807	35.073	3.74	1.640	1.855	13.11
Tavas	65.750	68.750	4.56	7.460	10.850	45.43	1.435	1.650	14.98
Çivril	43.523	47.970	10.22	9.997	5.375	-46.23	1.650	1.650	0
Bozkurt	16.250	21.500	32.31	7.086	5.000	-29.45	1.098	1.479	34.65
Serinhisar	41.000	47.800	19.59	7.000	5.000	-28.57	1.350	1.465	8.52
Pamukkale	16.085	19.135	18.94	1.150	10.280	794.78	512	1.000	95.31
Acıpayam	19.360	22.680	17.14	13.658	10.760	-21.16	929	940	1.18
Baklan	30.250	38.000	25.57	15.300	8.200	-46.41	800	800	0
Bekilli	9.780	14.200	45.29	4.500	2.000	-55.56	697	800	14.76
Çardak	5.100	7.480	46.67	9.936	8.786	-11.57	490	550	12.24
Kale	13.200	13.500	2.27	6.450	7.100	10.07	330	360	9.09
Sarayköy	9.195	7.205	-21.65	3.685	2.335	-36.61	390	270	-30.77
Merkezefendi	3.200	3.500	9.38	1.500	1.200	-20	202	202	0
Honaz	1.840	2.400	30.43	600	640	6.67	84	130	54.76
Çameli	3.133	3.613	15.33	3.594	4.414	22.83	100	115	15
Beyağaç	1.960	900	-54.08	940	2.700	187.23	69	90	30.43
Babadağ	1.700	1.600	-5.88	700	675	-3.57	30	30	0
Toplam	387.895	455.883	17.53	189.503	174.108	-8.12	16.473	18.636	13.13

Kütahya

Kütahya, İç Anadolu'nun sert iklimi ile Marmara ve Ege bölgelerinin yumuşak iklimi arasında bir geçiş bölgesi konumundadır. Kış mevsiminde güneyden, yaz mevsiminde ise kuzeyden esen rüzgarlar

hâkimdir. Yıllık yağış miktarı ortalama 600-1100 mm arasında değişmekte ve kar örtüsü 50 cm'yi aşmamaktadır. Ocak ve şubat en soğuk, temmuz ve ağustos ise en sıcak aylardır. Sıcaklıklar -27.4°C ile +36.8°C arasında değişiklik göstermektedir. Ovalar daha ılıman, yayla ve dağlar ise daha soğuktur. Ancak Kütahya, İç Anadolu'nun yaygın step ikliminden farklı bir iklime sahiptir. Yıl boyunca sıfırın altında geçen günlerin sayısı 100'e yaklaşmaktadır (Anonim, 2024).

TÜİK 2024 yılı verilerine göre, Kütahya ilinde 2020 yılından 2023 yılına kadar meyve veren yaşta badem ağaçlarının sayısında önemli bir artış meydana gelmiştir. Bu süre zarfında, toplam ağaç sayısı 35.457'den 40.136'ya yükselmiş ve bu da 4.679 ağaçlık bir artışa karşılık gelmektedir; bu artış oranı yaklaşık %13.19'dur. Şaphane ilçesi, 310 ağaçtan 1.900 ağaca çıkarak %512.9'luk bir artış oranı yakalamıştır. Yine Gediz ilçesi de 5.230'dan 6.350'ye yükselerek %21.45 oranında bir artış göstermiştir. Bu da bu ilçelerde kapama badem bahçesi sayısında artış olduğunu düşündürmektedir (Tablo 4).

2020 yılında 27.375 olan meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı, 2023'te 29.702'ye ulaşarak 2.327 ağaçlık bir artış göstermiştir; bu da %8.5 oranında bir büyümeye işaret etmektedir. Gediz ilçesi, 2.060 ağaçtan 4.690 ağaca çıkarak %127.67 oranında kayda değer bir artış sergilemiştir. Merkez ilçesi de 1.305'ten 1.550'ye yükselerek %18.78 oranında bir artış göstermiştir. Buna karşın, Aslanapa ilçesinde ağaç sayısı 2.025'ten 1.070'e gerileyerek %47.16 oranında bir azalma yaşamıştır (Tablo 4).

2020 yılında 2.312 dekar olan toplu meyveliklerin alanı, 2023 yılında %22.53'lük bir büyümeye ile 2.833 dekara çıkarak 521 dekarlık bir artış göstermiştir. Şaphane ilçesi, meyvelik alanını 8 dekardan 120 dekara çıkararak %1400'lük önemli bir artış kaydetmiştir. Gediz ilçesi de 190 dekardan 368 dekara yükselerek %93.68 oranında bir artış göstermiştir. Buna karşın, Aslanapa ilçesinde toplu meyveliklerin alanı %31.51 oranında azalarak 73 dekardan 50 dekara düşmüştür (Tablo 4).

Kütahya ilinde badem üretimi, özellikle Şaphane ve Gediz gibi ilçelerde önemli bir gelişim potansiyeline sahiptir. Meyve veren ağaç sayısındaki artış, üretim kapasitesinin genişlediğine işaret ederken, meyve vermeyen ağaç sayısındaki artış, badem üretiminin bölgede potansiyele sahip olduğu ve yaygınlaşmaya başlamasıyla ilişkilendirilebilir. Modern yetiştiricilik tekniklerinin uygulanması, badem yetiştiriciliğine uygun alanların belirlenmesi ve bölgeye uygun anaç ve badem çeşitlerinin seçimi, sulama imkanlarının etkili kullanımı badem üretiminin daha da artmasına katkı sağlayabilir.

Tablo 4. Kütahya İlçelerinin 2020 ve 2023 Yıllarına Ait Meyve Veren ve Vermeyen Yaşta Badem Ağacı Sayıları ile Toplu Meyveliklerin Alanı (TÜİK, 2024).

İlçeler	Meyve Veren Yaşta Ağaç Sayısı (adet)			Meyve Vermeyen Yaşta Ağaç Sayısı (adet)			Toplu Meyveliklerin Alanı (da)		
	2020	2023	% Değişim	2020	2023	% Değişim	2020	2023	% Değişim
Simav	7.270	7.200	-0.96	5.610	5.800	3.39	830	900	8.43
Altıntaş	14.050	14.050	0	3.525	3.525	0	796	885	11.19
Merkez	6.200	6.860	10.65	1.305	1.550	18.78	355	450	26.76
Gediz	5.230	6.350	21.45	2.060	4.690	127.67	190	368	93.68
Şaphane	310	1.900	512.90	100	355	255.00	8	120	1400
Aslanapa	265	1.660	526.42	2.025	1.070	-47.16	73	50	-31.51
Tavşanlı	1.450	1.450	0	500	450	-10.00	40	40	0
Emet	132	136	3.03	12.250	12.255	0.04	10	11	10
Pazarlar	550	530	-3.64	0	7	-	10	9	-10
Toplam	35.457	40.136	13.20	27.375	29.702	8.50	2.312	2.833	22.53

Manisa

Manisa ili, Ege kıyılarına kıyasla daha sert bir iklime sahiptir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlı geçmektedir. Kuzey ve kuzeydoğudaki dağlık bölgelerde yazlar serin, kışlar ise soğuktur. İlde, Ocak ve Şubat en soğuk aylardır. En fazla yağış aralık ayında, en az yağış ise Temmuz ve Ağustos aylarında düşmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarı 750 mm'dir. Bazı yıllar hiç kar yağışı olmamaktadır. Sıfırın

altındaki gün sayısı 25'i geçmemekte, sıcaklıklar ise -17.5°C ile $+44.2^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir (Anonim, 2024).

Manisa ilinde meyve veren yaşta ağaçların sayısında dikkat çekici bir artış gözlemlenmiştir (TÜİK, 2024). 2020 yılında 656.655 olan toplam ağaç sayısı, 2023 yılına gelindiğinde 802.749'a ulaşmıştır. Bu rakamlar, üç yıllık süreçte 146.094 ağaçlık bir artışı işaret etmektedir ki, bu da yaklaşık %22.24'lük bir büyümeye tekabül etmektedir. İlçeler bazında incelendiğinde, en çarpıcı artışın Demirci ilçesinde yaşandığı görülmektedir. Bu ilçede, meyve veren ağaç sayısı 2020 yılında 31.000 iken, 2023 yılında neredeyse iki katına çıkarak 61.710'a (%99.06) ulaşmıştır (Tablo 5). Bu kayda değer artışın temel nedeni, özellikle badem ağaçlarının verim çağına erişmiş olmasıyla ilişkilendirilebilir. Bu durum, bölgede badem yetiştiriciliğinin giderek önem kazandığının bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

Manisa ilinde meyve vermeyen yaşta badem ağaçlarının sayısı incelendiğinde, 2020 yılında 1.001.590 olan bu ağaçların sayısı, 2023 yılına gelindiğinde 1.073.792'ye ulaşmıştır. Bu rakamlar, üç yıllık süre zarfında bölgeye 72.202 adet yeni badem ağacının eklendiğini göstermekte olup, bu da yaklaşık %7.21'lik bir büyümeye işaret etmektedir. İlçeler özelinde incelendiğinde, en dikkat çekici artışın Ahmetli ilçesinde gerçekleştiği gözlemlenmektedir. Bu ilçede, meyve vermeyen ağaç sayısı 115'den 1100'e yükselerek %856.52 gibi çarpıcı bir artış oranına ulaşmıştır (Tablo 5). Benzer şekilde Şehzadeler %250, Saruhanlı %154.33, Demirci %80.16 ve Turgutlu %53.33 oranında artış göstermiştir. Öte yandan, meyve vermeyen yaşta badem ağacındaki en dikkat çekici azalışın ise %98.75'lik bir oran ile Soma ilçesinde olduğu belirlenmiştir. Soma ilçesini %66.67 ile Akhisar, %45.95 ile Köprübaşı, %7.68 ile Gölçedere ve %5.38 ile Gördes ilçeleri takip etmektedir. Alaşehir ilçesinde ise herhangi değişim olmamıştır.

Manisa'da toplu meyveliklerin alanı 2020 yılında 53.848 dekar iken, 2023 yılında 62.600 dekara yükselmiştir (Tablo 5). Bu, 8.752 dekarlık bir artışa karşılık gelmekte olup, yaklaşık %16.25'lik bir büyüme oranını göstermektedir. İlçeler bazında en dikkat çekici artış Demirci'de gözlemlenmiştir; burada toplu meyveliklerin alanı 6.900 dekardan 12.800 dekara çıkarak %85.51 oranında artmıştır (Tablo 5). Ancak en büyük yüzdesel artışın %1011.11 ile Ahmetli ilçesinde olduğu belirlenmiştir. Bu artışlar, bölgede badem yetiştiriciliğine olan ilginin arttığını ve yeni bahçelerin kurulduğunu göstermektedir. Yine toplu meyveliklerin alanı ilçeler bazında incelendiğinde, Sarıgöl'de 77 da artış (%92.77), Turgutlu'da 50 da artış (%45.45), Alaşehir'de 100 da artış (%40), Gördes'de 500 da artış (%33.33), Şehzadeler'de 50 da artış (%33.33), Salihli'de 780 da artış (%18.93), Yunusemre'de 50 da artış (%11.11), Kırkağaç'da 15 da artış (%4.17), Kula'da 428 da artış (%3.01) ve Selendi'de 200 da artış (%1.99) olduğu tespit edilmiştir. Buna karşılık sadece iki ilçede Soma (10%) ve Saruhanlı'da (4.95%) azalış olduğu görülmüştür. Manisa genelinde toplu meyveliklerin alanında önemli bir artış (8752 da, %16.25) gözlemlenmiştir. Bu veriler, Manisa'nın badem üretimindeki potansiyelinin artmaya devam ettiğini ve gelecekte de bu alanda önemli bir rol oynayacağını işaret etmektedir.

Genel olarak, Manisa'da badem ağaçlarının sayısındaki ve toplu meyvelik alanlarındaki artış, bölgenin badem üretiminde önemli bir yere sahip olduğunu ve gelecekte bu potansiyelin daha da artabileceğini göstermektedir. Tarımsal desteklerin uygun ve yerinde kullanımı da bu artışa katkı sağlayabilir.

Tablo 5. Manisa İlçelerinin 2020 ve 2023 Yıllarına Ait Meyve Veren ve Vermeyen Yaşta Badem Ağacı Sayıları ile Toplu Meyveliklerin Alanı (TÜİK, 2024).

İlçeler	Meyve Veren Yaşta Ağaç Sayısı (adet)			Meyve Vermeyen Yaşta Ağaç Sayısı (adet)			Toplu Meyveliklerin Alanı (da)		
	2020	2023	% Değişim	2020	2023	% Değişim	2020	2023	% Değişim
Kula	186.350	187.500	0.62	228.540	229.300	0.33	14.222	14.650	3.01
Demirci	31.000	61.710	99.06	159.035	286.522	80.20	6.900	12.800	85.51
Selendi	19.900	19.900	0	264.850	270.850	2.27	10.050	10.250	1.99
Köprübaşı	102.000	192.500	88.73	148.000	80.000	-45.95	8.250	9.000	9.09
Salihli	20.000	40.000	100	95.360	97.200	1.93	4.120	4.900	18.93
Saruhanlı	99.500	85.695	-13.88	11.560	29.400	154.29	3.414	3.245	-4.95
Akhisar	80.700	91.900	13.87	16.800	5.600	-66.67	3.200	3.200	0
Gördes	38.600	39.000	1.04	26.000	24.600	-5.38	1.500	2.000	33.33
Soma	19.400	25.410	30.93	8.000	100	-98.75	700	630	-10
Yunusemre	23.790	24.790	4.20	4.000	5.000	25.00	450	500	11.11
Kırkağaç	6.903	6.900	-0.04	12.500	13.150	5.20	360	375	4.17
Alaşehir	4.800	4.900	2.08	22.500	22.500	0	250	350	40
Şehzadeler	5.000	3.834	-23.32	1.000	3.500	250.00	150	200	33.33
Sarıgöl	14.730	14.580	-1.02	1.700	2.550	50.00	83	160	92.77
Turgutlu	700	900	28.57	1.500	2.300	53.33	110	160	45.45
Ahmetli	572	500	-12.59	115	1.100	856.52	9	100	1011.11
Gölmarmara	2.710	2.730	0.74	130	120	-7.69	80	80	0
Toplam	656.655	802.749	22.24	1.001.590	1.073.792	7.21	53.848	62.600	16.25

Muğla

Muğla ilinde Akdeniz iklimi egemendir. Yaz ayları sıcak ve kurak geçerken, kış mevsimi ılık ve yağışlıdır. İç kesimlere doğru gidildikçe karasal iklim etkisi belirginleşmekte ve sıcaklık düşmektedir. Kıyı bölgelerinde kar yağışı gözlenmezken, iç kesimlerde yılda 1-2 gün kar yağışı olmaktadır. Sıcaklık -12.6°C ile $+43.7^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir. Yağış miktarı ise bölgeye bağlı olarak 775 mm ile 1180 mm arasında değişkenlik göstermektedir (Anonim, 2024).

TÜİK (2024) verilerine göre, 2020 yılında Muğla'da meyve veren yaşta ağaç sayısı toplamda 528.411 iken, 2023 yılında bu sayı 524.982'ye düşmüştür. Bu, 3.429 ağaçlık bir azalışa karşılık gelmektedir ve yaklaşık %0.65'lik bir azalış oranı göstermektedir. Benzer şekilde ilçeler bazında en büyük azalış Milas'ta gözlemlenmiştir; burada meyve veren ağaç sayısı 10.500'den 8.000'e düşerek %23.81 oranında azalmıştır (Tablo 6). Bu azalış, bazı ağaçların verimden düşmesi, hastalık ya da zararlı etkisi, ürün deseninde değişiklik veya tarım alanlarının başka amaçlarla kullanılması gibi nedenlerle açıklanabilir. Bu durum, bölgedeki badem üretim kapasitesinin bir miktar azaldığını ve gelecekteki üretim potansiyelinin bu azalıştan etkilenebileceğini göstermektedir.

Meyve vermeyen yaşta ağaç sayısı 2020 yılında 120.588 iken, 2023 yılında 124.327'ye yükselmiştir. Bu, 3.739 ağaçlık bir artış anlamına gelmektedir ve yaklaşık %3.10'luk bir artış oranı göstermektedir. İlçeler bazında en büyük artış Seydikemer'de gözlemlenmiştir; burada meyve vermeyen ağaç sayısı 67.760'tan 75.497'ye çıkarak %11.41 oranında artmıştır (Tablo 6). Meyve vermeyen ağaç sayısındaki bu artış, yeni dikimlerin yapıldığını ve bu ağaçların gelecekte meyve verecek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, bölgedeki badem üretiminin sürdürülebilirliğini ve gelecekteki büyüme potansiyelini işaret etmektedir.

Toplu meyveliklerin alanı 2020 yılında 22.277 dekar iken, 2023 yılında 22.570 dekara çıkmıştır. Bu da toplu meyveliklerin alanında, 293 dekarlık (%1.32) artış olduğunu göstermektedir. İlçeler bazında en büyük artış Seydikemer'de gözlemlenmiştir; burada alan 2.742 dekardan 3.011 dekara çıkarak %9.81 oranında artmıştır (Tablo 6). Alan artışı, badem yetiştiriciliğine olan ilginin arttığını ve bu alanda yapılan

yatırımların büyüdüğünü göstermektedir. Bu genişleme, badem üretim kapasitesinin artırılması ve bölgenin ekonomik kalkınmasına katkı sağlanması açısından önemlidir.

Genel olarak, Muğla'da badem ağaçlarının sayısındaki ve yetiştirilen alanlardaki değişiklikler, bölgenin badem üretimini önemseydiğini göstermektedir. Ancak, meyve veren ağaç sayısındaki azalış, dikkat edilmesi gereken bir durumdur ve bu alanda stratejik planlamalar yapılması ve önlemler alınması gerekebilir.

Tablo 6. Muğla İlçelerinin 2020 ve 2023 Yıllarına Ait Meyve Veren ve Vermeyen Yaşta Badem Ağacı Sayıları ile Toplu Meyveliklerin Alanı (TÜİK, 2024)

İlçeler	Meyve Veren Yaşta Ağaç Sayısı (adet)			Meyve Vermeyen Yaşta Ağaç Sayısı (adet)			Toplu Meyveliklerin Alanı (da)		
	2020	2023	% Değişim	2020	2023	% Değişim	2020	2023	% Değişim
Datça	306.400	302.700	-1.21	28.750	27.500	-4.35	13.300	13.300	0
Seydikemer	25.690	26.010	1.24	67.760	75.497	11.41	2.742	3.011	9.81
Marmaris	55.000	55.000	0	2.000	2.000	0	2.500	2.500	0
Fethiye	53.220	53.920	1.32	3.250	3.500	7.69	1.193	1.193	0
Menteşe	34.351	34.426	0.22	6.666	6.743	1.15	850	855	0.59
Bodrum	11.715	12.060	2.94	5.010	1.005	-79.94	520	520	0
Dalaman	11.450	12.250	6.98	1.360	560	-58.82	400	400	0
Yatağan	8.645	10.100	16.84	4.100	4.645	13.29	220	320	45.45
Milas	10.500	8.000	-23.81	1.050	2.400	128.57	300	295	-1.67
Ula	7.700	6.966	-9.53	255	87	-65.88	180	130	-27.78
Kavaklıdere	3.740	3.550	-5.08	387	390	0.78	72	46	-36.11
Toplam	528.411	524.982	-0.65	120.588	124.327	3.10	22.277	22.570	1.32

Uşak

Uşak ili, Ege ve İç Anadolu bölgeleri arasında bir geçiş iklimine sahiptir. Genellikle kara iklimi etkisi altında olan bu ilde, yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise uzun ve sert geçmektedir. Yıllık yağış miktarı 430 mm ile 700 mm arasında değişirken, sıcaklık -24°C ile $+39.8^{\circ}\text{C}$ arasında dalgalanmaktadır. 0°C 'nin altında geçen gün sayısı 70'tir. Yağışların çoğu kış aylarında düşerken, yaz aylarında yağış oldukça azdır (Anonim, 2024).

Uşak ilinde meyve veren yaşta badem ağacı sayısı 2020 yılında 96.350 iken, 2023 yılında %98.44'lük etkileyici bir artışla 191.200'e yükselmiştir (TÜİK, 2024). Bu artışın en büyük kısmı Merkez ilçede gerçekleşmiş olup, burada ağaç sayısı 23.000'den 93.000'e çıkarak %304.35'lik rekor bir artış göstermiştir. Diğer ilçelerde de genel olarak artış gözlemlenirken, sadece Sivaslı ilçesinde %36.27'lik bir düşüş yaşanmıştır (Tablo 7). Bu veriler, Uşak'ta badem üretiminin hızla arttığını ve özellikle Merkez ilçenin bu artışta öncü rol oynadığını göstermektedir.

Meyve vermeyen yaşta badem ağacı sayısı 2020'de 77.055 iken, 2023'te %16.95'lik bir artışla 90.115'e yükselmiştir. Bu artışın en dikkat çekici örneği Karahallı ilçesinde görülmüş, burada ağaç sayısı 2.600'den 14.500'e çıkarak %457.69'luk muazzam bir artış kaydetmiştir. Buna karşın, Ulubey ve Sivaslı ilçelerinde sırasıyla %26.00 ve %33.46'lık azalmalar gözlemlenmiştir (Tablo 7). Bu veriler, Uşak genelinde yeni badem bahçelerinin kurulduğunu ve gelecekte meyve verecek ağaç sayısının artacağını göstermektedir. Özellikle Karahallı'daki büyük artış, bu ilçenin gelecekte önemli bir badem üretim merkezi olma potansiyeline işaret etmektedir. Ulubey ve Sivaslı'daki azalışlar ise bu ilçelerdeki genç ağaçların meyve verme yaşına ulaşmış olabileceğini ya da ürün deseninde değişiklikler olduğunu düşündürmektedir.

Uşak ilinde toplu meyveliklerin alanı 2020 yılında 7.367 dekar iken, 2023 yılında %30.45'lik bir artışla 9.610 dekara ulaşmıştır. En büyük artış Merkez ilçede gerçekleşmiş, burada alan 2.300 dekardan 3.500 dekara çıkarak %52.17'lik bir büyüme göstermiştir. Karahallı ilçesi ise %102.38'lik artışla en yüksek

oransal büyümeyi yaşamıştır. Bunu, %52.17 ile Merkez, %35.75 ile Eşme, %17.65 ile Banaz ve %4.35 ile Ulubey izlemektedir. Sadece Sivaslı ilçesinde %33.33'lük bir alan azalması gözlemlenmiştir (Tablo 7).

Genel olarak, Uşak ilinde meyve üretiminde önemli bir artış gözlemlenmiştir. Özellikle Merkez ilçesi ve Karahallı'da dikkat çekici artışlar yaşanmıştır. Ancak Sivaslı ilçesinde gerek meyve veren ve vermeyen yaşta ağaç sayısı gerekse toplu meyveliklerin alanı bakımından azalma görülmüştür. Uşak'ta badem yetiştiriciliğine ayrılan alanların genel olarak artışı, bölgede badem üretimine verilen önemin arttığını ve bademin bölgede karlı bir ürün olarak yer aldığını işaret etmektedir. Gelecekte, bu alan artışının üretime yansması ve Uşak'ın badem üretiminde daha da önemli bir konuma gelmesi beklenebilir.

Tablo 7. Uşak İlçelerinin 2020 ve 2023 Yıllarına Ait Meyve Veren ve Vermeyen Yaşta Badem Ağacı Sayıları ile Toplu Meyveliklerin Alanı (TÜİK, 2024)

İlçeler	Meyve Veren Yaşta Ağaç Sayısı (adet)			Meyve Vermeyen Yaşta Ağaç Sayısı (adet)			Toplu Meyveliklerin Alanı (da)		
	2020	2023	% Değişim	2020	2023	% Değişim	2020	2023	% Değişim
Merkez	23.000	93.000	304.35	2.500	5.000	100	2.300	3.500	52.17
Eşme	29.470	39.200	33.01	28.005	37.930	35.42	2.151	2.920	35.75
Ulubey	17.600	33.100	88.07	40.420	29.910	-26.00	1.610	1.680	4.35
Karahallı	12.950	15.550	20.08	2.600	14.500	457.69	420	850	102.38
Sivaslı	9.650	6.150	-36.20	2.630	1.750	-33.46	750	500	-33.33
Banaz	3.680	4.200	14.13	900	1.025	13.89	136	160	17.65
Toplam	96.350	191.200	98.47	77.055	90.115	16.95	7.367	9.610	30.45

İzmir

İzmir ili, Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Yaz ayları genellikle kurak ve sıcak, kışlar ılık ve yağışlı geçmektedir. En yüksek sıcaklıklar Temmuz-Ağustos aylarında, en düşük sıcaklıklar ise Ocak-Şubat aylarında görülmektedir. Sıfırın altında geçen gün sayısı 10'u geçmezken, yılın yaklaşık 100 günü +30 derecenin üzerindedir. Kar yağışı çok nadir görülmekte, yıllık yağış miktarı ise 700-1200 mm arasında değişiklik göstermektedir. Sıcak yaz aylarında, özellikle 'imbat' adı verilen rüzgâr, karadan ve denizden kaynaklanan ısınma ve soğuma farkından doğar ve sadece bu bölgeye özgüdür. Sıcaklık -8.4°C ile +42.7°C arasında değişirken, en fazla yağış Kemalpaşa ilçesinde görülmektedir (Anonim, 2024).

TÜİK (2024) verilerine göre, İzmir'de meyve veren yaşta badem ağacı sayısı 2020'de 174.858 iken, 2023'te 243.903'e ulaşarak %39.49'luk bir artış göstermiştir. Bu artışın lokomotifini Çeşme ilçesi olmuş, ağaç sayısını 17.165'ten 51.500'e çıkararak %200'ün üzerinde bir büyüme kaydetmiştir. Bu rakam, ilde meyve veren badem ağacı sayısının %21'ine karşılık gelmektedir. Karaburun ilçesi de dikkat çekici bir gelişme göstererek, ağaç sayısını 1.400'den 19.900'e yükseltmiştir. Bununla birlikte, Bergama ve Aliağa gibi bazı ilçelerde düşüşler gözlemlenmiştir. Bu veriler, İzmir'in badem üretim kapasitesinin genel olarak arttığını, ancak bu artışın il genelinde homojen olmadığını göstermektedir.

Meyve vermeyen yaşta badem ağacı sayısı 2020'de 63.010 iken, 2023'te 74.445'e yükselerek %18.15'lik bir artış sergilemiştir. Çeşme ilçesi bu kategoride de öne çıkmış, 1.895'ten 38.500'e varan bir artışla dikkat çekmiştir. Güzelbahçe ilçesi de 0'dan 14.200'e çıkan ağaç sayısı ile önemli bir gelişme göstermiştir. Öte yandan, Selçuk ve Karaburun gibi bazı ilçelerde meyve vermeyen ağaç sayısında azalma olduğu belirlenmiştir. Bu durum, İzmir'de yeni badem bahçelerinin kurulduğunu ve gelecekte üretim potansiyelinin artacağını işaret etmektedir.

İzmir'de toplu meyveliklerin alanı 2020'de 6.010 dekar iken, 2023'te 7.328 dekara ulaşarak %21.93'lük bir artış tespit edilmiştir. Çeşme ilçesi bu alanda da başı çekmiş, alanını 620 dekardan 1.700 dekara çıkarmıştır. Güzelbahçe ve Menderes ilçeleri de sıfırdan başlayarak sırasıyla 550 ve 405 dekarlık alanlara ulaşmıştır. Bu veriler, İzmir'de badem yetiştiriciliğine ayrılan alanların genişlediğini ve bu alanda yatırımların arttığını göstermektedir.

İzmir, yaklaşık 12.000 km²'lik yüzölçümü ile Türkiye'nin üçüncü büyük ilidir. Bu geniş alan, farklı mikro iklimlere ve toprak yapılarına sahip olması nedeniyle badem yetiştiriciliği için çeşitli fırsatlar sunmaktadır. Özellikle Çeşme, Karaburun ve Selçuk gibi ilçelerde görülen hızlı artış, ilin badem üretimi açısından umut vericidir. İzmir'in Ege Denizi kıyısındaki konumu, ılıman iklimi ve verimli toprakları, badem yetiştiriciliği için uygun koşullar sağlamaktadır. Ayrıca, ilin gelişmiş ulaşım altyapısı ve liman olanakları, üretilen bademlerin iç ve dış pazarlara ulaştırılmasında avantaj sağlayabilir.

Tablo 8. İzmir İlçelerinin 2020 ve 2023 Yıllarına Ait Meyve Veren ve Vermeyen Yaşta Badem Ağacı Sayıları ile Toplu Meyveliklerin Alanı (TÜİK, 2024)

İlçeler	Meyve Veren Yaşta Ağaç Sayısı (adet)			Meyve Vermeyen Yaşta Ağaç Sayısı (adet)			Toplu Meyveliklerin Alanı (da)		
	2020	2023	% Değişim	2020	2023	% Değişim	2020	2023	% Değişim
Çeşme	17.165	51.500	200.12	1.895	38.500	1930.34	620	1.700	174.19
Selçuk	56.500	77.600	37.35	16.000	0	-100	1.650	1.650	0
Karaburun	1.400	19.900	1321.43	16.000	0	-100	420	600	42.86
Güzelbahçe	100	8.850	8750.00	0	14.200	-	0	550	-
Menemen	17.700	17.700	0	300	300	0	450	450	0
Buca	14.010	14.010	0	3.210	3.210	0	432	432	0
Menderes	2.950	7.450	152.54	0	7.650	-	0	405	-
Bergama	15.400	7.900	-48.70	500	444	-11.20	520	303	-41.73
Dikili	6.250	6.250	0	0	0	0	270	270	0
Urla	970	1.020	5.15	4.750	4.700	-1.05	150	265	76.67
Torbali	4.400	4.270	-2.95	1.990	1.830	-8.04	175	170	-2.86
Seferihisar	9.513	9.513	0	0	0	0	141	141	0
Bayındır	2.490	2.890	16.06	2.250	1.860	-17.33	120	120	0
Bornova	2.570	3.590	39.69	0	6	-	62	90	45.16
Kemalpaşa	0	2.740	-	0	860	-	0	90	-
Aliğa	12.300	1.100	-91.06	9.000	120	-98.67	600	54	-91.00
Karabağlar	0	480	-	0	620	-	0	37	-
Gazimir	10	10	0	0	30	-	0	1	-
Kınık	7.050	7.050	0	100	100	0	0	0	0
Narlıdere	80	80	0	15	15	0	0	0	0
Tire	4.000	0	-100	7.000	0	-100	400	0	-100
Toplam	174.858	243.903	39.48	63.010	74.445	18.15	6.010	7.328	21.93

Sorunlar ve Öneriler

Ege Bölgesi, Türkiye'nin badem üretiminde önemli bir potansiyele sahiptir. 2023 yılı verilerine göre bölge, ülkenin toplam badem üretiminin yaklaşık %16.8'ini karşılamaktadır. Bölgedeki iller arasında Muğla (9.785 ton), Manisa (6.356 ton) ve Afyonkarahisar (3.468 ton) en yüksek üretim miktarlarına sahiptir. 2020-2023 yılları arasında bölgede genel olarak meyve veren ağaç sayısında, meyve vermeyen ağaç sayısında ve toplu meyvelik alanlarında artış gözlemlenmiştir. Bu artış, bölgenin badem yetiştiriciliğine verilen önemin arttığını ve gelecekte üretim potansiyelinin yükseleceğini göstermektedir.

Dünya üzerinde badem daha çok çerezlik ve gıda sanayiinde kullanılırken ülkemiz dahil çok az ülkede meyve daha olgunlaşmadan yeşil döneminde çağla olarak tüketilmektedir. Türkiye'de çağla döneminde tüketilen bademin önemli bir miktarı Ege Bölgesinde ve özellikle de Muğla ilinin Datça başta olmak üzere diğer ilçelerinde üretilmektedir. Bu üretim şeklinin buralarda tercih edilmesinin en önemli nedenlerinden birisi bölge ekolojisinin erkencilik açısından son derece uygun olmasıdır. Ancak, bölgede farklı ekolojilerde ve rakımlarda bu değerlendirme şekline yönelik üretimin geliştirilmesi ile yaklaşık bir ay boyunca bölgeden çağla badem arzı söz konusu olabilecektir. Bu da hem üretimin artırılmasını ve hem de üreticisinin gelir artışını beraberinde getirecektir. Ege Bölgesi'nin badem yetiştiriciliği açısından

en önemli avantajları arasında uygun iklim koşulları, verimli topraklar ve çeşitli mikro iklimler sayılabilir. Özellikle Datça gibi ilçelerde erken hasat avantajı, bölgeye rekabet üstünlüğü sağlamaktadır. Bununla birlikte, bölgenin badem yetiştiriciliğinde karşılaştığı bazı zorluklar da mevcuttur. Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

1. İlkbahar Geç Donları: Özellikle iç kesimlerde Nisan ayının sonlarına kadar görülen don olayları, badem yetiştiriciliğini kısıtlayıcı olabilmektedir. Bu nedenle ilkbahar geç donlarına karşı, geç çiçeklenen badem çeşitlerinin kullanılması önerilebilir. Ayrıca don olaylarına karşı erken uyarı sistemlerinin kurulması, üreticilerin önlem almasına yardımcı olabilir.
2. Su Kaynaklarının Yetersizliği: Bazı bölgelerde sulama imkanlarının kısıtlı olması verim ve kalitenin azalmasına sebep olabilmektedir. Su kaynaklarının yetersiz olduğu bölgelerde modern sulama sistemlerinin ve gerekse sulama havuzlarının kurulması ve kuraklığa dayanıklı anaçların tercih edilmesi önerilmektedir.
3. Düzensiz Bahçe Yapısı: Eski bahçelerde görülen düzensiz dikim, kültürel işlemleri zorlaştırmakta ve verimi düşürmektedir. Yeni kurulan bahçelerde modern dikim sistemlerinin uygulanması ve eski bahçelerin yenilenmesi, verimden düşmüş badem ağaçlarının gençleştirme budaması ile ekonomik ömürlerinin uzatılması önerilmektedir.
4. Anaç seçimi: Bölgede hala yoğun bir şekilde çöğür anaç kullanımı yaygındır. Çöğür anaç yerine klonal anaçların kullanımı veya bölgenin farklı mikro iklimlerine uygun anaç ve çeşit kombinasyonlarının belirlenmesi ve kullanılması verimi artırabilir.
5. Pazarlama Sorunları: Üreticilerin ürünlerini değerinde satamaması, her üründe olduğu gibi badem yetiştiriciliğinde de üretimi olumsuz etkilemektedir. Üreticilerin ürünlerini değerinde satabilmesi için kooperatifleşmenin teşvik edilmesi ve markalaşma çalışmalarının yapılması önerilmektedir. Ayrıca katma değeri yüksek ürünlerin üretilmesi için bölgede badem işleme tesislerinin kurulması teşvik edilmelidir.
6. Araştırma Çalışmalarının Desteklenmesi: Bölgeye özgü badem çeşitlerinin geliştirilmesi ve mevcut genetik kaynakların korunması için araştırma çalışmaları desteklenmelidir.
7. Üreticilere Eğitim Verilmesi: Modern yetiştirme teknikleri, budama, gübreleme ve hastalık-zararlı mücadelesi konularında üreticilere düzenli eğitimler verilerek üreticilerin badem yetiştiriciliği konularında bilinçlenmesi sağlanabilir.

Sonuç

Sonuç olarak, Ege Bölgesi'nin badem yetiştiriciliği açısından sahip olduğu potansiyel, doğru stratejiler ve uygulamalarla daha da geliştirilebilir. Farklı anaç ve geç çiçeklenen badem çeşit kombinasyonlarının kullanımı, modern yetiştirme tekniklerinin uygulanması, sulama altyapısının iyileştirilmesi ve pazarlama stratejilerinin geliştirilmesi ile bölgenin badem üretimi artırılabilir. Bu sayede Ege Bölgesi, Türkiye'nin badem üretiminde lider konuma yükselebilir ve ülke ekonomisine önemli katkılar sağlayabilir.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Makaleye ilişkin çıkar çatışması teşkil edebilecek herhangi bir durum söz konusu değildir.

ORCID

Levent Kırca  <https://orcid.org/0000-0003-2496-9513>

Kaynaklar

- Alaz, M. ve Bayazit, S. (2022). Bazı badem çeşitlerinin Gaziantep ili ekolojisindeki fenolojik ve morfolojik özellikleri. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 11(2), 36-44. <https://dergipark.org.tr/en/pub/gbad/issue/73117/1098071>
- Anonim (2024). Ege bölgesi iklim ve bitki örtüsü. <https://www.cografya.gen.tr/egitim/bolgeler/ege.htm> adresinden 10 Mayıs 2024 tarihinde alınmıştır.
- Asad, M. ve Malik, A. (2024). Almond varieties: nutritional and chemical composition and health benefits and culinary application. Marc, R. A., Mureşan, C. C., Postolache, A. N. (Edt.), *Nut Consumption and Its Usefulness in the Modern World*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.1005139>
- Atlı, H. S., Karadağ, S., Sarpkaya, K., Konukoğlu, F., ve Bozkurt, H. (2011). Badem Yetiştiriciliği El Kitabı. *Antepfıstığı Araştırma Enstitüsü*, (s 21).
- Barreca, D., Nabavi, S. M., Sureda, A., Rasekhian, M., Raciti, R., Silva, A. S., Annunziata, G., Arnone, A., Tenore, G. C., Süntar, İ. ve Mandalari, G. (2020). Almonds (*Prunus Dulcis* Mill. D. A. Webb): A source of nutrients and health-promoting compounds. *Nutrients*, 12(3), 672. <https://doi.org/10.3390/nu12030672>
- Bayazit, S. ve Alaz, M. (2022). Bazı yabancı badem çeşitlerinin Gaziantep ekolojisindeki verim ve meyve özellikleri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2), 374-383. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.1098934>
- Dawson, A. (2013). The cultivation and use of almonds in antiquity: An ethnographic approach. *In Roman Food Prints* (pp. 201-212). Oxbow Books.
- Dreher, M. L. (2021). A comprehensive review of almond clinical trials on weight measures, metabolic health biomarkers and outcomes, and the gut microbiota. *Nutrients*, 13(6), 1968. <https://doi.org/10.3390/nu13061968>
- FAO (2024). Food and agriculture organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> adresinden 11 Mayıs 2024 tarihinde alınmıştır.
- Grundy, M. M., Lapsley, K. G. ve Ellis, P. R. (2016). A review of the impact of processing on nutrient bioaccessibility and digestion of almonds. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(9), 1937-1946. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13192>
- Kalita, S., Khandelwal, S., Madan, J., Pandya, H., Sesikeran, B. ve Krishnaswamy, K. (2018). Almonds and cardiovascular health: A review. *Nutrients*, 10(4), 468. <https://doi.org/10.3390/nu10040468>
- Karadeniz, T., Çatmadım, G. ve Şahinler Öylek, H. (2019). Türkiye’de yerli ve yabancı badem çeşitleri ile yapılan adaptasyon çalışmaları üzerine araştırmalar. *UAZİMDER Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 1(5), 45-51. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/uazimder/issue/51011/665639>
- Küden, A.B., Küden, A., Bayazit, S., Çömlekçiöğlü, S., İmrak, B. ve Rehber Dikkaya, Y. (2000). *Badem yetiştiriciliği*. TÜBİTAK-TARP Yayınları. https://azkurs.org/pars_docs/refs/22/21779/21779.pdf
- Ouzir, M., Bernoussi, S. E., Tabyaoui, M. ve Taghzouti, K. (2021). Almond oil: A comprehensive review of chemical composition, extraction methods, preservation conditions, potential health benefits, and safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(4), 3344-3387. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12752>
- Özbek, S. (1978). *Özel meyvecilik (Kışın yaprağını döken meyve türleri)*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.

- Özçağırın, R., Ünal, A., Özeker, E., İsfendiyaroğlu, M. (2014). *Ilıman iklim meyve türleri Sert Kabuklu Meyveler Cilt 3*. Ege Üniversitesi Yayınları.
- Singar, S., Kadyan, S., Patoine, C., Park, G., Arjmandi, B. ve Nagpal, R. (2024). The effects of almond consumption on cardiovascular health and gut microbiome: a comprehensive review. *Nutrients*, 16(12), 1964. <https://doi.org/10.3390/nu16121964>
- Singar, S., Kadyan, S., Patoine, C., Park, G., Arjmandi, B. ve Nagpal, R. (2024). The Effects of Almond Consumption on Cardiovascular Health and Gut Microbiome: A Comprehensive Review. *Nutrients*, 16(12), 1964. <https://doi.org/10.3390/nu16121964>
- Soylu, A. (2003). Ilıman İklim Meyveleri II. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları*. Yayın no: 72, Bursa.
- Şimşek, M. ve Gülsoy, E. (2017). Güneydoğu Anadolu Bölgesinin Badem (*Prunus amygdalus* L.) Potansiyeline Genel Bir Bakış. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 7(3), 19-29. <https://dergipark.org.tr/en/pub/jist/issue/34626/389815>
- Şimşek, M. ve Yıldırım, H. (2010). Dicle İlçesinde Doğal Olarak Yetişen Badem Tiplerinin Seleksiyonu Üzerinde Bir Araştırma. *Selcuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(4). <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3115052>
- Tamimi, J. Z. A. (2016). Effects of almond milk on body measurements and blood pressure. *Food and Nutrition Sciences*, 07(06), 466-471. <https://doi.org/10.4236/fns.2016.76048>
- TÜİK (2024). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> adresinden 13 Mayıs 2024 tarihinde alınmıştır.
- Zhu, Y., Wilkinson, K. L. ve Wirthensohn, M. (2015). Lipophilic antioxidant content of almonds (*Prunus dulcis*): a regional and varietal study. *Journal of Food Composition and Analysis*, 39, 120-127. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.12.003>
- Zohary, D. ve Hopf, M. (2000). Domestication of plants in the Old World: The origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley. No. Ed.3, xi + 316 pp. *Oxford University Press*.

The Effects of Boron (B) and Phosphorus (P) Applications on Some Plant Characteristics in Cowpea (*Vigna unguiculata* L.)

Nuri Yılmaz¹ , Yunus Elmas¹ 

¹ Ordu University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Ordu

Geliş Tarihi / Received Date: 28.03.2024

Kabul Tarihi / Accepted Date: 21.08.2024

Abstract

In this study, conducted in the District of Ordu Province in 2021, the objective was to investigate the impacts of varying doses of P and B on key plant characteristics of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under typical farming conditions. The experiment followed a randomized block design with three replications. The Amazon cowpea variety was selected. Phosphorus doses ranged from 0 to 80 kg ha⁻¹ (0, 40, 60, 80), while Boron doses (as P₂O₅) varied from 0 to 6000 g ha⁻¹ (0-1500-3000-6000). The findings revealed significant variations among treatments. The flowering period ranged from 56 to 75 days, with the first pod height between 24.66 and 29.13 cm. Pod dimensions varied, with lengths spanning 14.92 to 17.88 cm and widths from 5.28 to 7.54 mm. Seed yield per plant showed a range of 26.74 to 38.99 g/plant, while harvest index ranged from 13.22 to 24.47%. Additionally, the number of nodules per plant ranged from 9.26 to 42.53. In the results of this study, there were statistically significant (P<0.01) differences between the applications in the examined properties. The application of 3000 g ha⁻¹ Boron and 60 kg ha⁻¹ Phosphorus in the fertilization of cowpea plants in Ordu ecological conditions is promising in terms of some plant properties.

Keywords: boron, cowpea, phosphorus, plant characteristics

Bor (B) ve Fosfor (P) Uygulamalarının Börülcede (*Vigna unguiculata* L.) Bazı Bitki Özellikleri Üzerine Etkileri

Öz

Bu çalışma, 2021 yılında Ordu ili çiftçi koşullarında farklı dozlarda bor ve fosfor uygulamalarının börülce (*Vigna unguiculata* L.) bitkisinin bazı bitkisel özellikleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırma, tesadüf blokları deneme planına göre 3 tekrarlı olarak yapılmıştır. Çalışmada, amazon börülce çeşidi kullanılmıştır. Fosfor dozları 0, 40, 60, 80 kg/ha P₂O₅, bor dozları ise 0-1500-3000-6000 g/ha olarak uygulanmıştır. Araştırma sonucunda çiçeklenme süresi 56-75 gün, ilk bakla yüksekliği 24.66-29.13 cm, bakla boyu 14.92-17.88 cm, bakla genişliği 5.28-7.54 mm, bitki tane verimi 26.74-38.99 g, hasat indeksi % 13.22-24.47 ve bitkide nodül sayısı 9.26-42.53 adet olarak belirlenmiştir. Verilere göre, incelenen parametrelerde uygulamalar arasında istatistiksel olarak çok önemli (P<0.01) farklar çıkmıştır. Ordu ekolojik koşullarında börülce bitkisinin gübrelemesinde 60 kg/ha fosfor ve 3000 g/ha bor uygulamasının bazı bitkisel özellikler bakımından ümitvar olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: bor, börülce, fosfor, bitkisel özellikler

Introduction

Cowpea is a significant legume crop that serves dual purposes: it can be consumed as food by humans and also used as fodder for animals (Debnath et al., 2018). Its homeland is South Asia, India and Africa (Ünlü and Padem, 2005). A large amount of production is carried out especially in the semi-arid areas of Africa (Afiukwa et al., 2013). Similar to beans in its consumption habits, cowpea is an adaptable crop that consumers can easily incorporate into their diets, especially in areas where bean cultivation is popular (Özkorkmaz & Yılmaz, 2017).

According to 2020 data in the world, the approximate cultivation area of cowpea is 11.3 million hectares, its production is 5.7 million tons and its yield per decare are 50.5 kg (FAO, 2020). In Turkey, the cultivation area is 1.9 thousand ha, production is 2.4 thousand tons, and the yield is 1030 kg per hectare. The reason for the low cowpea cultivation area in Türkiye may be that this plant is not well known as human food in our country (Sert, 2011).

The most common growing areas in our country are limited areas in the Aegean, Mediterranean and Southeastern Anatolia. Cowpea is grown in small amounts in the western and central parts of the Black Sea region, in districts such as Sinop, Kastamonu and Samsun's Çarşamba and Tekkeköy, and is marketed directly by farmers in local markets (Çulha & Bozoğlu, 2017).

To be successful in plant production, cultural measures must be applied correctly and when necessary. The genetic potential of the cultivated plant, environmental conditions and cultural processes are the factors that affect the amount of product (Bozbek & Ünay, 2005).

Fertilization is a key agricultural practice that significantly impacts soil fertility and crop yields. Nutrient imbalances can obstruct the uptake of essential elements by plants, leading to reduced yield and quality, as noted by Çimrin and Boysan (2006).

Phosphorus, present in soils as various phosphates and in apatite forms, is vital for plant growth, enhancing root development, maturation, seed formation, and bolstering disease and pest resistance, as described by Bilen and Sezen (1993).

Phosphorus also positively influences the nitrogen-fixing capabilities of symbiotic bacteria in legumes, allowing them to fix atmospheric nitrogen more efficiently. A deficiency in Phosphorus results in stunted growth of the plant's aerial parts and a compensatory increase in root development.

The functions of boron in plants can be listed as cell wall formation, root growth, flowering and fruit setting, nodule formation and nitrogen fixation. Boron deficiency especially affects the active points of the root and green parts. Deformations and yellowing may occur in young leaves. Symptoms are rarely seen on older leaves, but in advanced stages of the deficiency, symptoms may also be seen on leaves other than young leaves (Güneş et al., 2017). In particular, nodüle formation in the plant and nitrogen fixation in the roots are negatively affected by B deficiency (Özkorkmaz & Yılmaz, 2023).

Boron deficiency is most commonly seen in acid soil conditions and humid places such as the Black Sea Region in Türkiye (Gülümser et al., 2005).

In this study, it was aimed to determine the effects of phosphorus and boron elements, which play an important role in the growth of plants in Ordu ecological conditions, on some vegetative properties of cowpea.

Material and Methods

Material

The research was carried out in the Ünye District of Ordu Province during the spring-summer season of 2021, under conditions typical for local farmers. The experimental site is situated in the Central Black Sea region at an elevation of 15 meters.

Over the long-term growth period for cowpea, the total rainfall at the site averages 474.20 mm, with a mean temperature of 19.80°C and average humidity of 74.37%. In the year 2021, the area received 540.8 mm of rainfall, the average temperature was slightly higher at 21.20°C, and the humidity increased to 77.92%, according to Anonymous (2021). These figures suggest that the rainfall was adequate for the cowpea's growth period.

Before sowing, soil samples were collected from various locations within the 0-30 cm depth range of the field and analyzed. The soil at the trial site was found to be slightly alkaline, falling within the ideal pH range for Phosphorus availability to plants. The soil's organic matter content was low, and it had a moderate level of lime. Nitrogen and potassium, which are essential for cowpea cultivation but were deficient in the soil, were added during planting. The soil's mechanical structure was identified as sandy-clay loam, a subclass of loamy soils.

For the study, the Amazon cowpea variety, which was added to the national variety list in 2010, was utilized as the plant material. In the experiment, the potassium source as fertilizer was potassium sulfate (in the form of K_2O) containing 50% potassium, the nitrogen source was urea containing 46% nitrogen, the Bor source was Etidot-67 (in the form of B_2O_3 boroxide) containing 20.8% Boron, and the Phosphorus source was Triple Super Phosphate containing 43% Phosphorus fertilizers were used.

Methods

The first tilling of the trial was made in early spring at a depth of 20-25 cm. To prepare the seed bed before planting, soil cultivation was tilled again at a depth of 10 cm.

The study was conducted to factorial arrangement in randomized blocks design with three replications. The parcel consists of 5 rows with a length of 3 m and a width of 2.5 m. The sows were sown 50 cm between rows and 15 cm spacing between plants and a depth of 4-5 cm on May 20, Fertilizer was applied to each parcel along with sowing at the rate of 30 kg N ha⁻¹ and 100 kg K ha⁻¹. Applications of Bor and Phosphorus were incorporated into the soil at the time of planting. Phosphorus, in the form of P_2O_5 , was at rates recommended of 0, 40, 60, 80 kg ha⁻¹, while Boron was applied at 0, 1500, 3000, 6000 g ha⁻¹. The Bor treatments were diluted in 5 liters of water per plot before soil application. Triple super phosphate served as the Phosphorus source, and Boron oxide (B_2O_3) as the Boron source.

Plants were harvested manually (3 m²) when color of pods turns from green to yellow 10 plants per plot were randomly selected for plant measurements and observation. Harvesting was manually executed, discarding one row at the plot's edges and the initial 0.5 m, aligning with the pods' transition to a straw yellow color. Post-harvest, the pods were left to dry, after which the seeds were manually extracted. For the assessment, 10 plants were randomly selected from each plot for measurements and observations.

Observations were taken days to flowering (days), the first pod height (cm), pod length (cm), pod width (mm), seed yield per plant (g), harvest index (%) and number of nodules per plant.

Data analyzed in SAS-JMP.13.0 statistical package program for variance analysis means were tested in LSD multiple comparison test.

Result and Discussion

Flowering Time (days)

Flowering time is an important feature in terms of cultivation. It is both a species characteristic and a feature that can change with environmental conditions.

The mean values effects of different Phosphorus and Boron fertilizer applications on the flowering time of the cowpea were given in Table 1.

Table 1. The Flowering Time with Different of Boron and Phosphorus Applications in Cowpea* (Day)

		Phosphorus Doses kg ha ⁻¹				
		0	40	60	80	B avg.
Boron	0	71.00 bc	65.00 d	59.00 ef	70.00 c	66.25 B
Doses	1500	69.00 cd	66.00 d	58.00 ef	66.00 d	64.75 D
(g ha ⁻¹)	3000	61.00 e	59.33 ef	56.00 ef	70.33 c	61.66 C
	6000	75.00 a	64.66 d	70.33 c	74.00 ab	71.00 A
P avg.		69.00 A	63.75 B	60.75 C	67.58 A	

* Means in the same column with different letters differ statistically at 0.05 and 0.01 probability level according to LSD.

In this study, the duration of cowpea flowering ranged from 56 to 75 days. The maximum flowering time of 75 days occurred in plots treated with 6000 g ha⁻¹ of Boron without Phosphorus, while the minimum of 56 days was noted in plots receiving 3000 g ha⁻¹ of Boron and 60 kg ha⁻¹ of Phosphorus. Previous research by Quddus et al. (2011) observed a decrease in flowering time with higher Boron levels, and Hada et al. (2014) found that Boron applications could shorten flowering by 2-3 days. Our results align with these findings to some extent, showing that Boron up to 3000 g ha⁻¹ and Phosphorus up to 60 kg ha⁻¹ reduced flowering time before it began to increase again.

On the other hand, the flowering period were found of Idikut et al. (2019), 49.00- 79.00 days; Kır et al. (2015), 60-93 days; Özkorkmaz (2020), 47.00-62.00 days; Özçelebi and Erman (2021) reported that it varied between 45.5 and 56.3 days.

The results we obtained were partially similar to the other reported results. The reason for the difference is thought to be soil structure, climate difference, cultivar and application methods.

Cowpea plant is a hot climate plant and is grown in the Aegean and Mediterranean regions of our country. The fact that the Black Sea region, where our study was conducted, is a region with high rainfall caused the flowering period to be extended.

First Pod Height (cm)

The averages and statistical groups of the affects of Boron and Phosphorus applications on the first pod height of cowpeas are showed in Table 2.

As can be seen from the table, the effect of Phosphorus, Boron and Boron and Phosphorus intraction on the first pod height was found to be statistically significant (P<0.01).

Table 2. Averages and Statistical Groups of The First Pod Height (Cm) of Boron and Phosphorus Applications in Cowpeas*

		Phosphorus Doses kg ha ⁻¹				
		0	40	60	80	B avg.
Boron	0	24.66 f	27.46 bc	26.36 d	24.90 f	25.85 C
Doses	1500	29.10 a	26.03 de	28.36 ab	27.46 bc	27.74 A
(g ha ⁻¹)	3000	25.23 ef	29.13 a	28.96 a	26.56 cd	27.47 AB
	6000	26.46 cd	28.70 a	28.36 ab	24.76 f	27.07 B
P avg.		26.36 B	27.83 A	28.01 A	25.92 B	

* Means in the same column with different letters differ statistically at 0.05 and 0.01 probability level according to LSD.

The height of the first pods varied between 24.66-29.13 cm, and the highest 29.13 cm was obtained from the parcels where Boron was applied at 3000 g ha⁻¹ and Phosphorus at 40 kg ha⁻¹. However, parcels with 3000 g ha⁻¹ of Boron and 60 kg ha⁻¹ of Phosphorus, parcels with 6000 g ha⁻¹ of Boron and

40 kg ha⁻¹ of Phosphorus and parcels with 1500 g ha⁻¹ of Boron and no Phosphorus were included in the same group. The shortest first pod height was determined to be 24.66 cm from the control plots where no application was made. It was observed that Boron and Phosphorus applications increased the first pod height, but after 3000 g ha⁻¹ Boron and 6000 kg ha⁻¹ Phosphorus applications, the first pod height decreased.

The first pod height is important in reducing harvest losses in the machine harvesting of cowpeas. Therefore, the first pod height should'n be too low.

Pekşen (2007) reported that the height of the first pod in cowpea plants is between 21.10-30.80 cm and that fertilization increases the height of the first pod up to a point.

On the other hand, Beycioğlu (2016) defines the height of the first pod as between 16.70-31.77 cm; Pekşen and Artı (2004), between 26.33 and 43.83 cm; Başaran et al. (2011) found that it varies between 36.50-63.2 cm. The results we obtained were partially similar to those of other studies. It is thought that the difference arises from differences in soil structure, variety and application methods.

Pod Length (cm)

The averages and statistical groups regarding the effects of Boron and Phosphorus applications on pod length in cowpeas are given in Table 3.

As seen in Table 3, the effect of Phosphorus, Boron and Borob and Phosphorus intraction on pod length was determined to be significant ($P < 0.01$).

Table 3. Averages and Statistical Groups Regarding The Length (Cm) of Boron and Phosphorus Applications in Cowpeas and Broad Beans*

		Phosphorus Doses kg ha ⁻¹				
		0	40	60	80	B avg.
Boron	0	15.96 bc	16.00 bc	17.88 a	15.05 c	16.22 B
Doses	1500	17.17 ab	15.98 c	17.12 ab	14.92 c	16.29 B
(g ha ⁻¹)	3000	17.10 ab	16.76 ab	16.40 b	16.94 ab	16.80 AB
	6000	16.46 b	16.98 ab	17.70 a	16.77 ab	16.98 A
P avg.		16.67 AB	16.43 BC	17.27 A	15.92	

* Means in the same column with different letters differ statistically at 0.05 and 0.01 probability level according to LSD.

It has been observed that the average length of pods in cowpeas varies between 14.92-17.88 cm. The longest pod length, 17.88 cm, was determined from the parcel where 60 kg ha⁻¹ Phosphorus was applied and Boron was not applied, and the shortest pod length, 14.92 cm, was determined from the parcel where 1500 g ha⁻¹ Boron and 80 kg ha⁻¹ Phosphorus were applied. Increasing Boron doses increased pod length. Increasing Phosphorus doses increased pod length up to 60 kg ha⁻¹, and a shortening in pod length was observed at a dose of 80 kg ha⁻¹. On the other hand, 60 kg ha⁻¹ Phosphorus and 6000 g ha⁻¹ Boron application and no Boron application and 60 kg ha⁻¹ Phosphorus application were in the same group and the longest pod length was obtained.

Toy and Ünlü (2015), stated that pod lengths vary between 12.0-15.6 cm and that the effect of increasing B doses on pod length in cowpeas is statistically significant and that as the amount of B increases, pod length increases up to a point. Ünlü and Padem (2005) reported that pod length varied between 10.97-18.47 cm and that increasing B doses increased pod length up to a point. It seems that our findings are compatible with the results of the researchers.

Looking at different studies, Pal et al. (2014), pod length is 2.6-18 cm; Prasanthi et al. (2012), 7.4-25 cm; Egbe et al. (2010), 8.75-20.27 cm; Khan et al. (2010) stated that it varies between 10-38 cm and that pod length in cowpea has a wide variation.

On the other hand, pod length, Stoilova and Pereira (2013), 9.80-17.70 cm; Bisikwa et al. (2014), 10.45-17.80 cm; Musvosvi (2009), 18.0–25 cm and Idahosa et al. (2010) reported it as 10.57-18.85 cm.

It was observed that the results we obtained were compatible with the results found by other researchers. Some studies have shown that there are differences, and it is thought that the reason for this difference may be soil structure, application methods and climate differences.

Pod Width (mm)

The averages and statistical groups regarding the effects of Boron and Phosphorus applications on pod width in cowpeas are given in Table 4.

As can be seen from the table, the effect of Phosphorus, Boron and Boron and Phosphorus interaction on pod width was determined to be significant ($P < 0.01$).

Table 4. Averages and Statistical Groups of Pod Width (Mm) of Boron and Phosphorus Applications in Cowpeas*

		Phosphorus Doses kg ha ⁻¹				B avg.
		0	40	60	80	
Boron	0	5.28 ı	6.75 efgh	6.62 gh	6.86 defgh	6.38 C
Doses	1500	6.99 cdefg	7.00 bcdefg	7.20 abcd	6.70 fgh	6.97 B
(g ha ⁻¹)	3000	7.33 abc	7.43 ab	7.54 a	7.00 bcdefg	7.33 A
	6000	7.17 abcde	7.07 bcdef	7.17 abcde	6.48 h	6.97 B
P avg.		6.69 B	7.06 A	7,13 A	6,76 B	

* Means in the same column with different letters differ statistically at 0.05 and 0.01 probability level according to LSD.

The pod width of cowpea in this experiment showed variation, ranging from 5.28 mm to 7.54 mm. The widest pods, measuring 7.54 mm, were produced with a combination of 3000 g ha⁻¹ Boron and 60 kg ha⁻¹ Phosphorus, while the narrowest, at 5.28 mm, were observed in the control group without any fertilization. It was found that Boron increased pod width up to a dose of 3000 g ha⁻¹, beyond which the width decreased, and a similar pattern was noted with Phosphorus, where pod width increased up to a dose of 60 kg ha⁻¹ before decreasing.

Comparing these findings with previous research, Ünlü and Padem (2005) reported pod widths ranging from 5.05 mm to 8.78 mm. Toy and Ünlü (2015) found pod widths between 6.8 mm and 8.3 mm, Bilen et al. (2020) recorded widths from 6.37 mm to 8.99 mm, and Karaman and Türkay (2021) observed a range of 7.30 mm to 9.31 mm. The results of this study align well with these earlier findings, indicating consistency across different research efforts.

Seed Yield Per Plant (g)

The Table 5 presents the mean values and statistical groupings for the yield per cowpea plant resulting from various Boron and Phosphorus treatments. The data indicate that both Phosphorus and Boron individually have a statistically significant impact on the yield per plant ($P < 0.01$). Additionally, the interaction between Boron and Phosphorus also significantly influences the yield, albeit to a lesser extent ($P < 0.05$).

Table 5. Averages and statistical groups of seed yield per plant (g/plant) of Boron and Phosphorus applications in cowpea*

		Phosphorus Doses kg ha ⁻¹				
		0	40	60	80	B avg.
Boron	0	27.76 ef	31.90 bc	34.12 b	31.06 cd	31.21 B
Doses	1500	30.51 cde	32.10 bc	31.87 bc	29.79 cde	31.07 B
(g ha ⁻¹)	3000	32.28 bc	38.16 a	38.99 a	34.51 b	35.99 A
	6000	28.48 def	30.50 cde	27.77 ef	26.74 f	28.37 C
P avg.		29.76 B	33.16 A	33.19 A	30.52 B	

* Means in the same column with different letters differ statistically at 0.05 and 0.01 probability level according to LSD.

Seed yield per plant varied between 26.74-38.99 g. The highest single plant grain yield in cowpea, 38.99 g, was obtained from the application of Boron at 3000 g ha⁻¹ and Phosphorus at 60 kg ha⁻¹, and the lowest, 26.74 g, was obtained from the application of Boron dose at 6000 g ha⁻¹ and Phosphorus dose at 80 kg ha⁻¹. The interaction of 3000 g ha⁻¹ Boron and 60 kg ha⁻¹ Phosphorus and the interaction of 3000 g ha⁻¹ Boron and 40 kg ha⁻¹ Phosphorus were in the same group and created the highest seed yield per plant. A decrease was observed in the doses after the application of 3000 g ha⁻¹ of Boron. A decrease was also observed in the parcels where Phosphorus was applied after the dose of 60 kg ha⁻¹. It has been observed that increasing Boron and Phosphorus doses have an increasing effect on seed yield per plant up to a point and then decrease.

Movalia et al. (2018) reported in their study that increasing Boron doses increased grain yield up to a point, but at the highest dose there was a decrease in grain yield. The researchers' findings are consistent with our findings.

On the other hand, Özturan and Gülümser (2004) reported that grain yield per plant as 22-69 g; Erdoğan (2019) reported that it ranged between 14.26-22.48 g and Akdağ (1995) reported that it ranged between 19.22-42.28 g. It seems that the results obtained from our study are compatible with the results obtained by other researchers.

On the other hand, Toğay et al. (2014), 3.75- 7.00 g; Aremu (2011), 5-9 g; Yıldırım (2018), 4.5-7.70 g and İdikut et al. (2019) reported it as 3.75-24.02 g, and it was seen that they had a lower grain yield per plant than our study.

Harvest Index (%)

The averages and statistical groups of harvest index of Boron and Phosphorus applications in cowpea plants are given in Table 6.

As can be seen from the table, the effect of Phosphorus, Boron and Boron and Phosphorus interaction on the harvest index of cowpea was detected to be significant ($P < 0.05$).

When the average harvest index of the cowpea plant was examined, it was seen that it varied between 13.22-24.47%. The highest harvest index, 24.47%, was gained the dose of 3000 g ha⁻¹ of Boron and 40 kg ha⁻¹ of Phosphorus, and the lowest, with 13.22%, was gained the dose of 1500 g ha⁻¹ of Boron and 80 kg ha⁻¹ of Phosphorus. It was observed that increasing Boron doses increased the harvest index up to 3000 g ha⁻¹, and the harvest index decreased at the dose of 6000 g ha⁻¹. In Phosphorus applications, 40 kg ha⁻¹ dose gave the highest harvest index value and it was determined that there was a decrease as the doses increased.

Table 6. Averages and statistical groups of harvest index (%) of Boron and Phosphorus applications in cowpea*

		Phosphorus Doses kg ha ⁻¹				
		0	40	60	80	B avg.
Boron	0	20.82 b	18.54 cd	18.62 c	14.42 gh	18.10 B
Doses	1500	18.78 c	22.13 b	14.93 fg	13.22 h	17.26 C
(g ha ⁻¹)	3000	20.79 b	24.47 a	21.07 b	16.14 ef	20.61 A
	6000	17.11 e	19.39 c	17.17 de	17.18 de	17.71 BC
P avg.		19.37 B	21.13 A	17.95 C	15.24 D	

* Means in the same column with different letters differ statistically at 0.05 and 0.01 probability level according to LSD.

On the other hand, the harvest index from previous studies, El Naim et al. (2010), 7.0% - 28.3%; Toğay et al. (2014), 35.8%-35.9%; Akdağ (1995) stated that it varies between 26.3%-40.0% and Erdoğan (2019) varies between 24.5%-39.0%. Additionally, Öztürk (2010) reported the harvest index as 34%-65.2% in Ordu ecological conditions and Pekşen (2007) reported it as 46.24%-57.74% in Samsun conditions.

The results obtained in our study are partially similar to the results found by other researchers. The reason for some of the differences is thought to be variety, climate and cultural practices. Likewise, the harvest index, in addition to being a variety characteristic, varies significantly depending on environmental and climatic conditions, growing methods and planting time.

Number of Nodules Per Plant

The averages and statistical groups of the number of nodules in cowpea plants of Boron and Phosphorus applications were given in Table 7.

As indicated in Table 7, the influence of Boron, as well as the combined effect of Boron and Phosphorus, on the nodule count in cowpea was found to be significant ($P < 0.01$), whereas the impact of P alone was not significant.

Table 7. Averages and Statistical Groups of the Number of Nodules (Number/Plant) in Cowpea of Boron and Phosphorus Applications*

		Phosphorus Doses kg ha ⁻¹				
		0	40	60	80	B avg.
Boron	0	12.50 def	10.33 ef	16.60 de	9.93 ef	12.34 C
Doses	1500	28.96 bc	15.56 def	41.70 a	11.36 def	24.40 B
(g ha ⁻¹)	3000	31.12 bc	35.93 ab	14.46 def	42.53 a	31.01 A
	6000	17.56 d	30.46 bc	9.26 f	26.40 c	20.92 B
P avg.		24.09	23.07	20.50	22.55	

* Means in the same column with different letters differ statistically at 0.05 and 0.01 probability level according to LSD.

When the average number of nodules of the cowpea plant was examined, it was seen that it varied between 9.26-42.53. The highest number of nodules per plant, 42.53, was obtained from 80 kg ha⁻¹ dose of Phosphorus and 3000 g ha⁻¹ dose of Boron, and the lowest, 9.26, was obtained from 60 kg ha⁻¹ dose of Phosphorus and 6000 g ha⁻¹ dose of Boron. As the Boron doses increased, the number of nodules increased up to the dose of 3000 g ha⁻¹ and started to decrease at the dose of 6000 g ha⁻¹. The effect of P applications was insignificant.

Kir et al. (2015) reported that the number of nodules in cowpea varied between 9-19. Chatterjee and Bandyopadhyay (2017) stated in their study that the number of nodules in cowpeas was between 11.64 and 12.34, and they reported that the number of nodules increased with the increase in Boron

applications, and decreased at the highest Boron dose. Nadeem et al. (2018) reported that the number of nodules increased with increasing Phosphorus doses along with Phosphorus applications in cowpea. The results we obtained are similar to the results of the researchers.

Conclusion

The research conducted in 2021 in the Unye District of Ordu Province, Türkiye, aimed to determine the impact of varying doses of Boron and Phosphorus on the growth characteristics of cowpea (*Vigna unguiculata* L.). The findings indicated that applications of Boron up to 3000 g ha⁻¹ and Phosphorus up to 60 kg ha⁻¹ extended the flowering period and improved the first pod height, pod length, pod width, and seed yield per plant. However, these benefits diminished with higher doses. While Boron's influence on the harvest index was consistent, a decline was noted beyond a Phosphorus dose of 40 kg ha⁻¹. The maximum nodule count of 42.53 was achieved with 80 kg ha⁻¹ of Phosphorus and 3000 g ha⁻¹ of Boron. Consequently, the study suggests that applying 3000 g ha⁻¹ of Boron and 60 kg ha⁻¹ of Phosphorus is an effective fertilization strategy for cowpea plants in the ecological conditions of Ordu, showing promise for enhancing certain plant characteristics.

Destek ve Teşekkür

This study was produced from the master's thesis titled “*The effect of phosphorus and boron applications on yield and yield components in börülce (Vigna unguiculata L.) plant*” prepared by Yunus Elmas under the supervision of Nuri Yılmaz (Tez No. 791582).

Author Contribution

Nuri Yılmaz, determining the topic, writing the article. Yunus Elmas, conducting field trials.

Ethic

There are no ethical issues regarding the publication of this article.

Conflict of Interest

The authors state that they have no conflict of interest.

ORCID

Nuri Yılmaz  <https://orcid.org/0000-0002-0597-6884>

Yunus Elmas  <https://orcid.org/0000-0002-1350-6209>

References

- Afiukwa, C. A., Ubi, B. E., Kunert, K. J., Titus, E. J., & Akusu, J. O. (2013). Seed protein content variation in cowpea genotypes. *World Journal of Agricultural Sciences*, 1(3), 94-99.
- Akdağ, C. (1995). Sıra aralıklarının Tokat-Kazova şartlarında börülce (*Vigna sinensis* (L.) savi)'nin verim ve verim unsurlarına etkileri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1), 141-146. <https://dergipark.org.tr/en/pub/gopzfd/issue/7355/96285>
- Anonymous, (2021). Ordu meteoroloji il müdürlüğü kayıtları.
- Aremu, C.O. (2011). Trait response to early-generation selection using a common parent in two crosses of cowpea (*Vigna unguiculata*) for humid environment performance. *Advances in Applied Science Research*, 2(6), 33-37. <https://eprints.lmu.edu.ng/2021/>
- Başaran, U., Ayan, I., Acar, Z., Mut, H., & Asci, O.O. (2011). Seed yield and agronomic parameters of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) genotypes grown in the black sea region of Turkey. *African J. of Biotechnology*, 10(62), 13461-13464. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2489>

- Beycioğlu, T. (2016). *Kahramanmaraş koşullarında börülce (Vigna unguiculata (L.) Walp) bitkisine uygulanan farklı sıra arası ve sıra üzeri mesafelerin verim unsurlarına etkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.
- Bilen, S., & Sezen, Y. (1993). Toprak reaksiyonun bitki besin elementleri elverişliliği üzerine etkisi. *Atatürk Ü. Zir. Fak. Der.*, 24(2), 156-166. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/35296>
- Bilen, S., Binici, A., & Bozokalfa, M.K. (2020). Yerel börülce (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) populasyonlarının bakla ve danelerinin agronomik özelliklerinin belirlenmesi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 2020(Özel Sayı), 51-60. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.712808>
- Bisikwa, J., Kawooya, R., Ssebuliba, J.M., Ddungu, S.P., Biruma, M., & Okello, D.K. (2014). Effects of plant density on the performance of local and elite cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) varieties in Eastern Uganda. *African Journal of Applied Agricultural Sciences and Technologies*, 1(1), 28-41.
- Bozbek, T., & Ünay, A. (2005). Ekim zamanı ve bitki sıklığının pamuk verimi üzerine etkisi. *Anadolu Journal of AARI*, 15(1), 34-43. <https://dergipark.org.tr/en/pub/anadolu/issue/1770/21794>
- Chatterjee, R., & Bandyopadhyay, S. (2017). Effect of B, molybdenum and biofertilizers on growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) in acid soil of eastern himalayan region. *Journal Of The Saudi Society Of Agricultural Sciences*, 16(4), 332-336. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.11.001>
- Çimrin, K.M., & Boysan, S. (2006). Van yöresi tarım topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleriyle ilişkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 16(2), 105-111. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/204866>
- Çulha, G., & Bozoğlu, H. (2017). Amazon ve sırma börülce çeşitlerinin tane kalitesine farklı kültürel uygulamaların etkisi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 20(Özel Sayı), 362-366. <https://doi.org/10.18016/ksudobil.349303>
- Debnath, P., Pattanaik, S.K., Sah, D., Chandra, G., & Pandey, A.K. (2018). Effect of B and zinc fertilization on growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L Walp.) in inceptisols of arunachal pra-desh. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 66(2), 229-234. <https://doi.org/10.5958/0974-0228.2018.00029.4>
- Egbe, O.M., Alibo, S.E. & Nwueze, I. (2010). Evaluation of some extra-early-and early maturing cowpea varieties for intercropping with maize in Southern Guinea Savanna of Nigeria. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(5), 845-858. <https://doi.org/10.5251/abjna.2010.1.5.845.858>
- El Naim, A.M., Hagelsheep, A.M., Abdelmuhsin, M.S., & Abdalla, A.E. (2010). Effect of intra-row spacing on growth and yield of three cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) varieties under rainfed. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6(5), 623-629. <http://www.insipub.com/rjabs/2010/623-629.pdf>
- Erdoğan, C. (2019). Amik ovası koşullarında börülce (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) çeşitlerinin tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(7), 1046-1051. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i7.1046-1051.2543>
- FAO, (2020). Crops and livestock products. Retrieved September 12, 2023 from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Gupta, U.C. (1993). *B and its role in crop production*. Crc press.
- Gülümser, A., Odabaş, M.S., & Özturan, Y. (2005). Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) yapraktan ve topraktan uygulanan farklı bor dozlarının verim ve verim unsurlarına etkisi. *Akdeniz Üniversitesi*

- Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(2), 163-168.
<https://dergipark.org.tr/en/pub/akdenizderg/issue/1580/19602>
- Güneş, A., Gezin, S., Kalınbacak, K., Özcan, H., & Çakmak, İ. (2017). Bor elementinin bitkiler için önemi. *Bor Dergisi*, 2(3): 168-174. <https://hdl.handle.net/20.500.12395/34378>
- Hada, TS., Singh, B., Veer, K. & Singh, S. (2014). Effect of different levels of B and zinc on flowering, fruiting and growth parameter of winter season guava (*Psidium guajava* L.). *The Asian Journal of Horticulture*, 9(1), 53-56. <http://www.researchjournal.co.in/online/AJH.htm>
- Idahosa, D.O., Alike, J.E. ve Omoregie, A.U. (2010). Genetic Variability Heritability and Expected Genetic Advance as Indices for Yield and Yield Components Selection in Cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] *Academia Arena*, 2(5), 22–26. <http://www.sciencepub.net/academia>
- İdikut, L., Zulkadir, G., Polat, C., Çiftçi, S., & Önem, B. (2019). Farklı lokasyonlarda ve ekim zamanlarında yetiştirilen börülcenin agromorfolojik özellikleri. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(2), 164-169. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.447677>
- Karaman, R., & Türkay, C. (2021). Börülcede bazı fiziksel ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. *MAEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(Ek Sayı 1), 477-485. <https://doi.org/10.29048/makufebed.1004466>
- Khan, A., Bari, A., Khan, S., Hussain, N.S., & Zada, I. (2010). Performance of cowpea genotypes at higher altitude of nwfp. *Pak. J. Bot.*, 42(4), 2291-2296. [https://mail.pakbs.org/pjbot/PDFs/42\(4\)/PJB42\(4\)2291.pdf](https://mail.pakbs.org/pjbot/PDFs/42(4)/PJB42(4)2291.pdf)
- Kır, A., Tan, A., Nüket, A., Korkmaz, N., & Gündüz, M. (2015). Ege ve Akdeniz Bölgesi börülce (*Vigna unguiculata* L. Walp.) yerel çeşitlerinin agro-morfolojik karakterizasyonu. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(2), 1-23. <https://dergipark.org.tr/en/pub/anadolu/issue/30612/330852>
- Movalia Janaki, A., Parmar, K.B., & Vekaria L.C. (2018). Effect of B and molybdenum on yield and yield attributes of summer green gram (*Vigna radiata* L.) under medium black calcareous soils. *International Journal of Communication Systems*, 6(1), 321-323. <https://www.chemijournal.com/archives/2018/vol6issue1/PartE/5-6-242-655.pdf>
- Musvosvi, C. (2009). Morphological characterisation and interrelationships among descriptors in some cowpea genotypes. *African Crop Science Conference Proceedings*, 9, 501-507. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20133232416>
- Nadeem, M.A., Singh, V., Dubey, R.K., Pandey, A.K., Singh, B., Kumar, N., & Pandey, S. (2018). Influence of P and bio-fertilizers on growth and yield of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] in acidic soil of NEH region of India. *Legume Research-An International Journal*, 41(5), 763-766. <https://doi.org/10.18805/LR-3790>
- Özçelebi, Ş.H., & Erman, M. (2021). Bazı Börülce (*Vigna unguiculata* L. Walp.) yerel popülasyonlarının ve tescilli çeşitlerinin siirt ekolojik koşullarına adaptasyonunun belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(1), 235-24. <https://doi.org/10.46291/ISPECJASvol5iss1pp235-245>
- Özkorkmaz, F., & Yılmaz, N. (2017). Farklı tuz konsantrasyonlarının fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ve börülcede (*Vigna unguiculata* L.) çimlenme üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 196-200. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/384737>
- Özkorkmaz, F. (2020). *Bor ve demir uygulamalarının farklı zamanlarda ekilen börülcenin (*Vigna unguiculata* L.) verim, verim unsurları ve tane kalitesine etkisi* [Yayımlanmış doktora tezi]. Ordu Üniversitesi.

- Özkorkmaz, F., & Yilmaz, N. (2023). Effect of B and iron application on the yield and yield properties of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) planted at different sowing times. *Applied Ecology & Environmental Research*, 21(3) 2641-2655. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/2103_26412655
- Özturan, Y., & Gülümser, A. (2004). Börülce (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)'de bitki sıklığı ve azotlu gübrelemenin verim ve verim öğelerine etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(3), 41- 49. https://www.aloki.hu/pdf/2103_26412655.pdf
- Öztürk, D. (2010). *Ordu ekolojik koşullarında yetiştirilecek börülce (Vigna sinensis L.) ekotiplerinin bazı fizyolojik ve morfolojik özellikleri ile verim ve verim öğelerinin belirlenmesi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Ordu Üniversitesi.
- Pal, R., Nautiyal, M.K., Singh, Y.V., & Sharma, C.L. (2014). Evaluation of genetic variability for some of quantitative traits in grain cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *International Journal of Basic and Applied Agricultural Research*, 12(2), 188-192. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20143412252>
- Pekşen, E. (2007). Yield performance of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) cultivars under rainfed and irrigated conditions. *International Journal of Agricultural Research*, 2(4), 391-396. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20073080002>
- Prasanthi, L., Geetha, B., Ramya Jyothi, B.N., & Raja Reddy, K. (2012). Evaluation of genetic diversity in cowpea, (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) genotypes using random amplified polymorphic DNA (RAPD). *Current Biotica*, 6(1), 22-31. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20123248371>
- Quddus, M., Rashid, M., Hossain, M., & Naser, H. (2011). Effect Of Zinc And B on yield and yield contributing characters of mungbean in low ganges river floodplain soil at Madaripur, Bangladesh. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 36(1), 75-85. <https://doi.org/10.3329/bjar.v36i1.9231>
- Sert, H. (2011). *Hatay ili ekolojik şartlarında börülce (Vigna sinensis L. savi) çeşitlerinin tane verimi ve bazı tarımsal özellikleri üzerine farklı bitki sıklıklarının etkileri* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Selçuk Üniversitesi.
- Stoilova, T., & Pereira, G. (2013). Assessment of the genetic diversity in a germplasm collection of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) using morphological traits. *African Journal of Agricultural Research*, 8(2), 208- 215. <https://doi.org/10.5897/AJAR12.1633>
- Toğay, Y., Toğay, N., & Doğan, Y. (2014). Effect of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) sowing times applications on the yield and yield components. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, Special Issue, 1147-1151. <https://dergipark.org.tr/en/pub/turkjans/issue/13310/160881>
- Toy, D., & Ünlü, H. (2015). Çiftlik gübresi ve yeşil gübre kullanımının taze ve kuru börülce yetiştiriciliğinde verim ve kalite üzerine etkilerinin belirlenmesi. *SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2), 110-117. <https://dergipark.org.tr/en/pub/sduzfd/issue/29589/317447>
- Ünlü, H., & Padem, H. (2005). Börülce (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) çeşitlerinde farklı ekim zamanlarının sulu ve kurak koşullarda verim ve kalite özelliklerine etkisi. *SDÜ Fen Bilimleri Enstitü Dergisi*, 9(3), 83-91. <https://dergipark.org.tr/en/pub/sdufenbed/issue/20778/221750>
- Yıldırım, N. (2018). *Bazı kuru börülce çeşitlerinde (Vigna unguiculata (L.)) bakteri aşılama ve değişik azot dozlarının verim ve verim unsurlarına etkisinin belirlenmesi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Dicle Üniversitesi.

On Some New Generalized Gaussian Oresme Numbers

Elifcan Sayın¹ , Serpil Halıcı² 

¹Pamukkale University, Institute of Science, Denizli

²Pamukkale University, Faculty of Science, Department of Mathematics, Denizli

Geliş Tarihi / Received Date: 04.04.2024

Kabul Tarihi / Accepted Date: 02.07.2024

Abstract

In this study, we defined and examined a new generalization to a special sequence of rational numbers. We gave the similarities and relationships of these newly defined Gaussian Oresme numbers with the generalized Fibonacci numbers and Lucas numbers existing in the literature. Moreover, we have obtained some important identities provided by these numbers we have discussed. We also obtained the relationship of these numbers with Gaussian Fibonacci numbers.

Keywords: fibonacci sequences, gaussian numbers, recurrence relation, oresme numbers

Bazı Yeni Genelleştirilmiş Gaussian Oresme Sayıları

Öz

Bu çalışmada rasyonel sayıların özel bir dizisine yönelik yeni bir genelleme tanımladık ve inceledik. Yeni tanımlanan bu Gaussian Oresme sayılarının literatürde var olan genelleştirilmiş Fibonacci sayıları ve Lucas sayıları ile benzerliklerini ve ilişkilerini verdik. Üstelik ele aldığımız bu sayıların sağladığı bazı önemli kimlikleri de elde ettik. Bu sayıların Gaussian Fibonacci sayılarıyla ilişkisini de elde ettik.

Anahtar Kelimeler: fibonacci dizileri, gaussian sayıları, tekrarlama bağıntısı, oresme sayıları

Introduction

There are many number sequences studied in the literature. Some of these sequences are Fibonacci, Lucas, Jacobstal, Pell, Jacaobstal Lucas, Pell Lucas. The recurrence relation of Fibonacci sequences is as follows (Koshy, 2001).

$$F_{n+1} = F_n + F_{n-1}, F_0 = 0, F_1 = 1. \tag{1}$$

Horadam was the first to examine complex numbers whose coefficients were selected from this famous number sequence (Horadam, 1963).

$$CF_n = F_n + iF_{n+1}. \tag{2}$$

In his work in (Berzsenyi, 1977) Berzsenyi investigated a natural extension of Fibonacci numbers to the complex plane and described the frequently studied numbers known as Gaussian numbers. Numerous authors, including Berzsenyi, have studied on Gaussian numbers and their applications. Gaussian numbers were defined by some authors in the literature. Some of these references are as follows: (Halici et al., 2023; Halici et al., 2016; Pethe et al., 1986; Yilmaz et al., 2023). Horadam and Pethe (Pethe et al., 1986) defined generalized Gaussian Fibonacci numbers. The authors used the recurrence relationship provided by these numbers to obtain some identities containing the products of combinations of Fibonacci, Pell and Chebyshev polynomials. Also, in (Cagman, 2021), (Cagman, 2023) and (Halici et al., 2020) the authors worked on different integer sequences. In (Ozkan et al., 2020), Ozkan and Tastan defined Gaussian Fibonacci polynomials and also introduced the matrices of Gaussian Fibonacci and Lucas polynomials. Yilmaz and Ertas examined the Gaussian Oresme numbers and used these numbers for quaternion sequence (Yilmaz et al., 2023) defined Gaussian Oresme sequence using Oresme number sequence and gave new results (Halici et al., 2023).

$G(n, m) = n + im$, where $n > m$ and $n, m \in \mathbb{Z}$, denotes Gaussian integers. For fixed real numbers p_1, p_2, q_1 and q_2 initial conditions are

$$G(0,0) = 0, G(1,0) = 1, G(0,1) = i, G(1,1) = p_2 + ip_1 \tag{3}$$

The following equations are sufficient to obtain a single value for each Gaussian integer.

$$G(n + 2, m) = p_1G(n + 1, m) - q_1G(n, m), \tag{4}$$

$$G(n, m + 2) = p_2G(n, m + 1) - q_2G(n, m). \tag{5}$$

In 1963, Horadam introduced these numbers as the generalized complex Fibonacci sequence (Horadam, 1963).

$$GF_n = F_n + iF_{n-1}, GF_0 = 0, GF_1 = 1, n \geq 1. \tag{6}$$

Some elements of equation (6) have in the table below.

Table 1. Gaussian Fibonacci Numbers

n	GF_n
0	1
1	$1 + i$
2	$2 + i$
3	$3 + 2i$
4	$5 + 3i$
5	$8 + 5i$
...	...

Also, Gaussian numbers gave by the following equations in relation to generalized Fibonacci U_n and Lucas numbers V_n (Pethe et al., 1986). Where $G(n, 0) = U_n, G(0, m) = iV_m$ these are

$$U_{n+2} = p_1U_{n+1} - q_1U_n; U_0 = 0, U_1 = 1, \tag{7}$$

$$V_{n+2} = p_2V_{n+1} - q_2V_n; V_0 = 0, V_1 = 1. \tag{8}$$

In (Pethe et al., 1986), the following equation gave for the numbers $G(n, m)$

$$G(n, m) = U_n V_{m+1} + i U_{n+1} V_m. \quad (9)$$

Many authors studied generalized Fibonacci sequences and Lucas sequences. In (Akyuz et al., 2013), Halici and Akyuz discussed and examined the relationships between these sequences, the identities formed by the sequences terms, and also the polynomials of these sequences. We use the following equations to define new concepts.

$$V_{m+1} = U_{m+2} - qU_m, \quad V_m = U_{m+1} - qU_{m-1}. \quad (10)$$

From equations (9) and (10), we get

$$G(n, m) = U_n(U_{m+2} - qU_m) + iU_{n+1}(U_{m+1} - qU_{m-1}). \quad (11)$$

Another well-known sequence used to make generalizations in integer sequence studies is the Horadam sequence $w_n = w_n(w_0, w_1; p, q)$,

$$w_{n+2} = pw_{n+1} - qw_n, \quad n \geq 0. \quad (12)$$

It is possible to obtain different sequences by changing the initial conditions and coefficients of the Horadam sequence w_n . The Oresme sequence, which has rational coefficients, is one of these newly derived sequences. This sequence was described by N. Oresme and also studied by Horadam (Horadam, 1974).

For $O_0 = 0$ and $O_1 = \frac{1}{2}$, Oresme sequence is defined as

$$O_{n+2} = O_{n+1} - \frac{1}{4}O_n. \quad (13)$$

The closed formula for this sequence is

$$O_n = \frac{n}{2^n}. \quad (14)$$

The sequence $\{O_n\}$ is obtained by taking $p = 1$, $q = \frac{1}{4}$ in equation (12) and

$$O_n = \frac{1}{2}U_{n-1} \quad (15)$$

is obtained.

For $k \geq 2$, a generalization was made by Cook (Cook, 2004) is in the form

$$O_{n+2}^{(k)} = O_{n+1}^{(k)} - \frac{1}{k^2}O_n^{(k)}, \quad O_0^{(k)} = 0, \quad O_1^{(k)} = \frac{1}{k}. \quad (16)$$

In the table below we gave the first four terms of Oresme numbers and generalized Oresme numbers. Specifically, if we take $k = 2$ in k - Oresme numbers, we get Oresme numbers.

We gave the numbers O_n and numbers $O_n^{(k)}$ in the next table.

Table 2. The Numbers O_n and Numbers $O_n^{(k)}$

n	O_n	$O_n^{(k)}$
0	0	0
1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{k}$
2	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{k}$
3	$\frac{3}{8}$	$\frac{k^2 - 1}{k^3}$

In this work, the authors define new generalized Gaussian Oresme numbers using Oresme numbers. Halici et al. gave the relation of these numbers with Gaussian Fibonacci numbers.

Generalized Gaussian Oresme Numbers

In this section we define generalized Gaussian Oresme numbers. We gave the Binet formula for these numbers and gave some basic identities and the similarities and relationships between Gaussian Oresme numbers and Gaussian Fibonacci numbers.

Definition 1. For $n, m \geq 0$, using by the equation (11) generalized Gaussian Oresme numbers are defined as

$$GO(n, m) = (GF_2 + i)O_{n+1}(2O_{m+1} - O_m) + iO_n\left(\frac{1}{2}O_m - O_{m+1}\right). \quad (17)$$

It is shown as $GO(n, m) = GO_{n,m}$.

Since the Binet formula was discovered by the French mathematician Jacques Philippe Marie Binet in 1843, it is known as the Binet formula in the literature. Binet formula allows us to find the n th term.

In the next theorem we give a closed formula for the numbers $GO_{n,m}$.

Theorem 2. For $n, m \geq 0$, we get

$$GO_{n,m} = \frac{O_{n+m+1}}{n+m+1} [1 + GF_2(n+1)]. \quad (18)$$

Proof. In the definition of generalized Gaussian Oresme numbers, we can use the closed formula gave for Oresme numbers.

$$\begin{aligned} GO_{n,m} &= (1 + 2i) \frac{n+1}{2^{n+1}} \left(2 \frac{m+1}{2^{m+1}} - \frac{m}{2^m} \right) + i \frac{n}{2^n} \left(\frac{1}{2} \frac{m}{2^m} - \frac{m+1}{2^{m+1}} \right), \\ GO_{n,m} &= (1 + 2i) \frac{n+1}{2^{n+m+1}} - i \frac{n}{2^{n+m+1}}, \\ GO_{n,m} &= \frac{1}{2^{n+m+1}} [n(1+i) + (1+2i)], \\ GO_{n,m} &= \frac{O_{n+m+1}}{n+m+1} [1 + GF_2(n+1)]. \end{aligned}$$

Thus, the proof is completed.

Now, we give an important equation, which is one of the important identities and represents the matrix form of the recursive relation in the following Theorem.

Theorem 3. For $n, m \geq 1$, we have

$$GO_{n+1,m+1} GO_{n-1,m-1} - GO_{n,m}^2 = -\frac{O_{2n+2m+1}}{2(n+m)+1} (GF_2 - GF_1). \quad (19)$$

Proof. If we substitute $n + 1, m + 1$ and $n - 1, m - 1$ in equation (18), we obtain the following equalities.

$$GO_{n+1,m+1} = \frac{1}{2^{n+m+3}} [i(n+3) + (n+2)],$$

$$GO_{n,m} = \frac{1}{2^{n+m+1}} [i(n+2) + (n+1)]$$

and

$$GO_{n-1,m-1} = \frac{1}{2^{n+m-1}} [i(n+1) + n].$$

We can write the left side of the equation.

$$\begin{aligned} LHS &= \frac{1}{2^{2n+2m+2}} [[i(n+3) + (n+2)][i(n+1) + n] - [i(n+2) + (n+1)]^2], \\ &= \frac{1}{2^{2n+2m+2}} [-(n+3)(n+1) + in(n+3) + i(n+2)(n+1) + n(n+2) + (n+2)^2 - (n+1)^2 - 2i(n+1)(n+2)], \end{aligned}$$

$$LHS = -\frac{O_{2n+2m+1}}{2^{n+2m+1}} i.$$

Thus, the proof is completed.

Now, using the closed formula in (18), we also give the following theorem.

Theorem 4. For $n - r \geq 0$, we get

$$GO_{n+r,m+r} GO_{n-r,m-r} - GO_{n,m}^2 = -\frac{O_{2n+2m+1}}{2^{n+2m+1}} r^2 (GF_2 - GF_1). \quad (20)$$

Proof. Let us substitute $GO_{n+r,m+r}$, $GO_{n,m}$ and $GO_{n-r,m-r}$ on the left side of the equation.

$$LHS = \frac{1}{2^{2n+2m+2}} [[i(n+r+2) + (n+r+1)][i(n-r+2) + (n-r+1)] - [i(n+2) + (n+1)]^2].$$

If the necessary arithmetic operations are performed on this equation, then the following equation is obtained.

$$\begin{aligned} GO_{n+r,m+r} GO_{n-r,m-r} - GO_{n,m}^2 &= -\frac{1}{2^{n+m+2}} 2ir^2, \\ GO_{n+r,m+r} GO_{n-r,m-r} - GO_{n,m}^2 &= -\frac{O_{2n+2m+1}}{2^{n+2m+1}} r^2 (GF_2 - GF_1). \end{aligned}$$

Thus, the proof is completed.

Note that, when $r = 1$ in the last equation, the Cassini identity for the numbers $GO_{n,m}$ is obtained.

Now, let us give d'Ocagne's identity for this new sequence.

Theorem 5. For $a, b, n, m \in \mathbb{Z}^+$, the following equation is satisfied.

$$GO_{n+1,m+1} GO_{a,b} - GO_{n,m} GO_{a+1,b+1} = \frac{O_{(n+m+a+b)O_3}}{3(n+m+a+b)} (GF_2 - GF_1)(a - n). \quad (21)$$

Proof. Let us calculate the left side of the equation (21). From the Binet formula, we write

$$LHS = \frac{1}{2^{n+m+a+b+4}} [[i(n+3) + (n+2)][i(a+2) + (a+1)] - [i(n+2) + (n+1)][i(a+3) + (a+2)]].$$

If we rearrange this equation, then the following equation is obtained.

$$GO_{n+1,m+1} GO_{a,b} - GO_{n,m} GO_{a+1,b+1} = \frac{1}{2^{n+m+a+b+4}} (2ai - 2in),$$

$$GO_{n+1,m+1} GO_{a,b} - GO_{n,m} GO_{a+1,b+1} = \frac{O_{(n+m+a+b)O_3}}{3(n+m+a+b)} (GF_2 - GF_1)(a - n).$$

Thus, the desired result is obtained.

In the following theorem, we give the Vajda identity.

Theorem 6. For $a, b, n, m \in \mathbb{Z}^+$, the following equation is true.

$$GO_{n+a,m+a} GO_{n+b,m+b} - GO_{n,m} GO_{n+a+b,m+a+b} = \frac{O_2(n+m+a+b)O_3}{3(n+m+a+b)} b(2ai + GF_1) \tag{22}$$

Proof. From the closed formula, we can write

$$GO_{n+a,m+a} = \frac{1}{2^{n+m+2a+1}} [i(n+a+2) + (n+a+1)],$$

$$GO_{n+b,m+b} = \frac{1}{2^{n+m+2b+1}} [i(n+b+2) + (n+b+1)],$$

$$GO_{n+a+b,m+a+b} = \frac{1}{2^{n+m+2a+2b+1}} [i(n+a+b+2) + (n+a+b+1)].$$

If these values are substituted on the left side of equation (22) and used the equation (18), then the following equation is obtained.

$$LHS = \frac{1}{2^{2(n+m+a+b+1)}} \left[\begin{aligned} &-(n+a+2)(n+b+2) + i(n+a+2)(n+b+1) + i(n+a+1)(n+b+1) + \\ &(n+2)(n+a+b+2) - i(n+2)(n+a+b+1) \\ &-i(n+1)(n+a+b+2) - (n+1)(n+a+b+1) \end{aligned} \right],$$

$$GO_{n+a,m+a} GO_{n+b,m+b} - GO_{n,m} GO_{n+a+b,m+a+b} = \frac{O_2(n+m+a+b)}{8(n+m+a+b)} b(1+2ai),$$

$$GO_{n+a,m+a} GO_{n+b,m+b} - GO_{n,m} GO_{n+a+b,m+a+b} = \frac{O_3 O_2(n+m+a+b)}{3(n+m+a+b)} b(2ai + GF_1).$$

Thus, the proof is completed.

We gave some important identities above. We introduce a new and useful identity in the next theorem.

Theorem 7. For $n, m, z \in \mathbb{Z}^+$ the following equation is satisfied.

$$GO_{n+z,m} GO_{n,m+z+1} - \frac{1}{4} GO_{n+z-1,m} GO_{n,m+z} = \frac{O_4 O_2(n+m+z)}{4(n+m+z)} i(n'+2) - n'z', \tag{23}$$

where $n' = n + 1$ and $z' = z + 1$.

Proof. Let us calculate the left side of equation (23) using the Binet formula. Then, we write

$$LHS = \frac{1}{2^{2(n+m+z)+3}} \left[\begin{aligned} &-(n+z+2)(n+2) + i(n+z+2)(n+1) + i(n+2)(n+z+1) + \\ &(n+1)(n+z+1) + (n+2)(n+z+1) \\ &-i(n+2)(n+z) - i(n+z+1)(n+1) - (n+z)(n+1) \end{aligned} \right],$$

$$GO_{n+z,m} GO_{n,m+z+1} - \frac{1}{4} GO_{n+z-1,m} GO_{n,m+z} = \frac{1}{2^{2(n+m+z)+3}} [i(n+3) - (n+1)(z+1)].$$

Substituting the values n' and z' , we get

$$GO_{n+z,m} GO_{n,m+z+1} - \frac{1}{4} GO_{n+z-1,m} GO_{n,m+z} = \frac{O_4 O_2(n+m+z)}{4(n+m+z)} i(n'+2) - n'z'.$$

Thus, the proof is completed.

It is useful to give arithmetic operations for some consecutive terms.

$$GO_{n,m} + GO_{n+1,m+1} = \frac{O_{n+m}}{8(n+m)} [i(5n+11) + (5n+6)]. \tag{24}$$

$$GO_{(n,m)} - GO_{n+1,m+1} = \frac{O_{n+m}}{8(n+m)} [i(3n+5) + (3n+2)]. \tag{25}$$

$$GO_{n,m} GO_{n+1,m+1} = \frac{O_5 O_{2n+2m}}{5(n+m)} [i(2n^2 + 8n + 7) - 2(n+2)]. \tag{26}$$

$$\frac{GO_{n+1,m+1}}{GO_{n,m}} = \frac{[i(n+3)+(n+2)]}{4[i(n+2)+(n+1)]} \tag{27}$$

In the next theorem, we give the generating function of new sequence.

Theorem 8. For $n \in \mathbb{Z}^+$, the following equation is true.

$$\sum_{n=0}^{\infty} GO_{n,m} x^n = \frac{2GF_3 - xGF_2}{4-x}; \quad n = m. \quad (28)$$

Proof. The following equations can be written using the definition of generating function.

$$\begin{aligned} g(x) &= GO(0,0) + GO(1,1)x + GO(2,2)x^2 + \dots \\ \left[-\frac{g(x) + (i+1)}{4} \right] x &= -\frac{1}{8}(3i+2)x - \frac{1}{32}(4i+3)x^2 - \frac{1}{128}(5i+4)x^3 + \dots \\ g(x) - \left[\frac{g(x) + (i+1)}{4} \right] x &= \frac{1}{2}(2i+1), \\ g(x) \left(1 - \frac{1}{4}x \right) &= \frac{1}{2}(2i+1) + \frac{1}{4}(i+1)x, \\ g(x) &= \frac{2GF_3 + xGF_2}{4-x}. \end{aligned}$$

Thus, the desired result is obtained.

Conclusion

In this study, a new generalization of Gaussian Oresme numbers is obtained. Some identities provided by these new numbers, which have an important place in the literature, are shown. In addition, the relation of these newly defined numbers with the Gaussian Fibonacci sequence is examined.

Acknowledgements

This paper was supported Pamukkale University with Project No: 2023FEBE002.

Author Contribution

Elifcan Sayın and *Serpil Halıcı* wrote the project and conducted and directed the studies. The authors have read and approved the article.

Ethics Statement

There are no ethical issues with the publication of this article.

Conflict of Interest

The authors state that there is no conflict of interest.

ORCID

Elifcan Sayın  <https://orcid.org/0000-0001-5602-7681>

Serpil Halıcı  <https://orcid.org/0000-0002-8071-0437>

References

- Akyuz, Z. (2013). Some identities and Fibonacci type polynomials containing terms of generalized Fibonacci and Lucas sequences [Doctoral dissertation, Sakarya University].
- Berzsenyi, G. (1977). Gaussian Fibonacci numbers. *Fibonacci Quarterly*, 15(3), 233-236. <https://doi.org/10.1080/00150517.1977.12430445>
- Cagman, A. (2021). Explicit solutions of powers of three as sums of three Pell numbers based on Baker's type inequalities. *Turkish J. Ineq*, 5(1), 93-103. . <https://www.tjinequality.com/volume-5/issue-1/>
- Cagman, A. (2021). An approach to Pillai's problem with the Pell sequence and the powers of 3. *Miskolc Mathematical Notes*, 22(2), 599-610. <https://doi.org/10.18514/MMN.2021.3659>

- Cagman, A. (2023). Repdigits as sums of three Half-companion Pell numbers. *Miskolc Mathematical Notes*, 24(2), 687-697. <https://doi.org/10.18514/MMN.2023.4143>
- Cook, C. K. (2004). Some sums related to sums of Oresme numbers. In *Applications of Fibonacci Numbers: Volume 9: Proceedings of The Tenth International Research Conference on Fibonacci Numbers and Their Applications*. Dordrecht: Springer Netherlands, 87-99. https://doi.org/10.1007/978-0-306-48517-6_10
- Halici, S., & Sayin, E. (2023). On Some Gaussian Oresme Numbers, In *International Conference on Mathematics and its Applications in Science and Engineering*, 66. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-49218-1_25
- Halici, S., & Oz, S. (2016). On some Gaussian Pell and Pell-Lucas numbers. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(1), 8-18. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ordubtd/issue/24680/261001>
- Halici, S., & Curuk, S. (2020). On Dual k- Pell Bicomplex Numbers and Some Identities Including Them. *Fundamental Journal of Mathematics and Applications*, 3(1), 86-93. <https://doi.org/10.33401/fujma.718298>
- Horadam, A. F. (1963). Complex Fibonacci Numbers and Fibonacci Quaternions, *Amer. Math. Monthly*, 70, 289-291. <https://doi.org/10.2307/2313129>
- Horadam, A. F. (1965). Basic properties of a certain generalized sequence of numbers. *Fibonacci Quarterly*, 3(3), 161-176. <https://doi.org/10.1080/00150517.1965.12431416>
- Horadam, A. F. (1974). Oresme numbers. *Fibonacci Quarterly*, 12(3), 267-270. <https://doi.org/10.1080/00150517.1974.12430733>
- Koshy, T. (2001). *Fibonacci and Lucas Numbers with Applications*. A.Wiley- Interscience Publication. <https://doi.org/10.1002/9781118033067>
- Ozkan, E., & Tastan, M. (2020). On Gauss Fibonacci polynomials, on Gauss Lucas polynomials and their applications. *Communications in Algebra*, 48(3), 952960. <https://doi.org/10.1080/00927872.2019.1670193>
- Pethe, S., & Horadam, A. F. (1986). Generalised Gaussian Fibonacci numbers. *Bulletin of the Australian Mathematical Society*, 33(1), 37-48. <https://doi.org/10.1017/S0004972700002847>
- Yilmaz, F., & Ertas, A. (2023). On Quaternions with Gaussian Oresme Coefficients. *Turkish Journal of Mathematics and Computer Science*, 15(1), 192-202. <https://doi.org/10.47000/tjmcs.1133973>

Transmuted Unit Exponentiated Half-Logistic Distribution and its Applications

Murat Genç¹ , Ömer Özbilen² 

¹Tarsus University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Management Information Systems, Mersin

²Mersin University, Faculty of Education, Department of Primary Mathematics Teaching, Mersin

Geliş Tarihi / Received Date: 07.07.2024

Kabul Tarihi / Accepted Date: 06.11.2024

Abstract

A novel distribution, termed the transmuted unit exponentiated half-logistic distribution, has been proposed using the unit exponential half-logistic distribution, a member of the proportional hazard rate model family, as the base distribution. The statistical characteristics of the proposed distribution, including moments, moment-generating function, quantile function, and stress-strength reliability, have been thoroughly examined in this study. The maximum likelihood estimation method has been discussed for statistical inference of the distribution parameters. A simulation study based on the new distribution has been conducted to investigate the behavior of maximum likelihood estimates under various conditions. In addition, a numerical example has been presented to illustrate the performance of the distribution on a failure-time dataset.

Keywords: transmuted family, UEHL distribution, failure times, maximum likelihood estimator, data analysis

Dönüştürülmüş Birim Üstel Yarı Lojistik Dağılım ve Uygulamaları

Öz

Orantılı tehlike hızı model ailesinin bir üyesi olan birim üstel yarı lojistik dağılım temel dağılım olarak kullanılarak, dönüştürülmüş (transmuted) birim üstel yarı lojistik dağılım olarak adlandırılan yeni bir dağılım önerilmiştir. Önerilen dağılımın momentler, moment çıkaran fonksiyon, kantil fonksiyonu ve stres-mukavemet güvenilirliği gibi istatistiksel özellikleri bu çalışmada ayrıntılı olarak incelenmiştir. Dağılım parametrelerinin istatistiksel çıkarımı için maksimum olabilirlik tahmin yöntemi tartışılmıştır. Maksimum olabilirlik tahminlerinin çeşitli koşullar altındaki davranışını araştırmak için yeni dağılıma dayalı bir simülasyon çalışması yapılmıştır. Ayrıca, bir başarısızlık-zaman veri kümesi üzerinde dağılımın performansını göstermek için sayısal bir örnek sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: dönüştürülmüş dağılım ailesi, UEHL dağılımı, başarısızlık zamanları, maksimum olabilirlik tahmincisi, veri analizi

Introduction

In several practical applications, the use of proportional data is essential. Random variables, expressed as ratios or percentages, constitute the proportional data. For instance, infection rates of diseases, mortality percentages, response rates to clinical treatments, university admission rates, and percentage of useful volume in the water reservoir of a hydroelectric power plant are examples of proportional data. Random variables corresponding to proportional data can take any value within a unit interval. Therefore, appropriate probability distributions with a well-defined support set within a unit interval are required to model proportional data.

As a distribution with limited support, the omega distribution was proposed by Dombi et al. (2019) and discussed in applications related to reliability theory. The omega distribution belonged to the proportional hazard rate class. Dombi et al. (2019) demonstrated that the asymptotic omega hazard rate function is the hazard rate function of the Weibull distribution. Additionally, Dombi and Jónás (2020) obtained various properties of the omega distribution. Recently, Özbilen and Genç (2022) introduced the unit exponentiated-half logistic (UEHL) distribution inspired by the omega distribution. This distribution corresponds, through a simple transformation, to the exponentiated half-logistic distribution, which has broad applications in reliability theory (Gui, 2017; Seo & Kang, 2015).

In statistics, generating more useful distributions based on transformations of baseline distributions is common (Cordeiro & de Castro, 2011; Gupta et al., 1998; Rahman et al., 2020). In this context, Shaw and Buckley (2007) proposed an interesting method for solving problems related to financial mathematics and named this family the quadratic transmuted family of distributions. Representing the probability density function (PDF) and cumulative distribution function (CDF) of the quadratic transmuted distribution family for a baseline distribution with $f(x)$ and $F(x)$, respectively, we have

$$F_{QT}(x) = (1 + \alpha)F(x) - \alpha F(x)^2 \quad (1)$$

and

$$f_{QT}(x) = (1 + \alpha)f(x) - 2\alpha f(x)F(x), \quad (2)$$

where $\alpha \in [-1, 1]$. Recently, several new distributions have been proposed based on transmuted distributions. Aryal and Tsokos (2009) suggested the transmuted extreme value distribution and studied its applications. Aryal and Tsokos (2011) proposed the transmuted Weibull distribution by applying the quadratic transmuted transformation to the Weibull distribution. Naz et al. (2013) introduced a modified power-generated family of distributions based on transmuted distributions and applied it to reliability analysis. Rahman et al. (2023) proposed a new modified cubic transmuted-G family of distributions. Ahsan-ul-Haq et al. (2023) suggested a new cubic transmuted power-function distribution and examined its properties. Adetunji (2023) introduced the transmuted Ailamujia distribution. Kuş et al. (2023) proposed the compound transmuted family of distributions, which uses the Weibull distribution as a sub-model to model the lifetime of a system composed of random components in series and parallel. Tushar et al. (2024) suggested a new cubic Transmuted Inverse Weibull distribution. Tushar et al. (2024) introduced the second-order transmuted Kumaraswamy distribution. Adetunji and Sabri (2024) proposed a two-parameter Poisson-transmuted exponential distribution for count observations. Additionally, other distributions recently proposed as members of the transmuted family include the transmuted logistic (Samuel, 2019), transmuted Burr Type X (Khan et al., 2020), transmuted modified Weibull (Khan et al., 2018), transmuted Birnbaum-Saunders (Bourguignon et al., 2017), and transmuted Ishita (Gharaibeh & Al-Omari, 2019) distributions.

In this study, we aim to introduce the transmuted UEHL (T-UEHL) distribution, which performs well in modeling failure time data by applying the transmuted family transformation given in Equation (1) to the UEHL distribution. The remaining sections of the study are organized as follows: In Section 2, we

introduce the T-UEHL distribution and examine its basic properties. In Section 3, we obtain analytical characteristics of the T-UEHL distribution, including moments, moment-generating function, quantile function, stress-strength reliability, and maximum likelihood estimation. In Section 4, we perform a simulation study to investigate the performance of the proposed maximum likelihood estimators in parameter estimation. In Section 5, we demonstrate the modeling performance of the proposed estimator on real-life failure time data. Finally, in Section 6, we present the study's conclusions.

T-UEHL Distribution

Recently, the UEHL distribution was proposed by Özbilen and Genç (2022) based on the omega distribution. The UEHL distribution corresponds to a simple transformation of the exponentiated half-logistic distribution and has several applications in reliability theory (Kang & Seo, 2011; Rastogi & Tripathi, 2014).

The PDF and CDF of the UEHL distribution are defined as follows, respectively:

$$f_{UEHL}(x) = 2\lambda\theta x^{\theta-1} \frac{(1-x^\theta)^{\lambda-1}}{(1+x^\theta)^{\lambda+1}}, 0 < x < 1 \quad (3)$$

and

$$F_{UEHL}(x) = 1 - \left(\frac{1-x^\theta}{1+x^\theta} \right)^\lambda, 0 < x < 1 \quad (4)$$

where $\theta > 0$ and $\lambda > 0$ are the scale and shape parameters of the distribution, respectively.

If the transformation given in Equations (1) and (2) is applied to the distribution, the PDF and CDF of the transmuted version of the distribution are obtained as follows:

$$f_{T-UEHL}(x) = 2\lambda\theta x^{\theta-1} \frac{(1-x^\theta)^{\lambda-1}}{(1+x^\theta)^{\lambda+1}} \left[1 - \alpha + 2\alpha \left(\frac{1-x^\theta}{1+x^\theta} \right)^\lambda \right], 0 < x < 1 \quad (5)$$

and

$$F_{T-UEHL}(x) = \left[1 - \left(\frac{1-x^\theta}{1+x^\theta} \right)^\lambda \right] \left[1 + \alpha \left(\frac{1-x^\theta}{1+x^\theta} \right)^\lambda \right]. \quad (6)$$

A random variable with the CDF given in Equation (6) is called the three-parameter transmuted distribution and is denoted by $T-UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$.

Figure 1 displays the PDF plots of the $T-UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution for selected values of the distribution parameter. From Figure 1, the $T-UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution shows right-skewed, decreasing, increasing U-type shapes. Therefore, the $T-UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution can model quite different phenomena depending on the values of the parameters.

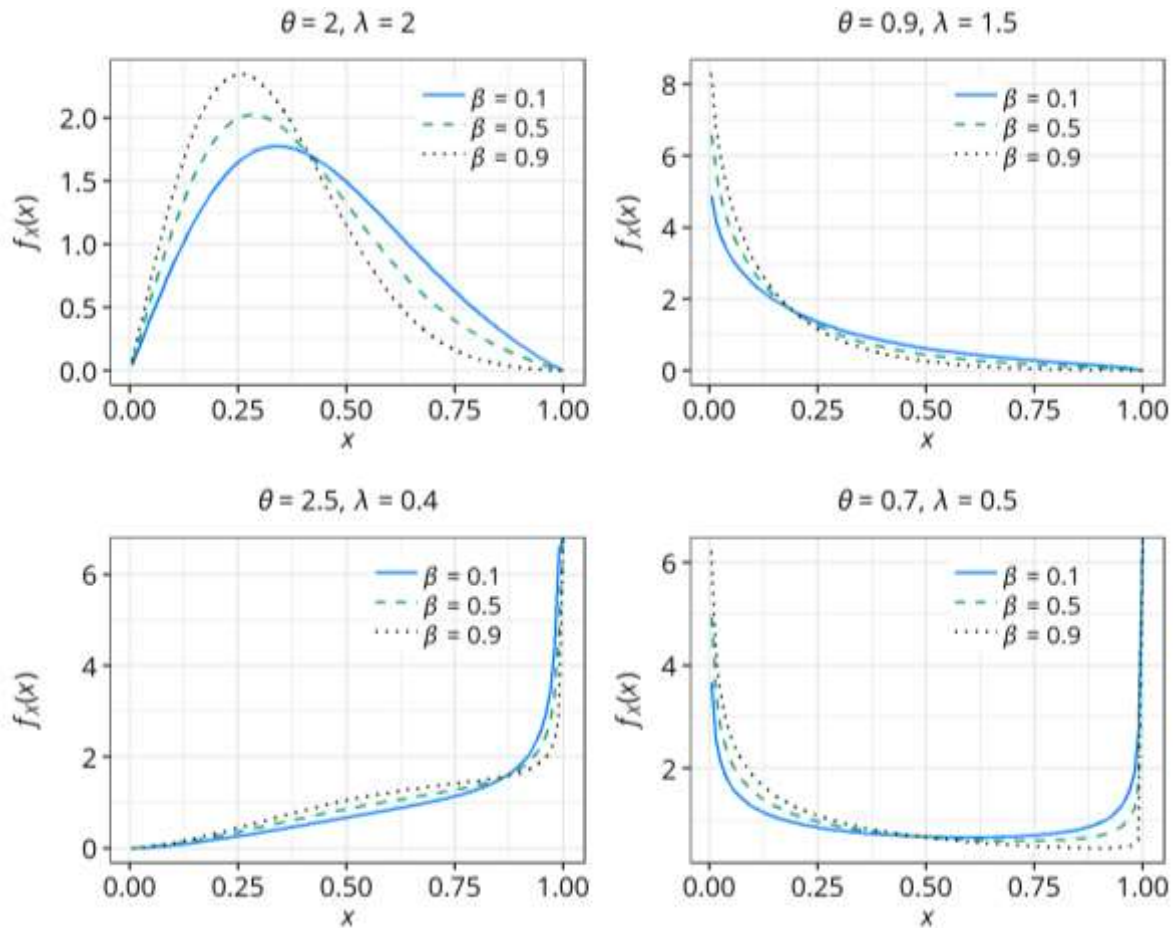


Figure 1. PDF's the $T - UEHL(\theta, \lambda)$ Distribution for Several Values of the θ, λ and β .

Also, the survival function and the hazard rate functions of the $T-UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution are provided, respectively, by

$$S_{T-UEHL}(x) = \left(\frac{1 - x^\theta}{1 + x^\theta}\right)^\lambda \left[1 - \alpha + \alpha \left(\frac{1 - x^\theta}{1 + x^\theta}\right)^\lambda\right]$$

and

$$h_{T-UEHL}(x) = \frac{2\lambda\theta x^{\theta-1}}{(1 - x^{2\theta}) \left(1 - \alpha + \alpha \left(\frac{1 - x^\theta}{1 + x^\theta}\right)^\lambda\right)}$$

Characteristic Properties of the T-UEHL(θ, λ) Distribution

This section presents the moments, moment-generating function, quantile function, stress-strength reliability, and maximum likelihood estimators that characterize the properties of the $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution relative to other statistical distributions.

Moments

In statistics, moments are useful in understanding the characteristic properties of statistical distributions. The moments of the $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution can be expressed in terms of simple functions. This is shown in Proposition 1.

Proposition 1: Let the random variable X have the $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution with the PDF given in Equation (5). Then for $r \in \{1, 2, 3, \dots\}$, r -th moment of the random variable X is given by:

$$E(X^r) = \lambda \sum_{j=0}^{\infty} \left[(-1)^j \binom{r/\theta + j - 1}{j} \{ (1 - \alpha) B(\lambda + j, 1 + r/\theta) + 2\alpha B(2\lambda + j, 1 + r/\theta) \} \right].$$

Proof: Let $X \sim T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$, then for $r \in \{1, 2, 3, \dots\}$ the r -th raw moment of X is

$$E(X^r) = 2\lambda\theta \int_0^1 x^{r+\theta-1} \frac{(1-x^\theta)^{\lambda-1}}{(1+x^\theta)^{\lambda+1}} \left[1 - \alpha + 2\alpha \left(\frac{1-x^\theta}{1+x^\theta} \right)^\lambda \right] dx. \quad (7)$$

Applying the transformation $u = (1-x^\theta)^\lambda / (1+x^\theta)^\lambda$ to Equation (7), the expected value in Equation (7) is found to be

$$\begin{aligned} E(X^r) &= \int_0^1 (1-u^{1/\lambda})^{r/\theta} (1+u^{1/\lambda})^{-r/\theta} (1-\alpha+2\alpha u) du \\ &= (1-\alpha) \int_0^1 (1-u^{1/\lambda})^{r/\theta} (1+u^{1/\lambda})^{-r/\theta} du \\ &\quad + 2\alpha \int_0^1 u (1-u^{1/\lambda})^{r/\theta} (1+u^{1/\lambda})^{-r/\theta} du. \end{aligned} \quad (8)$$

Applying the binomial series expansion $(1+u^{1/\lambda})^{-r/\theta} = \sum_{j=0}^{\infty} (-1)^j \binom{r/\theta+j-1}{j} u^{j/\lambda}$ to Equation (8), we obtain

$$\begin{aligned} E(X^r) &= \lambda(1-\alpha) \sum_{j=0}^{\infty} (-1)^j \binom{r/\theta+j-1}{j} B(\lambda(1+j/\lambda), 1+r/\theta) \\ &\quad + 2\lambda\alpha \sum_{j=0}^{\infty} (-1)^j \binom{r/\theta+j-1}{j} B(\lambda(2+j/\lambda), 1+r/\theta), \end{aligned} \quad (9)$$

where $B(a, b) = \int_0^1 v^{a-1} (1-v)^{b-1} dv$ is the beta function. Thus, by making the necessary simplifications in Equation (9), the r -th moment of the random variable X is found to be

$$E(X^r) = \lambda \sum_{j=0}^{\infty} \left[(-1)^j \binom{r/\theta + j - 1}{j} \{ (1 - \alpha) B(\lambda + j, 1 + r/\theta) + 2\alpha B(2\lambda + j, 1 + r/\theta) \} \right].$$

Moment Generating Function

The moment generating function serves as the foundation for a different approach to analytical results compared to working directly with probability density functions. The moments of a random variable X with the $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution were obtained in Equation (9). Utilizing the series expansion of the moment generating function and Equation (9), the moment generating function of the $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution is expressed as the following formula:

$$\begin{aligned}
 M_X(t) &= E(e^{tx}) = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{t^i}{i!} E(X^i) \\
 &= \lambda \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{t^i}{i!} \left[(-1)^j \binom{i/\theta + j - 1}{j} \{ (1 - \alpha) B(\lambda + j, 1 + i/\theta) + 2\alpha B(2\lambda + j, 1 + i/\theta) \} \right].
 \end{aligned}$$

Quantile Function

The quantile function of the $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution is given by

$$Q_{T-UEHL}(u; \theta, \lambda) = F_{T-UEHL}^{-1}(v(u); \theta, \lambda, \alpha) = \left(\frac{1 - (1 - v)^{1/\lambda}}{1 + (1 - v)^{1/\lambda}} \right)^{1/\theta}, \tag{10}$$

where the function $v(\cdot)$ is defined as $v(u) = (1 + \alpha - \sqrt{\alpha^2 + 2(\alpha - 2u) + 1})/2\alpha$. Thus, based on Equation (10), the steps of the random number generation algorithm for the $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution can be given as follows:

Generate $u \sim U(0,1)$.

Compute $v = (1 + \alpha - \sqrt{\alpha^2 + 2(\alpha - 2u) + 1})/2\alpha$.

Compute $x = \left(\frac{1 - (1 - v)^{1/\lambda}}{1 + (1 - v)^{1/\lambda}} \right)^{1/\theta}$.

The random variable U in Step A1 follows the standard uniform distribution. In the case A3, it becomes $X \sim T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$.

Furthermore, utilizing Equation (10), the median of the random variable X with the $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution depending on the θ, λ ve α parameters can be expressed as

$$Q_{T-UEHL}(v(0.5); \theta, \lambda, \alpha) = \left(\frac{1 - \left(1 - \left(1 + \alpha - \sqrt{\alpha^2 + 2(\alpha - 2u) + 1} \right) / 2\alpha \right)^{1/\lambda}}{1 + \left(1 - \left(1 + \alpha - \sqrt{\alpha^2 + 2(\alpha - 2u) + 1} \right) / 2\alpha \right)^{1/\lambda}} \right)^{1/\theta}.$$

Stress-Strength Reliability

Given stress and strength random variables Y and X , we aim to calculate the $R = P(Y < X)$ stress-strength reliability for the $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution.

Proposition 2. Let $Y \sim T - UEHL(\theta, \lambda_1, \alpha_1)$ and $X \sim T - UEHL(\theta, \lambda_2, \alpha_2)$ be independent stress and strength random variables following $T - UEHL$ distribution with given parameters. Then, the stress-strength reliability is as follows:

$$R = 1 + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2} (\alpha_1(1 - \alpha_2) + \alpha_2(1 - \alpha_1) - 1) - \frac{2\lambda_2\alpha_2}{\lambda_1 + 2\lambda_2} (1 - \alpha_1) - \frac{\lambda_2\alpha_1}{2\lambda_1 + \lambda_2} (1 - \alpha_2). \tag{11}$$

Proof: By definition, the stress-strength reliability can be written as:

$$R = 2\lambda_2\theta \int_0^1 \left[1 - \left(\frac{1 - x^\theta}{1 + x^\theta} \right)^{\lambda_1} \right] \left[1 + \alpha_1 \left(\frac{1 - x^\theta}{1 + x^\theta} \right)^{\lambda_1} \right] x^{\theta-1} \frac{(1 - x^\theta)^{\lambda_2-1}}{(1 + x^\theta)^{\lambda_2+1}} \left[1 - \alpha_2 + 2\alpha_2 \left(\frac{1 - x^\theta}{1 + x^\theta} \right)^{\lambda_2} \right] dx. \tag{12}$$

Substituting the transformation $u = \left(\frac{1 - x^\theta}{1 + x^\theta} \right)^{\lambda_2}$ into Equation (12), we obtain

$$R = \int_0^1 (1 - u^{\lambda_1/\lambda_2})(1 + \alpha_1 u^{\lambda_1/\lambda_2})(1 - \alpha_2 + 2\alpha_2 u) du. \quad (13)$$

Performing algebraic manipulations and integration in Equation (13) completes the proof.

Maximum Likelihood Estimation

Let X_1, X_2, \dots, X_n be an identically independent distributed sample from $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$, then, the likelihood and log-likelihood functions are written, respectively, as

$$L(\theta, \lambda, \alpha) = \prod_{i=1}^n \left(2\lambda\theta x_i^{\theta-1} \frac{(1-x_i^\theta)^{\lambda-1}}{(1+x_i^\theta)^{\lambda+1}} \left(1 - \alpha + 2\alpha \left(\frac{1-x_i^\theta}{1+x_i^\theta} \right)^\lambda \right) \right) \quad (14)$$

and

$$\begin{aligned} \ell(\theta, \lambda, \alpha) &= n \log 2 + n \log \lambda + n \log \theta + (\theta - 1) \sum_{i=1}^n \log(x_i) \\ &+ (\lambda - 1) \sum_{i=1}^n \log(1 - x_i^\theta) - (\lambda + 1) \sum_{i=1}^n \log(1 + x_i^\theta) + \sum_{i=1}^n \log \left(1 - \alpha + 2\alpha \left(\frac{1 - x_i^\theta}{1 + x_i^\theta} \right)^\lambda \right). \end{aligned} \quad (15)$$

By taking the derivatives of the log-likelihood function with respect to the distribution parameters, the log-likelihood equations are obtained as

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ell(\theta, \lambda, \alpha)}{\partial \theta} &= \frac{n}{\theta} + \sum_{i=1}^n \log x_i - (\lambda - 1) \sum_{i=1}^n \frac{x_i^\theta \log x_i}{1 - x_i^\theta} - (\lambda + 1) \sum_{i=1}^n \frac{x_i^\theta \log x_i}{1 + x_i^\theta} \\ &- 4\lambda\alpha \sum_{i=1}^n \frac{x_i^\theta \log x_i \left(\frac{1 - x_i^\theta}{1 + x_i^\theta} \right)^\lambda}{(1 - x_i^{2\theta}) \left(1 - \alpha + 2\alpha \left(\frac{1 - x_i^\theta}{1 + x_i^\theta} \right)^\lambda \right)} = 0, \end{aligned} \quad (16)$$

$$\frac{\partial \ell(\theta, \lambda, \alpha)}{\partial \lambda} = \frac{n}{\lambda} + \sum_{i=1}^n \log \left(\frac{1 - x_i^\theta}{1 + x_i^\theta} \right) + 2\alpha \sum_{i=1}^n \frac{\left(\frac{1 - x_i^\theta}{1 + x_i^\theta} \right)^\lambda \log \left(\frac{1 - x_i^\theta}{1 + x_i^\theta} \right)}{1 - \alpha + 2\alpha \left(\frac{1 - x_i^\theta}{1 + x_i^\theta} \right)^\lambda} = 0 \quad (17)$$

and

$$\frac{\partial \ell(\theta, \lambda, \alpha)}{\partial \alpha} = \sum_{i=1}^n \frac{2 \left(\frac{1 - x_i^\theta}{1 + x_i^\theta} \right)^\lambda - 1}{1 - \alpha + 2\alpha \left(\frac{1 - x_i^\theta}{1 + x_i^\theta} \right)^\lambda} = 0. \quad (18)$$

Since Equations (16), (17), and (18) do not have a closed-form solution, a solution must be obtained based on an iterative method. In this study, the optim function in the stats package in the R program was used to solve the system of equations.

Simulation Study

Simulation studies are commonly conducted to evaluate the performance of the properties of MLE. Therefore, in this section, the MLEs of the parameters of the $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution, which were discussed in Section 3, are examined using a simulation study. In this context, random samples of size $N = 20, 50, 100, 300, 500$ were generated from the $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution for fixed α values and true θ and λ values. The simulations were repeated 2000 times to ensure the reliability of the estimation. Additionally, the parameter α was considered a hyperparameter in the simulation studies, and the MLEs of the parameters θ and λ were obtained accordingly.

Table 1. Bias And Mses of MLE Estimators for Selected Parameter Values

θ	λ	α	n	Bias		MSE	
				θ	λ	θ	λ
0.5	0.9	0.5	20	0.00972	0.43485	0.01450	0.48166
			50	-0.01714	0.30067	0.00528	0.15694
			100	-0.02643	0.25980	0.00302	0.09551
			300	-0.03256	0.23894	0.00178	0.06542
			500	-0.03294	0.23809	0.00152	0.06184
1.5	0.7	0.7	20	0.04505	0.50477	0.14332	0.48358
			50	-0.03952	0.38661	0.05062	0.20376
			100	-0.06895	0.35003	0.02755	0.14558
			300	-0.08842	0.33129	0.01482	0.11663
			500	-0.08968	0.33047	0.01228	0.11348
3	2	0.3	20	0.07919	0.74248	0.42467	2.50725
			50	-0.06772	0.36977	0.14719	0.48225
			100	-0.11683	0.26725	0.08060	0.20845
			300	-0.14900	0.21356	0.04291	0.08492
			500	-0.15116	0.21035	0.03535	0.06840
0.5	2.5	0.5	20	0.00600	1.45497	0.01070	7.93182
			50	-0.01834	0.79329	0.00392	1.49445
			100	-0.02633	0.62237	0.00237	0.71464
			300	-0.03154	0.53211	0.00151	0.37473
			500	-0.03192	0.52573	0.00133	0.33229

Table 1 shows the MLEs of the parameters of the $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution. The table indicates that a negative bias emerges for the parameter θ as the sample size increases. It is also observed that the bias of θ decreases as the sample size increases, as expected. This interpretation also holds for the MSE results of the parameters.

Real Data Analysis: Failure Times

In this section, we examine the performance of the $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution on real data obtained from a lifetime test of light-emitting diodes (LEDs). Specifically, we focus on the failure times of these LEDs. The dataset we consider has also been analyzed by many authors (Birbiçer and Genç, 2023; Cheng and Wang, 2012; Dey, Wang and Nassar, 2022). The dataset, which has been divided by 10, is as follows: {0.018, 0.019, 0.019, 0.034, 0.036, 0.040, 0.044, 0.044, 0.045, 0.046, 0.047, 0.053,

0.057, 0.057, 0.063, 0.065, 0.070, 0.071, 0.071, 0.075, 0.076, 0.076, 0.079, 0.080, 0.085, 0.098, 0.101, 0.107, 0.112, 0.114, 0.115, 0.117, 0.120, 0.123, 0.124, 0.125, 0.126, 0.132, 0.133, 0.133, 0.139, 0.142, 0.150, 0.155, 0.158, 0.159, 0.162, 0.168, 0.170, 0.179, 0.200, 0.201, 0.204, 0.254, 0.361, 0.376, 0.465, 0.897}. The dataset exhibits highly positive skewness and high kurtosis. We compare the performance of the $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution with that of the Beta, Kumaraswamy (Kumaraswamy, 1980), UEHL (Özbilen and Genç, 2022), DUS-Kumaraswamy (Karakaya et al., 2021), and DUS-UEHL (Genç and Özbilen, 2023) distributions on this dataset. The distribution parameters are estimated using the maximum likelihood method. We assess the goodness of fit of the models using the Anderson-Darling test (AD stat) and the corresponding p-value (AD p-value). To compare the models' performance, we compute the Akaike information criterion (AIC) and Bayesian information criterion (BIC) as

$$AIC = 2k - 2\ell(\cdot) \quad \text{and} \quad BIC = k \log n - 2\ell(\cdot).$$

Here, k represents the number of parameters, n denotes the number of observations, and $\ell(\cdot)$ represents the likelihood function. The analysis results are presented in Table 4.

Table 2. Fitted Models and Comparison Criteria for LED Failure Times

	θ	λ	α	AIC	BIC	AD (stat)	AD (p-value)
Beta	1.2351	7.1830	-	-107.1718	-103.0509	2.5721	0.0456
Kumaraswamy	1.0485	6.3951	-	-105.8472	-101.7263	2.7912	0.0352
UEHL	1.1806	4.6215	-	-113.1899	-109.0691	2.1490	0.0764
DUS-Kumaraswamy	0.8966	6.4437	-	-104.4895	-100.3686	2.6978	0.0393
DUS-UEHL	1.0346	4.7631	-	-112.0986	-107.9777	2.0765	0.0836
T-UEHL	1.3153	3.5409	0.8561	-118.5605	-112.3792	1.4384	0.1919

According to the Anderson-Darling test in Table 2, it can be concluded that the selected distributions are suitable for modeling the dataset. Considering the AIC and BIC values, the best fit among the compared models is achieved with the $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution. Therefore, in modeling LED failure times, the $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution stands out in terms of performance compared to other distributions.

Conclusion

In this study, a three-parameter $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution is proposed for modeling failure time data based on a transmuted family type transformation on the CDF of the unit exponential half-logistic distribution. The proposed distribution's moments, moment-generating function, quantile function, and stress-strength reliability have been obtained analytically. A simulation study demonstrating the performance of maximum likelihood estimates for the $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution has been conducted. Real data analysis on time-to-failure data reveals that the $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ model outperforms other well-known models in terms of the criteria AIC and BIC. Specifically, the $T - UEHL(\theta, \lambda, \alpha)$ distribution is compared with the beta, Kumaraswamy, UEHL, DUS-Kumaraswamy and DUS-UEHL distributions with bounded supports in the literature and it is shown that the proposed distribution has better performance on the real dataset.

The findings of this article can be extended by applying the transmuted family type transformation to the omega distribution. In this context, investigating the impact of other support parameters contained within the transmuted family type transformation and the omega distribution could be a new research topic.

Author Contribution

Murat Genç; methodology, software, formal analysis, investigation, visualization, writing - original draft. *Ömer Özbilen*; conceptualization, methodology, validation, writing - review & editing. The authors wrote, read and approved the paper together.

Ethics

There are no ethical issues related to the publication of this article.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

ORCID

Murat Genç  <https://orcid.org/0000-0002-6335-3044>

Ömer Özbilen  <https://orcid.org/0000-0001-6110-1911>



References

- Adetunji, A. (2023). Transmuted Ailamujia distribution with applications to lifetime observations. *Asian Journal of Probability and Statistics*, 21(1), 1-11. <https://doi.org/10.9734/AJPAS/2023/v21i1452>
- Adetunji, A. A., & Sabri, S. R. (2024). A new two-parameter Poisson-transmuted exponential distribution: Properties and applications in count observations. *AIP Conference Proceedings*, 3016(1). <https://doi.org/10.1063/5.0192459>
- Ahsan-ul-Haq, M., Aldahlan, M. A., Zafar, J., Gómez, H. W., Afify, A. Z., & Mahran, H. A. (2023). A new cubic transmuted power-function distribution: Properties, inference, and applications. *Plos one*, 18(2), e0281419. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281419>
- Aryal, G. R., & Tsokos, C. P. (2009). On the transmuted extreme value distribution with application. *Nonlinear Analysis: Theory, Methods & Applications*, 71(12), e1401-e1407. <https://doi.org/10.1016/j.na.2009.01.168>
- Aryal, G. R., & Tsokos, C. P. (2011). Transmuted Weibull distribution: A generalization of the Weibull probability distribution. *European Journal of pure and applied mathematics*, 4(2), 89-102. <https://www.ejpam.com/index.php/ejpam/article/view/1170>
- Birbiçer, İ., Genç, A. İ. (2023). On parameter estimation of the standard omega distribution. *Journal of Applied Statistics*, 50(15), 3108-3124. <https://doi.org/10.1080/02664763.2022.2101045>
- Bourguignon, M., Leão, J., Leiva, V., Santos-Neto, M. (2017). The transmuted birnbaum-saunders distribution. *Revstat Statistical Journal*, 15(4), 601-628. <https://doi.org/10.57805/revstat.v15i4.229>
- Cheng, Y.-F., Wang, F.-K. (2012). Estimating the Burr XII parameters in constant-stress partially accelerated life tests under multiple censored data. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 41(9), 1711-1727. <https://doi.org/10.1080/03610918.2011.617478>
- Cordeiro, G. M., de Castro, M. (2011). A new family of generalized distributions. *Journal of statistical computation and simulation*, 81(7), 883-898. <https://doi.org/10.1080/00949650903530745>
- Dey, S., Wang, L., Nassar, M. (2022). Inference on Nadarajah-Haghighi distribution with constant stress partially accelerated life tests under progressive type-II censoring. *Journal of Applied Statistics*, 49(11), 2891-2912. <https://doi.org/10.1080/02664763.2021.1928014>
- Dombi, J., Jónás, T. (2020). On an alternative to four notable distribution functions with applications in engineering and the business sciences. *Acta Polytechnica Hungarica*, 17(1), 231-252. <http://dx.doi.org/10.12700/APH.17.1.2020.1.13>
- Dombi, J., Jonas, T., Toth, Z. E., Arva, G. (2019). The omega probability distribution and its applications in reliability theory. *Quality and Reliability Engineering International*, 35(2), 600-626. <https://doi.org/10.1002/qre.2425>

- Genç, M., Özbilen, Ö. (2023). An extension of the UEHL distribution based on the DUS transformation. *Journal of New Theory*, 44, 20-30. <https://doi.org/10.53570/jnt.1317652>
- Gharaibeh, M. M., Al-Omari, A. I. (2019). Transmuted Ishita distribution and its applications. *Journal of Statistics Applications Probability*, 8(2), 67-81. <https://doi.org/10.18576/jsap/080201>
- Gui, W. (2017). Exponentiated half logistic distribution: Different estimation methods and joint confidence regions. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 46(6), 4600-4617. <https://doi.org/10.1080/03610918.2015.1122053>
- Gupta, R. C., Gupta, P. L., Gupta, R. D. (1998). Modeling failure time data by Lehman alternatives. *Communications in Statistics-Theory and methods*, 27(4), 887-904. <https://doi.org/10.1080/03610929808832134>
- Kang, S. B., & Seo, J. I. (2011). Estimation in an exponentiated half logistic distribution under progressively Type-2 censoring. *Communications for Statistical Applications and Methods*, 18(5), 657-666. <http://dx.doi.org/10.5351/CKSS.2011.18.5.657>
- Karakaya, K., Kinacı, İ., Kuş, C., & Akdoğan, Y. (2021). On the DUS-kumaraswamy distribution. *Istatistik Journal of The Turkish Statistical Association*, 13(1), 29-38. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijtsa/issue/62665/807304>
- Khan, M. S., King, R., & Hudson, I. L. (2018). Transmuted modified Weibull distribution: Properties and application. *European Journal of Pure and Applied Mathematics*, 11(2), 362-374. <https://doi.org/10.29020/nybg.ejpam.v11i2.3208>
- Khan, M. S., King, R., & Hudson, I. L. (2020). Transmuted Burr type X distribution with covariates regression modeling to analyze reliability data. *American Journal of Mathematical and Management Sciences*, 39(2), 99-121. <https://doi.org/10.1080/01966324.2019.1605320>
- Kumaraswamy, P. (1980). A generalized probability density function for double-bounded random processes. *Journal of Hydrology*, 46(1-2), 79-88. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(80\)90036-0](https://doi.org/10.1016/0022-1694(80)90036-0)
- Kuş, C., Karakaya, K., Taniş, C., Akdoğan, Y., Sert, S. & Kalkan, F. (2023). Compound transmuted family of distributions: Properties and applications. *Ricerche di Matematica*, 1-20. <https://doi.org/10.1007/s11587-023-00808-7>
- Naz, S., Al-Essa, L. A., Bakouch, H. S., & Chesneau, C. (2013). A transmuted modified power-generated family of distributions with practice on submodels in insurance and reliability. *Symmetry*, 15(7), 1458. <https://doi.org/10.3390/sym15071458>
- Özbilen, Ö., & Genç, A. İ. (2022). A bivariate extension of the omega distribution for two-dimensional proportional data. *Mathematica Slovaca*, 72(6), 1605-1622. <https://doi.org/10.1515/ms-2022-0111>
- Rahman, M. M., Al-Zahrani, B., Shahbaz, S. H., & Shahbaz, M. Q. (2020). Transmuted probability distributions: A review. *Pakistan Journal of Statistics and Operation Research*, 16(1), 83-94. <https://doi.org/10.18187/pjsor.v16i1.3217>
- Rahman, M. M., Gemeay, A. M., Islam Khan, M. A., Meraou, M. A., Bakr, M., Muse, A. H., Balogun, O. S. (2023). A new modified cubic transmuted-G family of distributions: Properties and different methods of estimation with applications to real-life data. *AIP Advances*, 12(9). <https://doi.org/10.1063/5.0170178>
- Rastogi, M. K., & Tripathi, Y. M. (2014). Parameter and reliability estimation for an exponentiated half-logistic distribution under progressive type II censoring. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 84(8), 1711-1727. <https://doi.org/10.1080/00949655.2012.762366>

- Samuel, A. F. (2019). On the performance of transmuted logistic distribution: statistical properties and application. *Budapest International Research in Exact Sciences (BirEx) Journal*, 1(3), 26-34. <https://doi.org/10.33258/birex.v1i3.341>
- Seo, J. I., & Kang, S. B. (2015). Notes on the exponentiated half logistic distribution. *Applied Mathematical Modelling*, 39(21), 6491-6500. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2015.01.039>
- Shaw, W. T., & Buckley, I. R. (2007). *The Alchemy of Probability Distributions: Beyond Gram Charlier Cornish Fisher Expansions, and Skew-Normal or Kurtotic-Normal Distributions*. Technical report, Financial Mathematics Group, King's College, London, U.K.
- Tushar, M. T., Rashedi, K. A., Alshammari, T. S., & Rahman, M. M. (2024). Second order transmuted kumaraswamy distribution and its related results. *European Journal of Pure and Applied Mathematics*, 17(2), 616-637. <https://doi.org/10.29020/nybg.ejpam.v17i2.5069>
- Tushar, M. T., Shahbaz, S. H., Rahman, M. M., & Shahbaz, M. Q. (2024). A new cubic transmuted inverse weibull distribution: Theory and applications. *Pakistan Journal of Statistics and Operation Research*, 85-98. <https://doi.org/10.18187/pjsor.v20i1.4448>

An Investigation on Phase Behavior of ABA-type Block Copolymers Comprising of 2-Hydroxypropyl Acrylate and Poly (Ethylene Glycol)

Efkan Çatıker¹ , Abdullah Karanfil¹ 

¹Ordu University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Chemistry, Ordu

Geliş Tarihi / Received Date: 08.08.2024

Kabul Tarihi / Accepted Date: 09.10.2024

Abstract

ABA-type block copolymers consisting of 2-hydroxypropyl acrylate (HPA) and ethylene glycol (EG) segments were prepared by the RAFT polymerization method using two different lengths of macro-RAFT agents based on commercial poly(ethylene glycol)s with average molar masses of 400 and 1450 g mol^{-1} (PEG400 and PEG1450). By extending the difunctional ends of PEG400 and PEG1450 vertebrate macro-RAFT agents with HPA units, it was aimed to synthesize three ABA type block copolymers of different lengths from each agent. Structural characterization of the copolymers was performed using FTIR and ¹H-NMR spectroscopy. In addition to confirming the chemical structures, signal integrations in the ¹H-NMR spectrum provided information about the relative proportions of individual repeating units in each copolymer. Six block copolymers were examined for critical dissolution temperatures based on the relative lengths of the blocks and their PEG content. It was determined that all block copolymer systems examined exhibited lower critical solution temperature (LCST) in the range of 17.2-23.9 °C, and as the ratio of EG units in the copolymers increased, the CST of the copolymers increased.

Keywords: RAFT polymerization, ABA type-block copolymer, phase transition, lower critical solution temperature

2-Hidroksipropil Akrilat ve Poli (Etilen Glikol)'den Oluşan ABA Tipi Blok Kopolimerlerin Faz Davranışlarının İncelenmesi

Öz

2-hidroksipropil akrilat (HPA) ve etilen glikol (EG) segmentlerinden oluşan ABA tipi blok kopolimerleri, 400 ve 1450 g mol^{-1} ortalama mol kütlelerine sahip ticari poli(etilen glikol)'lerden (PEG400 ve PEG1450) elde edilen iki farklı uzunlukta makro-RAFT ajanı kullanılarak RAFT polimerizasyon yöntemiyle hazırlandı. PEG400 ve PEG1450 omurgalı makro-RAFT ajanlarının difonksiyonel uçları HPA birimleri ile uzatılarak her ajandan üçer tane farklı uzunlukta ABA tipi blok kopolimer sentezlenmesi hedeflendi. Kopolimerlerin yapısal karakterizasyonu FTIR ve ¹H-NMR spektroskopisi kullanılarak yapıldı. Kimyasal yapıların doğrulanmasına ek olarak, ¹H-NMR spektrumundaki sinyal entegrasyonları, her bir kopolimerdeki ayrı ayrı tekrar eden birimlerin göreceli oranları hakkında bilgi verdi. Blokların bağlı uzunluklarına ve PEG içeriklerine bağlı olarak altı blok kopolimer kritik çözünme sıcaklıkları açısından incelendi. İncelenen tüm blok kopolimer sistemlerinin 17.2-23.9 °C aralığında düşük kritik çözelti sıcaklığı (LCST) sergilediği ve kopolimerlerdeki EG birimlerinin oranı arttıkça kopolimerlerin CST'sinin arttığı belirlendi.

Anahtar Kelimeler: RAFT polimerizasyonu, ABA-tipi blok kopolimer, faz geçişi, düşük kritik çözünme sıcaklığı

Introduction

Stimuli-responsive polymers are a type of polymer that exhibit changes in their chemical and/or physical properties in response to changes such as pH (Kocak et al., 2017), temperature (Kim & Matsunaga, 2017), light (Lam et al., 2022; Stoychev et al., 2019), and redox reaction (Levit et al., 2020). Polymeric systems that are sensitive to any two of these factors have also often been reported (Babić et al., 2016; González et al., 2005; Huang et al., 2016; Kanazawa & Okano, 2011; Twal et al., 2024). Thermo-responsive polymers, main part of the class of stimuli-responsive polymers, undergo a reversible phase transition as a function of temperature. They are of great interest in biotechnological applications such as drug delivery systems (Yadav et al., 2019), polymer-drug conjugates (Fergie et al., 2024), and tissue engineering (Doberenz et al., 2020).

Thermoresponsive materials have a sharp transition temperature at which they become either soluble or insoluble. The temperature at which the phase transition occurs in solution is called the critical solution temperature. Polymers that become soluble with increasing temperature have an upper critical solution temperature (UCST) and those that become insoluble with increasing temperature have a lower critical solution temperature (LCST). Examples of polymers that exhibit LCST include PNIPAM, poly(N,N-diethyl acrylamide), poly(N-acryloylpyrrolidine), poly(2-isopropyl-2-oxazoline) and poly(vinyl methyl ether). Although PNIPAM is the most studied thermoresponsive polymer, it has the disadvantage of an irreversible phase transition. In addition, the presence of the tertiary amide function in PNIPAM can cause H-bonding interactions with peptide bonds in proteins. Such behaviour complicates the use of PNIPAM in some biotechnological applications.

Poly(2-hydroxypropyl acrylate) (HPHA) is one of the most common polymers exhibiting lower critical solution temperature (LCST) (Eggenhuisen et al., 2008; C. D. Vo et al., 2010) in water, *i.e.* it precipitates upon heating and dissolves if it is cooled. Many works (Eggenhuisen et al., 2008; C.-D. Vo et al., 2010) have been reported on the polymer since critical solution temperature of its 10% of solution has been first time reported as 16 °C (Taylor & Cerankowski, 1975). Since then, not only PHPA but also many copolymers of HPA (Babić et al., 2015; Chen et al., 2022; Christova et al., 2003; Eggenhuisen et al., 2008; Hoogenboom et al., 2009; Perera & Shanks, 1995; Topham et al., 2008; Zhao et al., 2012) has been investigated in the aspect of T_c. Because of the low LCST of PHPA, copolymerization with a more hydrophilic monomer is expected to lead to a library that covers a broad range of transition temperatures.

Another type of polymeric systems exhibiting LCST is the graft copolymers bearing PEG analogues as branches (Lutz, 2008; Vancoillie et al., 2014). The non-linear PEG analogues can be insoluble in water, readily soluble up to 100°C, or thermo-responsive. In fact, the balance between hydrophilic and hydrophobic moieties in the molecular structure of the polymers is the key-parameter that determines their solution properties. In a study (Vancoillie et al., 2019), a polymer system based on HPA and non-linear PEG analogues has been reported as LCST exhibiting thermo-responsive polymer. Since the phase transition temperature is directly related to the hydrophilic/hydrophobic balance in a random copolymer, controlling the polymer composition provides a very effective way of tuning the LCST. By creating systematical libraries of random copolymers, the relationship between monomer composition and LCST can be studied in detail (Fournier et al., 2007).

In this study, a series of ABA-type block copolymers comprising PEG and HPA units with different PEG/HPA ratios were synthesized and investigated as a potential thermo-responsive copolymer system.

Material and Method

Material

2-Hydroxypropyl acrylate (HPA), which was bought from Aldrich, is an isomeric mixture of approximately 80% 2-hydroxypropyl acrylate and 20% 1-methyl-2-hydroxyethyl acrylate. HPA was

passed through a column filled with neutral alumina to remove inhibitors. THF and 1,4-dioxane were redistilled from sodium benzophenone ketyl to remove inhibitor and moisture. 2,2'-azoisobutyronitrile (AIBN) was recrystallized from methanol before use. PEG1450 (Sigma-Aldrich), PEG400 (Sigma-Aldrich), potassium ethyl xanthate (Sigma-Aldrich), P-toluenesulfonyl chloride (Sigma-Aldrich), Dichloromethane (Riedel-de Haën) and diethyleter (Riedel-de Haën) were used as purchased without further purification.

Method

Synthesis of Macro-RAFT agents

Terminally di-xanthate PEG1450 and PEG400 (α -Xanthate- ω -Xanthate PEG1450 and α -Xanthate- ω -Xanthate PEG400) were synthesized as difunctional macro-RAFT agents according to the literature (Raposo et al., 2020; Zalipsky et al., 1987). The two-step reaction to obtain the macro-RAFT agent was given in Figure 1. The procedure for the RAFT agent based on PEG1450 (PEG1450-RAFT) was outlined. Triethylamine (1.6 mL, 11.0 mmol) and tosyl chloride (4.8 g, 25.0 mmol) were added to the PEG1450 (7.25 g, 5 mmol) dissolved in DCM (50 mL) under a nitrogen atmosphere and the reaction mixture refluxed for 36 h. After cooling to room temperature, the mixture was washed with 1.0 N HCl (2x40 mL), water, and brine. The organic layer was dried over anhydrous NaSO₄, concentrated under vacuum, and purified by column chromatography (DCM to 9:1 DCM/MeOH gradient) afforded the tosylate (8.63 g, 98%) as pale-yellow wax.

Potassium ethyl xanthate (2.3 g, 14 mmol) was added in one portion to the tosylate (8.4 g, 4.8 mmol) dissolved in deionized water (35 mL) and the reaction stirred for 15 hours at room temperature under nitrogen atmosphere. The mixture is diluted with water (25 mL) and extracted with dichloromethane (3x50 mL) and brine. The organic layer was dried over anhydrous NaSO₄, concentrated under vacuo. The crude product was dissolved in a few mL of DCM and poured into cold stirring ether (100 mL). The provided white precipitate was filtered off and dried in vacuum. (7.0 g, 88% yield)

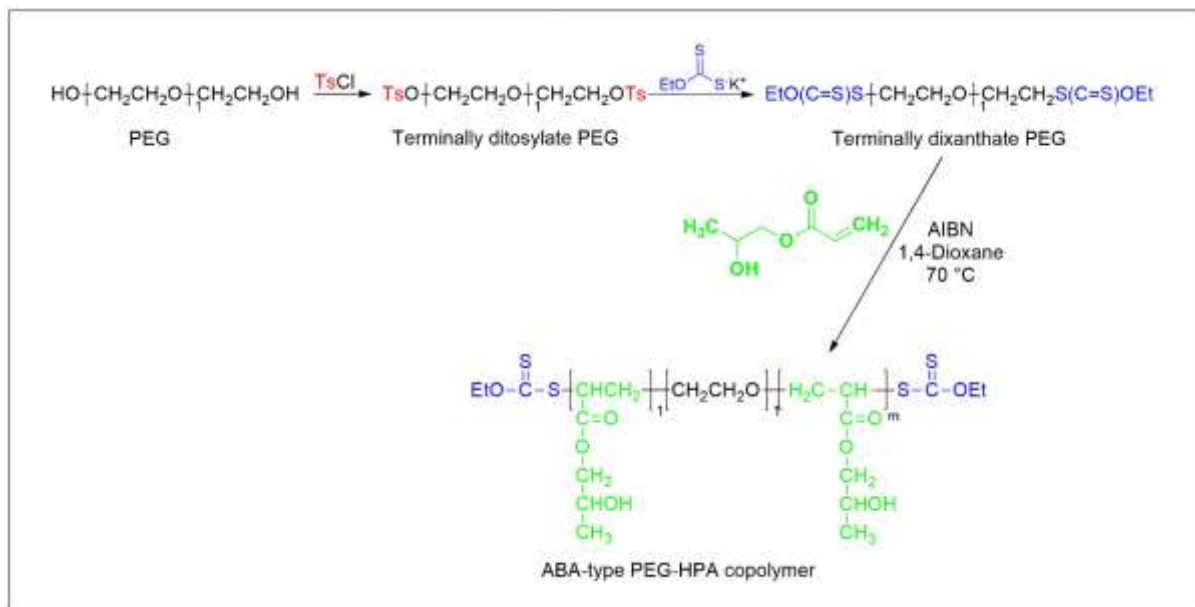


Figure 1. Reaction Pathway for the Synthesis ABA-Type PEG-HPA Block Copolymers

Polymerization

RAFT polymerization of 2-HPA was performed using the PEG-based difunctional RAFT agent as shown in Figure 1. The polymerization parameters outlined in Table 1 were applied to obtain a series of ABA-type block copolymers with different lengths as coded in Table 1. The reaction mixtures were poured

into 50 mL of cold diethyl ether to precipitate block copolymers. The yields of the polymerizations were calculated based on the weights of the diethyl ether-insoluble fractions for each copolymer.

Table 1. Polymerization Parameters

Code	Macro RAFT agent (g)	2-HPA (x10 ³ mol)	AIBN (mg)	Yield (%)	Experimental ratio ¹
PEG1450-HPA-1	0.50	3.84	2	69	PEG ₃₃ HPA ₃₆
PEG1450-HPA-2	0.50	7.68	2	78	PEG ₃₃ HPA ₈₈
PEG1450-HPA-3	0.50	15.36	2	82	PEG ₃₃ HPA ₁₂₅
PEG400-HPA-1	0.50	3.84	5	75	PEG ₉ HPA ₂₁
PEG400-HPA-2	0.50	7.68	5	81	PEG ₉ HPA ₃₂
PEG400-HPA-3	0.50	15.36	5	86	PEG ₉ HPA ₄₀

Note. ¹Obtained from integrations in the ¹H-NMR spectra, Temperature: 70 Oc, Duration: 16 H, Solvent: 4 Ml 1,4-Dioxane

Characterization

FTIR spectra of PEG400, PEG1450, PEG400-RAFT, PEG1450-RAFT, and the copolymers (PEG400-HPA-1 and PEG1450-HPA-1) were recorded at ATR mode by using Shimadzu IR Affinity in the range of 600-4000 cm⁻¹. ¹H-NMR spectra of PEG1450-RAFT and the copolymers were received from Bruker AVANCE III 400 MHz NMR Spectrometer. MALDI-MS spectrum of the PEG1450-RAFT was attained using a Bruker Rapiflex MALDI- TOF/TOF mass spectrometer. The data were acquired in positive ion mode and DHB as the matrix. The copolymers prepared in 1.0 % solutions were heated and cooled in a controlled manner and their dissolution and precipitation temperatures were recorded (Güner & Ataman, 1994; Zhang et al., 2017). The isothermal environment required for the determination of precipitation (clouding) temperatures was provided by a water bath. Dissolution-precipitation cycles of the solutions prepared in the air jacketed tube were performed.

Results and Discussion

FTIR Spectroscopy

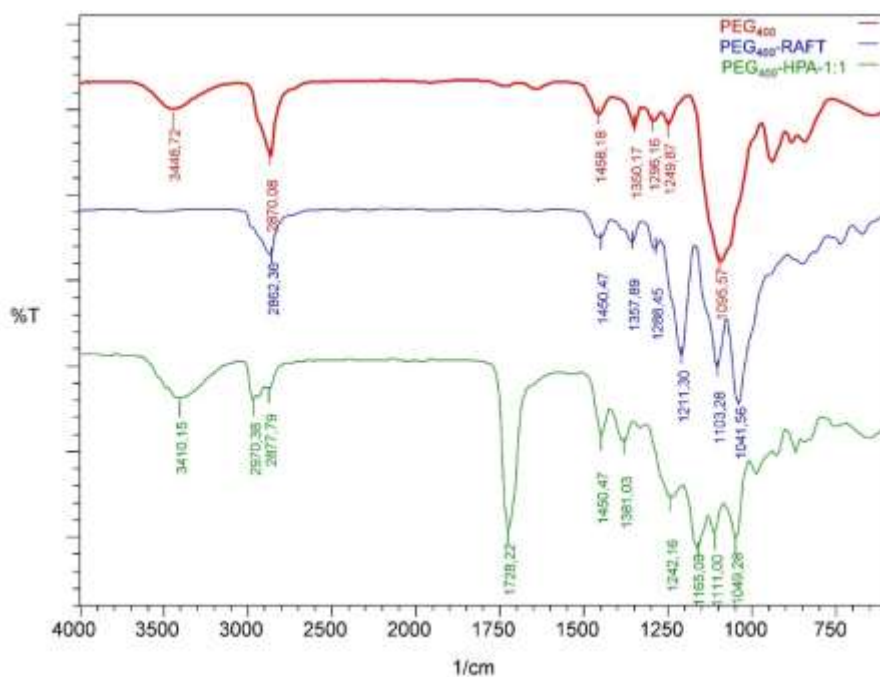


Figure 2. FTIR Spectra of PEG400, PEG400-RAFT and PEG400-HPA-1

FTIR spectra of pristine PEG400, PEG400-RAFT, and PEG400-HPA-1 were given in Figure 2 to easily compare the changes in the characteristic bands due to the chemical modifications. The full disappearance of the wide O-H stretching band at about 3449 cm^{-1} in the spectrum of PEG400 and the formation of the strong S-C-S bands at 1211 and 1041 cm^{-1} (Vorobyev et al., 2019) in the spectrum of the PEG400-RAFT are the basic indications of the RAFT-agent formation. The FTIR spectrum of PEG400-HPA-1 exhibited extra bands at about 3410 , 1728 , and 1165 cm^{-1} corresponding to the O-H, C=O, and C-O vibrations at HPA units, respectively.

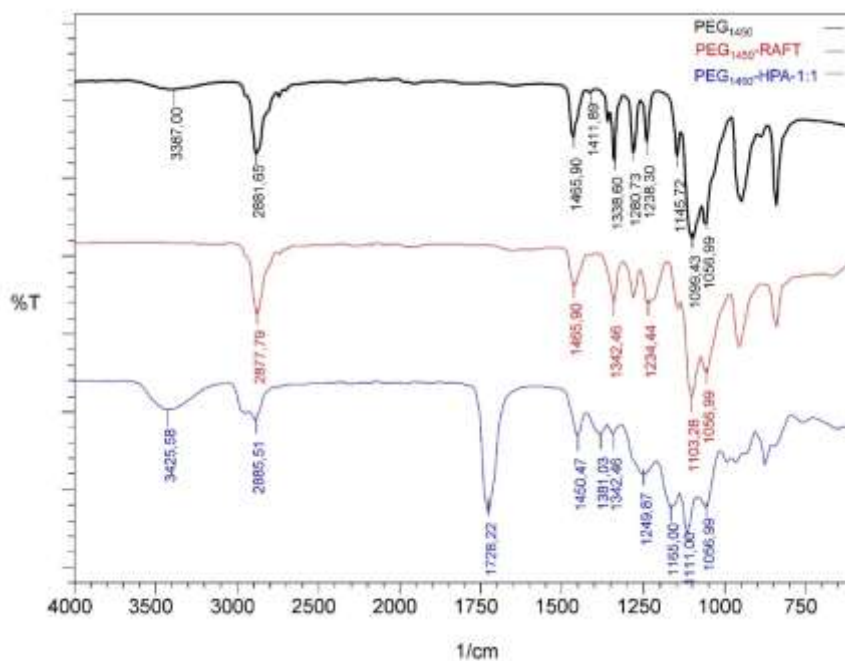


Figure 3. FTIR Spectra of PEG1450, PEG1450 RAFT and PEG1450-HPA-1

FTIR spectra of pristine PEG1450, PEG1450-RAFT and PEG1450-HPA-1 in Figure 3 were observed to be so like those for the PEG400 in Figure 2. The main differences between the corresponding spectra are due to the differences in the lengths of the PEG chains. Some examples are the longer PEG the weaker O-H (3387 cm^{-1}) and xanthate (1216 cm^{-1}) bands, the sharper bands of ethylene glycol units due to the self-crystallization of them.

MALDI Mass Spectrometry

MALDI mass spectrum of the PEG1450-RAFT sample in Figure 4 was recorded to assure that the end-group modification has been succeeded. The spectrum has well-distributed signals separated by 44 Da masses centered at about 1650 Da . The shift of the mass distribution of PEG1450 to the higher mass region at a degree of about 200 Da is a sign of successful end-group modification. Moreover, the signal with 1701.343 m/z completely corresponds to the structure of $[\text{XM}_{32}\text{CH}_2\text{CH}_2\text{XNa}]^+$. Here, X abbreviates the ethyl xanthate ($\text{C}_2\text{H}_5\text{O-CS-S-}$) group.

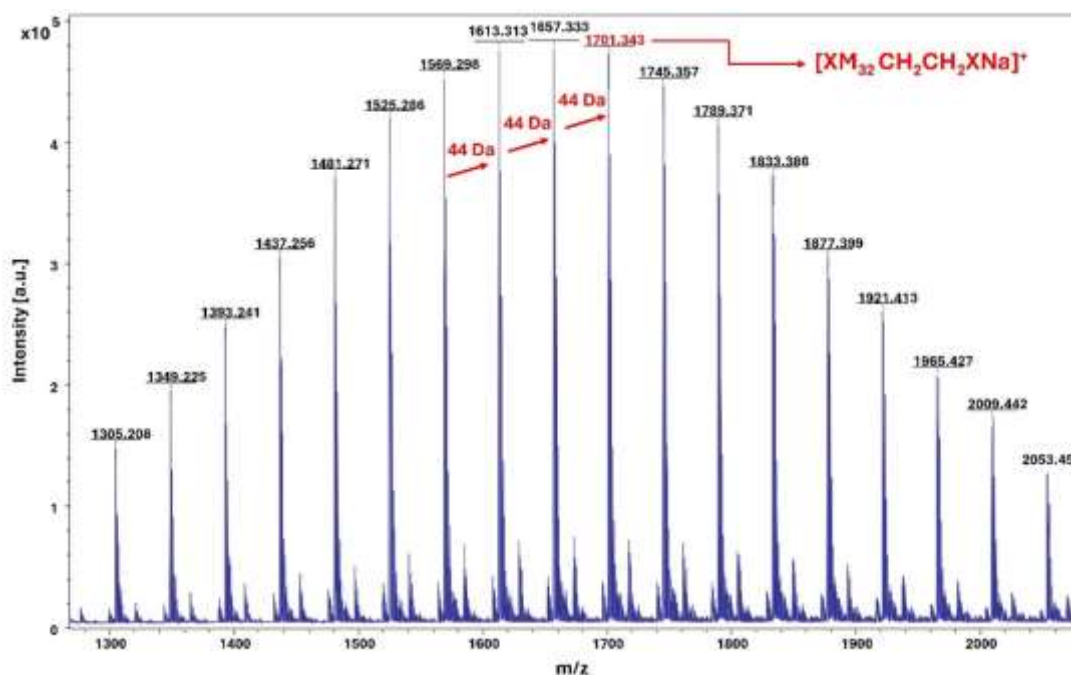


Figure 4. MALDI-MS TOF Spectrum of PEG1450-RAFT

Proton NMR Spectroscopy

^1H -NMR spectrum of the PEG1450-RAFT in Figure 5 has the split signals belonging to the protons at the end-groups and the huge signal belonging to the repeating units of ethylene glycol. As easily seen, the values of the integration and the chemical shift corresponding to each proton are consistent with the structure in Figure 5.

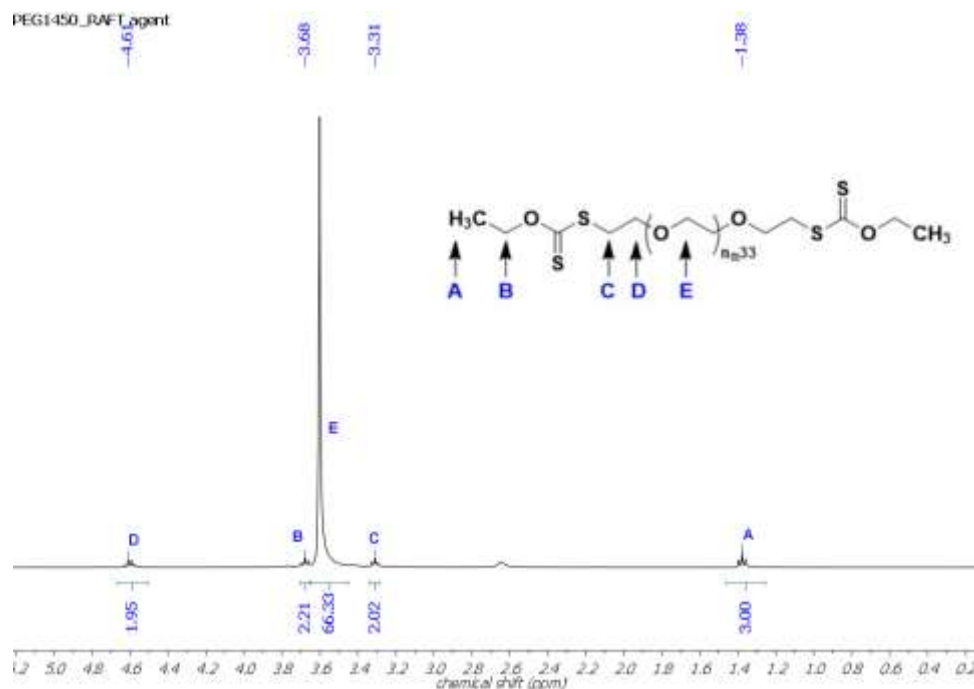


Figure 5. NMR Spectrum of The PEG1450-RAFT

^1H -NMR spectra of PEG400-HPA-1 was recorded both to confirm the structure, and to determine the HPA/EG ratio by mole in the block copolymer. As seen in Figure 6, the spectrum has signals belonging to the ethylene glycol and the HPA units. The integrations of the signals are consistent with the intra-

structure stoichiometry. The minor signals at 1.43, 3.35, 3.82 and 4.65 ppm belonging to the xanthate protons show the live character of the block copolymer. Because PEG400 has about average 9 repeating units, the intensity of the PEG signals at 3.65 and 3.70 ppm may be attributed to 36 protons to compare with the signal at 1.18 ppm belonging to the CH₃ protons of HPA. Since each repeating unit of HPA has only one CH₃ group the average number of HPA units may be estimated by dividing the intensity of CH₃ protons by three. As a result, the average number of HPA units was calculated as about 21 for the PEG400-HPA-1. Briefly, the copolymer may be defined as PEG₉-HPA₂₁ as given in Table 1.

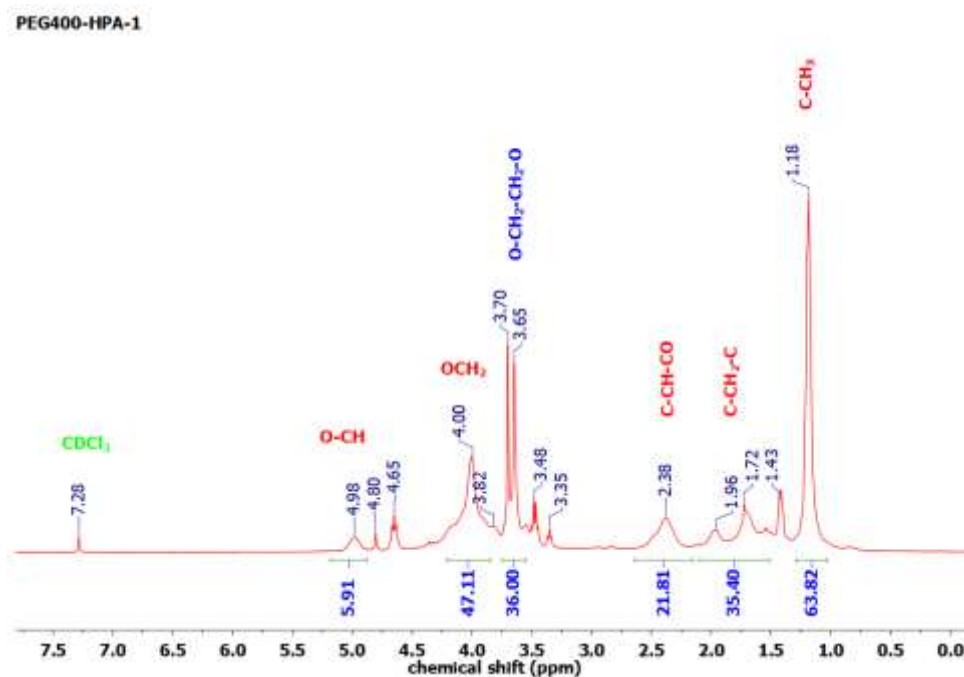


Figure 6. ¹H-NMR Spectra of PEG400-HPA-1

¹H-NMR spectra of PEG1450-HPA-1 was given in Figure 7. Evaluation of the spectrum is almost same as in the previous one. Briefly, the signals are consistent with the chemical structures of the repeating units with respect to chemical shifts and relative intensities. The spectrum has also trace signals of ethyl xanthate. Assuming that the PEG1450 has 33 repeating units, the signal at 3.59 ppm was attributed to 132 protons to compare with the signal of CH₃ protons in HPA units. The average number of repeating units of HPA in PEG1450-HPA-1 was found to be 36 using the approach above. As a result, the copolymer was defined as PEG₃₃HPA₃₆ as given in Table 1. The other copolymers were also defined in the same way and given in Table 1.

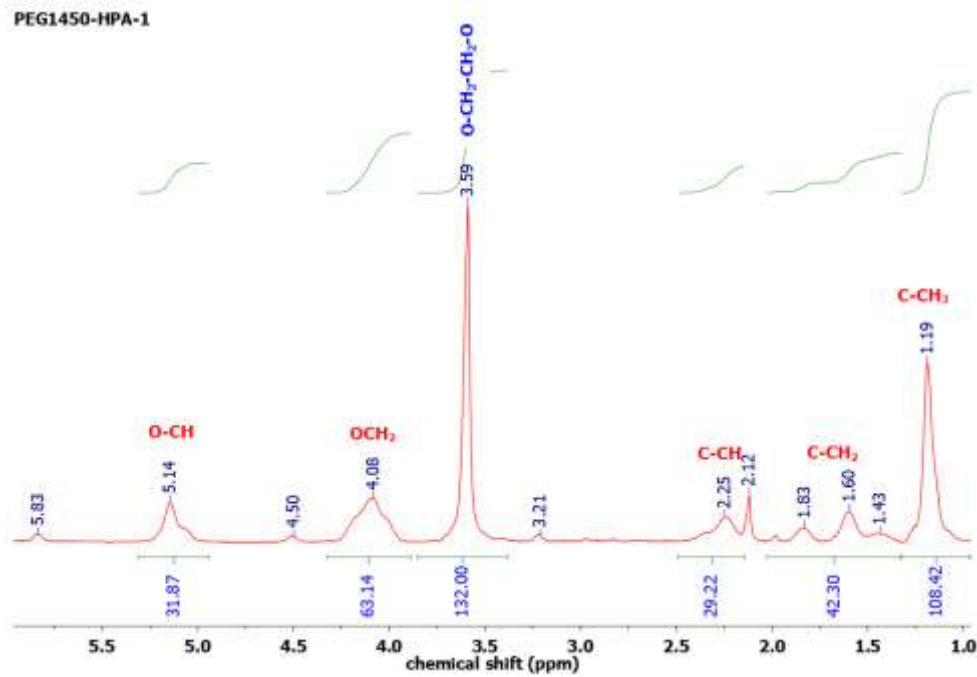


Figure 7. $^1\text{H-NMR}$ Spectra of PEG1450-HPA-1

Determination of Cloud-point Temperatures

The ABA-type PEG-HPA copolymers with different compositions were investigated in the aspect of their cloud-point temperatures. For this purpose, the 1.0 % (w/v) aqueous solutions of each copolymer were prepared, and heat-cool circle was applied to determine the cloud-point temperatures of the copolymers using the apparatus given in Figure 8.

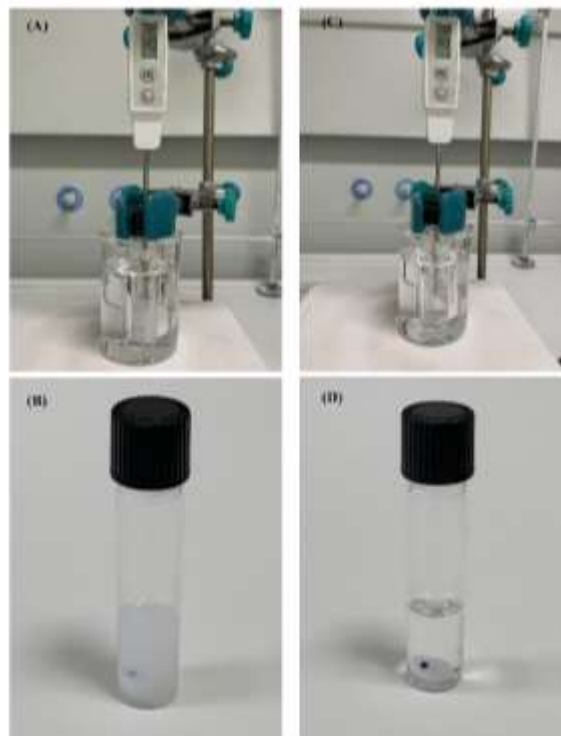


Figure 8. The Heat-Cool Circle Apparatus with Integrated Air-Jacket Tube and a Contact Thermometer (A and C). PEG1450-HPA-1 Sample above the Cloud-Point Temperature (B) and PEG1450-HPA-1 Sample below the Cloud-Point Temperature (D)

For the all copolymers, cloud-point temperature was measured values higher than that of HPA homopolymer, which was reported as 16 °C (Eggenhuisen et al., 2008). Moreover, the linear relationship between the PEG ratio and the cloud-point temperature is clearly seen for both polymer classes as shown in Figure 9. As well-known, thermo-responsive polymers in aqueous solution have strong intermolecular hydrogen-bond interactions at temperatures below the LCST. When the solutions are heated the intermolecular hydrogen bonds weaken and phase separation occurs. Since the phase transition temperature is related to the hydrogen bond capacity of this type of copolymer system, it seems that tuning the polymer composition causes the changes in the cloud-point temperature.

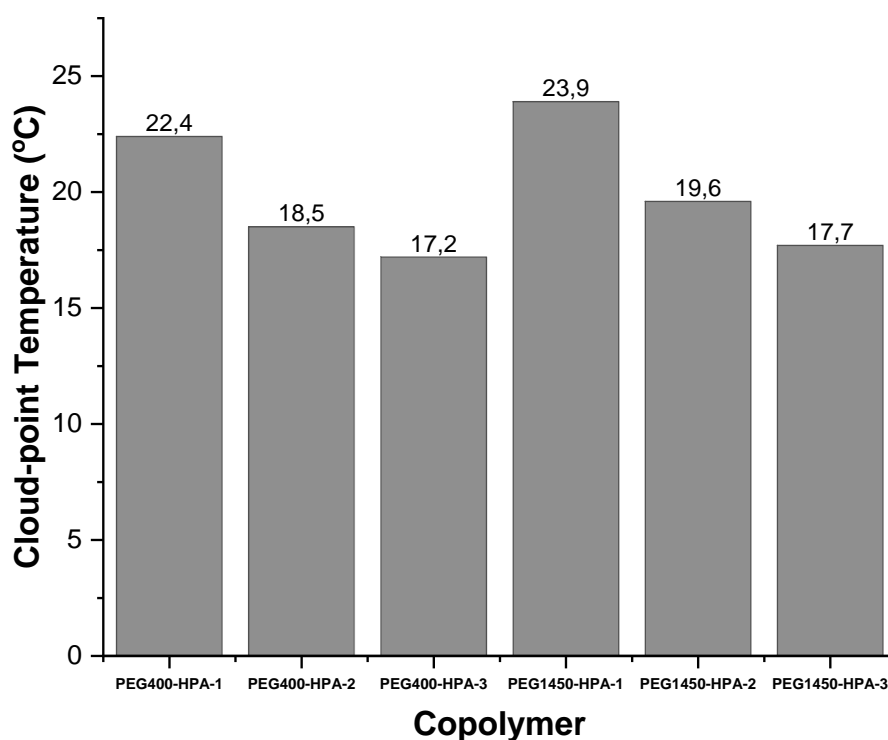


Figure 9. Cloud-Point Temperatures of the HPA-PEG Copolymers with Different Compositions.

Conclusion

PEG based difunctional macro-RAFT agents were successfully synthesized, characterized and used to prepare a series of ABA-type block copolymers of 2-hydroxypropyl acrylate. The copolymers and their compositions were determined through peak integration technique in $^1\text{H-NMR}$ analysis. Phase transition behavior of the copolymers in aqueous solution was conducted. The study shows that it is possible to tune the cloud-point temperature of the HPA based polymers by modifying the HPA chains with PEG moieties.

Author Contribution

Efkan Çatiker, conducted and directed the studies. *Abdullah Karanfil*, contributed to all the work as a researcher. Both authors participated in the laboratory work. Both authors made a direct contribution to the work and writing of the article. Both authors have read and approved the article.

Ethics Statement

There are no ethical issues with the publication of this article. Conflict of Interest The authors state that there is no conflict of interest.

Conflict of Interest

The authors state that there is no conflict of interest.

ORCID

Abdullah Karanfil  <https://orcid.org/0000-0003-2948-4216>

Efkan Çatiker  <https://orcid.org/0000-0003-2493-7570>

References

- Babić, M. M., Božić, B., Antić, K. M., Jovašević Vuković, J. S., Perišić, M. D., Filipović, J. M., & Tomić, S. L. (2015). Design of novel multifunctional Oxaprozin delivery system based on dual-sensitive poly(2-hydroxypropyl acrylate/itaconic acid) hydrogels. *Materials Letters*, *147*, 64–68. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2015.02.035>
- Babić, M. M., Božić, B. D., Božić, B. D., Filipović, J. M., Ušćumlić, G. S., & Tomić, S. L. (2016). Evaluation of novel antiproliferative controlled drug delivery system based on poly(2-hydroxypropyl acrylate/itaconic acid) hydrogels and nickel complex with Oxaprozin. *Materials Letters*, *163*, 214–217. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2015.10.078>
- Chen, F., Lu, G., Yuan, H., Li, R., Nie, J., Zhao, Y., Shu, X., & Zhu, X. (2022). Mechanism and regulation of LCST behavior in poly(hydroxypropyl acrylate)-based temperature-sensitive hydrogels. *J. Mater. Chem. A*, *10*(35), 18235–18247. <https://doi.org/10.1039/D2TA04271A>
- Christova, D., Velichkova, R., Loos, W., Goethals, E. J., & Prez, F. Du. (2003). New thermo-responsive polymer materials based on poly(2-ethyl-2-oxazoline) segments. *Polymer*, *44*(8), 2255–2261. [https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(03\)00139-3](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(03)00139-3)
- Doberenz, F., Zeng, K., Willems, C., Zhang, K., & Groth, T. (2020). Thermo-responsive polymers and their biomedical application in tissue engineering – a review. *J. Mater. Chem. B*, *8*(4), 607–628. <https://doi.org/10.1039/C9TB02052G>
- Eggenhuisen, T. M., Becer, C. R., Fijten, M. W. M., Eckardt, R., Hoogenboom, R., & Schubert, U. S. (2008). Libraries of statistical hydroxypropyl acrylate containing copolymers with LCST properties prepared by NMP. *Macromolecules*, *41*(14), 5132–5140. <https://doi.org/10.1021/ma800469g>
- Fergie, K. J., Wilson, D. R., Kracíková, L., Androvič, L., Yamagata, H., Wang, E. B., Yoon, H., Lynn, G. M., & Laga, R. (2024). Structural optimization of diblock polymers that undergo thermo-responsive nanoparticle self-assembly for intravitreal drug delivery. *European Polymer Journal*, *212*, 113054. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2024.113054>
- Fournier, D., Hoogenboom, R., Thijs, H. M. L., Paulus, R. M., & Schubert, U. S. (2007). Tunable pH- and temperature-sensitive copolymer libraries by reversible addition–fragmentation Chain transfer copolymerizations of methacrylates. *Macromolecules*, *40*(4), 915–920. <https://doi.org/10.1021/ma062199r>
- González, N., Elvira, C., & Román, J. S. (2005). Novel dual-stimuli-responsive polymers derived from ethylpyrrolidine. *Macromolecules*, *38*(22), 9298–9303. <https://doi.org/10.1021/ma050939a>
- Güner, A., & Ataman, M. (1994). Effects of inorganic salts on the properties of aqueous poly(vinylpyrrolidone) solutions. *Colloid and Polymer Science*, *272*(2), 175–180. <https://doi.org/10.1007/BF00658844>

- Hoogenboom, R., Popescu, D., Steinhauer, W., Keul, H., & Möller, M. (2009). Nitroxide-mediated copolymerization of 2-hydroxyethyl acrylate and 2-hydroxypropyl acrylate: Copolymerization kinetics and thermoresponsive properties. *Macromolecular Rapid Communications*, 30(23), 2042–2048. <https://doi.org/10.1002/marc.200900507>
- Huang, M., Zhao, K., Wang, L., Lin, S., Li, J., Chen, J., Zhao, C., & Ge, Z. (2016). Dual stimuli-responsive polymer prodrugs quantitatively loaded by nanoparticles for enhanced cellular internalization and triggered drug release. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 8(18), 11226–11236. <https://doi.org/10.1021/acsami.5b12227>
- Kanazawa, H., & Okano, T. (2011). Temperature-responsive chromatography for the separation of biomolecules. *Journal of Chromatography A*, 1218(49), 8738–8747. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2011.04.015>
- Kim, Y.-J., & Matsunaga, Y. T. (2017). Thermo-responsive polymers and their application as smart biomaterials. *J. Mater. Chem. B*, 5(23), 4307–4321. <https://doi.org/10.1039/C7TB00157F>
- Kocak, G., Tuncer, C., & Bütün, V. (2017). pH-Responsive polymers. *Polym. Chem.*, 8(1), 144–176. <https://doi.org/10.1039/C6PY01872F>
- Lam, K. Y., Lee, C. S., Pichika, M. R., Cheng, S. F., & Hang Tan, R. Y. (2022). Light-responsive polyurethanes: classification of light-responsive moieties{,} light-responsive reactions{,} and their applications. *RSC Adv.*, 12(24), 15261–15283. <https://doi.org/10.1039/D2RA01506D>
- Levit, M., Zashikhina, N., Vdovchenko, A., Dobrodumov, A., Zakharova, N., Kashina, A., Rühl, E., Lavrentieva, A., Scheper, T., Tennikova, T., & Korzhikova-Vlakh, E. (2020). Bio-Inspired Amphiphilic Block-Copolymers Based on Synthetic Glycopolymer and Poly(Amino Acid) as Potential Drug Delivery Systems. *Polymers*, 12(1), 183. <https://doi.org/10.3390/polym12010183>
- Lutz, J.-F. (2008). Polymerization of oligo(ethylene glycol) (meth)acrylates: Toward new generations of smart biocompatible materials. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 46(11), 3459–3470. <https://doi.org/10.1002/pola.22706>
- Perera, D. I., & Shanks, R. A. (1995). Network characteristics of homopolymer and some copolymers of poly(2-hydroxyethyl methacrylate). *Polymer International*, 37(2), 133–139. <https://doi.org/10.1002/pi.1995.210370208>
- Raposo, C. D., Conceição, C. A., & Barros, M. T. (2020). Nanoparticles based on novel carbohydrate-functionalized polymers. In *Molecules* (Vol. 25, Issue 7). <https://doi.org/10.3390/molecules25071744>
- Stoychev, G., Kirillova, A., & Ionov, L. (2019). Light-responsive shape-changing polymers. *Advanced Optical Materials*, 7(16), 1900067. <https://doi.org/10.1002/adom.201900067>
- Taylor, L. D., & Cerankowski, L. D. (1975). Preparation of films exhibiting a balanced temperature dependence to permeation by aqueous solutions—a study of lower consolute behavior. *Journal of Polymer Science: Polymer Chemistry Edition*, 13(11), 2551–2570. <https://doi.org/10.1002/pol.1975.170131113>
- Topham, P. D., Sandon, N., Read, E. S., Madsen, J., Ryan, A. J., & Armes, S. P. (2008). Facile synthesis of well-defined hydrophilic methacrylic macromonomers using ATRP and click chemistry. *Macromolecules*, 41(24), 9542–9547. <https://doi.org/10.1021/ma8019656>
- Twal, S., Jaber, N., Al-Remawi, M., Hamad, I., Al-Akayleh, F., & Alshaer, W. (2024). Dual stimuli-responsive polymeric nanoparticles combining soluplus and chitosan for enhanced breast cancer targeting. *RSC Adv.*, 14(5), 3070–3084. <https://doi.org/10.1039/D3RA08074A>

- Vancoillie, G., Frank, D., & Hoogenboom, R. (2014). Thermoresponsive poly(oligo ethylene glycol acrylates). *Progress in Polymer Science*, 39(6), 1074–1095. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2014.02.005>
- Vancoillie, G., Van Guyse, J. F. R., Voorhaar, L., Maji, S., Frank, D., Holder, E., & Hoogenboom, R. (2019). Understanding the effect of monomer structure of oligoethylene glycol acrylate copolymers on their thermoresponsive behavior for the development of polymeric sensors. *Polym. Chem.*, 10(42), 5778–5789. <https://doi.org/10.1039/C9PY01326A>
- Vo, C.-D., Rosselgong, J., Armes, S. P., & Tirelli, N. (2010). Stimulus-responsive polymers based on 2-hydroxypropyl acrylate prepared by RAFT polymerization. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 48(9), 2032–2043. <https://doi.org/10.1002/pola.23973>
- Vorobyev, S. A., Saikova, S. V., Novikova, S. A., Fetisova, O. Y., Zharkov, S. M., Krylov, A. S., Likhatski, M. N., & Mikhlin, Y. L. (2019). Colloidal and immobilized nanoparticles of lead xanthates. *ACS Omega*, 4(7), 11472–11480. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b00841>
- Yadav, H. K. S., Dibi, M., Mohammed, A., & Emad, A. (2019). Chapter 13 - Thermoresponsive drug delivery systems, characterization, and applications. In S. S. Mohapatra, S. Ranjan, N. Dasgupta, R. K. Mishra, & S. Thomas (Eds.), *Characterization and Biology of Nanomaterials for Drug Delivery* (pp. 351–373). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814031-4.00013-1>
- Zalipsky, S., Albericio, F., Slomczynska, U., & Barany, G. (1987). A convenient general method for synthesis of N α - or N ω -dithiasuccinoyl (Dts) amino acids and dipeptides: Application of polyethylene glycol as a carrier for functional purification. *International Journal of Peptide and Protein Research*, 30(6), 740–783. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3011.1987.tb03386.x>
- Zhang, Q., Weber, C., Schubert, U. S., & Hoogenboom, R. (2017). Thermoresponsive polymers with lower critical solution temperature: From fundamental aspects and measuring techniques to recommended turbidimetry conditions. *Mater. Horiz.*, 4(2), 109–116. <https://doi.org/10.1039/C7MH00016B>
- Zhao, Z., Yin, L., Yuan, G., & Wang, L. (2012). Layer-by-layer assembly of two temperature-responsive homopolymers at neutral pH and the temperature-dependent solubility of the multilayer film. *Langmuir*, 28(5), 2704–2709. <https://doi.org/10.1021/la2045042>

The Future of Distance Education: Exploring the Potential of Adaptive Learning Systems

Bülent Kandemir¹ , Necati Taşkın² 

¹Ordu University, Faculty of Education, Department of Educational Sciences, Ordu

²Ordu University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Computer Technology, Ordu

Geliş Tarihi / Received Date: 16.08.2024

Kabul Tarihi / Accepted Date: 02.12.2024

Abstract

Adaptive learning technologies are used in many areas of education, including online distance learning. This study investigates the applications of Adaptive Learning technology in distance education environments. Following the steps of systematic literature review and using bibliometric analysis, the study examines a total of 1071 publications. Accordingly, time trend analysis has increased steadily within recent years, and Educational Research, Computer Science, and Engineering are the leading subject areas in research on Adaptive Learning in distance education. China and USA are the countries that make the most of the contribution, followed by Taiwan, Spain, and India. Kinshuk is the author who contributed the most, followed by Caballé and Santi. The most collaborative authors are Capuano and Nicola, Ritrovato and Pierluigi, Cabelle and Santi, and Gaeta and Matteo. Pierri and Anna hold central positions in the co-authoring network. The top three journals with the most publications are Computers & Education, International Journal of Distance Education, and Academic Medicine, all with significant citation counts. The most frequently used keywords are “e-learning”, followed by “adaptive learning”, and “online learning”. Integrating artificial intelligence and machine learning techniques presents significant potential for enhancing adaptive learning technologies. Utilizing frameworks such as learning analytics and the Technology Acceptance Model can help identify effective strategies to increase system acceptability.

Keywords: adaptive learning, distance education, systematic literature review, bibliometric analysis

Uzaktan Eğitimin Geleceği: Uyarlanabilir Öğrenme Sistemlerinin Potansiyelini Keşfetmek

Öz

Uyarlanabilir öğrenme teknolojileri, çevrim içi uzaktan eğitim de dahil olmak üzere birçok eğitim alanında kullanılmaktadır. Bu çalışma, uyarlanabilir öğrenme teknolojisinin uzaktan eğitim ortamlarındaki uygulamalarını araştırmaktadır. Sistematik literatür taraması adımlarını izleyerek ve bibliyometrik analiz kullanarak, çalışma toplamda 1071 yayını incelemektedir. Buna göre, son yıllarda zaman eğilimi analizi istikrarlı bir artış göstermiş olup, uzaktan eğitimde uyarlanabilir öğrenme üzerine yapılan araştırmalarda Eğitim Araştırmaları, Bilgisayar Bilimleri ve Mühendislik önde gelen konu alanlarıdır. Çin ve ABD en fazla katkıda bulunan ülkeler olup, onları Tayvan, İspanya ve Hindistan takip etmektedir. En çok katkıda bulunan yazar Kinshuk iken, onu Caballé ve Santi izlemektedir. En çok iş birliği yapan yazarlar Capuano ve Nicola, Ritrovato ve Pierluigi, Caballé ve Santi ile Gaeta ve Matteo'dur. Pierri ve Anna, ortak yazar ağında merkezi konumlara sahiptir. En fazla yayına sahip ilk üç dergi, önemli atıf sayılarıyla Computers & Education, International Journal of Distance Education ve Academic Medicine'dir. En sık kullanılan anahtar kelimeler “e-öğrenme”, ardından “uyarlanabilir öğrenme” ve “çevrimiçi öğrenme”dir. Yapay zekâ ve makine öğrenimi tekniklerinin entegrasyonu, uyarlanabilir öğrenme teknolojilerini geliştirme potansiyelini önemli ölçüde artırmaktadır. Öğrenme analitikleri ve Teknoloji Kabul Modeli gibi çerçevelerin kullanılması, sistemin kabul edilebilirliğini artıracak etkili stratejilerin belirlenmesine yardımcı olabilir.

Anahtar Kelimeler: uyarlanabilir öğrenme, uzaktan eğitim, sistematik literatür incelemesi, bibliyometrik analiz

Introduction

Distance education and adaptive learning, which are of great importance in education nowadays, are rapidly becoming widespread with the innovations provided by technology. Distance education eliminates equalization by enabling students to access education without geographical restrictions. Especially during the pandemic period, the importance and applicability of distance education have become even more evident. On the other hand, in recent years, the concept of adaptive learning has taken a significant interest in education (Morze et al., 2021). This innovative approach was widely accepted in educational research as a promising alternative to traditional teaching methods (Gligorea et al., 2023). When combined, these two innovative educational approaches enhance quality and accessibility in education, formative the future models of education. However, given the rapid spread of technology and the impact of the digital age, the field of education has various challenges, particularly in the context of distance education (Miralrio et al., 2024). As educators and students deal with the challenges of distance learning, it's important to find new methods to improve teaching and the learning experience (Mezin et al., 2022). Distance education environments, especially when their structure fails to accommodate diverse student models and personalized learning needs, can lead to interaction and communication challenges. This often results in a negative perception of distance education among learners (Kandemir & Kılıç Çakmak, 2024). This situation, combined with the accessibility to big data sources and the widespread adoption of learning analytics, raises the question of how the adaptive learning approach can be used more effectively in distance education. At this stage, artificial intelligence technologies are introduced into the process.

Artificial intelligence (AI) technologies can play an important role in enhancing various aspects of online learning and teaching in higher education. It can help identify and predict student behaviour and also provide adaptive and personalised learning experiences (Doğan et al., 2023). The use of AI technologies has significant potential to improve learning processes in distance education. The basis of adaptive learning is to respond more effectively to the needs of individual learners and to personalise the learning experience at a detailed level. This makes adaptive learning a useful option for both teachers and students (Muñoz et al., 2022). Furthermore, it is highlighted that AI technologies offer a valuable future for adaptive learning and machine learning has been effectively used to provide personalised educational experiences (Adnan et al., 2021; Srisa-An & Yongsiriwit, 2019). Adaptive learning is becoming an important tool to improve the educational process, especially in distance education where personalisation and adaptability are crucial for a successful learning experience (Kerimbayev et al., 2023). Recent research shows that the adaptive learning approach has significant potential in the education sector (Hakimi et al., 2024; Wang et al., 2023). By harnessing the power of big data analytics, educators can improve student progress and tailor learning materials, leading to a more effective and personalised distance learning experience (da Silva et al., 2021).

Therefore, research in adaptive learning areas is important in terms of determining the best practices in distance education, improving students' learning experiences, and formative future distance education practices. Resources such as the Web of Science are essential for the review and analysis of such studies and provide valuable guidance to future researchers. In the context of contemporary developments in adaptive learning technologies, the primary purpose of this article is to provide a comprehensive review of research on the integration of adaptive learning into the field of distance education. Bibliometric data analysis methods were used to achieve this goal. This study is part of a significant conversion in education and provides an important lead to researchers investigating methods to make learning processes more effective and personalized. In addition, it will lead to researchers who will conduct new studies in the context of distance education regarding the trends in the field.

Method

Research Design

This study used on bibliometric analysis to systematically review and investigate the utilization of adaptive learning technologies in online distance education. The research was conducted through a systematic literature review to identify, select, evaluate, collect, and analyze relevant literature (Moher et al., 2009). The general process steps for a literature review, as illustrated in Figure 1, followed the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) flowchart structure (Moher et al., 2010).

Inclusion Criteria and Sample

The peer-reviewed articles in the literature review fulfill the following criteria:

- Searches were conducted across all fields (Table 1).
- Indexed by Web of Science.
- Written in English.

Conducting searches across all fields aims to provide a thorough understanding of the research and identify peer-reviewed publications that align with the study's overall purpose.

Web of Science is utilized for the following reasons:

Comprehensive Database: Web of Science covers a wide array of scientific disciplines, enabling researchers to access crucial scientific publications across various fields.

Citation Tracking and Analysis: Web of Science offers citation information, showing how frequently a publication is referenced in other works. This aspect is valuable for gauging the impact and importance of research. Citation analysis assists researchers in assessing the impact of their work and spotting research trends.

Standardized Data: Data in Web of Science is presented in a standardized manner, allowing researchers to easily compare and analyze data from diverse studies.

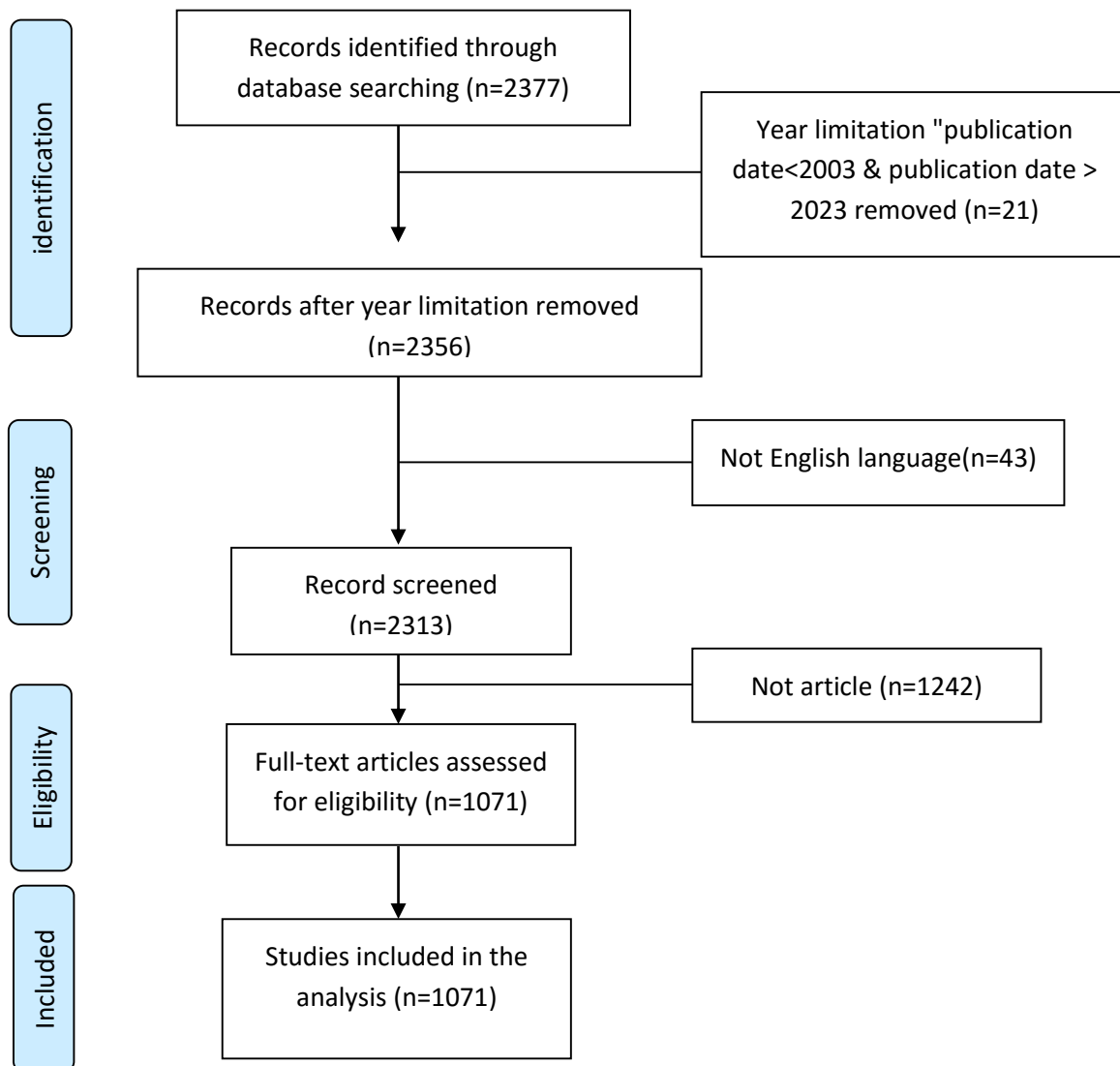
Reliability: Web of Science prioritizes high-quality and dependable scientific publications, establishing it as a reputable resource for researchers.

Bibliometric analysis involves evaluating the quantitative and qualitative characteristics of scientific publications. Web of Science serves as a strong tool for such analyses due to its expansive database, citation-tracking capabilities, standardized data presentation, and reliability. Researchers can build a solid foundation by leveraging these features. Additionally, analyzing English-language publications allows for valid and reliable visual analyses, as text mining benefits from a consistent language for determining lexical relationships in textual data.

Table 1. Information on the Research Corpus and Search Queries Adopted for the Inclusion Criteria

Research Corpus	
Database	Web of Science
Period	2003-2023
Search Queries	
Subject-Specific Queries	"adaptive learning" OR "personalized learning" OR "adaptive educational hypermedia" OR "adaptive educational systems" OR "adaptive e-learning" (All Fields)
Boolean Search Parameter	And
Field-Specific Queries	"distance education" OR "distance teaching" OR "distance learning" OR "remote education" OR "remote learning" OR "remote teaching" OR "online education" OR "online learning" OR "online teaching" OR "online course" OR "elearning" OR "e-learning" OR "m-learning" (All Fields) and 2003 or 2004 or 2005 or 2006 or 2007 or 2008 or 2009 or 2010 or 2011 or 2012 or 2013 or 2014 or 2015 or 2016 or 2017 or 2018 or 2019 or 2020 or 2021 or 2022 or 2023 (Publication Years) and English (Languages) and Article (Document Types)

Figure 1 illustrates the sequential steps of a literature review process. These steps were conducted following the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) flowchart structure as outlined by (Moher et al., 2010), and the final phase included 1071 publications.

**Figure 1.** PRISMA Flow Chart for Sourcing

Data Analysis and Research Procedures

In conducting this review, a systematic approach was used to compile the scientific literature. Central to this process was the use of bibliometric factor analysis, a method known for its reliability in identifying common themes in academic research. Relevant articles were collected and reviewed through careful application of bibliometric methods, thus ensuring alignment with the primary objectives of the study.

Strengths and Limitations

The significant strengths of this study lie in its utilization of innovative analytical methods leveraging the capabilities of Web of Science to effectively analyze a substantial volume of textual data and visualize the results. However, the study also acknowledges certain limitations. Firstly, although Web of Science is comprehensive, it may not encompass all publications relevant to the research topic. Therefore, the researchers are aware that the findings of this study may offer a partial perspective. Secondly, due to technical constraints, only English-language publications were included in the final research dataset; however, publications in other languages may contain valuable information. Thirdly, the absence of other analysis methods such as data mining and t-SNE analysis in the study could be considered a limitation. Nevertheless, the absence of these methods did not diminish the value of the study's primary findings, and the results provide valuable insights. Therefore, these limitations should be considered when interpreting the findings.

Findings and Discussions

Time Trend of Adaptive Learning in Online Distance Education Publications

Within the scope of this study, the authors determined the period of the last 20 years. The reason for this is that the number of publications produced before 2003 ($n=7$) was very small. Accordingly, the research includes publications covering the period between 2003 and 2023. A total of 1071 publications and a total of 3017 authors contributed to the adaptive learning literature in online distance education studies. The distribution of publications by years is given in Figure 2.

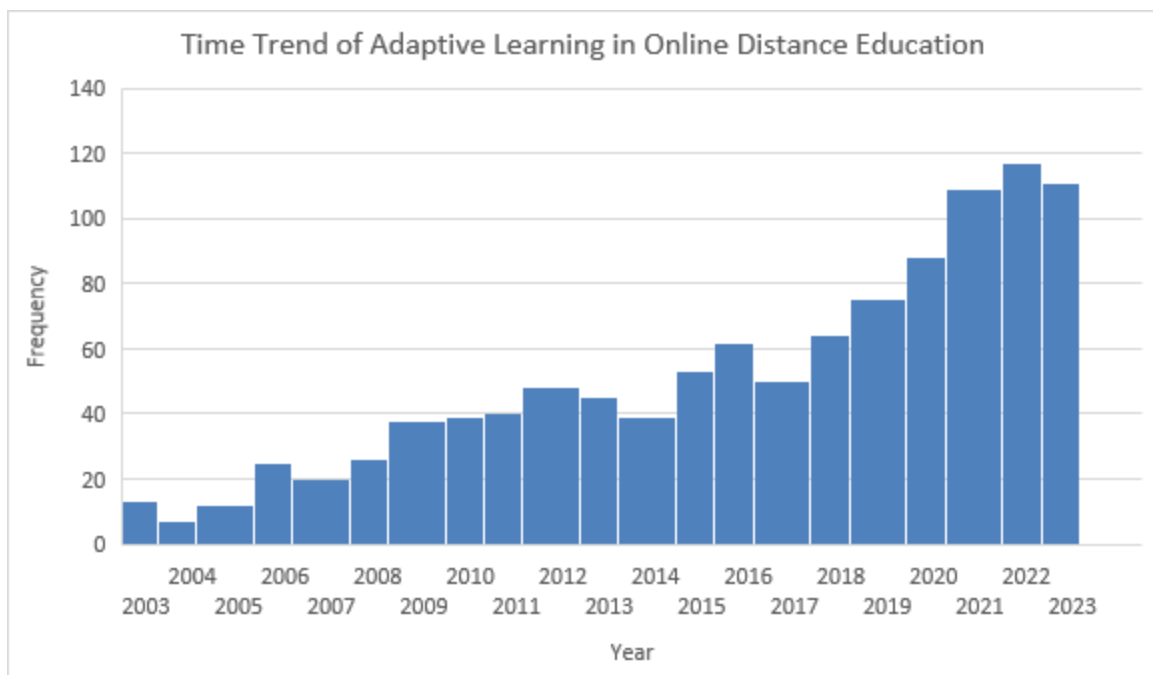


Figure 2. Time Trend of Adaptive Learning in Online Distance Education Publications

As shown in Figure 2, although studies on adaptive learning environments in online distance education date back to the early 2000s, interest began to increase in the second decade of the 2000s; It increased significantly in 2020 and the most work was done in 2022. As seen in Figure 2, the most publications took place in 2022 (n=117). This was followed by 2021 (n=109), 2023 (n=98) and 2020 (n=88), respectively. The fewest publications were recorded in 2004 (n=7).

In a study analyzing research conducted in the field of education within the context of adaptive learning, similar results have emerged. Although the number of publications has varied over the years, an increasing trend has been observed (Martin et al., 2020) Considering Figure 6, it can be noted that the ten-year development plans published by countries such as China, which emphasize the necessity of creating a knowledge-based environment to provide personalized learning services for every student, have been influential in the increase in the number of publications (Li et al., 2021). Additionally, according to the NMC Horizon Report (Higher Education Edition), adaptive learning is expected to make significant advances in higher education. This indicates that adaptive learning has become a major recommendation and a new teaching paradigm for improving education in many countries (Xie et al., 2019), and research on adaptive learning has become a crucial topic in education.

Subject Areas of the Articles on Adaptive Learning in Distance Education

When all articles were examined, it was observed that there were 56 different disciplines. Of these, 17 are represented by only one publication. The disciplines with the highest number of publications are illustrated in Figure 3.

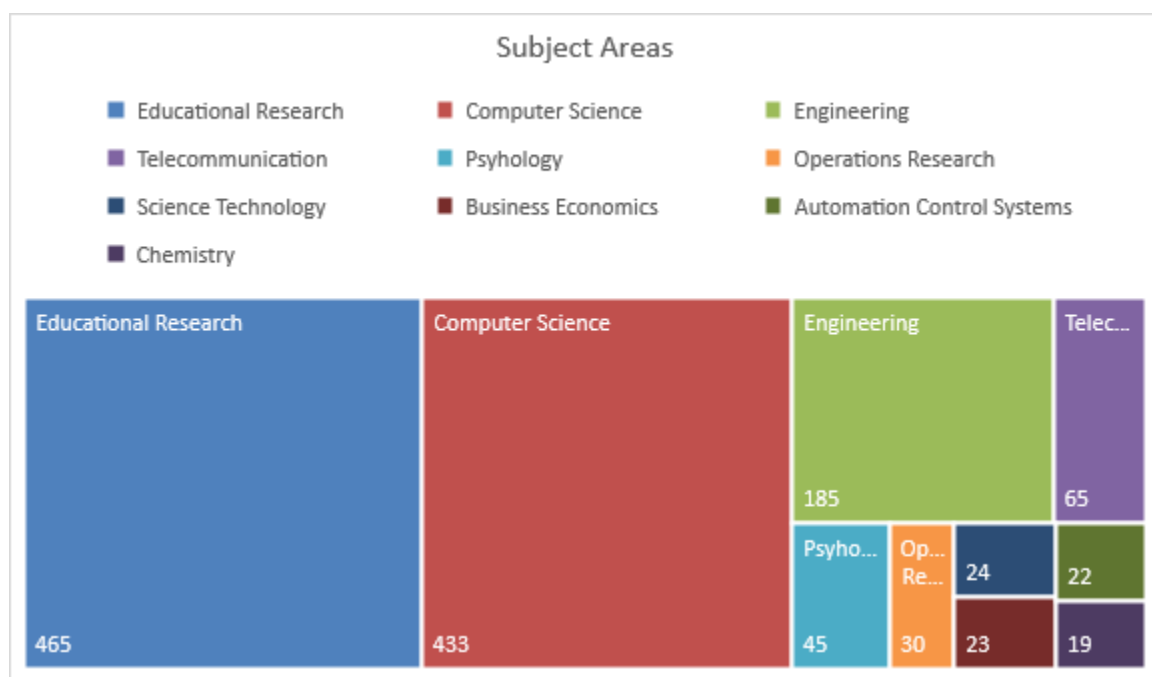


Figure 3. Subject Areas of The Articles on Adaptive Learning in Distance Education

Note. one article can be coded for more than one subject area

From a disciplinary perspective, the top three subject areas accounted for most research (see Figure 3). Educational research dominates other research fields. This is followed by computer science and engineering. Adaptive learning is a fundamental research topic for both computer science and educational technology disciplines and is also an important area where new technologies can improve education and training (Jing et al., 2023). On the other hand, despite the abundance of studies conducted in the field of education, it is seen that computer science and engineering dominate in some studies (Dogana et al., 2023). However, this does not reflect all the studies. Surprisingly, only 17.27% of studies fall into the field of engineering. This finding shows that most articles prioritize educational pedagogy over technical dimensions. However, it is known that the technical dimension and

technology also optimize learning paths, increase participation, and improve academic performance in terms of educational pedagogy (Gligorea et al., 2023). For this reason, it is thought to be important to consider it as an integral part of education.

Distribution of Author Contributions

An analysis was conducted on authors with at least 5 publications and 5 citations. Figure 4 illustrates the distribution of these authors along with the number of their publications.



Figure 4. Distribution of Contributions by Various Authors in the Field

Kinshuk has made significant contributions to this field with 14 publications, and if further research is to be done, his publications should also be looked at. Caballé, Santi, became the second most published author with 8 publications, followed by Capuano, Chen, Essalmi, Graf, Jemni and Tseng each with 7 publications. Other authors Klasnja-Milicevic, Ivanovich, Daradoumis, Chang and Van Der Maas have also made valuable contributions to the field with 6 publications each. The predominance of Chinese authors may be attributed to the vision of the Chinese Ministry of Education in designing instructional environments based on personalized learning services (Li et al., 2021; Li et al., 2022). Chinese researchers are followed by Spanish and Italian researchers because it is noted that the education ministries of these countries fund (García-Tudela et al., 2023) and support new technologies such as adaptive learning environments (Demartini et al., 2024).

Topics with the Highest Citation Counts

Citation topics micro subject areas were examined. This level was preferred because it covers more specific subject areas. There are a totally of 2444 different micro-topics at this level under Web of Science. Small subsets representing the most cited and influential works on the research topic were investigated. Such classification can assist researchers in finding the most current and impactful studies on a specific topic or subfield.

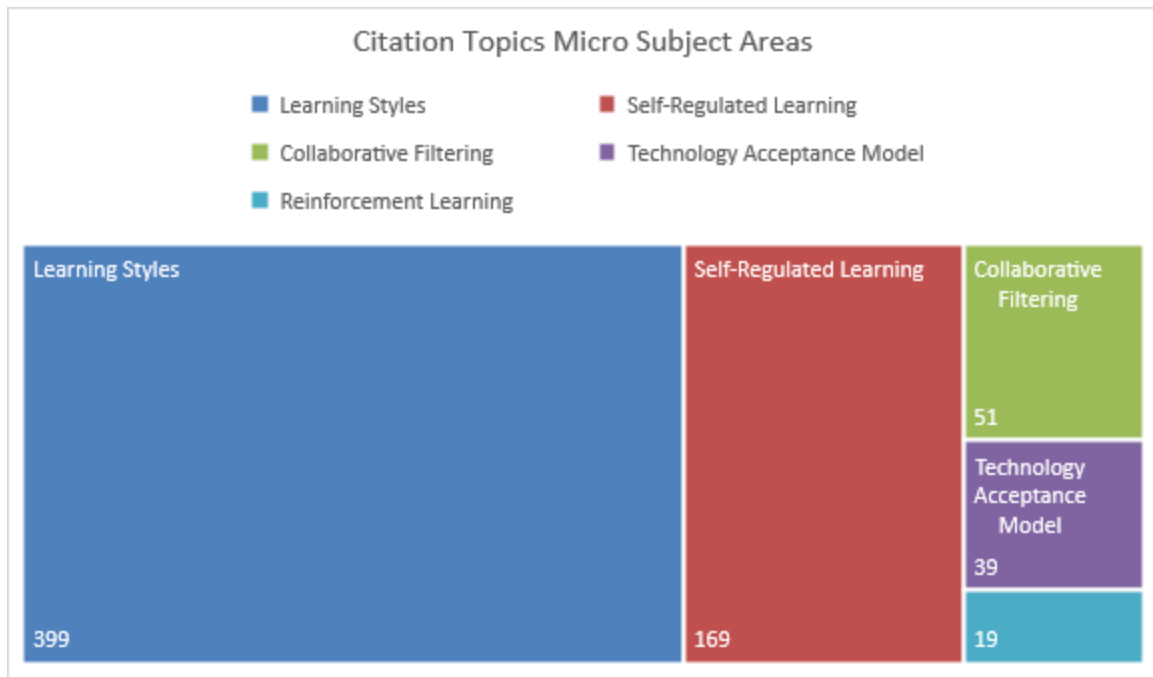


Figure 5. Citation Topics Micro Subject Areas

Upon examination of Figure 5, it is evident that the most studied topic is "Learning Styles" (n=399), followed by "Self-regulated Learning" (n=169). Other topics with a significant number of studies include "Collaborative Filtering" (n=51), "Technology Acceptance Model" (n=39), and "Reinforcement Learning" (n=19), all of which are among the top five most studied secondary topics. The utilization of personalized adaptive learning systems has proven effective in overcoming the limitations of statically determined learning styles (Essa et al., 2023). One reason for the intensive study of this topic could be that adaptive learning systems provide effective means of exploring individuals' learning styles (Haug et al., 2023). Adaptive learning can introduce greater flexibility for students to apply self-regulated learning and assist them in developing responsibility for utilizing opportunities presented in learning environments (Park et al., 2023; van Alten et al., 2020). Therefore, the abundance of research conducted on this topic is remarkable. In addition, it has been stated that utilizing machine learning together with artificial intelligence through educational data mining and learning analytics has brought success in the design of personalized adaptive learning environments in online learning (Garrido & Onaindia, 2013; Lin et al., 2013). It can be stated that these technologies are another factor why learning styles are the most studied area. In this way, content that suits students' learning styles can be designed. Artificial intelligence strengthens educational data mining and learning analytics approaches and facilitates the design of personalized/adaptive learning environments (Dogan et al., 2023).

Countries with the Highest Number of Articles

Research has been conducted in 86 different countries related to the field. The top 10 countries with the most Articles related to the field are provided in Figure 6.

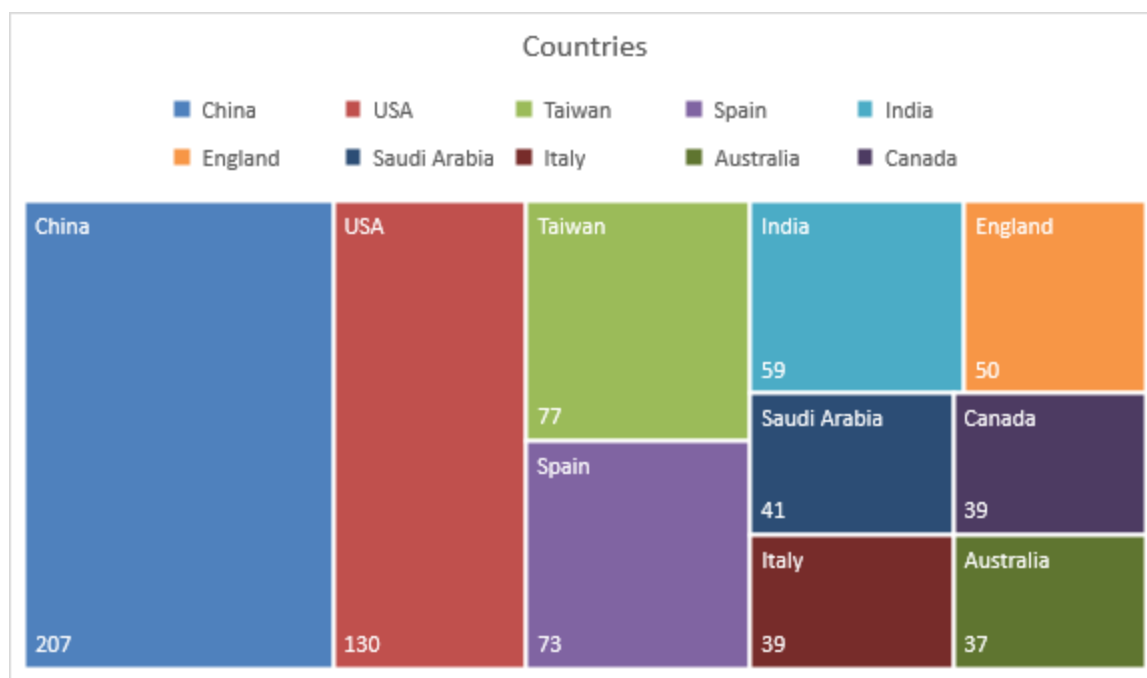


Figure 6. The Countries of Adaptive Learning Research in Distance Education

China plays a prominent role in the number of articles in this field, with 19.38% ($n=207$) of the articles coming from this country. The USA follows China with 12.14% ($n=130$) of articles. These two countries are followed by Taiwan with 7.19% ($n=77$), Spain with 6.82% ($n=73$), India with 5.51% ($n=59$), the United Kingdom with 4.66% ($n=50$), Saudi Arabia with 3.83% ($n=41$), Italy with 3.64% ($n=39$), Australia with 3.46% ($n=37$) and Canada with 3.36% ($n=36$).

The preference rate of adaptive learning in China is rapidly increasing. In the past 3 years, the number of individuals who have experienced adaptive learning has reached two million (Wang et al., 2023). This increase shows a growing trend especially in the fields of education and artificial intelligence (Huang et al., 2022; Yuan et al., 2023). Research topics in adaptive learning include neural networks, deep learning, reinforcement learning, and artificial intelligence, and focus on personalized and student-centered education (Peng et al., 2010; Wang, 2009). The evolution of adaptive learning research in China is evidenced by bibliometric analysis showing key research topics such as deep learning applications and intelligent tutoring systems. Adaptive learning has also become a growing trend in the United States, which focuses on tailoring educational experiences to individual students (Randi, 2022). This trend mostly involves dynamically adjusting course content to students' abilities, accelerating performance through automatic and instructor intervention (Capuano and Caballé, 2020; Dziuban et al., 2018). In addition, collaborative efforts between universities on this issue show that adaptive methods support the organization of the learning process in different disciplines and have a broader potential in education (Bordignon et al., 2021). Collectively, these findings indicate that there is a significant interest in adaptive learning strategies in the United States education sector and that these strategies are constantly being developed. On the other hand, the research on adaptive learning technologies has revealed new challenges and opportunities, with projects investigating the integration of adaptive learning with massive open online courses (Martin et al., 2020). A significant number of studies have been conducted in countries such as Spain, India, the United Kingdom, Saudi Arabia, Italy, Australia, and Canada, although they do not have specific educational policies on adaptive learning systems (Global Education Monitoring Report Team, 2024). These studies focus on the importance of adaptive strategies based on student models and content/instructional models (Capuano & Caballé, 2020).

Analysis of Co-authorship

Network analysis by researchers in the field of adaptive learning is an important tool for identifying diverse research groups and communities. This analysis helps us understand collaboration patterns, information flow, and the overall dynamics of the field. A total of 1071 publications were written by 3017 authors. The co-authorship network of authors who have at least 2 publications and 2 citations in their field is given in Figure 7.

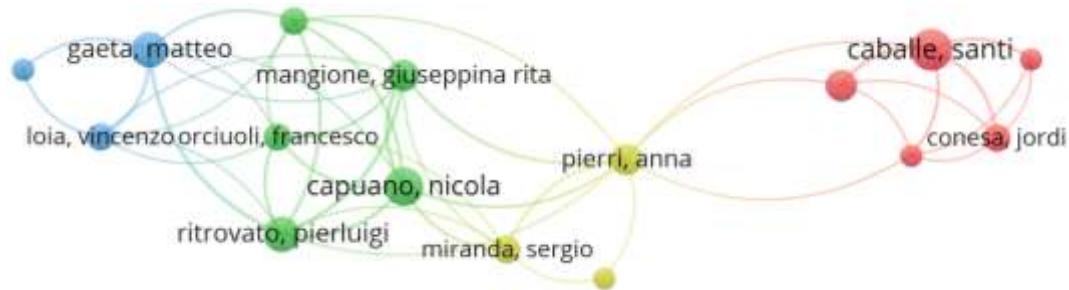


Figure 7. Co-authorship Network

As seen in the cloud, the authors who collaborated the most on publications are Capuano and Nicola, Ritrovato and Pierluigi, Cabelle and Santi, and Gaeta and Matteo. The notable network in the cloud is the central position of Pierrri and Anna in terms of co-authoring with multiple authors.

The graph shows distinct clusters. This indicates the existence of different research groups or communities in the field of adaptive learning. Some nodes have more connections, such as "Mangione, Giuseppina Rita" and "Pierrri, Anna". This suggests that they were central figures in the network, possibly leading research projects or acting to bridge the gap between different groups. Networks with fewer connections, such as "Gaeta, Matteo" and "Miranda, Sergio", may represent newer researchers or those working on more specific topics. Some people, such as "Capuano, and Nicola", seem to connect different clusters. This suggests that they facilitate knowledge transfer and collaboration between groups. Cabella, Santi, is at the center of the red cluster on the right. This suggests that he played an important role in this research group and likely led or made significant contributions to many projects. Cabella and Santi's location may make it a bridge node with the potential to connect with other clusters. Its connection to "Pierrri, anna" suggests that it can facilitate the flow of information and collaboration between two different research groups. Pierrri, Anna serves as a connecting point between the different clusters. It has connections to the green cluster on the left, the red cluster on the right, and the yellow cluster at the bottom. This shows that he is skilled at collaborating and sharing knowledge with different research groups. Pierrri Anna's connections to different clusters may indicate that she is interested in a wide range of research topics or is an expert in different methodologies. This makes it a valuable collaborator in the field of adaptive learning. As a result, network analysis by researchers in the field of adaptive learning offers important insights into collaboration, knowledge transfer, and the development of the field. This information can be used to make strategic decisions and allocate resources effectively to advance the field.

Co-author Countries

The cloud structure of the countries of co-authors who have been cited at least 5 times in at least 5 different publications is shown in Figure 8.

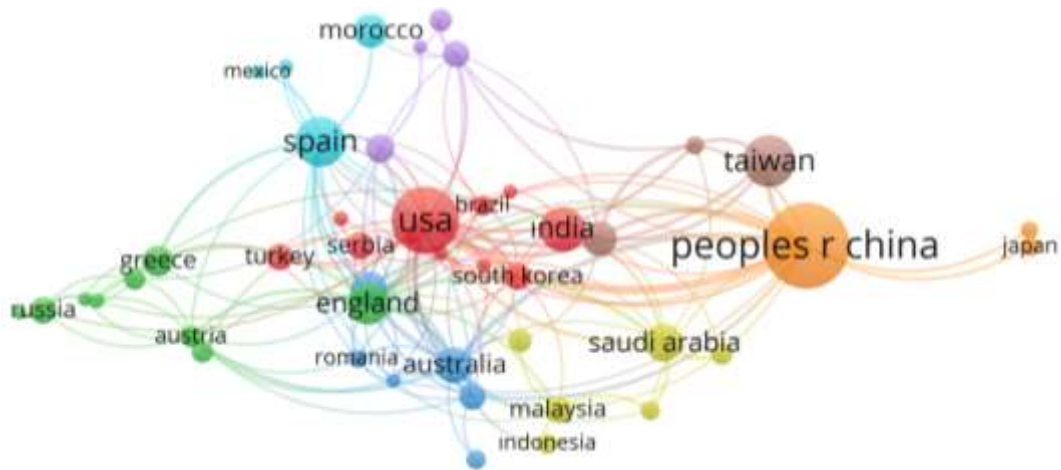


Figure 8. Cloud Structure Based on Countries of Co-Authors

When Figure 8 is examined and evaluated in the context of the countries of the co-authors, the People's Republic of China stands out as the country that makes the biggest contribution in this field. China is intensively researching and implementing distance education and adaptive learning. It has particularly strong connections with Taiwan, Japan, and South Korea. It also has important relations with North American and European countries. The USA is an important country in this field and has intense interaction with other countries. It also has strong connections with countries such as Australia, Brazil, India, and Italy. India attracts attention as a growing market and research center in distance education and adaptive learning. Spain plays an important role in this field in Europe and contributes to international cooperation and knowledge sharing. It has relations with countries such as Algeria, Morocco, Mexico and Greece. Taiwan (Taiwan) and Japan, as strong countries in the field of technology and education, are also effective in this field. Collaborations, research projects, and knowledge sharing between these countries contribute to the development of distance education and adaptive learning.

Cited Article Analysis

A total of 378 articles with at least 10 citations have found. The cloud structure related to these articles is shown in Figure 9.

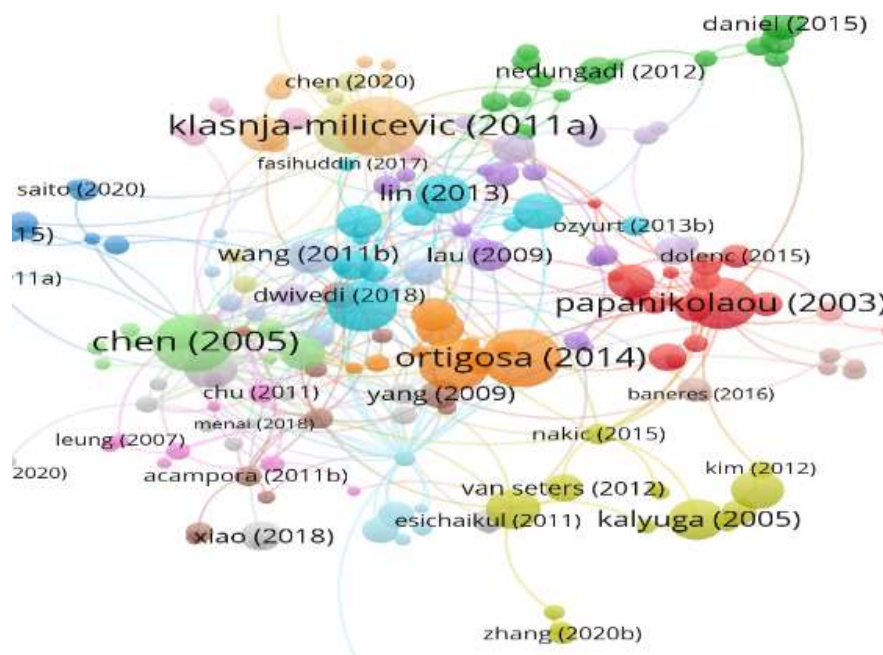


Figure 9. Cloud Structure of Cited Articles

Publications such as "Computers & Education", "IEEE Access", "Education and Information Technologies" and "International Journal of Emerging Technologies in Learning" are centrally located in the cloud. These publications have a significant impact on the field and are highly cited. Different clusters have formed in the cloud. This may represent different research topics or subfields. For example, publications such as "Neural Networks" and "Computational Intelligence and Information Sciences" form one cluster, while publications such as "Educational Technology & Society" and "International Journal of Educational Technology in Higher Education" form another cluster. Some publications act as bridges the gap between different clusters. For example, the publication "Mobile Information Systems" addresses both the computer science and educational technology fields. Such publications facilitate the flow of information and collaboration between different disciplines.

Cited Author Analysis

Citation author analysis shows the authors within a specific research field who have received at least 2 citations in a minimum of 2 different articles and the collaborations between these authors. Out of 1071 articles, 312 authors meet these criteria. The cloud structure related to these authors is presented in Figure 11.

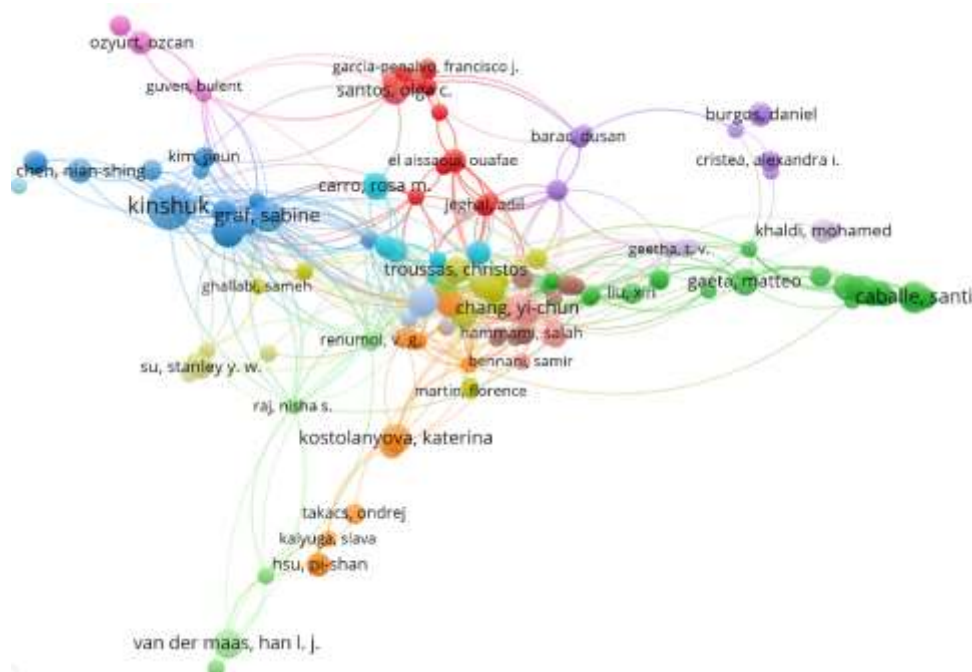


Figure 11. Cloud Diagram of Highly Cited Authors

The top three most cited authors are Chen and Chih-Ming ($n=649$), He and Haibo ($n=459$), and Chen ($n=384$), respectively. It is observed that the author with the most articles is Kinshuk ($n=14$). This author is followed by Essalmi and Fathi ($n=7$), Jemni and Mohamed ($n=7$), Graf and Sabine ($n=7$), and Caballe and Santi ($n=7$). When examining the publications regarding impact, it is noted that Chang and Yi-Chun authored the most impactful article.

In the cloud, authors such as "Kinshuk," "Chen, Nian-Shing," "Chang, Yi-Chun," and "Troussas, Christos" are positioned centrally. This suggests that these authors have significantly influenced the field and are frequently cited. Additionally, these authors appear to have extensive collaborations with other researchers. Different clusters have formed within the cloud, potentially representing various research groups or collaboration networks. For instance, the cluster surrounding "Kinshuk" and "Chen, Nian-Shing" may represent a large research group or collaboration network. The links in the cloud indicate collaborations between authors. While some authors have numerous collaborations, others have fewer, which may reflect different research cultures or collaboration strategies.

Conclusions and Suggestions

This study has revealed significant developments in the field of adaptive learning by examining the trends, patterns, and outcomes of adaptive learning publications in distance education over the past two decades. The research shows a notable increase in publications on adaptive learning environments during the second decade of the 2000s. This increase reflects the growing importance of personalized and student-centred educational approaches to adaptive learning, which has evolved into a global understanding. Especially, the year 2022 experienced the highest number of publications, highlighting the rising interest in personalized learning. From an interdisciplinary perspective, educational research has emerged as the leading field, followed by computer science and engineering. Despite the priority given to educational pedagogy, the integration of technological dimensions is critical to optimizing learning paths and increasing engagement. This finding emphasizes the interdisciplinary structure of adaptive learning research, highlighting the importance of collaboration between the fields of education and technology. Considerable focus has been placed on eighteen authors in the field of adaptive learning in online education. It is particularly important to follow authors such as Kinshuk, Caballé, Santi, Capuano, Chen, Essalmi, Graf, Jemni, Tseng, Klasnja-Milicevic, Ivanovich, Daradoumis, Chang, and Van Der Maas to stay abreast of the field. Key topics such as learning styles, self-regulated learning, collaborative learning, the technology acceptance model, and reinforcement learning are areas that have attracted the interest of researchers, ensuring a comprehensive exploration of adaptive learning studies. The geographical distribution of publications emphasizes the global significance of adaptive learning research. Contributions led by China reflect various government initiatives aimed at promoting personalized learning environments, while the United States, Europe, and other countries also contribute to the research and implementation efforts. The higher prevalence of artificial intelligence and adaptive learning studies in China compared to other countries has placed the nation as a leading force in the field. Co-authorship network analysis has provided valuable insights into the structure of the research community, collaborative dynamics, and information-sharing networks within the realm of adaptive learning. Researchers aiming to work in this area should follow authors such as Nicola Capuano, Giuseppina Rita Mangione, Matteo Gaeta, Francesco Orciuoli, Pierluigi Ritrovato, Sergio Miranda, Anna Pierri, Santi Caballé, and Jordi Conesa. In studies on adaptive learning and distance education, researchers have established a wide international collaboration network. Researchers from countries such as China, the United States, Spain, India, and the United Kingdom have prominently emerged in this field, serving as central for intensive collaborations. Additionally, other countries such as South Korea, Brazil, Australia, and Saudi Arabia also stand out as significant nodes of connection. This diversity shows that adaptive learning and distance education are areas of global interest and collaboration. The most frequently cited articles were mostly published in the early to mid-2000s, indicating that adaptive learning was a rapidly developing field during this period. Furthermore, the most cited articles address various aspects of adaptive learning. While some articles focus on the design and development of adaptive learning systems, others examine the impact of adaptive learning on student achievement. Basic publications that researchers in this field should read include Chen (2005), Klasnja-Milicevic (2011), Lin (2013), Ortigosa (2014), and Papanikolaou (2003). Additionally, researchers interested in working in this field would benefit from publications such as *Educational Technology & Society*, *Education and Information Technologies*, and the *International Journal of Emerging Technologies and Society*. The most frequently cited authors include notable figures such as Kinshuk and Christos Trouzas, indicating their significant influence in the fields of distance education and adaptive learning. Moreover, a strong connection has been observed among these authors. The most used keywords are "adaptive learning" "learning objects" "online learning" "e-learning" "personalized learning" and "learning analytics". Researchers aiming to work in this area should focus their studies on these keywords.

Research in the field of distance education and adaptive learning is continuously evolving and requires extensive investigation. Particularly, approaches that support self-regulated learning skills and enable students to determine their learning paths need to be developed. Understanding how students perceive and accept adaptive learning systems is also crucial. Research utilizing frameworks such as

the Technology Acceptance Model can provide insights into the factors influencing adoption and can help identify strategies to enhance system acceptability.

The integration of artificial intelligence and machine learning techniques into adaptive learning systems has significant potential. These technologies can be used to more accurately predict student performance and provide personalized learning experiences that address individual needs and learning styles. To increase the impact of adaptive learning systems, researchers should use learning analytics techniques to analyse student data and evaluate system performance. This data-based approach can provide awareness for system improvements and increase student academic success.

Adaptive learning systems can be integrated into educational environments by adapting content and navigation. Adapting content is presenting the content of the environment in a way that is appropriate for the student in line with student information, goals, and other characteristics. Examples of adapting content include showing a limited section of the content to a low-readiness student and the entire content to a high-readiness student, or providing links that allow for additional explanations about a title to be presented as pop-up windows or extended text on the same page (Brusilovsky, 1998). Similarly, by dividing the components that make up the content into sections, different content can be prepared for students for each section. Thus, it can be decided which content will be displayed with each section according to student characteristics. Different presentations of the same content for each page can be created, and appropriate presentation types can be prepared in line with student characteristics. In adapting navigation, the student can be helped to find the next most appropriate topic in line with his/her goal and other factors presented in the student model. A button such as "Next" or "Continue" can be created dynamically, allowing the user to access the next link. For students with low readiness, navigation space can be limited by hiding links to comprehensive content pages. There are findings in the literature that adaptive environments reduce the number of navigation steps, navigation time, and the feeling of getting lost in content, increase academic success, and encourage nonlinear navigation for students with low readiness (Brusilovsky & Pesin, 1998).

The architectures of adaptive learning systems usually follow a multi-layered structure. Components such as the student model, domain model, and pedagogical model form the basis of the system. For example, a student model can predict the student's knowledge level and learning style with techniques such as Bayesian networks or hidden Markov models. The collection, processing, and storage of student data also bring about privacy and security issues. In the context of learning analytics, data privacy and ethical issues should be addressed. Compliance with data protection regulations such as GDPR should be prioritized in system design (Ferguson, 2012). Agile software development methodologies are frequently used in the development of adaptive learning systems. These methodologies enable the system to be developed quickly and adapt to changing needs (Pressman, 2010). Cloud-based architectures increase the scalability of adaptive learning systems. Continuous integration and continuous delivery (CI/CD) practices facilitate the maintenance and update of the system. These applications increase the stability and reliability of the system by providing automated testing and deployment processes.

Encouraging international partnerships among researchers working in the field of distance education and adaptive learning can lead to a better understanding of diverse learning experiences across cultures and contexts. Establishing research networks that bring together experts in the field can create a dynamic environment for knowledge sharing, collaborative projects, and the generation of innovative research ideas. By adopting these suggestions, researchers can contribute to the persisting development and implementation of effective adaptive learning solutions in distance education.

Author Contribution

Bülent Kandemir, performed the bibliometric analysis and data visualization process. *Necati Taşkın*, performed the PRISM process and data collection process. The authors co-wrote, read, and approved the manuscript.

Ethic

There are no ethical issues regarding the publication of this article.

Conflict of Interest

The authors state that they have no conflict of interest.

ORCID

Bülent Kandemir  <https://orcid.org/0000-0002-2852-547X>

Necati Taşkın  <https://orcid.org/0000-0001-8519-6185>

References



- Adnan, M., Alsaeed, D. H., Al-Baity, H. H., & Rehman, A. (2021). Leveraging the power of deep learning technique for creating an intelligent, context-aware, and adaptive M-Learning model. *Complexity*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5519769>
- Bordignon, V., Matta, V., & Sayed, A. H. (2021). Adaptive social learning. *IEEE Transactions on Information Theory*, 67(9), 6053–6081. <https://doi.org/10.1109/TIT.2021.3094633>
- Brusilovsky, P. (1998). Methods and techniques of adaptive hypermedia. In P. Brusilovsky, A. Kobsa, & J. Vassileva (Eds.), *Adaptive Hypertext and Hypermedia* (pp. 1–43). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0617-9_1
- Brusilovsky, P., & Pesin, L. (1998). Adaptive navigation support in educational hypermedia: An evaluation of the ISIS-tutor. *Journal of Computing and Information Technology*, 1, 27–38. <https://hrcak.srce.hr/file/221190>
- Capuano, N., & Caballé, S. (2020). Adaptive learning technologies. *AI Magazine*, 41(2), 96–98. <https://doi.org/10.1609/aimag.v41i2.5317>
- Da Silva, L. M., Dias, L. P. S., Rigo, S., Barbosa, J. L. V., Leithardt, D. R. F., & Leithardt, V. R. Q. (2021). A literature review on intelligent services applied to distance learning. In *Education Sciences* (Vol. 11, Issue 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/educsci11110666>
- Demartini, C. G., Sciascia, L., Bosso, A., & Manuri, F. (2024). Artificial intelligence bringing improvements to adaptive learning in education: A case study. *Sustainability*, 16(3). <https://doi.org/10.3390/su16031347>
- Doğan, M. E., Görü Doğan, T., & Bozkurt, A. (2023). The use of artificial intelligence (AI) in online learning and distance education processes: A systematic review of empirical studies. *Applied Sciences*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/app13053056>
- Dziuban, C., Moskal, P., Parker, L., Campbell, M., Howlin, C., & Johnson, C. (2018). Adaptive learning: A stabilizing influence across disciplines and universities. *Online Learning Journal*, 22(3), 7–39. <https://doi.org/10.24059/olj.v22i3.1465>
- Essa, S. G., Celik, T., & Human-Hendricks, N. E. (2023). Personalized adaptive learning technologies based on machine learning techniques to identify learning styles: A systematic literature review. *IEEE Access*, 11, 48392–48409. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3276439>
- Ferguson, R. (2012). Learning analytics: drivers, developments and challenges. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5–6), 304–317. <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2012.051816>
- García-Tudela, P. A., Prendes-Espinosa, P., & Solano-Fernández, I. M. (2023). The Spanish experience of future classrooms as a possibility of smart learning environments. *Heliyon*, 9(8). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18577>

- Garrido, A., & Onaindia, E. (2013). Assembling learning objects for personalized learning: An ai planning perspective. *IEEE Intelligent Systems*, 28(2). <https://doi.org/10.1109/MIS.2011.36>
- Gligorea, I., Cioca, M., Oancea, R., Gorski, A. T., Gorski, H., & Tudorache, P. (2023). Adaptive learning using artificial intelligence in e-Learning: A literature review. In *Education Sciences* (Vol. 13, Issue 12). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/educsci13121216>
- Global Education Report Team. (2024). Global education monitoring report, 2024/5, Leadership in education: Lead for learning. Unesco. <https://doi.org/10.54676/EFLH5184>
- Hakimi, M., Katebzadah, S., & Fazil, A. W. (2024). Comprehensive insights into E-learning in contemporary education: Analyzing trends, challenges, and best practices. *Journal Of Education And Teaching Learning (JETL)*, 6(1), 86–105. <https://doi.org/10.51178/jetl.v6i1.1720>
- Haug, J., Fischer, D., & Hagel, G. (2023). Development of a short form of the index of learning styles for the use in adaptive learning systems. *Proceedings of the 5th European Conference on Software Engineering Education*, 194–198.
- Huang, F., Feng, X. Y., Zhou, S. Sen, Tang, L. H., & Xia, Z. G. (2022). Establishing and applying an adaptive strategy and approach to eliminating malaria: practice and lessons learnt from China from 2011 to 2020. *Emerging Microbes and Infections*, 11(1), 314–325. <https://doi.org/10.1080/22221751.2022.2026740>
- Jing, Y., Zhao, L., Zhu, K., Wang, H., Wang, C., & Xia, Q. (2023). Research landscape of adaptive learning in education: A bibliometric study on research publications from 2000 to 2022. *Sustainability*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/su15043115>
- Kandemir, B., & Kılıç Çakmak, E. (2024). Transactional distance's influence on students' social, cognitive, teaching presence, and academic achievement. *American Journal of Distance Education*, 1–24. <https://doi.org/10.1080/08923647.2024.2393490>
- Kerimbayev, N., Umirzakova, Z., Shadiev, R., & Jotsov, V. (2023). A student-centered approach using modern technologies in distance learning: A systematic review of the literature. In *Smart Learning Environments* (Vol. 10, Issue 1). Springer. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00280-8>
- Li, F., He, Y., & Xue, Q. (2021). International forum of educational technology & society progress, challenges and countermeasures of adaptive learning. *Technology & Society*, 24(3), 238–255. <https://doi.org/10.2307/27032868>
- Li, Y., Jiang, A., Li, Q., & Zhu, C. (2022). The analysis of research hot spot and trend on artificial intelligence in education. *International Journal of Learning and Teaching*, 8(1) 49–52. <https://doi.org/10.18178/ijlt.8.1.49-52>
- Lin, C. F., Yeh, Y. C., Hung, Y. H., & Chang, R. I. (2013). Data mining for providing a personalized learning path in creativity: An application of decision trees. *Computers and Education*, 68, 199–210. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.05.009>
- Liu, S., Zhang, X., Chen, W., & Zhang, W. (2021). Construction of intelligent adaptive learning platform in ubiquitous environment. *2021 10th International Conference on Educational and Information Technology, ICEIT 2021*, 56–60. <https://doi.org/10.1109/ICEIT51700.2021.9375613>
- Martin, F., Chen, Y., Moore, R. L., & Westine, C. D. (2020). Systematic review of adaptive learning research designs, context, strategies, and technologies from 2009 to 2018. *Educational Technology Research and Development*, 68(4), 1903–1929. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09793-2>

- Mezin, H., Kharrou, S. Y., & Lahcen, A. A. (2022). Adaptive learning algorithms and platforms: A concise overview. In Y. Maleh, M. Alazab, N. Gherabi, L. Tawalbeh, & A. A. Abd El-Latif (Eds.), *Advances in Information, Communication and Cybersecurity* (pp. 3–12). Springer International Publishing.
- Miralrio, A., Muñoz-Villota, J., & Camacho-Zuñiga, C. (2024). From flexibility to adaptive learning: a pre-COVID-19 perspective on distance education in Latin America. In *Frontiers in Computer Science* (Vol. 6). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2024.1250992>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2010). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *International Journal of Surgery*, 8(5), 336–341. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2010.02.007>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Group, P. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Med*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Morze, N., Varchenko-Trotsenko, L., Terletska, T., & Smyrnova-Trybulska, E. (2021). Implementation of adaptive learning at higher education institutions by means of Moodle LMS. *Journal of Physics: Conference Series*, 1840(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1840/1/012062>
- Muñoz, J. L. R., Ojeda, F. M., Jurado, D. L. A., Peña, P. F. P., Carranza, C. P. M., Berríos, H. Q., Molina, S. U., Farfan, A. R. M., Arias-González, J. L., & Vasquez-Pauca, M. J. (2022). Systematic review of adaptive learning technology for learning in higher education. *Eurasian Journal of Educational Research*, 2022(98), 221–233. <https://doi.org/10.14689/ejer.2022.98.014>
- Park, E., Ifenthaler, D., & Clariana, R. B. (2023). Adaptive or adapted to: Sequence and reflexive thematic analysis to understand learners' self-regulated learning in an adaptive learning analytics dashboard. *British Journal of Educational Technology*, 54(1), 98–125. <https://doi.org/10.1111/bjet.13287>
- Peng, Y., Yang, Z., Hou, J. L., Xu, J. R., Liu, S. T., & Ming, F. C. (2010). Complex adaptive organization change: an empirical study on Chinese telecom enterprise. *Advanced Materials Research*, 108, 1458–1464. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.108-111.1458>
- Pressman, R. S. (2010). *Software engineering: A practitioner's approach* (Seventh). McGraw-Hill.
- Randi, J. (2022). Adaptive teaching. In *Adaptive Teaching*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781138609877-ree125-1>
- Srisa-An, C., & Yongsiriwit, K. (2019). Applying machine learning and AI on self automated personalized online learning. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, 320. <https://doi.org/10.3233/FAIA190174>
- van Alten, D. C. D., Phielix, C., Janssen, J., & Kester, L. (2020). Self-regulated learning support in flipped learning videos enhances learning outcomes. *Computers and Education*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104000>
- Wang, S. (2009). Adapting by learning: The evolution of China's rural health care financing. *Modern China*, 35(4), 370–404. <https://doi.org/10.1177/0097700409335381>
- Wang, S., Christensen, C., Cui, W., Tong, R., Yarnall, L., Shear, L., & Feng, M. (2023). When adaptive learning is effective learning: comparison of an adaptive learning system to teacher-led instruction. *Interactive Learning Environments*, 31(2), 793–803. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1808794>
- Xie, H., Chu, H. C., Hwang, G. J., & Wang, C. C. (2019). Trends and development in technology-enhanced adaptive/personalized learning: A systematic review of journal publications from 2007 to 2017. *Computers & Education*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103599>

Yuan, H., Jiang, J., & Chen, D. (2023). Hot spot and development trend of adaptive learning in China based on citespace software. *Frontiers in Educational Research*, 6(8). <https://doi.org/10.25236/FER.2023.060805>

Using Text Mining to Identify Research Trends in Management Information Systems Theses: A Topic Modeling Approach

Mehmet Kokoç¹ , Memnüne Kokoç² , Özge Tuncer¹ 

¹Trabzon University, School of Applied Sciences, Department of Management Information Systems, Trabzon

²Karadeniz Technical University, Centre for Learning and Teaching Excellence, Trabzon

Geliş Tarihi / Received Date: 08.12.2024

Kabul Tarihi / Accepted Date: 20.12.2024

Abstract

This study employs topic modeling to analyze 386 master's and doctoral theses in the field of Management Information Systems (MIS) in Turkey between 2002 and 2024. Using Latent Dirichlet Allocation, the research uncovers key thematic areas such as digital transformation, system integration, process management, and user experience, alongside emerging trends in artificial intelligence, big data, and data mining. The findings reveal that MIS research increasingly addresses interdisciplinary challenges and provides practical solutions for societal and business needs. This study not only maps the evolution of research trends in the MIS field but also offers actionable insights to guide future academic and applied research. The results emphasize the pivotal role of MIS in advancing digital transformation and its potential to contribute significantly to addressing global challenges through technology-driven innovation.

Keywords: management information systems, topic modelling, text mining

Metin Madenciliği ile Yönetim Bilişim Sistemleri Tezlerindeki Araştırma Eğilimlerinin Belirlenmesi: Bir Konu Modellemesi Yaklaşımı

Öz

Bu çalışma, 2002 ve 2024 yılları arasında Türkiye'de Yönetim Bilişim Sistemleri alanında hazırlanmış 386 yüksek lisans ve doktora tezini analiz etmek için konu modelleme yöntemini kullanmaktadır. Gizil Dirichlet Ayrımı (Latent Dirichlet Allocation) yöntemiyle gerçekleştirilen araştırma, dijital dönüşüm, sistem entegrasyonu, süreç yönetimi ve kullanıcı deneyimi gibi temel tematik alanların yanı sıra yapay zekâ, büyük veri ve veri madenciliği gibi yükselen trendleri ortaya koymaktadır. Bulgular, YBS araştırmalarının giderek daha fazla disiplinler arası zorluklara odaklandığını ve toplumsal ile ticari ihtiyaçlar için pratik çözümler sunduğunu göstermektedir. Bu çalışma, Yönetim Bilişim Sistemleri alanındaki araştırma trendlerinin evrimini haritalamakla kalmayıp, gelecekteki akademik ve uygulamalı araştırmalara rehberlik edecek ve lisansüstü tezlere yön verebilecek uygulanabilir öneriler de sunmaktadır. Sonuçlar, Yönetim Bilişim Sistemleri alanının dijital dönüşümü ilerletmedeki kritik rolünü ve teknoloji odaklı yenilikler yoluyla küresel sorunların çözümüne önemli katkılarda bulunma potansiyelini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: yönetim bilişim sistemleri, konu modelleme, metin madenciliği

Introduction

Over the years, information technologies have profoundly changed our personal, social and institutional lives and significantly improved our quality of life. Management Information Systems (MIS) play a central role in the efficient and effective management of modern organizations. By ensuring the provision of accurate, timely and relevant information for decision making, MIS support organizations in achieving their strategic goals (Kasimati et al., 2023). Technological advances and globalization, combined with the growth of the knowledge economy and the rise of digital businesses, have further increased the importance of MIS. Its importance goes beyond commercial enterprises and extends to various sectors, including educational institutions. MIS plays a crucial role in the delivery of effective services in both education and administration. Moreover, the impact of information management processes on information systems has shown that processes such as information sharing, acquisition and application are essential for the success of MIS (Al-Emran et al., 2018; Hameed et al., 2024).

The effective use of MIS also brings significant benefits to complex processes such as supply chain management. The impact of information systems on the planning, procurement and delivery processes within supply chain management underscores their crucial role in helping organizations achieve strategic goals (Kakhki & Gargeya, 2019). In addition, the modular approach to managing information systems facilitates the integration of technological innovations in organizations and adds value to business processes (Sirkemaa, 2019). Consequently, MIS enables organizations to make data-driven decisions and thereby increase their efficiency and effectiveness. As a result, MIS has become an indispensable element of the modern business landscape. Proper management of these systems is critical to organizational success and solidifies their role as a cornerstone of modern business operations.

The rapid advances in information technology and their increasing integration into business processes have significantly increased the importance of MIS. MIS is interdisciplinary and interacts with various fields such as computer science, management science, economics and psychology (Hameed et al., 2024; Özköse et al., 2023). This discipline not only offers innovative solutions to meet the demands of the business world, but also has the potential to transform decision-making processes into data-driven practices. For example, a study using the Apriori algorithm found that MIS researchers are predominantly focused on areas such as e-commerce, information security and data analytics, demonstrating the evolving dynamics of the field (Sertçelik & Önder, 2023).

One effective method for identifying trends in the MIS field is through systematic review studies. A bibliometric and thematic analysis spanning 36 years of research highlights both foundational and emerging topics in MIS. These analyses provide valuable insights into future research directions by examining core themes and the most cited articles in the field of information systems management (Abedin et al., 2020). Another significant research focus is the impact of MIS on sustainable business performance and competitiveness. Specifically, the integration of information systems into human resource management and decision-making processes plays a critical role in determining how businesses perform in terms of sustainability and competitiveness (Djalic et al., 2021). Additionally, the role of information systems in sustainable development has proven to be a vital area of study. MIS contributes significantly to enhancing operational efficiency and optimizing supply chains for businesses. In this context, Green Information Systems (Green IS) initiatives address environmental sustainability challenges while also strengthening businesses' sustainable competitive advantages (Zeng et al., 2020). Another key research topic in the MIS domain is the relationship between Industry 4.0 and lean supply chain management. This area of study explores the role of information and digital technologies in supply chain management and aims to identify existing research gaps in this intersection (Núñez-Merino et al., 2020). These topics not only highlight the evolving priorities within MIS but also emphasize the field's critical contributions to advancing organizational sustainability and efficiency in a rapidly digitalizing world.

In the Turkish context, the academic and applied aspects of MIS have shown significant progress in recent years. The dissertations produced in this field serve as valuable resources to understand the historical development and academic contributions of the discipline. The analysis of these dissertations shows that MIS is predominantly approached using interdisciplinary methods that combine qualitative and quantitative techniques and is most closely related to management sciences, computer science and statistics (Baz & Koşar, 2023; Yarıkaş, 2015). In addition, 403 PhD theses were written in Turkey between 2018 and 2022, highlighting a growing academic interest in the field (Baz & Koşar, 2023). Historically, MIS education in Turkey started at Boğaziçi University in 1995, and today 78 universities offer at least degree programmes in this discipline (Yavuz et al., 2023). However, strengthening the academic staff in the field of MIS and adapting the content of elective courses to the demands of the market are emphasized as essential steps to further strengthen the academic and practical importance of the discipline (Yavuz et al., 2023). Globally, bibliometric analyses show that the MIS field is being reshaped by emerging technologies such as artificial intelligence and data analytics, with research trends becoming increasingly diversified (Abedin et al., 2021; Özköse et al., 2023). Moreover, studies applying advanced analytical methods such as Latent Dirichlet Allocation (LDA) have provided deep insights into the core and emerging topics within MIS and offered a robust framework for understanding the literature (Çallı et al., 2021; Özköse et al., 2023).

Understanding the historical development and current trends in MIS is essential for anticipating the future directions of the discipline and identifying new research opportunities. This comprehensive perspective sheds light on the evolution of the field while emphasizing its crucial role in fostering innovation and efficiency across diverse sectors. MIS, as a discipline, continues to evolve rapidly alongside innovations brought forth by the digital age and technological advancements. Consequently, current trends in MIS are influenced by the technological developments and challenges specific to each era. For example, despite organizations having extensive capacities to collect large volumes of data, their ability to fully utilize this data remains limited due to inadequate tools and expertise. Advanced technologies such as artificial intelligence, machine learning, deep learning, and cloud/edge computing are now playing a pivotal role in enhancing information management practices (Gupta et al., 2023). Text mining, as a technique, enables the extraction of meaningful information from vast text datasets, uncovering hidden patterns and providing insights into the themes and research trends in MIS (Li & Lei, 2021). Such systemic analyses must be designed to guide academic literature and inform future research directions effectively.

Holistically, trends in the MIS domain encompass the integration of advanced technologies, sustainability and competitiveness, information management, and Industry 4.0-related innovations. However, existing research in the field is largely derived from journal publications or expert opinions. This study distinguishes itself by employing an innovative approach to analyzing research trends at the national level, specifically within postgraduate theses. The need for this study is driven by the rapidly evolving technological landscape and the increasing complexity of business operations. By conducting a detailed analysis of theses published within the field of MIS, this research aims to provide valuable insights into current trends, challenges, and opportunities. Additionally, it seeks to identify gaps in the literature and propose new research topics that align with the emerging needs of the discipline.

Method

In the current study, a comprehensive data set of master's and doctoral theses in the field of "Management Information Systems" was compiled by the National Theses Center using the Python library Selenium. A total of 388 theses published between 2002 and 2024 were collected. After excluding those with missing abstracts, 386 theses were included in the analysis. In the text pre-processing phase, important steps such as text cleaning, tokenization, normalization and lemmatization were carried out to prepare the data for analysis. For topic modeling, LDA method

was used to uncover latent thematic structures in the text corpus. The methodological steps undertaken are described in detail under specific subheadings to ensure clarity and replicability.

Data Collection

Creating a corpus for text-based content analysis through topic modeling is a critical step that directly influences the success of the analysis. This study focuses on examining master's and doctoral theses conducted in the "*Management Information Systems*" departments of universities. Using Python's Selenium library, data such as the titles, publication years, categories, topics, publication locations, and abstracts of theses were scraped from the National Theses Center's website. As a result of the web scraping process, a total of 388 theses published between 2002 and 2024 were retrieved. Upon reviewing the dataset, it was observed that some abstracts were missing, leading to the exclusion of these theses from the corpus. Ultimately, a refined dataset comprising 386 theses was created for analysis. Theses from universities without established MIS departments, but where MIS-related research was conducted, were not included in this study due to the scope of the dataset.

Data Pre-processing

Text preprocessing is a critical step in preparing unstructured or semi-structured text for analysis using natural language processing tools. The primary tasks involved in this process include text cleaning, tokenization, normalization, filtering, language processing, lemmatization, and stemming. Text cleaning involves removing elements irrelevant to linguistic processing, while tokenization splits text into individual words or sentences. Normalization standardizes text to a consistent format, including tasks such as converting text to lowercase, transforming numbers into words, and removing HTML tags and special characters. Filtering entails the removal of stop words and other high-frequency or low-frequency terms that lack semantic value.

In the natural language processing domain, additional sub-tasks such as part-of-speech tagging, word sense disambiguation, and semantic structuring play important roles. Part-of-speech tagging assigns linguistic classes to words, defining their grammatical role in the text. Word sense disambiguation predicts the appropriate meaning of a word based on its context, while semantic structuring involves parsing methods to represent the meanings of lexical elements within sentences. Lemmatization, which consolidates various forms of a word under a single term through morphological analysis, is often preferred over stemming for producing more interpretable and meaningful terms, particularly in topic modeling.

Text transformation involves converting preprocessed text data into vector representations compatible with various text mining algorithms. This process encompasses two primary tasks: feature extraction and feature selection. Feature extraction methods, such as Bag-of-Words and Vector Space Model, represent text documents in vector form. Feature selection, on the other hand, reduces the dimensionality of the dataset by selecting a subset of the most significant features. Content analysis can be divided into two main categories: dictionary-based methods derived from linguistics and algorithmic methods from statistics and computer science. Dictionary-based approaches include techniques like computational content analysis, sentiment analysis, and automated content analysis. Algorithmic methods, rooted in machine learning, emphasize classification (supervised) and clustering (unsupervised) techniques (Antons et al., 2020). This comprehensive preprocessing and analysis framework ensures robust data preparation and meaningful insights for applications in computational text analysis and topic modeling.

Topic Modelling

Topic modeling is a technique that can be used to cluster digital documents by identifying groups of words, so-called "topics", that have hidden relationships in the text. Basically, it is an unsupervised text mining method that applies statistical models to data and assumes that texts consist of topics and that topics are in turn formed by co-occurring words (Aggarwal & Zhai, 2012).

As a statistical method for analyzing textual data, topic modeling aims to uncover the underlying topics in the text. This process is often supported by machine learning algorithms and usually involves the following steps: First, text pre-processing is performed to clean the data by removing irrelevant elements such as punctuation and numbers and reducing words to their basic forms (Blei, 2012). A document term matrix is then created which shows the frequency of words in each document. A modeling algorithm, usually LDA, is then applied to identify latent topics in the text. LDA assumes that each document is a mixture of different topics and that the topics consist of certain groups of words (Asmussen & Møller, 2019).

Once the results are generated, the detected themes are visualized, the word distributions are analyzed, and the themes are interpreted. These steps are crucial to evaluate the meaningfulness of the identified themes and to refine the model if necessary. Topic modeling is widely regarded as a powerful tool for automatically understanding and categorizing the content of large text datasets (Jelodar et al., 2019). Its applications span numerous areas, including analyzing social media, evaluating customer feedback and identifying trends in literature.

Latent Dirichlet Allocation

Topic modeling is an unsupervised classification method, similar to numerical data clustering (Grün & Hornik, 2011). One of these methods, LDA, is a probabilistic model where words are the fundamental data units. In LDA, each document contains N words, and a corpus comprises M documents (Blei et al., 2003). The key assumptions of LDA are as follows: each document is a mixture of specific topics, and each topic is a mixture of words (Grün & Hornik, 2011). Words in a document implicitly refer to certain topics, and the words associated with these topics represent groups of words belonging to those topics. LDA traces back which words constitute the documents and determines which topics these words are associated with, ultimately estimating which topics might have generated which documents (Nabli et al., 2018). During this process, the topic of each word in each document is iteratively updated over a certain number of iterations (see Figure 1).

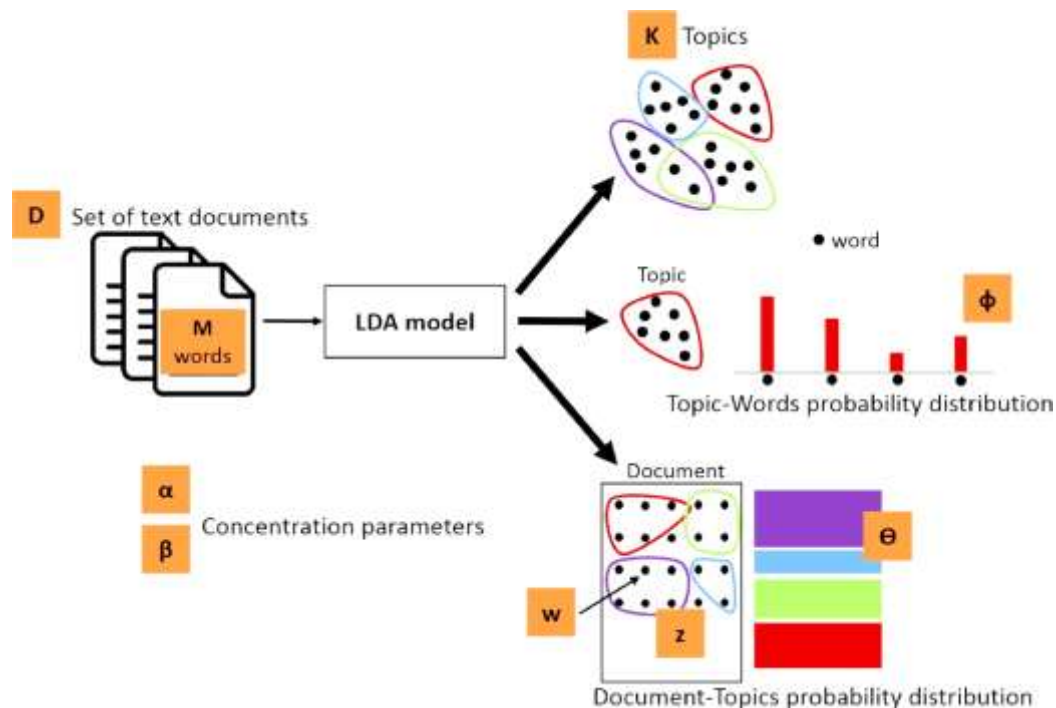


Figure 1. LDA Working Principle (Nabli et al., 2018)

The working principle of LDA follows these steps:

- Step 1: Each word is randomly assigned a topic.

- Step 2: For every word w in each document, the current topic-word assignment is updated with a new assignment. The new topic k is determined by the product of probabilities $p_1 \times p_2$, which calculate the likelihood of w being assigned to k . In other words, two probabilities are calculated for the topics assigned to each word.
- Step 3: $p_1 = (\text{topic } 't' / \text{document } 'd')$ ratio, which represents the proportion of words in document d currently assigned to topic t . $p_2 = (\text{word } 'w' / \text{topic } 't')$ ratio, which represents the proportion of assignments of topic t to word w across all documents. LDA calculates $p_1 \times p_2$ and uses this to determine the most appropriate topic k for each word w .
- Step 4: This process repeats multiple times until the document-topic and topic-term distributions stabilize, reaching a steady state. This stable point represents the convergence of LDA.

LDA operates under the assumption that all current topic-term distributions, except for the current term, are accurate. Hence, it attempts to update the term-topic assignment with a new topic that has a probability of $p_1 \times p_2$ (Blei et al., 2003; Blei, 2012).

Results

The study presents the number of postgraduate theses published annually in the field of MIS. The highest number of master's theses was observed in 2023 with 64 theses, followed by 2019 with 58 theses and 2022 with 57 theses. The distribution of master's theses counts for other years is detailed in Figure 2. For doctoral theses, the highest publication numbers were recorded in 2023 with 11 theses and in 2022 with 10 theses. No theses were published in the years 2002, 2004, 2005, 2006, 2009, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, or 2016. As of May 2024, the National Theses Center website lists 19 master's theses, and two doctoral theses published for the year 2024.

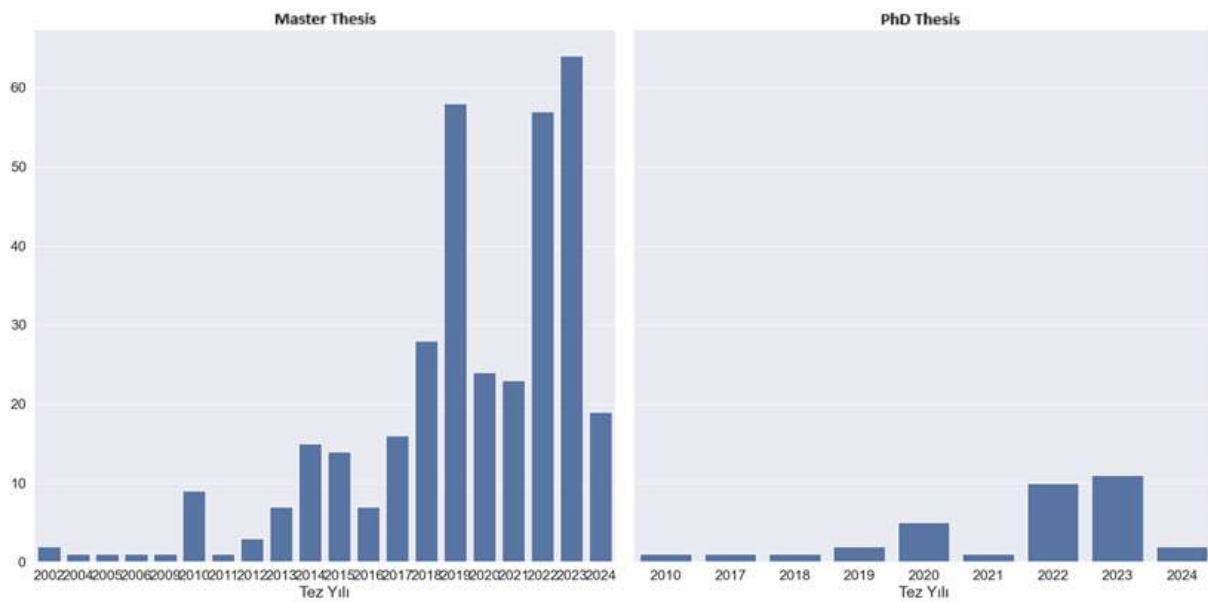


Figure 2. Theses Publication Counts by Year and Type

To uncover research trends, the texts of relevant theses were analyzed, and word clouds were generated. Word clouds are utilized to visualize the key concepts of academic studies and their interrelations. Each word cloud in Figure 3 highlights frequently recurring keywords such as “use,” “study,” “system,” and “information”. For instance, in Topic 3, words like “information,” “system,” “study,” and “datum” stand out, while Topic 7 features terms such as “information,” “system,” “technology,” “process,” and “web”. This indicates that these terms are central to all topics and that the studies predominantly focus on technology use, process management, and information systems.

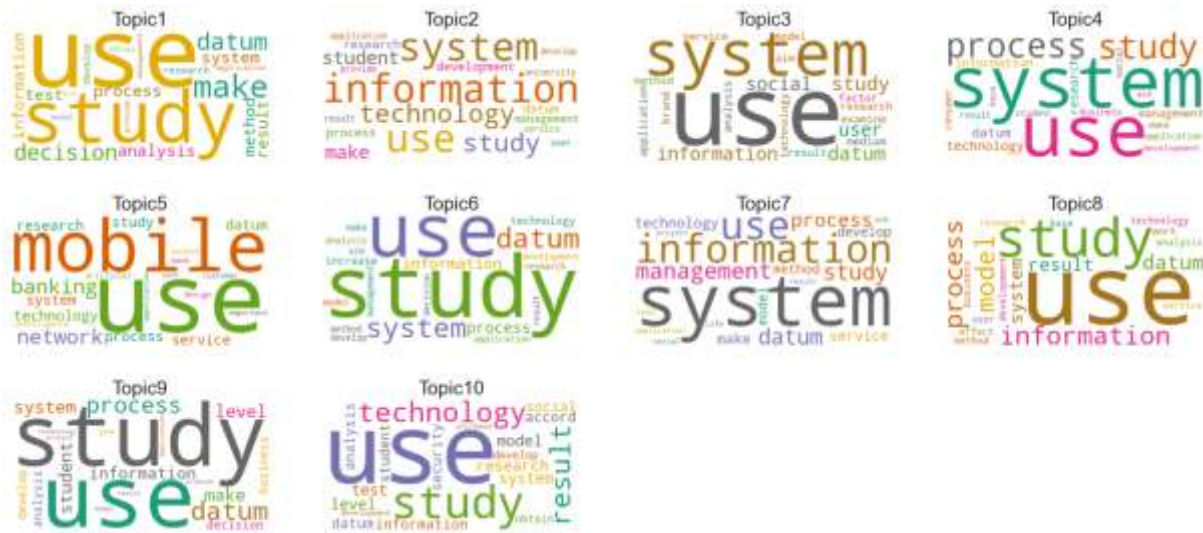


Figure 3. Topics Word Cloud

Between 2002 and 2024, a topic modeling and LDA analysis were conducted on 386 master's and doctoral theses published in the MIS field. The findings from the analysis are presented in Figure 4.

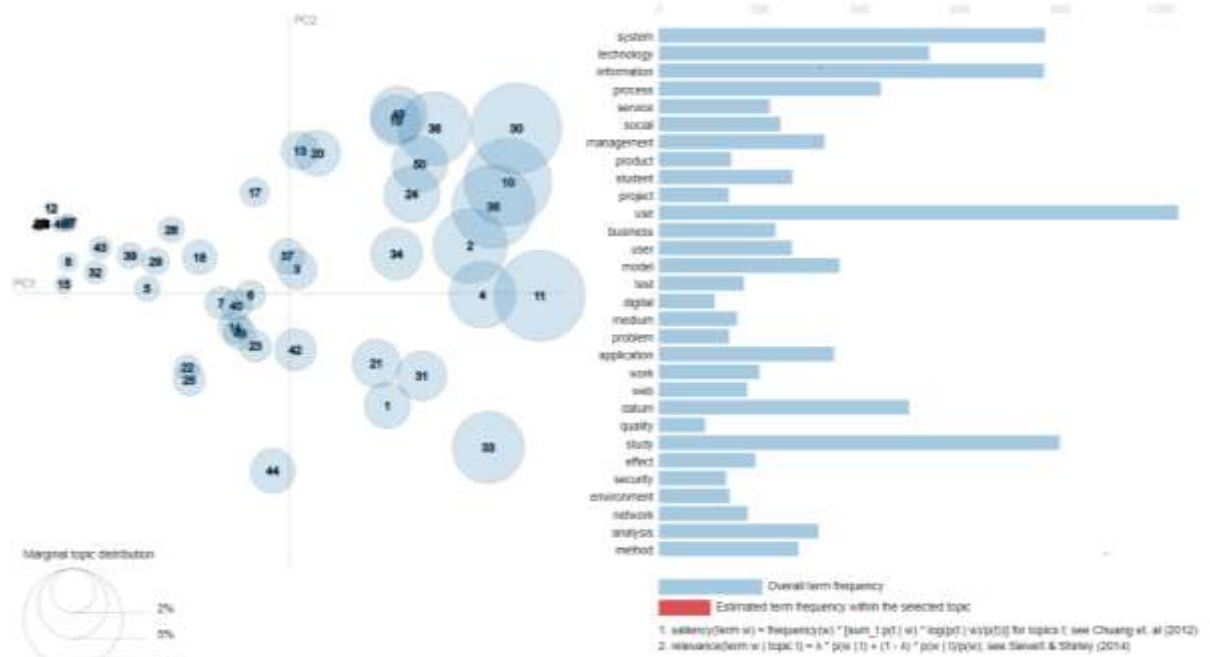


Figure 4. Topic Modeling Map of Theses

As seen in Figure 4, the larger bubbles indicate that these topics are heavily researched within the MIS field. Specifically, the concentration of studies related to keywords such as “system,” “information,” “digital,” “technology,” “process,” “service,” and “management” is noteworthy. This highlights the prominence of areas such as digital transformation, information management, system integration, system design, management and optimization, as well as business process management and optimization in MIS research. Medium-sized bubbles are associated with keywords like “system,” “project,” “product,” “technology,” “security,” “application,” “service,” and “experience.” These keywords emphasize the significance of studies on project management, product management, general management strategies, information security, information systems management, user experience, and user-centric services. Smaller bubbles represent more specific and less frequently

researched areas, associated with keywords such as “test,” “analysis,” “model,” “system,” “security,” and “environment.” These studies focus on research methods, modeling, network security, and environmental factors.

In the study, theses contributing the highest “Contribution %” for each “Dominant Topic” were examined to provide an in-depth analysis of specific topics. The “Contribution %” of each theses to its “Dominant Topic” reflects the academic significance of the topic and the unique contribution of the study. Table 1 lists the theses sorted by their contributions to each dominant topic, including the titles, years, types, and contribution percentages. This analysis clearly indicates which study contributes the most to each topic. As shown in Table 1, the contribution percentages of the top studies for each dominant topic range between 98.78% and 99.69%. These high percentages underline the depth and significance of these studies in their respective topics. For instance, the study titled “*Data mining analysis on domestic violence against women: A case of Turkey*” achieved a contribution percentage of 99.40%, making it one of the top contributors to Dominant Topic 1.

Table 1. Theses That Provide the Highest Contribution for Each Dominant Topics

Topic No	Theses Year	Theses Type	Dominant Topic	Contribution %	Topic Terms
Data mining analysis on domestic violence against women: A case of Turkey	2020	Master	1	99.40	use, study, make, datum, decision, analysis, process, information, system, method, test, result, research, develop, application, management, model, provide, aim, social
Ankara Yildirim Beyazit University Esenboğa Campus map applications	2020	Master	2	99.68	information, use, system, technology, study, student, make, development, datum, process, research, management, application, service, result, university, user, also, develop, provide
A study on determinants of friendship relations in social networks	2017	Master	3	95.56	use, system, study, datum, information, social, user, research, application, technology, brand, medium, examine, analysis, service, factor, aim, method, result, model
Design and application of indoor guidance system with beacon technologies for hearing impaired individuals	2023	Master	4	99.19	system, use, process, study, technology, datum, information, research, management, application, student, business, result, social, consumer, make, development, base, aim, also
Why banks adopt mobile banking: The case of Turkey	2018	Master	5	98.78	use, mobile, banking, network, technology, study, research, system, service, process, datum, intelligence, bank, design, application, customer, artificial, important, user, method
An automatic speech recognition system proposal for organizational development	2023	Master	6	99.69	study, use, system, datum, information, process, technology, increase, development, application, management, result, analysis, make, develop, model, aim, method, research, decision
A decision support system for fake news detection in Turkish language with supervised machine learning algorithms	2022	Master	7	99.45	system, information, use, management, study, datum, process, technology, make, service, develop, method, model, application, social, project, web, need, result, life
Modelling and analysis of an enterprise network and its security structures	2010	Master	8	99.54	use, study, information, process, model, datum, result, system, technology, analysis, method, research, work, user, also, base, effect, development, service, business
Design and development of project production systems via artificial intelligence in organizations	2023	PhD	9	99.64	study, use, datum, process, system, student, make, level, information, decision, analysis, develop, business, technology, project, game, problem, application, model, result
Measuring the impact value of social media marketing applications on the city branding process: An experimental research on Konya city branding	2024	Master	10	99.57	use, study, technology, result, research, model, level, system, test, information, analysis, security, social, datum, student, accord, develop, obtain, development, increase

Table 2. Topics and Terms

Topic No	Terms per Topic	Topics Summarize
Topic 1	use, study, make, datum, decision, analysis, process, information, system, method, test, result, research, develop, application, management, model, provide, aim, social	Research and development processes, decision-making and analysis
Topic 2	information, use, system, technology, study, student, make, development, datum, process, research, management, application, service, result, university, user, also, develop, provide	Technology and system information, educational studies
Topic 3	use, system, study, datum, information, social, user, research, application, technology, brand, medium, examine, analysis, service, factor, aim, method, result, model	User research and applications, system studies
Topic 4	system, use, process, study, technology, datum, information, research, management, application, student, business, result, social, consumer, make, development, base, aim, also	Management and research in technology and business applications
Topic 5	use, mobile, banking, network, technology, study, research, system, service, process, datum, intelligence, bank, design, application, customer, artificial, important, user, method	Mobile banking and network technology, customer applications
Topic 6	study, use, system, datum, information, process, technology, increase, development, application, management, result, analysis, make, develop, model, aim, method, research, decision	Process and system development, educational applications
Topic 7	system, information, use, management, study, datum, process, technology, make, service, develop, method, model, application, social, project, web, need, result, life	Management systems, technology services, project development
Topic 8	use, study, information, process, model, datum, result, system, technology, analysis, method, research, work, user, also, base, effect, development, service, business	Process information, system analysis, and technological impacts
Topic 9	study, use, datum, process, system, student, make, level, information, decision, analysis, develop, business, technology, project, game, problem, application, model, result	Decision-making processes, business technology applications
Topic 10	use, study, technology, result, research, model, level, system, test, information, analysis, security, social, datum, student, accord, develop, obtain, development, increase	Technology security, research and development, educational studies

The topics and terms identified in the study are summarized in Table 2. The publication years of the studies provide insights into the temporal development and level of interest in these topics. For example, a theses published in 2023 titled “*Design and application of indoor guidance system with beacon technologies for hearing impaired individuals*” achieved a contribution percentage of 99.19% in Dominant Topic 4. This indicates that research on beacon technologies and their application for individuals with hearing impairments has become a significant research area in recent years. Key terms offer a general overview of each study’s content. They reveal the focus areas and contributions of the study. For instance, a study includes key terms such as “*use, study, make, datum, decision*” reflecting its focus on data mining and decision support systems.

Discussion and Conclusion

In the study, theses conducted in the field of MIS between 2002 and 2024 were examined, and topic modeling was performed on these theses using the LDA method. The findings of the study reveal significant increases in the number of theses in the field of MIS over the years, with academic productivity accelerating during certain periods. This increase can be associated with the growing academic interest in digital transformation and the integration of information systems. It was observed that research has focused on technology-oriented topics and has made significant contributions in this area.

The LDA analysis conducted within the scope of this study found that MIS research largely focuses on topics such as system integration, process management, information systems, and digital transformation. An analysis of key terms reveals that knowledge and technology management is a central theme in MIS research. This finding is consistent with the results of related trend studies in the literature (Kakhi & Gargeya, 2019; Özköse et al., 2023). In particular, the impact of digitization processes on business management and information systems integration constitutes a significant portion of these studies. Additionally, specific topics such as user experience, data analysis, and security have been identified as important research areas. These findings confirm that MIS is a field that responds to the increasing technological needs of a rapidly digitizing world.

Key topics highlighted in the theses include data mining, decision support systems, and user-centered technological solutions. These studies emphasize the potential of MIS for developing technologies aimed at practical applications and its contributions to projects with societal benefits as indicated by Hameed et al. (2024). Research in areas such as data mining and artificial intelligence has made significant contributions to the relevant literature, while topics such as mobile banking and information security have gained increasing interest in recent years. In this context, it can be said that graduate theses produced in the field of MIS in Turkey have a wide range of applications and offer solutions to both business and societal challenges.

According to the word clouds and topic modeling results, themes such as information systems, process management, and technology usage emerge as frequently studied topics in the field of MIS. These studies primarily focus on the digitization of business processes and the optimization of system integration. This finding aligns with the results of systematic literature reviews and trend studies in the field (Abedin et al., 2020; Gupta et al., 2023). More specific areas, such as user experience and information security, are also prominent research topics, with growing importance in MIS studies. Thus, the findings indicate that MIS is at the center of technology-oriented research and contributes to digitization processes. This result parallels trend studies suggesting that the future of MIS lies in the effective integration of technology and data (Özköse et al., 2023). Furthermore, the analysis shows that there are very few studies in the field of MIS, especially on MIS education. However, it is believed that effective use of learning approaches and instructional technologies can significantly increase the effectiveness of computing education (Kılıç-Çakmak et al., 2017). It should be considered that the integration of technology into education can not only increase student achievement, but also provide innovative solutions to facilitate the understanding of complex disciplines such as MIS. Accordingly, a greater focus on MIS education can enhance the discipline's contributions in both academic and practical areas.

In light of the findings of this study, it is recommended that future research in the field of MIS looks more closely at topics such as digital transformation, information security and user experience. By adopting interdisciplinary approaches, research can be conducted on broader applications in areas such as information systems management and process optimization. Furthermore, the inclusion of technologies such as artificial intelligence, big data, and data analytics in MIS studies can expand the theoretical and practical knowledge base in this field (Yavuz et al., 2023). Studies in MIS should also be encouraged to produce solutions to societal challenges. In this context, the more effective use of technologies such as data mining, artificial intelligence, and decision support systems in projects aimed at societal benefits can make significant contributions to both literature and practical applications. Institutions can support academic projects aimed at developing innovative solutions in the areas of digitization and technology integration, thereby advancing these fields further.

In conclusion, this study provides a roadmap for future studies by identifying academic research trends in the field of MIS. While MIS continues to deepen its focus on topics such as digitization, technology management, and process optimization, it is clear that studies addressing broader societal and economic issues should be encouraged. Additionally, supporting studies that offer technology-based solutions to societal challenges will accelerate the development of MIS as a field that provides both academic and practical benefits.

Limitations and Future Directions

In the study, graduate theses published in the field of MIS in Turkey between 2002 and 2024 were examined. While these theses were analyzed in detail based on specific parameters, the study has some limitations. Theses written before the establishment of MIS departments in universities and prepared in other departments (e.g., production management, marketing, quantitative methods) were not included in the study. The exclusion of these theses, which address topics believed to be relevant to the MIS field, is a limitation. Future studies are recommended to include theses from different departments conducted before the establishment of MIS departments to prevent potential misclassifications related to the field. The analysis of the theses in this study was carried out using text mining and word frequency methods. However, such methods can lead to misinterpretations if certain words are frequently used without considering their context. Some terms in the theses may appear to belong to MIS topics based on their frequency, but the broader context of the theses may not support this conclusion. To mitigate this limitation, future studies could involve domain experts reviewing a subset of these theses for validation. A broader expert evaluation is believed to play a significant role in improving the reliability of the study and reducing misclassifications. Since the text mining method was used in this study, the analysis was limited to the abstracts and basic information of the theses. Due to time and resource constraints, it was not possible to analyze the full texts of the theses. Future studies could expand the scope of this research to include full-text analysis of the theses, which could enable more accurate classification of topics and yield more reliable results. The current study only examined graduate theses conducted in Turkey. Future research could also include theses from different countries, enabling comparative studies that provide deeper insights into the MIS field on a global scale.

Authors' Contributions

Mehmet Kokoç; conceptualization, methodology, data curation, writing – original draft, writing – review & editing. *Memnüne Kokoç*; methodology, writing – original draft, writing – review & editing. *Özge Tuncer*; methodology, formal analysis, validation, writing – original draft.

Ethics

There are no ethical issues related to the publication of this article.

Conflicts of Interest

There are no conflicts of interest.

ORCID

Mehmet Kokoç  <https://orcid.org/0000-0002-1347-8033>

Memnüne Kokoç  <https://orcid.org/0000-0003-3740-7341>

Özge Tuncer  <https://orcid.org/0000-0002-3294-8985>

References

- Abedin, B., Jafarzadeh, H., & Olszak, C. (2020). Thirty-six years of information systems management: A bibliometric and thematic analysis. *Information Systems Management*, 38, 151-164. <https://doi.org/10.1080/10580530.2020.1781987>
- Aggarwal, C. C., & Zhai, C. (2012). An introduction to text mining. In *Mining Text Data* (s. 1-10) Springer.
- Al-Emran, M., Mezhyuev, V., Kamaludin, A., & Shaalan, K. (2018). The impact of knowledge management processes on information systems: A systematic review. *International Journal of Information Management*, 43, 173-187. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.08.001>

- Antons, D., Grünwald, E., Cichy, P., & Salge, T. O. (2020). The application of text mining methods in innovation research: current state, evolution patterns, and development priorities. *R&D Management*, 50(3), 329-351. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1111/radm.12408>
- Asmussen, C. B., & Møller, C. (2019). Smart literature review: a practical topic modelling approach to exploratory literature review. *Journal of Big Data*, 6(1), 1-18. <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0255-7>
- Blei, D. M. (2012). Probabilistic topic models. *Communications of the ACM*, 55(4), 77-84. <https://doi.org/10.1145/2133806.2133826>
- Blei, D. M., Ng, A. Y., & Jordan, M. I. (2003). Latent dirichlet allocation. *Journal of Machine Learning Research*, 3, 993-1022. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/944919.944937>
- Campbell-Kelly, M. (1996). Information technology and organizational change in the British census, 1801-1911. *Information Systems Research*, 7(1), 22-36. <https://www.jstor.org/stable/23010787>
- Çallı, L., Çallı, F., & Alma Çallı, B. (2021). Topic Modeling of Postgraduate Theses in Management Information Systems Discipline with Latent Dirichlet Allocation (LDA) Algorithm. *MANAS Journal of Social Studies*, 10(4), 2355-2372. <https://doi.org/10.33206/mjss.894809>
- Djalic, N., Nikolic, M., Bakator, M., & Erceg, Z. (2021). Modeling the influence of information systems on sustainable business performance and competitiveness. *Sustainability*, 13(17), 9619. <https://doi.org/10.3390/su13179619>
- Grün, B., & Hornik, K. (2011). Topicmodels: An R package for fitting topic models. *Journal of Statistical Software*, 40(13), 1-30. <https://doi.org/10.18637/jss.v040.i13>
- Gupta, B., Gaurav, A., Panigrahi, P., & Arya, V. (2023). Analysis of cutting-edge technologies for enterprise information system and management. *Enterprise Information Systems*, 17. <https://doi.org/10.1080/17517575.2023.2197406>
- Hameed, I.M., Singla, J., & Goel, R. (2024). Management information systems and organizational agility: A bibliometric analysis. *Competitiveness Review*. <https://doi.org/10.1108/CR-08-2024-0157>
- Jelodar, H., Wang, Y., Yuan, C., Feng, X., Jiang, X., Li, Y., & Zhao, L. (2019). Latent Dirichlet allocation (LDA) and topic modeling: models, applications, a survey. *Multimedia Tools and Applications*, 78, 15169-15211. <https://doi.org/10.1007/s11042-018-6894-4>
- Kakhki, M., & Gargeya, V. (2019). Information systems for supply chain management: a systematic literature analysis. *International Journal of Production Research*, 57, 5318 - 5339. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1570376>
- Kasimati, A., Psiroukis, V., Panoutsopoulos, H., Mouseti, S., Mylonas, N., & Fountas, S. (2023). Management Information Systems and Emerging Technologies. In: Vougioukas, S.G., Zhang, Q. (Eds) *Advanced Automation for Tree Fruit Orchards and Vineyards. Agriculture Automation and Control*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26941-7_9
- Kılıç Çakmak, E., Taşkın, N., & Kokoç, M., (2017). Öğrenme yaklaşımlarının öğretim teknolojileri alanındaki yeri ve önemi. In H. F. Odabaşı, B. Akkoyunlu, & A. İşman (Ed.), *Eğitim Teknolojileri Okumaları 2017* (pp. 451-465). TOJET - The Turkish Online Journal of Educational Technology. http://www.tojet.net/e-book/eto_2017.pdf
- Li, X., & Lei, L. (2021). A bibliometric analysis of topic modelling studies (2000-2017). *Journal of Information Science*, 47(2), 161-175. <https://doi.org/10.1177/0165551519877049>

- Nabli, H., Djemaa, R. B., & Amor, I. A. B. (2018). Efficient cloud service discovery approach based on LDA topic modeling. *Journal of Systems and Software*, 146, 233-248. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.09.069>
- Núñez-Merino, M., Maqueira-Marín, J., Moyano-Fuentes, J., & Martínez-Jurado, P. (2020). Information and digital technologies of Industry 4.0 and Lean supply chain management: A systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 58, 5034 - 5061. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1743896>
- Özköse, H., Ozyurt, O., & Ayaz, A. (2023). Management information systems research: A topic modeling based bibliometric analysis. *Journal of Computer Information Systems*, 63(5), 1166-1182. <https://doi.org/10.1080/08874417.2022.2132429>
- Silge, J., & Robinson, D. (2017). Topic modeling. In *Text mining with R: A tidy approach* (s. 89-108). USA: O'Reilly Media.
- Sirkemaa, S. (2019). Information systems management – Understanding modular approach. *Journal of Advances in Information Technology*, 10(4), 148-151. <https://doi.org/10.12720/jait.10.4.148-151>
- Yavuz, Ö. Ç., Taş, K., & Çağlar, B. (2023). Overview of the Management Information Systems Discipline in Turkey. *Karadeniz Technical University Institute of Social Sciences Journal of Social Sciences*, 13(25), 73-94. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sbed/issue/78262/1196569>
- Zeng, F., Lee, S., & Lo, C. (2020). The role of information systems in the sustainable development of enterprises: A systematic literature network analysis. *Sustainability*, 12(8), 3337. <https://doi.org/10.3390/su12083337>

Al7075-Al₂O₃ Kompozitlerin Toz Metalürjisi ve Sıcak Preslemeyle Üretimi ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması

Elif Işık¹ , Aleyna Taşkın² , Mahmut Can Şenel² 

¹Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği, Sivas

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Samsun

Geliş Tarihi / Received Date: 22.02.2024

Kabul Tarihi / Accepted Date: 30.09.2024

Öz

Bu çalışmada, ağırlıkça farklı oranlarda (%1, 3, 6, 9, 12, 15) alümina (Al₂O₃) içeren Al7075 alüminyum matrisli kompozitlerin üretimi ve karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Toz metalürjisi ve indüksiyonla sıcak presleme yöntemleriyle üretilen numunelerin mikroyapısı, yoğunluğu, gözeneklilik oranı, sertliği ve basma dayanımı incelenmiştir. Çalışma sonucunda artan alümina takviyesinin belli bir orana kadar (ağırlıkça %12) kompozitin mekanik özelliklerini arttırdığı görülmüştür. En yüksek yoğunluğa (2.7 g cm⁻³), sertliğe (170±2 HV), basma dayanımına (471±6 MPa) ve en düşük gözeneklilik oranına (%8.2) Al7075-%12Al₂O₃ kompozitte erişilmiştir. Ancak ağırlıkça %15 alümina takviye oranında alümina partiküllerinin topaklanmasından kaynaklı olarak mekanik özelliklerde düşüş görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Al7075 alaşımı, alümina, toz metalürjisi, kompozit, mekanik özellik

Investigation of the Mechanical Properties and Fabrication of Al7075-Al₂O₃ Composites by Powder Metallurgy and Hot Pressing

Abstract

In this work, the fabrication and characterization of Al7075 aluminum matrix composites with different weight ratios (1, 3, 6, 9, 12, 15wt.%) of alumina (Al₂O₃) contents were carried out. The microstructure, density, porosity rate, hardness, and compressive strength of the samples were examined which were fabricated via the powder metallurgy and induction hot pressing methods. As a result of the study, it was seen that an increase in alumina reinforcement positively affected the microstructure and mechanical properties of the composite up to a certain rate (12% by weight). The highest density (2.7 g cm⁻³), hardness (170±2 HV), compressive strength (471±6 MPa), and lowest porosity rate (8.2%) were achieved in the Al7075-12%Al₂O₃ composite. However, a decrease in mechanical properties was observed at 15wt.% alumina reinforcement due to the agglomeration of alumina particles.

Keywords: Al7075 alloy, alumina, powder metallurgy, composite, mechanical property

Giriş

Alüminyum ve alaşımları, düşük ağırlık, yüksek özgül dayanım, düşük maliyet, kolay şekillendirilebilme, yüksek termal ve ısı iletkenlik gibi özellikleri sayesinde en çok tercih edilen malzeme gruplarından birini oluşturmaktadır (Li vd., 2023). Özellikle Al7075 alüminyum alaşımı, yüksek mukavemet ve tokluk değerleriyle araştırmacıların ilgisini çekmekte olup metal matrisli kompozit malzemelerde sıklıkla matris elemanı olarak tercih edilmektedir (Devaganesh vd., 2020). Aynı zamanda hafif bir malzeme olan bu alaşım, başta yapısal parçalar olmak üzere füze parçaları, motor gövdesi, uçak bağlantı parçaları, savunma ekipmanları gibi birçok uygulamada kullanılmaktadır (Mandal vd., 2018).

Al7075 alüminyum alaşımının yapısına ilave edilen seramik (alüminyum oksit (Al_2O_3), zirkonyum dioksit (ZrO_2), silisyum nitür (Si_3N_4), bor karbür (B_4C), titanyum karbür (TiC), tungsten karbür (WC), silisyum karbür (SiC) ve karbon bazlı malzemeler (grafit, grafen ve karbon nanotüp) sayesinde kompozitlerin mekanik, tribolojik, termal, elektriksel ve kimyasal özellikleri arttırabilmektedir. (Menachery vd., 2023). Bu malzemeler arasında alümina; yüksek aşınma dayanımı, yüksek sertlik, yüksek korozyon dayanımı, yüksek ergime sıcaklığı gibi özelliklere sahiptir. Ayrıca alümina, kolay temin edilebilen düşük maliyetli bir malzemedir (Heimann, 2010; Matori vd., 2012).

Metal matrisli kompozitlerin üretiminde sürtünme karıştırma (Dressler vd., 2009), karıştırmalı döküm (Mohan vd., 2023), toz metalürjisi (Wang vd., 2024), sıkıştırımlı döküm (Pragathi ve Elansezhian, 2023), infiltrasyon (Yang vd., 2024) ve plazma püskürtme (Xu vd., 2023) gibi birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Karmaşık geometrilerin nihai şekle yakın olarak üretilmesini sağlayan toz metalürjisi yöntemi metal matrisli kompozit üretiminde oldukça sık tercih edilmektedir (Sheraf ve Darius Gnanaraj, 2023). Toz metalürjisi yöntemi, toz formundaki malzemelerin çeşitli işlem basamaklarından (karıştırma, şekillendirme ve sinterleme) geçirilmesiyle parça üretimini amaçlamaktadır. Özellikle küçük boyutlu, yüksek maliyetli ve karmaşık şekilli parçalarda yüksek yüzey kalitesiyle üretim yapılabilmesini sağlamaktadır (Reza Akbarpour vd., 2023). İndüksiyonla sıcak presleme ise, yüksek sıcaklık ve basıncın eş zamanlı olarak uygulandığı oldukça hızlı bir işlemdir. Bu işlemin kısa sürede gerçekleşmesinden dolayı tane büyümesi ve oksidasyonun önüne geçilebilmektedir (Fomin vd., 2019; Şenel ve Demir, 2023).

Literatürde Al7075- Al_2O_3 kompozitlerin üretimine ve karakterizasyonuna yönelik farklı çalışmalar bulunmaktadır. Aghajani ve ark., çalışmalarında Al7075- Al_2O_3 kompozitlerde takviye oranının (hacimce %40, 50 ve 60), şekillendirme basıncının (50 ve 100 MPa) ve karıştırma süresinin (10 dk ve 5 saat) mikroyapı ve mekanik özellikler üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda en yüksek bağıl yoğunluk (%96.6) ve sertlik (198.2 HV) 100 MPa basınçta şekillendirilen 5 saat karıştırma süresine sahip Al7075-40 Al_2O_3 kompozitte elde edilmiştir (Aghajani vd., 2023). Bharath ve ark., Al2014- Al_2O_3 (ağırlıkça %9, 12 ve 15) kompozitlerin mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Mekanik testler sonucunda, Al2014-%15 Al_2O_3 kompozitte sertlik, çekme ve akma dayanımında sırasıyla %19.2, %29.6 ve %29.5 oranlarında artış elde edilmiştir (Bharath vd., 2021). Liu ve ark., ağırlıkça %5 Al_2O_3 içeren numunelerde farklı öğütme sürelerinin (5, 10, 15 ve 20 saat) mikroyapı ve mekanik özellikler üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Mikroyapı analizleri sonucunda, 20 saatlik öğütme sonrasında yapıdaki düzensiz fazın önemli ölçüde azaldığı ve küçük ve düzgün parçacıkların elde edildiği görülmüştür. En yüksek çekme dayanımına da (610 MPa) 20 saat öğütme sonrasında erişilmiştir (Liu vd., 2020). Hallem ve ark., karıştırmalı döküm yöntemiyle ağırlıkça farklı oranlarda (%4, 6, 8 ve 10) Al_2O_3 içeren Al7075- Al_2O_3 kompozitlerin mekanik ve tribolojik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda Al7075-%10 Al_2O_3 kompozitin Brinell sertliğinde ve basma dayanımında sırasıyla %172 ve %129 oranlarında artış sağlanmıştır. Aşınma oranında ise %66 oranında bir azalma görülmüştür (Hallem vd., 2018). Srivastava ve ark., Al7075 alüminyum matrise ağırlıkça %0.5, 1.5, 2 ve 2.5 Al_2O_3 takviyesinin mikroyapı ve mekanik özelliklere olan etkisini incelemişlerdir. Toz metalürjisi yönteminin kullanıldığı çalışmada, en yüksek relatif yoğunluk (%94.3), sertlik (90.7 HV) ve basma dayanımı (246 MPa) Al7075-%2 Al_2O_3 kompozitte tespit edilmiştir (Srivastava vd., 2020).

Al-Al₂O₃ kompozitlerle ilgili çalışmalar incelendiğinde, bu konu hakkında birçok çalışmanın bulunduğu görülmüştür. Ancak toz metalürjisi ve indüksiyonla sıcak presleme yöntemlerinin birlikte kullanıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bundan dolayı bu çalışmada da toz metalürjisi ve indüksiyonla sıcak presleme yöntemleriyle ağırlıkça farklı oranlarda (%3, 6, 9, 12 ve 15) alümina içeren Al7075-Al₂O₃ kompozitler üretilmiştir. Üretilen kompozitlerin mikroyapısı ve mekanik özellikleri (yoğunluk, sertlik ve basma dayanımı) incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

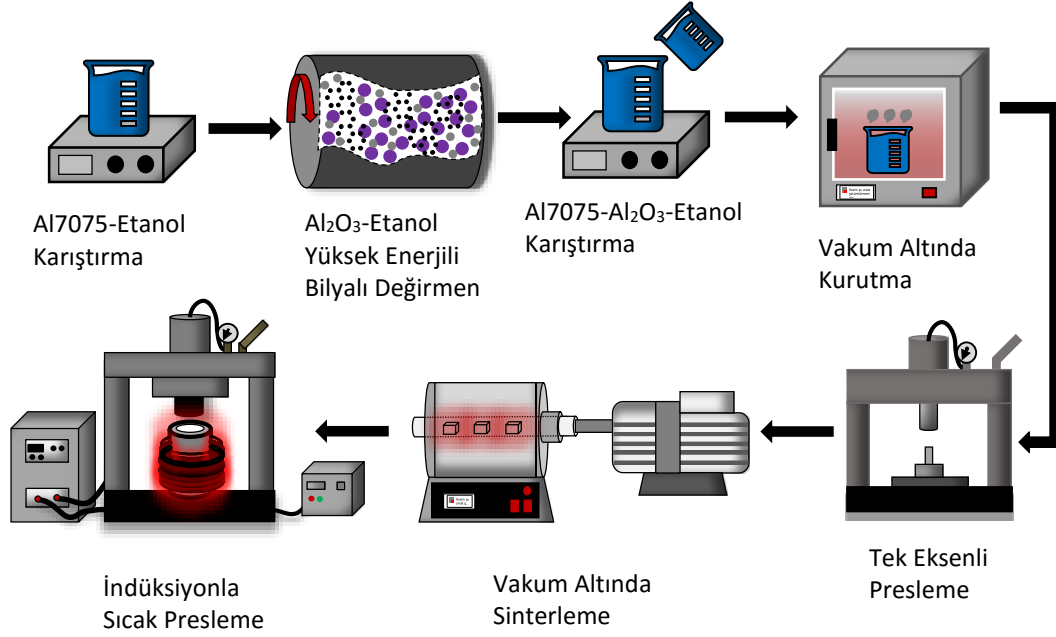
Çalışmada matris ve takviye elemanı olarak sırasıyla Al7075 alüminyum alaşımı ve Al₂O₃ tercih edilmiştir. Al7075 alüminyum alaşımı tozu Nanografi (Türkiye) firmasından temin edilmiştir. Kimyasal kompozisyonu Tablo 1'de verilen alüminyum alaşımı 2.81 g cm⁻³ teorik yoğunluğa ve 10 µm ortalama tane boyutuna sahiptir. Al₂O₃ tozu ise Hindalco (Hindistan) firmasından tedarik edilmiştir. Al₂O₃ tozları 3.98 g cm⁻³ yoğunluğa ve 4 µm ortalama tane boyutuna sahiptir. Al7075 alaşımı içerisindeki alaşım elementlerinin yüzdesi Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. %Ağırlıkça Al7075 Alaşımı İçerisindeki Alaşım Elementleri (Bai vd., 2019)

Al	Cu	Mg	Si	Zn	Fe	Mn	Cr	Ti
90.02-87.3	1.2-2.0	2.1-2.9	0.4	5.1-6.1	0.5	0.3	0.18-0.28	0.2

Yöntem

Çalışmada Al7075-Al₂O₃ kompozitler toz metalürjisi ve indüksiyonla sıcak presleme yöntemleriyle üretilmiş, mikroyapıları ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Öncelikle Al7075 alüminyum alaşımı tozu ısıtıcı manyetik karıştırıcıda etanol içerisinde 60 dk boyunca karıştırılmıştır. Aynı süreçte Al₂O₃ tozu da etanol içerisinde yüksek enerjili bilyalı değirmende 600 dev dk⁻¹ hızda karıştırılmıştır. Ardından iki toz karışımı matris-takviye elemanı etkileşimini arttırmak amacıyla birbiri içerisine eklenerek 20 dk boyunca ısıtıcı manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Hazırlanan toz karışımı etanolün uzaklaştırılması için filtrelenmiş ve sürekli vakum altındaki etüvde 50°C'de 16 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutulan tozlar agat havanda ezilip 200 µm'lik elekten geçirilmiştir. Hazırlanan tozlar paslanmaz çelik kalıba dökülerek tek eksenli hidrolik preste 700 MPa basınç altında şekillendirilmiştir. Ardından hazırlanan numuneler 600°C sıcaklıkta 1 saat boyunca sürekli vakum altında sinterlenmiştir. Sinterleme işleminin ardından indüksiyonla sıcak presleme işlemine tabi tutulmuştur. Grafit kalıba yerleştirilen numunelere 500°C sıcaklıkta 25 MPa basınç uygulanmıştır. Bu işlem için optimum parametreler deneme-yanılma yöntemiyle 41 s ısıtma, 30 saniye bekleme ve 10 s soğutma süresi olarak belirlenmiştir. Üretilen numunelerin yüzeyleri zımparalanıp (600, 1200 ve 2500'lük SiC su zımparası) parlatılarak (1 µm elmas solüsyon) mikroyapı analizlerine ve mekanik testlere hazır hale getirilmiştir. Çalışmada kullanılan proses parametrelerine yürütülen önceki çalışmalar ışığında karar verilmiştir (Şenel vd., 2024; Taşkin ve Şenel, 2024). Çalışmada kullanılan üretim süreci Şekil 1'de şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 1. Üretim Sürecinin Şematik Gösterimi

Mikroyapı Analizleri

Çalışmada kullanılan Al7075 alüminyum alaşımı ve Al₂O₃ tozlarının tane boyutlarını doğrulamak amacıyla tane boyut ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Malvern marka Mastersizer 3000 model tane boyut ölçüm cihazı kullanılmıştır. Kullanılan tozların morfolojisini ve üretilen kompozitlerin kırık yüzeylerini incelemek amacıyla taramalı elektron mikroskobu (SEM, Jeol-JSM7001F) analizleri yapılmıştır. Ayrıca Al₂O₃ partiküllerinin matris içerisindeki element dağılım haritasını belirlemek amacıyla SEM ile Enerji Dağılımlı X-ışını (EDX) analizleri kullanılmıştır. Kullanılan tozların ve üretilen kompozitlerin kristal yapılarını ve barındırdıkları fazları belirlemek için X-ışını kırınım (XRD, Rigaku Smartlab) analizleri gerçekleştirilmiştir.

Fiziksel ve Mekanik Testler

Çalışmada deneysel yoğunluk değerleri Arşimet metodu kullanılarak belirlenmiştir. Her kompozisyon için 5 farklı yoğunluk ölçümü alınmış olup ölçümlerin ortalaması deneysel yoğunluk değeri (ρ_D) olarak kabul edilmiştir. Numunelerin kuru (m_K), asılı (m_A) ve suya doymuş ağırlıkları (m_D) alınmış ve Eşitlik 1'deki Arşimet yoğunluk denklemi yardımıyla deneysel yoğunlukları hesaplanmıştır. Eşitlikte suyun yoğunluk değeri (ρ_S) 1 g cm⁻³ olarak alınmıştır (Bai vd., 2019).

$$\rho_D = [m_K / (m_D - m_A)] \rho_{Su} \quad (1)$$

Üretilen numunelerin gözeneklilik oranı (%G) Eşitlik 2 ile hesaplanmaktadır (Bai vd., 2019).

$$\rho_D = (1 - \rho_D / \rho_T) \times 100 \quad (2)$$

Burada (ρ_T) kompozitin teorik yoğunluğudur. Kompozit malzemelerde teorik yoğunluk değeri, Al7075 alüminyum alaşımı ve alüminanın yoğunlukları ($\rho_{Al7075} = 2.81 \text{ g cm}^{-3}$, $\rho_{Al_2O_3} = 3.98 \text{ g cm}^{-3}$) ile ağırlıkça katkı oranları ($\%m_{Al7075}$, $\%m_{Al_2O_3}$) kullanılarak Eşitlik 3 yardımıyla hesaplanmaktadır (Callister ve Rethwisch, 2018).

$$\rho_T = (\%m_{Al7075} \times \rho_{Al7075}) + (\%m_{Al_2O_3} \times \rho_{Al_2O_3}) \quad (3)$$

Numunelerin sertlik değerlerini belirlemek amacıyla Vickers sertlik testi yapılmıştır. Vickers sertlik testleri elmas uç ile zımparalanıp parlatılan numune yüzeyine 15 saniye boyunca 200 gf yük uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Numune yüzeyinde oluşan izin köşegen uzunlukları ölçülerek Eşitlik 4'de yerine yazılıp Vickers sertlik değeri (HV) hesaplanmıştır (Şenel ve Üstün, 2023).

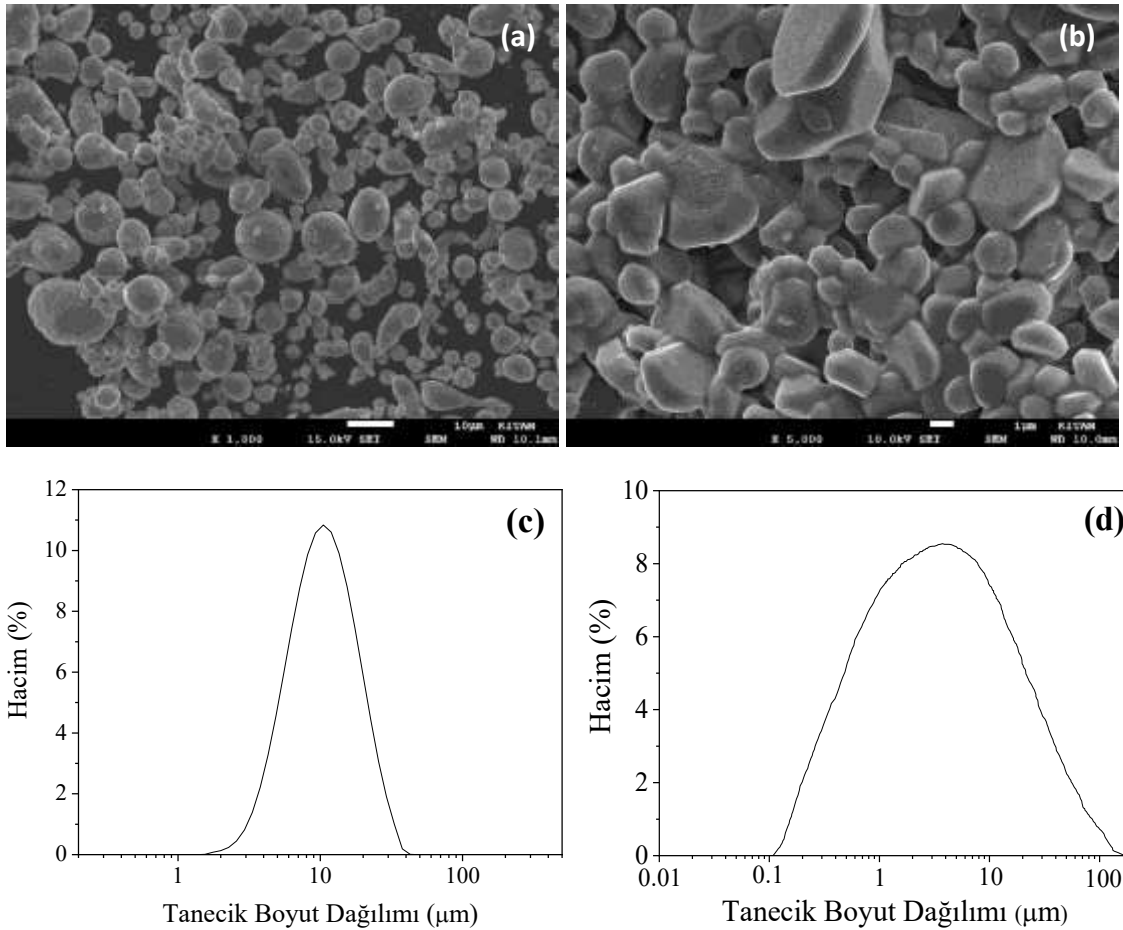
$$HV = 1.8544 \times \left(\frac{F}{d^2}\right) \quad (4)$$

Burada F uygulanan yükü (daN), d ise yüzeyde oluşan izin köşegen uzunluklarının ortalamasını ifade etmektedir. Basma testleri (ASTM E9) ise 5 MPa ön yük, 1 mm dk⁻¹ ön yük hızı ve 3 mm dk⁻¹ basma hızında gerçekleştirilmiştir. Sertlik ve basma testlerinde her kompozisyon için en az 5 ölçüm alınarak ortalama değerler hesaplanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Tozların Mikroyapı Analiz Sonuçları

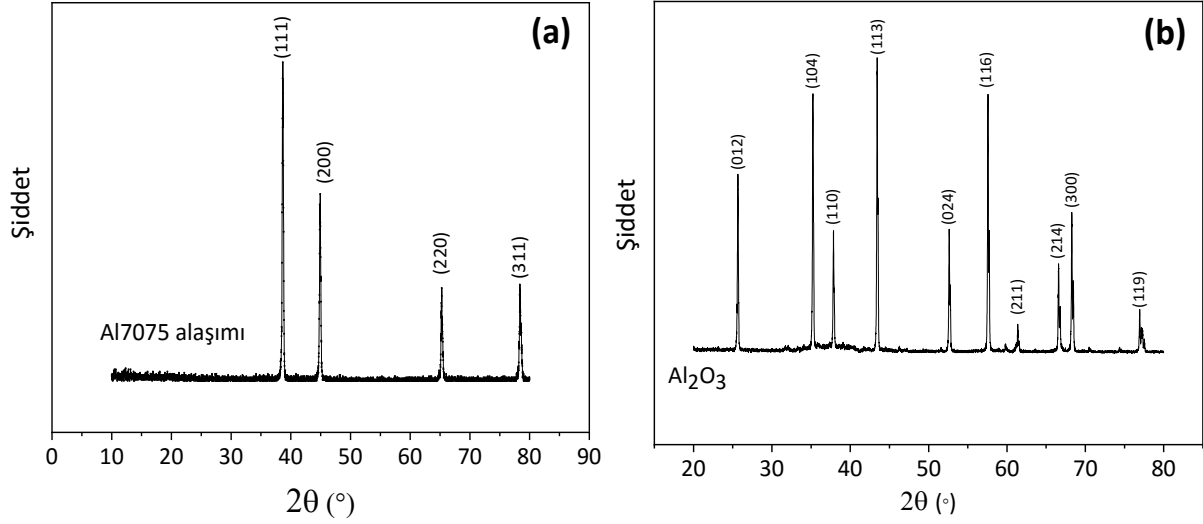
Şekil 2’de Al7075 alüminyum alaşımı ve Al₂O₃ tozlarına ait SEM görüntüleri verilmiştir. Şekil 2’den Al7075 alüminyum alaşımı ve Al₂O₃ tozlarının düzensiz ve küresele yakın bir morfolojiye sahip olduğu görülmektedir. Al7075 alüminyum alaşımı ve alüminanın yaklaşık 10 µm ve altı ortalama tane boyutuna sahip olduğu tespit edilmiştir. Al₂O₃ ve Al7075 alüminyum alaşımına ait parçacık boyut dağılımı Şekil 2(c) ve 2(d)’de verilmiştir. Parçacık boyut dağılımı grafiklerinden, kullanılan tozların ortalama tane boyutları doğrulanmıştır.



Şekil 2. Al7075 Alüminyum Alaşımı Tozuna ait SEM Görüntüleri (a), Alümina Tozuna ait SEM Görüntüleri (b), Al7075 Alüminyum Alaşımına ait Parçacık Boyut Dağılımı (c) ve Alüminaya ait Parçacık Boyut Dağılımı (d)

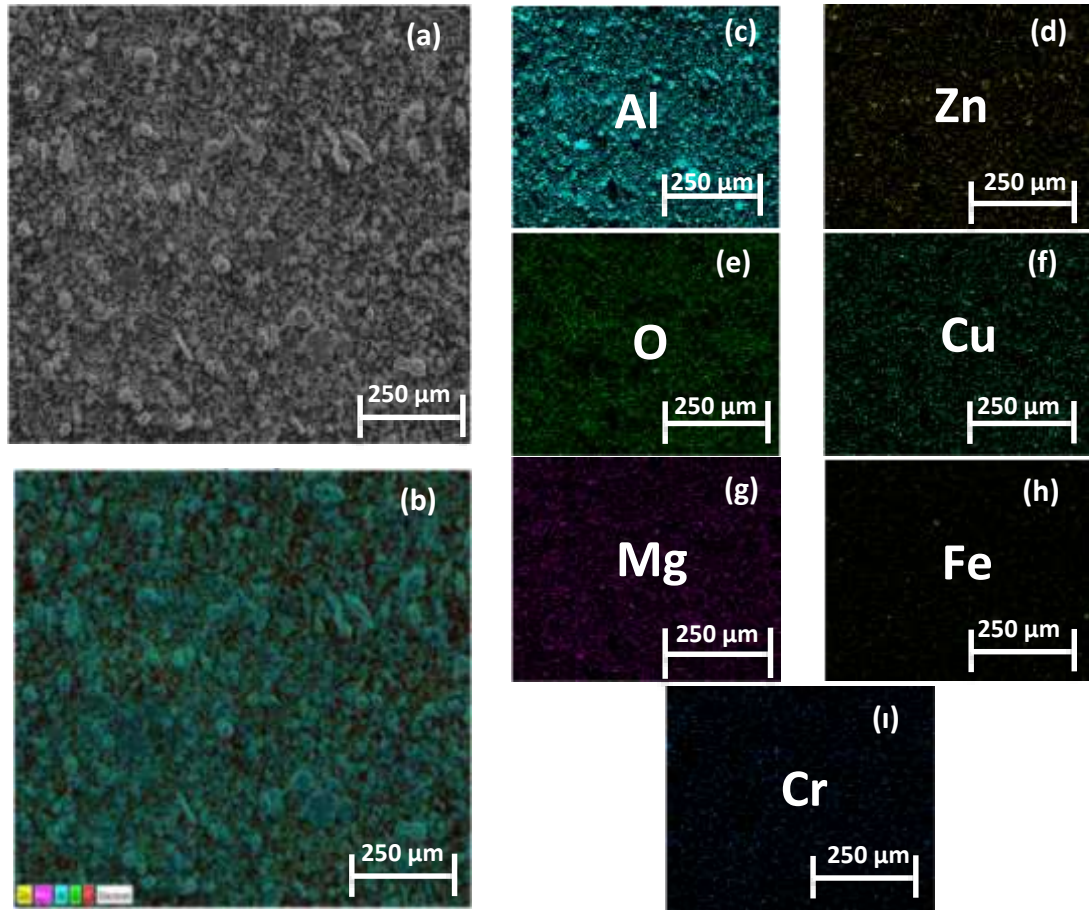
Çalışmada kullanılan tozlara ait XRD örgü desenleri Şekil 3’de verilmiştir. Şekil 3(a)’dan Al7075 alüminyum alaşımı piklerinin $2\theta = 38^\circ, 45^\circ, 66^\circ$ ve 78° ’de (111), (200), (220) ve (311) düzlemlerine karşılık geldiği tespit edilmiştir. Şekil 3(b)’deki Al₂O₃’e ait XRD örgü desenlerinden piklerin $2\theta = \sim 25^\circ, 35^\circ, 38^\circ, 43^\circ, 53^\circ, 58^\circ, 61^\circ, 67^\circ, 68^\circ$ ve 77° ’de (012), (104), (110), (113), (024), (116), (211), (214), (300)

ve (119) düzlemlerine karşılık geldiği belirlenmiştir. Bu analizler, kompozit yapılarda Al ve Al_2O_3 'ün varlığını göstermek bakımından önem arz etmektedir.



Şekil 3. Al7075 Alüminyum Alaşımı (a) ve Alümina (b) Tozlarına ait XRD Örgü Desenleri

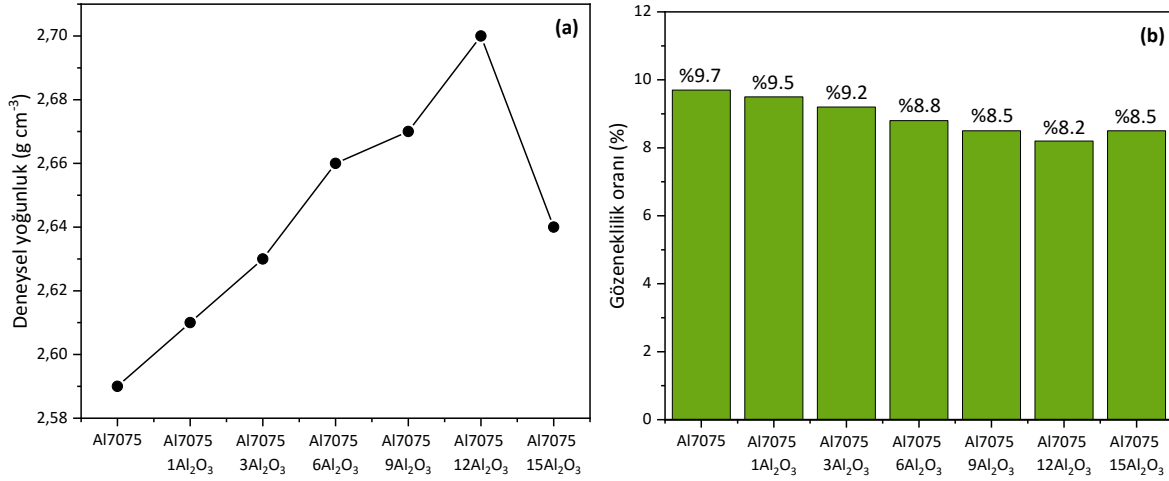
Al7075-%12 Al_2O_3 toz karışımına ait SEM-EDX görüntüleri Şekil 4'de verilmiştir. Görüntülerde, turkuaz renk Al elementini, yeşil renk O elementini, koyu yeşil renk Cu elementini, mor renk Mg elementini, sarı renk Zn elementini, koyu mavi renk Cr elementini, açık yeşil renk Fe elementini ve dağılımını göstermektedir. Alüminyum ve oksijen elementinin kesiştiği noktalarda alüminanın dağılımı gözlenmektedir. SEM-EDX görüntüleri değerlendirildiğinde, Al_2O_3 partiküllerinin homojene yakın bir dağılım sergilediği görülmüştür. Bu durum, üretim sürecinde karıştırma işleminin ve karıştırma işlem parametrelerinin uygun olduğunu göstermektedir.



Şekil 4. Al7075-%12Al₂O₃ Toz Karışımına ait SEM (b) ve SEM-EDX Görüntüleri (b-i)

Fiziksel ve Mekanik Test Sonuçları

Şekil 5’de Al7075-Al₂O₃ kompozitlerin yoğunluk ve gözeneklilik oranının alümina takviye oranına göre değişimi verilmiştir. Şekiller incelendiğinde, en düşük gözeneklilik oranı (%8.2) ve maksimum yoğunluk (2.7 g cm⁻³) değerlerine Al7075-%12Al₂O₃ kompozitte erişilmiştir. Al7075-%12Al₂O₃ kompozitin yoğunluğunda Al7075 alüminyum alaşımına kıyasla %4.2 artış elde edilmiştir. Bu durumun yüksek yoğunluğa (3.98 g cm⁻³) sahip Al₂O₃ partiküllerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak Al₂O₃ partiküllerinin muhtemel topaklanmasından dolayı ağırlıkça %15 takviye oranında yoğunluk düşerken gözeneklilik oranı artmıştır.

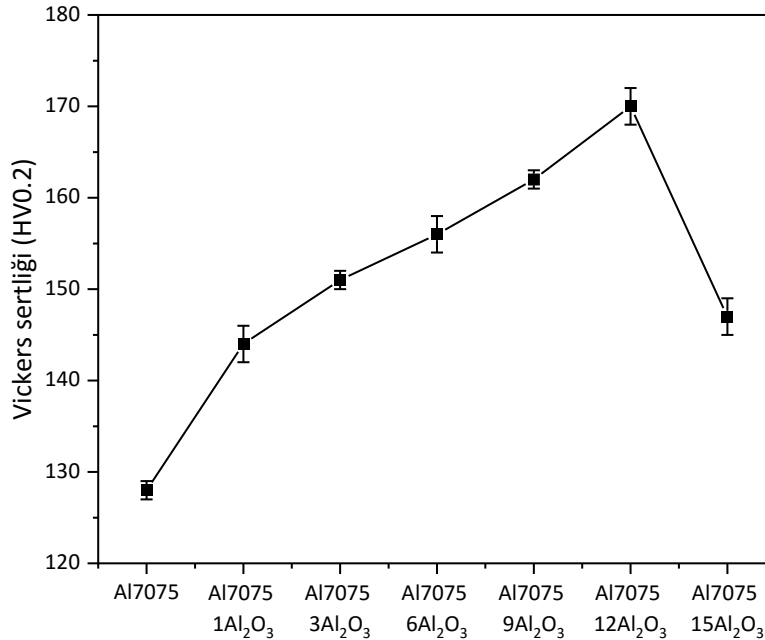


Şekil 5. Al7075-Al₂O₃ Kompozitlerde Yoğunluk (a) ve Gözeneklilik Oranının (b) Takviye Oranına Bağlı Olarak Değişimi

Al7075-Al₂O₃ kompozitlere ait Vickers sertlik değişimi Şekil 6'da görülmektedir. Sertlik sonuçları incelendiğinde, Al₂O₃ takviyesiyle birlikte sertlik değerlerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Sertlik değeri 128±1 HV olan Al7075 alüminyum alaşımının ağırlıkça %12 Al₂O₃ takviyesiyle birlikte sertliği 170±2 HV değerine yükselmiştir. Sertlik değerindeki bu artışın sebebi yüksek sertlik değerine sahip Al₂O₃ partiküllerinin mikroyapıya ilave edilmesidir. Ayrıca Al₂O₃ takviyesiyle birlikte mikroyapıdaki dislokasyon yoğunluğu artmaktadır. Dislokasyon yoğunluğundaki artış ve sertlik arasındaki ilişki Eşitlik 5 ile ifade edilmektedir (Taşkin ve Şenel, 2024).

$$H = h\sqrt{Dt} + \alpha Gb\sqrt{\rho} \quad (5)$$

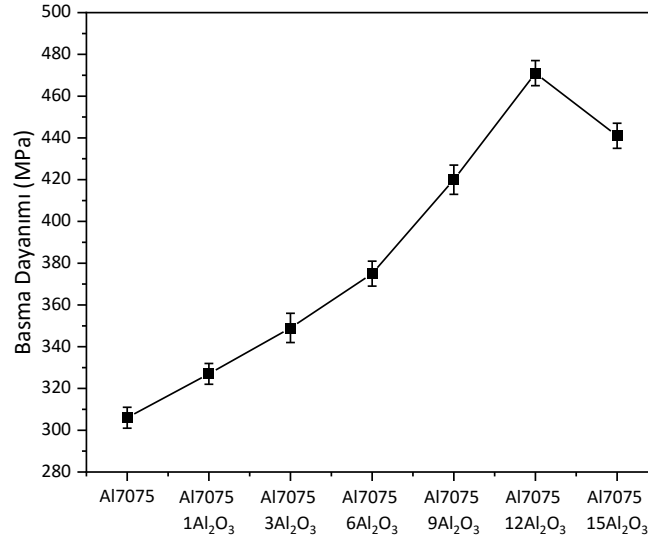
Bu eşitlikte H sertlik, ρ dislokasyon yoğunluğu, b Burgers vektörü, α ve G malzeme sabitleridir. Ancak yüksek oranlardaki (ağırlıkça %15) takviye oranlarında ise muhtemel toplanan Al₂O₃ partiküllerinden dolayı sertlik değerinde düşüş görülmüştür.



Şekil 6. Al7075-Al₂O₃ Kompozitlerde Vickers Sertliğinin Takviye Oranına Bağlı Olarak Değişimi

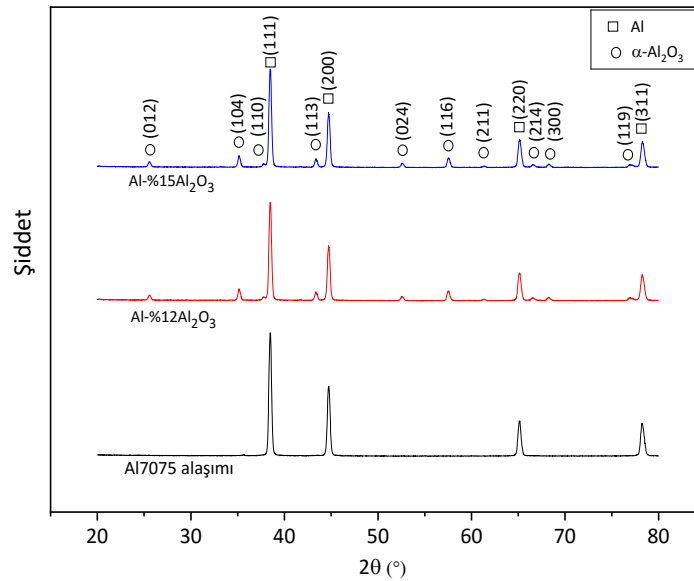
Al7075-Al₂O₃ kompozitlerde takviye oranına göre basma dayanımı değişimi Şekil 7'de gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde, en yüksek basma dayanımına (471±6 MPa) Al7075-%12Al₂O₃ kompozitte erişilmiş olup Al7075 alüminyum alaşımına kıyasla %53.9 artış sağlanmıştır. Al₂O₃ takviyesiyle basma

dayanımındaki artış yük transfer mekanizmasının etkin olmasından kaynaklanmaktadır. Bu mekanizma sayesinde mikroyapıya ilave edilen Al_2O_3 partikülleri malzeme üzerine uygulanan yükün büyük bir kısmını taşımaktadır (Chen vd., 2020; Luo vd., 2022). Bundan dolayı da malzeme daha yüksek yüklere dayanabilmekte ve basma dayanımında artış görülmektedir. Ancak Al7075-%15 Al_2O_3 kompozitte kümelenen Al_2O_3 partiküllerinden dolayı arayüzey bağının zayıflaması sebebiyle basma dayanımında düşüş gözlenmiştir.



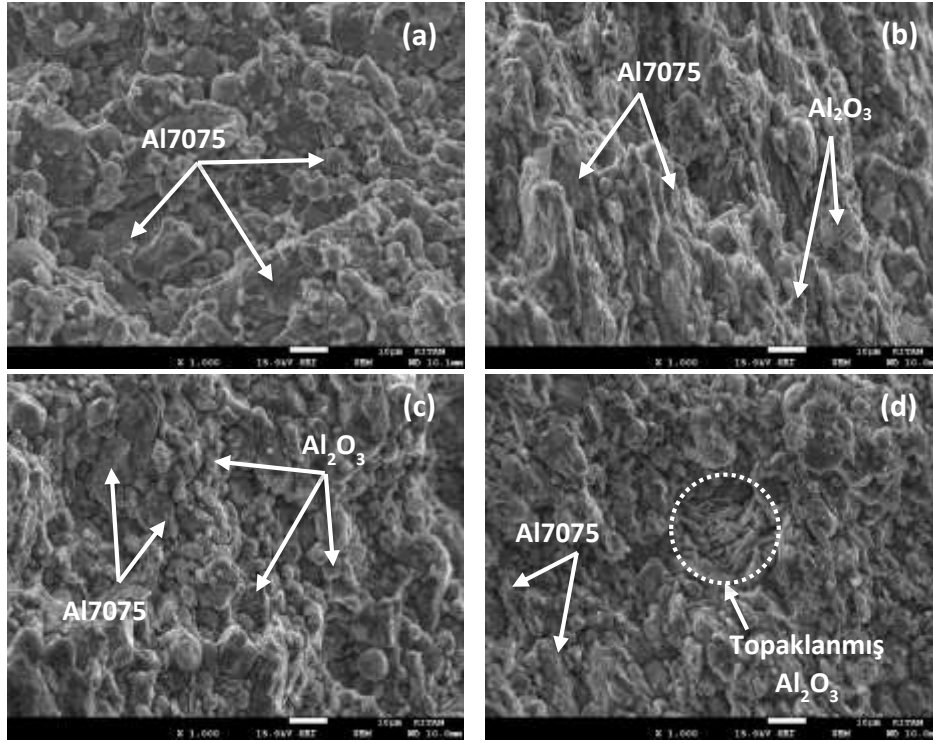
Şekil 7. Al7075- Al_2O_3 Kompozitlerde Basma Dayanımının Takviye Oranına Bağlı Olarak Değişimi

Al7075 alaşımı ve Al7075-%12 Al_2O_3 , Al7075-%15 Al_2O_3 kompozitlere ait XRD grafikleri Şekil 8'de verilmiştir. Burada, alüminyum "□" sembolüyle ve α - Al_2O_3 ise "o" sembolüyle gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde, Al7075-%12 Al_2O_3 ve Al7075-%15 Al_2O_3 kompozitlerde α - Al_2O_3 pikleri net bir şekilde görülmektedir. Bunun dışında sıcaklık etkisiyle (sinterleme ve indüksiyonla sıcak presleme aşamalarında) istenmeyen ikincil fazlara (Al_4C_3 vb.) ait piklerin oluşmadığı görülmüştür. Bunun nedeninin çalışmada kullanılan sıcaklıkların (sinterleme sıcaklığı: 600°C, sıcak presleme sıcaklığı: 500°C) alüminyum karbür (Al_4C_3) oluşumu için gerekli olan kritik sıcaklığın ($\approx 830^\circ C$) altında olmasından kaynaklanmaktadır (Sidhu vd., 2014).



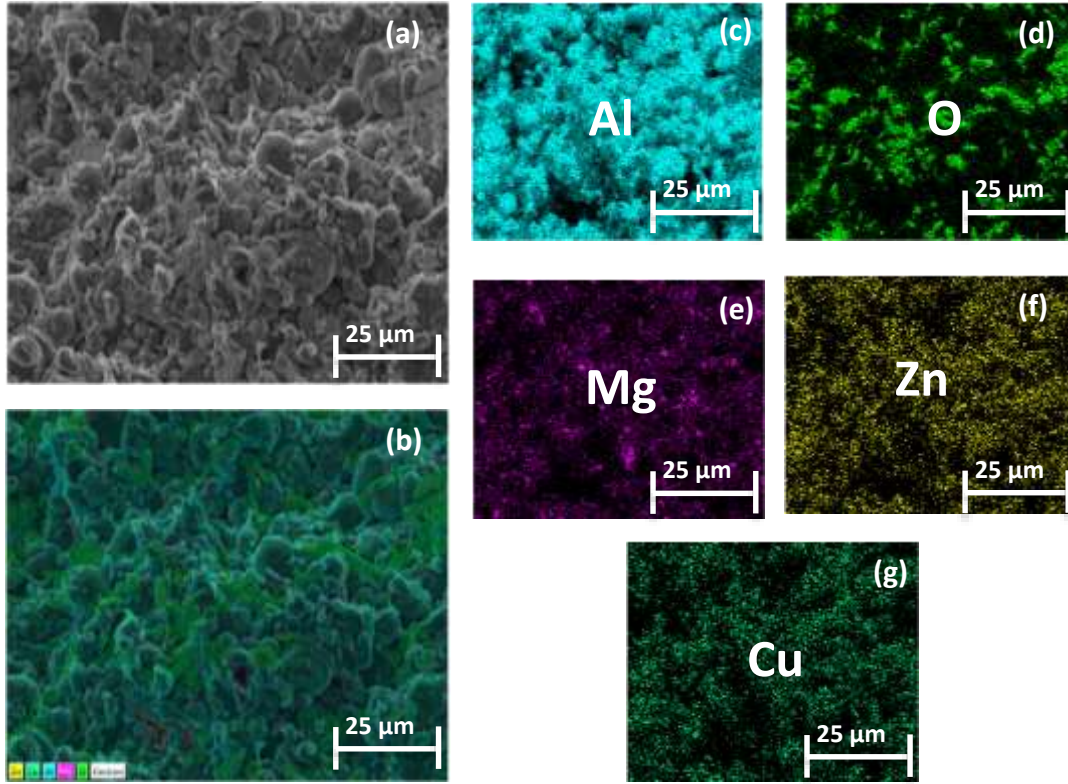
Şekil 8. Al7075 Alaşımı ve Al7075- Al_2O_3 Kompozitlere ait XRD Örgü Desenleri

Şekil 9'da Al7075 alüminyum alaşımı, Al7075-12Al₂O₃ ve Al7075-15Al₂O₃ kompozitlerin SEM resimleri sunulmuştur. Bu görüntüler incelendiğinde, ağırlıkça %12 Al₂O₃ içeren kompozitte takviye elemanlarının homojene yakın bir şekilde dağıldığı ve matris-takviye elemanı arasında güçlü bir arayüzey bağının olduğu görülmüştür. Ayrıca Al₂O₃ partiküllerinin tane sınırlarına yerleştiği görülmektedir. Tane sınırlarındaki takviye elemanları yapıda sabitleme etkisi oluşturduğundan sıcaklık artışıyla aşırı tane büyümesinin önüne geçilebilmektedir. SEM görüntüleri incelendiğinde, tane sınırlarındaki Al₂O₃ partiküllerinden dolayı mikroyapıda aşırı tane büyümesi görülmemektedir. Ayrıca numunelerin taneler arası kırılma davranışı sergilediği gözlenmiştir. Ancak Al7075-%15Al₂O₃ kompozitte ise toplanan Al₂O₃ partikülleri net bir şekilde görülmektedir. SEM görüntüleri ve mekanik test sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, sonuçların tutarlı olduğu ve toplanan Al₂O₃ partiküllerinden dolayı mekanik özelliklerin düştüğü görülmüştür.



Şekil 9. Al7075 Alaşımı (a), Al7075-%6Al₂O₃ (b), Al7075-%12Al₂O₃ (c), Al7075-%15Al₂O₃ (d) ait SEM Görüntüleri

Al7075-%15Al₂O₃ kompozite ait SEM ve SEM-EDX görüntüleri Şekil 10'da görülmektedir. Element dağılım haritası incelendiğinde, turkuaz renk Al, açık yeşil renk O, mor renk Mg, sarı renk Zn ve koyu yeşil renk Cu elementi dağılımını ifade etmektedir. Al, Mg, Zn, Cu elementleri Al7075 alaşımının; Al ve O elementleri alüminanın dağılımını göstermektedir. Bu analizden, Al7075-%15Al₂O₃ kompozitte takviye elemanına ait elementlerin (Al ve O) belirli bölgelerde yoğunlaştığı görülmüştür. Bu durum, takviye elemanının (Al₂O₃) bölgesel olarak toplandığını göstermektedir. Bu toplanmaların da kompozitin mekanik özelliklerinde azalmaya neden olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma sonuçları literatür ile karşılaştırıldığında, toz metalürjisi veya farklı yöntemlerle üretim yapılmış diğer çalışmalara (Aghajani vd., 2023; Al-Salihi and Kadhim, 2020; Muraliraja vd., 2018; Shrivastva vd., 2022) kıyasla bu çalışmada daha yüksek mekanik özellikler elde edilmiştir. Sinterleme sonrası yapılan indüksiyonla sıcak presleme işlemi, literatürdeki değerlerden daha yüksek değerlere ulaşılmasını sağlamıştır.



Şekil 10. Al7075-%15Al₂O₃ Kompozite ait SEM (a) ve SEM-EDX (b) Görüntüleri

Sonuç ve Öneriler

Çalışmada toz metalürjisi ve indüksiyonla sıcak presleme yöntemleriyle üretilen Al7075-Al₂O₃ kompozitlerin mikroyapısı ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Mekanik test sonuçlarına göre, artan Al₂O₃ ilavesinin mekanik özelliklerde artışa neden olduğu görülmüştür. Maksimum yoğunluk (2.7 g cm⁻³), basma dayanımı (471±6 MPa) ve sertlik değerlerine (170±2 HV) ağırlıkça %12 Al₂O₃ takviyesinde ulaşılmıştır. Aynı kompozisyonda en düşük gözeneklilik oranı da (%8.2) elde edilmiştir. Al7075-%12Al₂O₃ kompozitte Al7075 alüminyum alaşımına kıyasla yoğunluk, sertlik ve basma dayanımı değerlerinde sırasıyla %4.2, %32.8 ve %53.9 artış sağlanmıştır.
- Mikroyapı analizleri sonucunda, mikroyapıdaki Al₂O₃ varlığı doğrulanmıştır. Ayrıca XRD incelemelerinde, istenmeyen ikincil fazlara rastlanılmamıştır. SEM analizlerinde ise, Al₂O₃ partiküllerinin mikroyapıda homojen bir şekilde dağıldığı ve genellikle tane sınırlarına yerleştiği görülmüştür. Bunun dışında yüksek Al₂O₃ takviye oranında (ağırlıkça %15) mikroyapıda topaklanmalar gözlenmiştir. Bu durum bu takviye oranında mekanik özelliklerde gerçekleşen düşüşün sebebini açıklamaktadır.

Sonuç olarak, Al₂O₃ takviyesinin ve indüksiyonla sıcak preslemenin Al7075 alüminyum mekanik özelliklerini arttırdığı tespit edilmiştir.

Destek ve Teşekkür

Bu çalışma, Mahmut Can Şenel danışmanlığında Elif Işık tarafından tamamlanan "Al7075-Al₂O₃-Grafen ve Al7075-ZrO₂-Grafen Hibrit Kompozitlerin Mekanik, Tribolojik Özelliklerinin ve Mikroyapısının İncelenmesi" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir (Tez No. 811583).

Yazar Katkısı

Elif Işık, deneysel süreci gerçekleştirdi ve verileri toplayıp istatistiksel analizleri gerçekleştirdi. *Aleyna Taşkın*, deneysel süreci gerçekleştirdi ve verileri toplayıp istatistiksel analizleri gerçekleştirdi. *Mahmut Can Şenel*, deneysel ortamını hazırlandı ve deneysel süreci takip etti. Yazarlar makaleyi birlikte yazdı, okudu ve onayladı.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

ORCID

Elif Işık  <https://orcid.org/0000-0001-8289-9512>

Aleyna Taşkın  <https://orcid.org/0000-0002-8308-9957>

Mahmut Can Şenel  <https://orcid.org/0000-0001-7897-1366>

Kaynaklar

- Aghajani, S., Pouyafar, V., Meshkabi, R., Volinsky, A. A. ve Bolouri, A. (2023). Mechanical characterization of high volume fraction Al7075-Al₂O₃ composite fabricated by semisolid powder processing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 125(5–6), 2569–2580. <https://doi.org/10.1007/s00170-023-10881-9>
- Al-Salihi, H. A. ve Judran, H. K. (2020). Effect of Al₂O₃ reinforcement nanoparticles on the tribological behaviour and mechanical properties of Al6061 alloy. *Materials Science*, 7(4), 486–498. <https://doi.org/10.3934/matersci.2020.4.486>
- Bai, S., Perevoshchikova, N., Sha, Y. ve Wu, X. (2019). The effects of selective laser melting process parameters on relative density of the AlSi10Mg parts and suitable procedures of the archimedes method. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/app9030583>
- Bharath, V., Auradi, V. ve Nagaral, M. (2021). Fractographic characterization of Al₂O₃p particulates reinforced Al2014 alloy composites subjected to tensile loading. *Frattura Ed Integrità Strutturale*, 15(57), 14–23. <https://doi.org/10.3221/IGF-ESIS.57.02>
- Callister, W. D. ve Rethwisch, D. G. (2018). *Materials Science and Engineering* (10th ed.). Wiley.
- Chen, W., Yang, T., Dong, L., Elmasry, A., Song, J., Deng, N., Elmarakbi, A., Liu, T., Lv, H. B. ve Fu, Y. Q. (2020). Advances in graphene reinforced metal matrix nanocomposites: Mechanisms, processing, modelling, properties and applications. *Nanotechnology and Precision Engineering*, 3(4), 189–210. <https://doi.org/10.1016/j.npe.2020.12.003>
- Devaganesh, S., Kumar, P. K. D., Venkatesh, N. ve Balaji, R. (2020). Study on the mechanical and tribological performances of hybrid SiC-Al7075 metal matrix composites. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(3), 3759–3766. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.02.002>
- Dressler, U., Biallas, G. ve Alfaro Mercado, U. (2009). Friction stir welding of titanium alloy TiAl6V4 to aluminium alloy AA2024-T3. *Materials Science and Engineering: A*, 526(1–2), 113–117. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2009.07.006>
- Fomin, A., Fomina, M., Koshuro, V. ve Rodionov, I. (2019). Composite metal oxide coatings on chromium-nickel stainless steel produced by induction heat treatment. *Composite Structures*, 229. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.111451>

- Hallem, A. H., Jasim, T. A. ve Radhi, N. S. (2018). Effect of alumina reinforcement on some mechanical properties of aluminum matrix composites produced by stir casting process. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 9(10), 1271–1280. <http://www.iaeme.com/IJCIET/index.asp1271http://www.iaeme.com/ijciet/issues.asp?JType=IJCIET&VType=9&IType=10http://www.iaeme.com/IJCIET/issues.asp?JType=IJCIET&VType=9&IType=10>
- Heimann, R. B. (2010). *Classic and Advanced Ceramics: From Fundamentals to Applications (1st edition)*. Wiley.
- Li, S. S., Yue, X., Li, Q. Y., Peng, H. L., Dong, B. X., Liu, T. S., Yang, H. Y., Fan, J., Shu, S. L., Qiu, F. ve Jiang, Q. C. (2023). Development and applications of aluminum alloys for aerospace industry. In *Journal of Materials Research and Technology* (Vol. 27, pp. 944–983). Elsevier Editora Ltda. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.09.274>
- Liu, J., Cao, G., Zhu, X., Zhao, K. ve An, L. (2020). Optimization of the microstructure and mechanical properties of heterogeneous Al-Al₂O₃ nanocomposites. *Materials Today Communications*, 25. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2020.101199>
- Luo, K., Liu, S., Xiong, H., Zhang, Y., Kong, C. ve Yu, H. (2022). Mechanical properties and strengthening mechanism of aluminum matrix composites reinforced by high-entropy alloy particles. *Metals and Materials International*, 28(11), 2811–2821. <https://doi.org/10.1007/s12540-021-01159-4>
- Mandal, K. K., Kuar, A. S. ve Mitra, S. (2018). Experimental investigation on laser micro-machining of Al7075 alloy. *Optics and Laser Technology*, 107, 260–267. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2018.05.017>
- Matori, K. A., Wah, L. C., Hashim, M., Ismail, I. ve Mohd Zaid, M. H. (2012). Phase transformations of α -alumina made from waste aluminum via a precipitation technique. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(12), 16812–16821. <https://doi.org/10.3390/ijms131216812>
- Menachery, N., Thomas, S., Deepanraj, B. ve Senthilkumar, N. (2023). Processing of nanoreinforced aluminium hybrid metal matrix composites and the effect of post-heat treatment: a review. In *Applied Nanoscience (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 6, pp. 4075–4099). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s13204-022-02704-2>
- Mohan, E., Anbuhezhiyan, G., Pugazhenthii, R. ve Prakash, F. P. (2023). Wear behavior of brass based composite reinforced with SiC and produced by stir casting process. *Materials Research*, 26. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2022-0196>
- Muraliraja, R., Arunachalam, R., Al-Fori, I., Al-Maharbi, M. ve Piya, S. (2018). Development of alumina reinforced aluminum metal matrix composite with enhanced compressive strength through squeeze casting process. *Journal of Materials: Design and Applications*, 233(3), 1-8. <https://doi.org/10.1177/1464420718809516>
- Pragathi, P. ve Elansezhian, R. (2023). Mechanical and microstructure behaviour of aluminum nanocomposite fabricated by squeeze casting and ultrasonic aided squeeze casting: A comparative study. *Journal of Alloys and Compounds*, 956. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2023.170203>
- Reza Akbarpour, M., Gazani, F., Mousa Mirabad, H., Khezri, I., Moeini, A., Sohrabi, N. ve Seop Kim, H. (2023). Recent advances in processing, and mechanical, thermal and electrical properties of Cu-SiC metal matrix composites prepared by powder metallurgy. *Progress in Materials Science*, 101191. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2023.101191>
- Sheraf, J. ve Darius Gnanaraj, S. (2023). Synthesis of functionally graded aluminium metal matrix composites-a mini review. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.07.251>

- Sidhu, M. S., Bishop, C. M. ve Kral, M. V. (2014). Formation of aluminium carbide by cast iron and liquid aluminium interaction. *International Journal of Cast Metals Research*, 27(6), 321–328. <https://doi.org/10.1179/1743133614Y.000000110>
- Srivastava, A. K., Sharma, B., Saju, B. R., Shukla, A., Saxena, A. ve Maurya, N. K. (2020). Effect of Graphene nanoparticles on microstructural and mechanical properties of aluminum based nanocomposites fabricated by stir casting. *World Journal of Engineering*, 17(6), 859–866. <https://doi.org/10.1108/WJE-04-2020-0128>
- Şenel, M. C. ve Demir, M. (2023). Effect of induction heat treatment process and graphene/B₄C amount on the tribological and mechanical properties of Al6061 hybrid composites. *JOM*, 75(7), 2554–2568. <https://doi.org/10.1007/s11837-023-05790-x>
- Şenel, M. C. ve Üstün, M. (2023). Effect of silicon dioxide-graphene content on the microstructure, sliding wear behavior, and compressive strength of aluminum hybrid composites. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 32(3), 1248–1260. <https://doi.org/10.1007/s11665-022-07194-5>
- Şenel, M. C., Taşkın, A., Demir, M. ve Gürbüz, M. (2024). İndüksiyonla sıcak işlemin Si₃N₄ ve grafen takviyeli Al6061 matrisli kompozitlerin mekanik ve tribolojik özelliklerine olan etkisi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 39, 1567-1581. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.1226420>
- Taşkın, A. ve Şenel, M. C. (2024). Tribological properties and microstructures of tungsten carbide and few-layer graphene-reinforced aluminum-based composites. *Transactions of the Indian Institute of Metals*, 77, 445-456. <https://doi.org/10.1007/s12666-023-03114-w>
- Wang, S., Zheng, Z., Long, J., Wang, J., Zheng, K., Ke, Z., Luo, Z., Pokrovsky, A. I. ve Khina, B. B. (2024). Recent advances in wear-resistant steel matrix composites: A review of reinforcement particle selection and preparation processes. *Journal of Materials Research and Technology*, 29, 1779–1797. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2024.01.195>
- Xu, H., Fu, T., Wang, P., Zhou, Y., Guo, W., Su, F., Li, G., Xing, Z. ve Ma, G. (2023). Microstructure and properties of plasma sprayed copper-matrix composite coatings with Ti₃SiC₂ addition. *Surface and Coatings Technology*, 460. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2023.129434>
- Yang, X., Zhang, Y., Huang, J., Liu, J., Chen, J. ve Li, T. (2024). Interfacial microstructure evolution and mechanical properties of carbon fiber reinforced Al-matrix composites fabricated by a pressureless infiltration process. *Materials Science and Engineering: A*, 891. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2023.145968>

Asit, Alkalin ve Kireçli Toprak Koşullarında Farklı Demir Gübrelemesinin Baklanın Demir ve Bazı Besin Elementi İçerikleri Üzerine Etkisi

Ceyhan Tarakçıoğlu¹ , Sinem Uzun² 

¹Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ordu

²Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme ABD, Ordu

Geliş Tarihi / Received Date: 28.03.2024

Kabul Tarihi / Accepted Date: 14.08.2024

Öz

Bu çalışmada, bakla bitkisine topraktan farklı demir (Fe) kaynakları (Fe-DTPA, Fe-EDTA, Fe-EDDHA, Fe-HBED, Fe-HUMAT, Fe-NANO Fe-SÜLFAT ve Fe-SİTRAT) uygulanmış, bitkinin aktif ve toplam Fe içerikleri ile bazı besin element içerikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme deseninde dört paralelli olarak yürütülmüş, denemede toprağa 10 mg kg⁻¹ düzeyinde Fe uygulanmıştır. Bakla bitkisinde en yüksek kuru ağırlık alkalin reaksiyonlu ve kireçli toprakta Fe-EDDHA, asit reaksiyonlu toprakta ise Fe-DTPA uygulamalarından elde edilmiştir. Bitki yapraklarında en yüksek toplam ve aktif Fe, alkalin ve asit reaksiyonlu toprakta Fe-EDDHA ve Fe-EDTA, kireçli toprakta ise Fe-EDDHA ve Fe-DTPA uygulamalarında saptanmıştır. Demir uygulamaları ile birlikte bitkinin fosfor (P) ve potasyum (K) içeriklerinin kontrolden düşük olduğu ve bitkilerin P bakımından yetersiz beslendiği saptanmıştır. Asit toprakta yetiştirilen bitkilerin mangan (Mn) içeriğinin yaklaşık 5-8 kat daha fazla olduğu belirlenmiş olup; Fe-EDTA ve Fe-EDDHA uygulamalarında bitkinin Mn, çinko (Zn) ve bakır (Cu) içeriklerinin genellikle en yüksek olduğu saptanmıştır. Sonuçlara göre, alkalin reaksiyonlu toprakta Fe-EDDHA ve Fe-EDTA, asit reaksiyonlu toprakta Fe-EDTA ve Fe-DTPA, kireçli toprakta ise Fe-EDDHA ve Fe-HBED gübreleri önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: toplam Fe, aktif Fe, demir gübreleri, besin elementleri, bakla

The Effect of Different Iron Fertilization on Iron and Some Nutrient Concentrations of Broad Bean under Acid, Alkaline and Calcareous Soil Conditions

Abstract

In this study, different iron (Fe) sources (Fe-DTPA, Fe-EDTA, Fe-EDDHA, Fe-HBED, Fe-HUMATE, Fe-NANO, Fe-SULFATE and Fe-CITRATE) were applied to broad bean from soil and their effects on active and total Fe concentrations and some nutrient concentrations of the plant were investigated. The experiment was conducted with 4 replicates according to the completely randomized design and, 10 mg kg⁻¹ Fe was applied to the soil. The highest dry weight of broad bean were obtained from Fe-EDDHA application in alkaline and calcareous soils, and Fe-DTPA application in acid soil. The highest total and active Fe concentration in the plant leaves was determined in Fe-EDDHA and Fe-EDTA treatments in acid and alkaline soils and and Fe-EDDHA and Fe-DTPA treatments in calcareous soil. The phosphorus (P) and potassium (K) concentrations of the plants were lower than the control with Fe treatments and the plants were found to be insufficient in terms of P. It was determined that manganese (Mn) concentration of plants grown in acid soil was about 5-8 times higher; and Mn, zinc (Zn) and copper (Cu) concentrations of the plant were generally the highest in Fe-EDTA and Fe-EDDHA treatments. According to the results, Fe-EDDHA and Fe-EDTA in alkaline soil, Fe-EDTA and Fe-DTPA in acid soil, Fe-EDDHA and Fe-HBED applications in calcareous soil can be recommended.

Keywords: total Fe, active Fe, iron fertilizer, nutrient elements, broad bean

Giriş

Demir, normal bitki yaşamı aktiviteleri ve klorofil sentezi, fotosentez, solunum gibi metabolik olaylar için mutlak gerekli olan bir mikro besin elementidir. Demir yerkabuğunda oldukça bol miktarda bulunmasına rağmen, bitkilerde Fe noksanlığına bağlı sararmaya çok sık rastlanılır. Alkalin toprak reaksiyonu, yüksek P ve Ca konsantrasyonu demir alımını olumsuz etkilemektedir. Özellikle Fe alımının toprak pH'sından etkilenmesi sebebiyle bitkiler tarafından bir takım Fe alım mekanizmaları geliştirilmiştir. Bitkilerde Fe alımı ve kullanımı bakımından cinsler ve türler ve hatta çeşitleri arasında bile önemli farklılıklar bulunmaktadır. Demir noksanlığından kurtulmak için fazla sayıda kök tüyü ve kılcal kök oluşturarak H⁺ iyonu, fenolik bileşikler ve organik asitler salgılayarak rizosfer pH'sını düşürme kabiliyetinde olan bitkiler Strateji-I bitkileri olarak adlandırılırken; kökler tarafından Fe ile şelat oluşturan maddeler salgılayan (fitosiderofor) bitkiler ise Strateji-II bitkileri olarak adlandırılmaktadır (Güneş vd., 2000; Horuz vd., 2016; Ning vd., 2023).

Toprak ve yaprak analiz sonuçları Fe eksikliği konusunda yeterli bilgi vermediği gibi, klorozu önlemede demir içeren gübrelerin topraktan veya yapraktan uygulanması uzun süre etkili ve ekonomik olmayabilir. Bitkilerin Fe alımı üzerine toprak, bitki ve çevresel faktörler önemli etkiler yapmakta ve bu da bitkilerin Fe beslenmesinde karşılaşılan sorunların çok yönlü irdelenmesini zorunlu kılmaktadır. Bu yüzden bitkilerde Fe noksanlığına karşı farklı stratejiler içeren araştırmalar yapılmaktadır. Bu konuda öncelikle dayanıklı çeşitler belirlenerek doku kültürü yöntemiyle ıslah çalışmaları yapılmış (Akınoğlu ve Korkmaz., 2021; Argaw ve Akuma., 2016; Shahsavandi ve Eshghi, 2021; Ueno vd., 2019), çeşitli inorganik ve organik Fe içeren gübre ve atıklar ile farklı Fe-kleytler kullanılmış (A. Korkmaz vd., 2023; Borowski ve Michalek, 2011; Chen vd., 2016; Darwesh vd., 2011; El-Ghamry vd., 2009; Erdal vd., 2014; Fadhil ve Jader, 2020; Hussein, 2019; Lucena vd., 2010; Nadal vd., 2012; Sourı ve Aslani, 2018; Şimşek ve Çelik, 2021), düşük konsantrasyonda inorganik veya organik asitler yapraklara püskürtülmüştür (Crane vd., 2008; Luo ve Xie., 2013; Rajaie ve Tavakoly, 2018; Rombola vd., 2002). Yine kimi araştırmacılar tarafından toprakta yarıyışsız formdaki demiri şelatlayıcı şelatörler, biyolojik gübre ve nano Fe uygulamaları ile bitkilerde Fe klorozunu gidermeye çalışmışlardır (Abdel-Salam, 2018; Aras vd., 2018; Arıkan vd., 2018; Bastani vd., 2018; H. E. Korkmaz vd., 2023; Karimi vd., 2020; Nadi vd., 2013).

Rhizobium-Baklagil ortak yaşamı için mutlak gerekli olan Fe elementine ihtiyacın yüksek olduğu, N fiksasyonu ile nodülün Fe kapsamı arasında pozitif ilişki olduğu, konukçu bitkide protein ve enzimlerin sentezi için Fe'in gerekli olduğu, kök hücreleri içindeki Fe'in nikotianamid ve sitrat gibi organik asitler tarafından şelatlanarak bitkinin diğer organlarına taşındığı bildirilmiştir (Brear vd., 2013). Bu çalışmada, farklı Fe içerikli gübrelerin üç farklı toprakta yetiştirilen bakla bitkisinin aktif ve toplam Fe ile bazı besin element içerikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Deneme Planı

Deneme alçak plastik tünel serasında, dört tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre planlanmıştır. Bu çalışmada, Ordu il sınırları içerisinde üç farklı fındık bahçesinden 20 cm derinlikten alınan asit, alkalın ve kireçli toprak kullanılmış, 4 mm'den elenen topraktan her bir saksıya 3 kg konulmuştur. Toprağa kontrol hariç 10 mg kg⁻¹ Fe dozunda FeSO₄.7H₂O (%17 Fe), Fe-Humat (%15 Fe, %25 SO₃, OM %30, Humik + Fulvik asit %22, pH= 3-5), Fe-Nano (6 g Fe L⁻¹, %99 saflıkta, 100 nm' den küçük), Fe-EDDHA (%6 Fe, o-o %4.8, pH=3-9), Fe-DTPA (%7 Fe, pH=4-9), Fe-HBED (%6 Fe, o-o), Fe-EDTA (%2 Fe ve Zn, %1 Mn, %0.5 Cu ve B, %10 üre azotu, %5 P₂O₅ ve K₂O, %2 MgO, Fe için pH= 4-6), Fe-Sitrat (%2.3 Fe; Gönül vd., 2019) gübrelerinden uygulanmıştır. Temel gübreleme olarak saksılara 125 – 100- 125 mg kg⁻¹ N-P-K uygulanmış ve gübre kaynağı olarak NH₄NO₃ ve KH₂PO₄ kullanılmıştır. Her bir saksıya 10.12.2020 tarihinde 3 adet Salkım bakla çeşidi (Vicia faba L. 'Salkım') tohumu ekilmiş, çimlenmeden sonra tek bitki bırakılmış, saf su ile sulanmış ve bitkiler 12.03.2021 tarihinde hasat edilmiştir.

Toprak ve Bitki Analiz Yöntemleri

Denemeye ait toprak örneklerinde; hidrometreyle tekstür (Bouyoucos, 1951), Scheibler kalsimetresiyle kireç (Çağlar, 1949), toprak:su karışımında (1:2.5) toprak reaksiyonu (Grewelling ve Peech 1960), Walkley-Black yakma yöntemiyle organik madde (Jackson, 1962), Kjeldahl yöntemiyle toplam azot (N) (Bremner, 1965) analizleri yapılmıştır. Bitkiye yarayışlı P asit reaksiyonlu toprakta Bray ve Kurtz (1945), alkalın reaksiyonlu ve kireçli toprakta Olsen vd. (1954) yöntemleriyle spektrofotometrede, nötr 1N amonyum asetat ile ekstrakte edilebilir K ve Ca, DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe, Mn, Zn ve Cu analizleri Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (AAS) ile Kacar (2016) tarafından aktarılan metotlarla yapılmıştır. Denemede kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Deneme Toprağının Bazı Özellikleri

Analiz	Asit	Alkalın	Kireçli
Kum, %	45.4	21.7	24.9
Silt, %	35.7	24.7	36.4
Kil, %	18.9	53.6	38.7
Tekstür Sınıfı	Tınlı	Killi	Killi Tın
Toprak reaksiyonu (pH)(1:2.5)	5.72	7.01	7.60
Kireç kapsamı (CaCO ₃), %	0.68	1.37	19.50
Organik madde%	2.40	1.28	3.56
Toplam N %	0.202	0.085	0.225
Alınabilir P, mg kg ⁻¹	9.58	3.87	5.37
Ekstrakte edilebilir K, cmol(+) ^{kg} ⁻¹	0.61	0.59	1.07
Ekstrakte edilebilir Ca, cmol(+) ^{kg} ⁻¹	3.45	19.33	23.88
Ekstrakte edilebilir Fe, mg kg ⁻¹	2.36	1.95	1.56
Ekstrakte edilebilir Mn, mg kg ⁻¹	3.16	2.52	2.29
Ekstrakte edilebilir Zn, mg kg ⁻¹	0.63	0.25	0.18
Ekstrakte edilebilir Cu, mg kg ⁻¹	0.23	0.63	0.74

Bakla bitkisi toprak yüzeyinden hasat edilerek laboratuvara ulaştırılmış, yıkanmış, bitki sap ve yaprağı ayrılarak 65-70°C’de bitki kurutma dolabında kurutulmuştur. Bakla bitkisi yapraklarında toplam N Kjeldahl yöntemiyle (Bremner, 1965), HNO₃ ile kuru yakılmış yaprakta toplam P vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemiyle (Kitson ve Mellon, 1944), yaprakta toplam K, Ca, Fe, Mn, Zn, Cu AAS cihazında Kacar ve İnal (2008) tarafından aktarılan metotlarla saptanmıştır. Bitkinin aktif Fe⁺² içeriklerinin belirlenmesinde, 2 g kuru yaprak 1 N HCl asit (15 ml) ile dört saat çalkalandıktan sonra bir gece bekletilmiş, süzölmüş, saf suyla (25 ml) tamamlanmış ve AAS’de ölçülmüştür (Takkar ve Kaur, 1984).

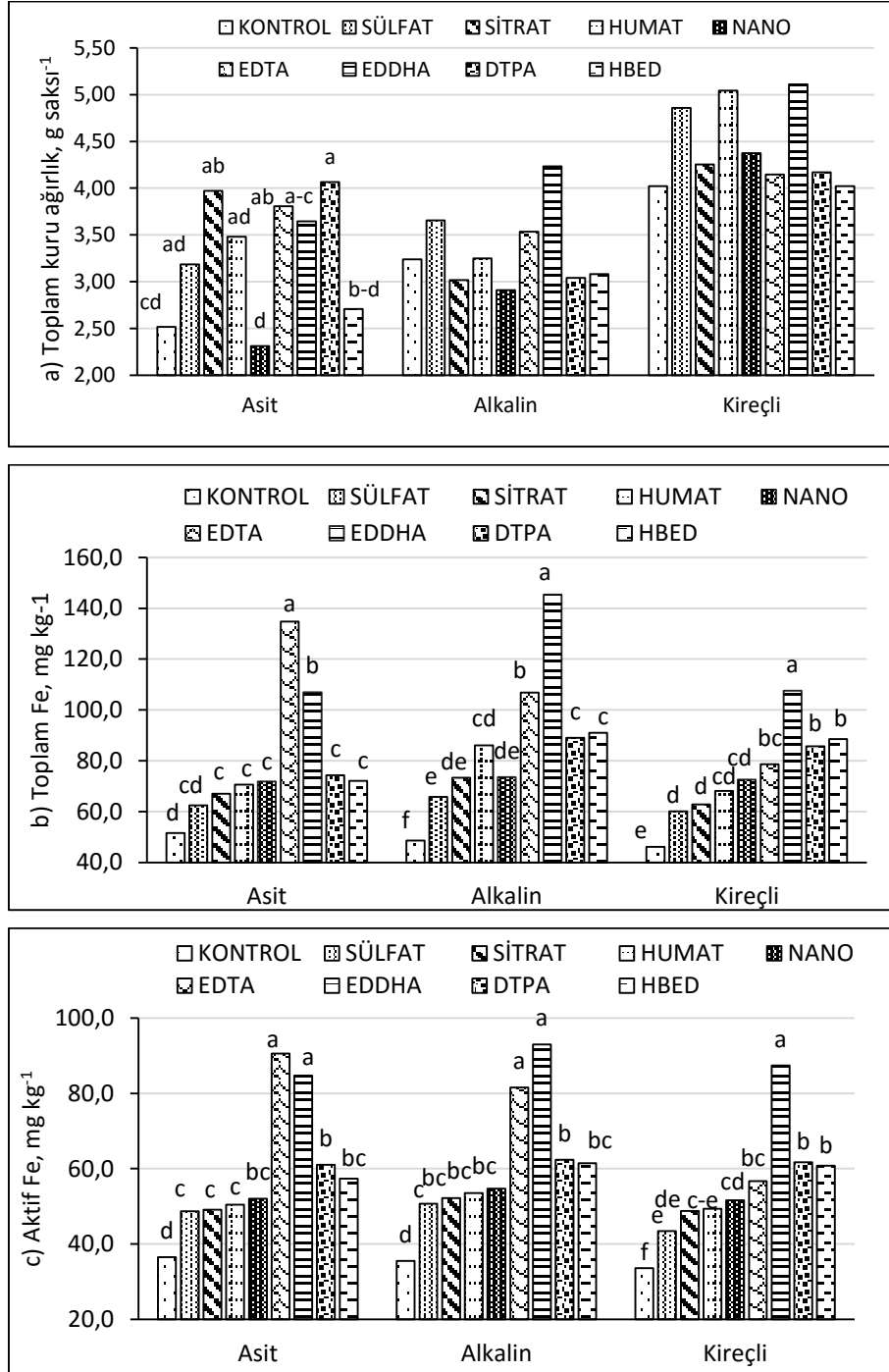
Verilerin varyans analizleri Minitab 18 istatistik paket programı ile yapılmış, her bir toprak için ortalamalar arasındaki farklar Tukey testine (p<0.05) tabi tutulmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Demir Gübrelere Baklanın Kuru Ağırlığı, Aktif ve Toplam Demir İçerikleri Üzerine Etkisi

Demir içerikli gübrelere baklanın toplam ve aktif Fe içerikleri üzerine etkisi önemli (p<0.01) bulunurken, kuru ağırlık üzerine asit toprak hariç önemsiz bulunmuştur. En yüksek bitki kuru ağırlığı kireçli toprakta Fe-EDDHA, Fe-HUMAT, Fe-SÜLFAT, alkalın reaksiyonlu toprakta Fe-EDDHA, Fe-SÜLFAT, Fe-EDTA, asit reaksiyonlu toprakta ise Fe-DTPA, Fe-SİTRAT, Fe-EDTA gübre uygulamalarında belirlenmiştir (Şekil 1a). Abd El-Razek vd. (2013) yapraktan uygulanan Fe, Zn ve Mn’in baklanın verim ve verim öğelerini ile klorofil b içeriklerini arttırdığını saptamışlardır. Karimi vd. (2014) Fe-NANO ve Fe-EDDHA uygulamalarının maş fasulyesinin yaş ve kuru ağırlığını arttırdığını saptamışlardır. Chatterjee vd. (2017) kireç içeriği %0.37-11.5 ve pH’sı 7.7-8.3 olan iki tarlada farklı Fe kaynaklarının soya fasulyesi verimini önemsiz düzeyde arttırdığını, yapraktan Fe-EDDHA uygulamasının diğer şelatlardan daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. Hergert vd. (2018) topraktan uygulanan Fe-EDDHA’nın kuru fasulyede Fe klorozunu gözle görülebilir düzeyde azalttığını ve verimi arttırdığını tespit etmişlerdir. Hussein (2019) topraktan Fe-EDTA uygulamasının baklanın bitki özelliklerini ve verimi arttırdığını saptamışlardır. Fadhil

ve Jader (2020) bakla bitkisine yapraktan uygulanan Fe-şelat ve B'un, Şahin ve İşler (2021) soya fasulyesine yapraktan uygulanan Fe+Zn uygulamasının verim ve verim parametreleri üzerine etkili etkili olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 1. Demir Uygulamalarının Bitkinin Kuru Ağırlık (a), Toplam Fe (b), Aktif Fe İçeriğine (c) Etkisi

Bakla bitkisi yapraklarının toplam ve aktif Fe içerikleri üzerine demir içerikli gübrelere %1 düzeyinde önemli etkilerde bulunduğu ve kontrolün üzerinde artışlar sağladığı belirlenmiştir. Yaprakların toplam ve aktif Fe içeriği alkalin reaksiyonlu toprakta 48.6-145.3 mg kg⁻¹ ve 35.5-93.0 mg kg⁻¹ arasında değişim gösterirken, Fe-EDDHA ve Fe-EDTA uygulamalarında en yüksek Fe içerdiği saptanmıştır. Bakla yapraklarının Fe içeriği asit reaksiyonlu toprakta en yüksek Fe-EDTA ve Fe-EDDHA gübrelere saptanmış olup; bitkilerin toplam ve aktif Fe içerikleri 51.6-134.7 mg kg⁻¹ ve 36.5-90.6 mg kg⁻¹ arasında değişmiştir. Kireçli toprakta ise yaprakların toplam ve aktif Fe içerikleri 46.2-107.6 mg kg⁻¹ ve 33.6-87.4

mg kg⁻¹ olarak belirlenirken, en yüksek toplam ve aktif Fe içerikleri Fe-EDDHA uygulamasından elde edilmiş ve diğer uygulamaların etkisi birbirine benzer gerçekleşmiştir (Şekil 1b, c). Jones vd. (1991) fasulye ve bezelyenin optimum Fe içeriğini 50-300 mg kg⁻¹, börülcenin 50-100 mg kg⁻¹ olduğunu bildirmiş olup; bakla bitkisi için alt referans değerini 50 mg kg⁻¹ olarak değerlendirsek sonuçlarımızın optimum sınırlar içerisinde değiştiğini söyleyebiliriz. Fe-EDDHA'nın toprakta geniş pH aralığında daha fazla yararlı olabileceği Güzel vd. (2004) ile Kacar ve Katkat (2007) tarafından bildirilmiştir. Cantera vd. (2002) sonuçlarımızla benzer şekilde kireçli ve alkalın toprakta FeSO₄ uygulamasının etkili olmadığını, asit reaksiyonlu toprakta Güzel vd. (2004) Fe-DTPA'nın, Kacar ve Katkat (2007) ise Fe-EDTA'nın daha etkili olduğunu belirtmişlerdir. Fe-EDDHA ve izomerlerinin kireçli toprakta en etkili olduğu (Schenkeveld vd., 2014), alkalın ve kireçli topraklarda EDTA'nın topraktan ve fertigasyonla uygulanabileceği (Rasmussen, 2015) bildirilmiştir. Sahrawat (2016) Fe-EDDHA'nın yerfıstığının toplam ve aktif Fe içeriklerini artırdığını belirlemiştir. Yalçın (2019) mısır bitkisinde Fe noksanlığı için Fe-EDDHA'nın (orto-orto, 5:25 ve 6) iyi bir kaynak olduğunu, Fe-EDDHA yerine ise FeSO₄+K-Humat'ın ekonomik olarak kullanılabileceğini önermiştir. Brear vd. (2020) simbiyotik N fiksasyonunda baklagil bitkilerinin Fe ihtiyacının fazla olduğunu, N fiksasyonu ile nodüldeki Fe konsantrasyonu arasında pozitif ilişki olduğunu saptamışlardır. Flores (2020) kireçsiz alkalın toprakta soya fasulyesi yapraklarının aktif Fe içeriklerinin Fe-EDDHA ve EDTA, pH'sı 6.1 olan toprakta ise Lignit, EDTA ve EDDHA uygulamalarında yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Demir Gübrelere Baklanın Azot, Fosfor, Potasyum ve Kalsiyum İçerikleri Üzerine Etkisi

Bakla bitkisi yapraklarının toplam N içeriklerinin %3.90 ile %4.57 arasında değişim gösterdiği; bütün uygulamalarda kontrolün üzerinde gerçekleştiği ve Bergman (1992) tarafından verilen referans değerinin (%2.80-3.50) üzerinde N içerdiği tespit edilmiştir (Tablo 2). Yapraklarda en yüksek N, kireçli toprakta Fe-EDDHA ve Fe-DTPA, alkalın reaksiyonlu toprakta Fe-NANO ve Fe-HUMAT, asit reaksiyonlu toprakta ise Fe-EDTA ve Fe-DTPA gübre uygulamalarında saptanmıştır. Asit reaksiyonlu toprakta yetiştirilen baklagil bitkilerinin nodül oluşumunun ve N₂ fiksasyonunun etkilendiği (Pijnenborg ve Lie 1990), demir noksanlığı görülen kireçli topraklarda da baklagil bitkilerinde fotosentezin, N₂ fiksasyonu ve nodül oluşumunun azaldığı (Tang vd., 1991), amonyum oluşturan N içerikli gübrelere demirin yararlılığını arttırdığı (Kacar ve Katkat 2007) bildirilmiştir.

Demir içerikli gübrelere asit ve kireçli toprakta yetiştirilen bakla yapraklarının P içeriği üzerine %1 düzeyinde önemli etkilerde bulunduğu; genellikle tüm uygulamalarda bitkinin P içeriğinin azaldığı tespit edilmiştir. Yaprakların toplam P içerikleri %0.164-0.218 arasında değişim göstermiş olup, referans değerlerine göre (%0.25-0.45) bitkilerin P bakımından yetersiz beslendiği saptanmıştır (Tablo 2). Kireçli ve alkalın reaksiyonlu toprakta Fe-DTPA ve Fe-SÜLFAT uygulamalarında kontrolün üzerinde yaprakların P içeriği belirlenirken, asit toprakta kontrolden düşük belirlenmiştir. Karaman vd. (1997), demir uygulaması ile fasulye bitkisinin P içeriklerinin azaldığını belirlemişlerdir. Fosforun baklagil bitkilerinin kök ve gövde gelişimini teşvik ederek N₂ fiksasyonunu arttırdığı ve köklerde daha kısa sürede nodül oluşumunu sağladığı bildirilmiştir (Kacar ve Katkat, 2007). Abdel-Salam (2018) nano P uygulamasının bitki boyu, bakla sayısı, dane verimi ve danenin N, P ve Fe içeriğini etkilediğini; nano Fe'in (150-300 mg L⁻¹) her iki dozunun etkili olduğunu saptamışlardır.

Tablo 2. Demir Uygulamalarının Bitkinin N, P, K ve Ca İçeriğine Etkisi

Demir kaynağı	N, %			P, %		
	Asit	Alkalin	Kireçli	Asit	Alkalin	Kireçli
Kontrol	3.90	3.97	4.08	0.218a	0.195	0.214ab
Fe-SÜLFAT	4.03	4.24	4.24	0.164c	0.202	0.202a-c
Fe-SİTRAT	4.08	4.23	4.13	0.178bc	0.195	0.205a-c
Fe-HUMAT	4.21	4.27	4.37	0.176bc	0.195	0.189c
Fe-NANO	3.95	4.28	4.33	0.185a-c	0.190	0.196bc
Fe-EDTA	4.44	4.08	4.11	0.186a-c	0.179	0.189c
Fe-EDDHA	4.22	4.08	4.57	0.187a-c	0.190	0.203a-c
Fe-DTPA	4.34	4.25	4.51	0.182a-c	0.185	0.218a
Fe-HBED	3.97	4.21	4.44	0.212ab	0.189	0.195bc
	K, %			Ca, %		
Kontrol	2.19a	2.27a	2.68	1.01cd	1.35a	1.48a
Fe-SÜLFAT	1.58b	2.21a	2.56	1.15a-d	1.40a	1.51a
Fe-SİTRAT	1.63b	2.12ab	2.77	1.21a-d	1.41a	1.42a
Fe-HUMAT	1.83ab	1.72cd	2.87	1.35a	1.25a	0.99c
Fe-NANO	1.92ab	2.15a	2.68	1.28ab	1.14ab	1.04bc
Fe-EDTA	1.59b	1.74cd	2.42	1.24a-c	1.38a	1.27a-c
Fe-EDDHA	1.59b	1.83b-d	2.79	1.08b-d	1.27a	1.36ab
Fe-DTPA	1.74b	2.03a-c	2.42	1.12a-d	1.27a	1.32a-c
Fe-HBED	1.54b	1.68d	2.79	0.94d	0.83b	1.00c

Demirli gübrelerin yaprakların toplam K içeriği üzerine etkisi asit ve alkalin toprakta önemli bulunmuştur. Asit toprakta yetiştirilen bakla bitkisi yapraklarının K içeriğinin düşük (%2.10-2.80), alkalin toprakta bazı uygulamalarda (kontrol, Fe-NANO, Fe-SİTRAT) yeterli ve kireçli toprakta ise tamamının yeterli seviyede olduğu belirlenmiştir (Tablo 2). Kireçli toprağın K içeriğinin yüksek olması sebebiyle bitkinin toplam K içeriği daha yüksek olarak saptanmış olup; yapraklarda en yüksek K içeriği Fe-HUMAT, Fe-EDDHA, Fe-HBED ve Fe-SİTRAT uygulamalarından elde edilmiştir. Asmada K uygulamasının Fe alımı ve taşınmasını etkileyerek kireç kökenli Fe klorozunu giderdiği bildirilmiştir (Güneş vd., 2000). Khalil vd. (2012) bakla bitkisi için dekara 7.14 kg N ve 5.72 kg K₂O gübre uygulamasını önermişlerdir.

Demirli gübre uygulamalarının yaprakların toplam Ca içeriğine etkisinin önemli olduğu, Bergman (1992)'a göre (%0.50-2.0) yaprakların kalsiyum içeriklerinin yeterli olduğu saptanmıştır (Tablo 2). Yapraklarda Ca asit reaksiyonlu toprakta Fe-HUMAT, Fe-NANO ve Fe-EDTA, alkalin reaksiyonlu toprakta Fe-SİTRAT, Fe-SÜLFAT ve Fe-EDTA, kireçli toprakta ise Fe-SÜLFAT, Kontrol ve Fe-SİTRAT gübre uygulamalarında en yüksek tespit edilmiştir. Güneş vd. (2000) yüksek toprak pH'sı, P ve Ca'un bitkilerin Fe alımını azalttığını bildirmişlerdir.

Demir Gübrelerinin Baklanın Manganez, Çinko ve Bakır İçerikleri Üzerine Etkisi

Demirli gübre uygulamaları, bakla bitkisi yapraklarının toplam Mn içeriğini asit reaksiyonlu toprakta önemli düzeyde arttırırken, alkalin reaksiyonlu ve kireçli topraklarda artışlar önemli bulunmamış, ancak artma eğilimi göstermiştir. Asit reaksiyonlu toprakta yaprağın Mn içeriği 185.5 ile 303.9 mg kg⁻¹, alkalin reaksiyonlu toprakta 50.5 ile 58.7 mg kg⁻¹, kireçli toprakta ise 31.0 ile 35.2 mg kg⁻¹ olarak saptanmıştır (Tablo 3). Asit toprakta bitkinin Mn içeriği en yüksek Fe-EDTA, Fe-EDDHA ve Fe-HUMAT gübrelerinde belirlenirken; alkalin toprakta Fe-SİTRAT, Fe-SÜLFAT ve Fe-EDDHA, kireçli toprakta ise Fe-HUMAT, Fe-SÜLFAT ve Fe-EDDHA gübrelerinde belirlenmiştir. Bergman (1992) tarafından verilen referans değerine göre (40-100 mg kg⁻¹) bitkilerin Mn bakımından kireçli toprakta yetersiz, alkalin toprakta yeterli ve asit toprakta ise fazla beslendiği saptanmıştır. Asit toprağın Mn içeriğinin yüksek olması bitkilerin Mn alımını arttırmış ve Fe içerikleri düşük bulunmuştur. Ylivainio (2009) kuvars kumunda yetiştirilen marul

bitkisinin Mn içeriğinin kireçli topraktakinden yüksek olduğunu, Fe-EDTA'nın ise azalttığını belirlemişlerdir.

Tablo 3. Demir Uygulamalarının Bitkinin Mn, Zn ve Cu İçeriğine Etkisi

Demir kaynağı	Asit	Alkalin	Kireçli
Mn, mg kg ⁻¹			
Kontrol	185.5d	52.9	31.0
Fe-SÜLFAT	278.9a-c	58.5	33.5
Fe-SİTRAT	192.3d	58.7	31.2
Fe-HUMAT	292.9ab	53.9	35.2
Fe-NANO	244.1c	54.5	32.8
Fe-EDTA	303.9a	50.5	31.6
Fe-EDDHA	302.7a	56.6	32.8
Fe-DTPA	259.3bc	53.8	32.2
Fe-HBED	240.1c	51.8	32.4
Zn, mg kg ⁻¹			
Kontrol	35.9c	33.1c	31.6c
Fe-SÜLFAT	37.5c	36.2c	36.2bc
Fe-SİTRAT	38.9c	38.1c	38.0bc
Fe-HUMAT	41.1bc	34.7c	38.3bc
Fe-NANO	38.8c	35.2c	36.5bc
Fe-EDTA	57.0b	68.3a	52.7a
Fe-EDDHA	48.4b	50.9b	43.3b
Fe-DTPA	39.6c	34.1c	39.2bc
Fe-HBED	41.4bc	34.4c	37.3bc
Cu, mg kg ⁻¹			
Kontrol	14.6	12.7b	13.5
Fe-SÜLFAT	16.5	15.5ab	14.7
Fe-SİTRAT	15.3	14.4ab	13.9
Fe-HUMAT	16.4	15.7ab	14.7
Fe-NANO	16.7	16.2ab	14.5
Fe-EDTA	16.6	17.7a	14.7
Fe-EDDHA	17.0	16.3ab	16.1
Fe-DTPA	16.4	16.2ab	13.7
Fe-HBED	16.8	14.0ab	14.2

Bitkilerin Zn içerikleri üzerine gübre uygulamaları önemli etkilerde bulunmuş olup; asit reaksiyonlu toprakta bitkide en yüksek Zn içeriği Fe-EDTA ve Fe-EDDHA uygulamalarından elde edilmiştir (Tablo 3). Alkalin reaksiyonlu toprakta Fe-EDTA ve Fe-EDDHA, kireçli toprakta ise Fe-EDTA ve Fe-EDDHA uygulamalarında bitkilerin en yüksek Zn içerdiği saptanmıştır. Bergman (1992) tarafından verilen referans değerine göre (30-70 mg kg⁻¹) bitkilerin Zn bakımından yeterli beslendiği belirlenmiştir. El-Gizawy ve Mehasen (2009) yaprağa uygulanan Zn-EDTA'nın baklanın dane ağırlığı ve verimini arttırdığını; Ylivainio (2009) ise Fe noksanlığı altında marulun Zn ve Cu içeriklerinin arttığını tespit etmişlerdir.

Bakla bitkisi yapraklarının toplam bakır içeriği 13.5–17.7 mg kg⁻¹ arasında olup; bakır içeriği en yüksek asit ve kireçli toprakta Fe-EDDHA, alkalin reaksiyonlu toprakta ise Fe-EDTA gübrelereinden elde edilmiştir (Tablo 3). Yaprakların bakır içerikleri Bergman (1992)'a göre (7-15 mg kg⁻¹) optimum sınırlar içerisinde bulunmuştur. Lucena (2003), EDTA, HEDTA, DTPA şelatlarının Fe hariç Cu, Zn ve Mn için kullanılabileceğini, Fe için EDDHA ve izomerlerinin kullanılabileceğini bildirmiş olup; Ylivainio (2009) Fe-EDDHA'nın rizosferde indirgenerek Cu-EDDHA'yı oluşturduğunu ve marulun Cu alımını arttırdığını

saptamışlardır. Bulgularımızla benzer şekilde, De Conti vd. (2020) artan dozlarda Cu uygulaması ile Fe-EDDHA ve Fe-EDTA uygulamalarının çavdar otu bitkisinin Fe içeriğini arttırdığını tespit etmişlerdir.

Sonuç ve Öneriler

Farklı demir kaynaklarının bakla bitkisinin kuru ağırlığı, yaprakların toplam ve aktif Fe içerikleri ile bazı besin maddesi içerikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada; asit reaksiyonlu toprakta en yüksek kuru ağırlık Fe-DTPA, Fe-SİTRAT ve Fe-EDTA uygulamalarında belirlenmiştir. Alkalin reaksiyonlu toprakta Fe-EDDHA, Fe-SÜLFAT gübrelere; kireçli toprakta ise Fe-EDDHA ve Fe-HUMAT gübrelere en yüksek kuru ağırlık saptanmıştır. Tüm toprakta Fe-EDDHA, Fe-EDTA ve Fe-DTPA uygulamalarında genellikle yaprakların toplam ve aktif Fe içeriklerinin en yüksek olduğu, alkalin ve kireçli toprakta Fe-HBED’inde benzer etkilerde bulunduğu saptanmıştır. Bakla yapraklarının toplam ve aktif Fe içeriklerinin, Fe-SÜLFAT ve Fe-SİTRAT uygulamalarında en düşük olduğu belirlenmiştir. Yaprakların P içeriklerinin kontrol uygulamasında en yüksek olduğu ve demirli gübreleme ile azaldığı tespit edilmiştir. Bakla bitkisinin P ve K hariç diğer besin maddeleri bakımından beslenme probleminin olmadığı, kireçli toprakta bitkilerde Mn noksanlığı, asit toprakta ise Mn fazlalığı tespit edilmiştir. Bitkilerin Zn, Mn ve Cu içeriklerinin genellikle Fe-EDDHA ve Fe-EDTA uygulamalarında en yüksek olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonuçları, bakla bitkisinde demir noksanlığının; asit reaksiyonlu toprakta Fe-EDTA, Fe-DTPA ve Fe-EDDHA, alkalin reaksiyonlu toprakta Fe-EDDHA ve Fe-EDTA, kireçli toprakta ise Fe-EDDHA, Fe-HBED ve Fe-HUMAT gübrelere herhangi biri ile giderilebileceğini göstermektedir.

Destek ve Teşekkür

Bu çalışma, Ceyhan Tarakçıoğlu danışmanlığında Sinem Uzun tarafından tamamlanan “*Farklı demir kaynaklarının bakla bitkisinin besin maddesi içerikleri üzerine etkisi*” başlıklı yüksek lisans tezinden (Tez No: 752326) üretilmiş olup, Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Koordinasyon Birimi (B-2109) tarafından desteklenmiştir.

Yazar Katkısı

Ceyhan Tarakçıoğlu, denemenin planlanması, ortamın hazırlanması, analizlerin takibi, verilerin değerlendirilmesi, istatistiki analizlerin yapılması ve makale yazımında yer aldı. *Sinem Uzun*, denemenin kurulması, yürütülmesi ve analizlerin yapımında yer aldı. Yazarlar makaleyi birlikte yazdı, okudu ve onayladı.

Etik

Makalenin yayınlanmasında herhangi bir etik sorun yoktur.

Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

ORCID

Ceyhan Tarakçıoğlu  <https://orcid.org/0000-0003-1846-2097>

Sinem Uzun  <https://orcid.org/0000-0002-4716-6759>

Kaynaklar

Abd El-Razek, UA., Dorgham, EA. ve Morsy, SM. (2013). Effect of certain micronutrients on some agronomic characters, chemical constituents and alternaria leaf spot disease of faba bean. *Asian Journal of Crop Science*, 5(4), 426-435, <http://doi.org/10.3923/ajcs.2013.426.435>

Abdel-Salam, M.A. (2018). Implications of applying nano-hydroxyapatite and nano-iron oxide on faba bean (*Vicia faba* L.) productivity. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 9(11), 543–548. <http://doi.org/10.21608/JSSAE.2018.36469>

- Akinoğlu, G. ve Korkmaz, A. (2021). Demir sülfat formundaki demirden yararlanabilme kabiliyetleri yönünden bazı çeltik çeşitlerinin karşılaştırılmaları üzerine bir araştırma. *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1, 78-86. <https://doi.org/10.47137/usufedbid.901099>
- AL-Bayati, HJM., Al-Deen Al-Leela, WB., Rejab, FF. ve Hasan, SY. (2019). Effect of chemical and organic fertilizer on three varieties of broad bean. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 47(2), 73-82. <http://doi.org/10.33899/MAGRJ.2019.163181>
- Aras, S., Arıkan, Ş., İpek, M., Eşitken, A., Pırlak, L., Dönmez, M.F. ve Turan, M. (2018). Plant growth promoting rhizobacteria enhanced leaf organic acids, FC-R activity and Fe nutrition of apple under lime soil conditions. *Acta Physiologiae Plantarum*, 40, 120. <https://doi.org/10.1007/s11738-018-2693-9>
- Argaw, A. ve Akuma, A. (2016). The effect of iron fertilization on nodulation, yield and yield traits of soybean genotypes with different maturity groups as affected by brady rhizobium inoculations. *Ethiop. J. Agric. Sci.*, 26(2), 37-56. <https://www.ajol.info/index.php/ejas/article/view/142803>
- Arıkan, Ş., Eşitken, A., İpek, M., Aras, S., Şahin, M., Pırlak, L., Dönmez, M.F. ve Turan, M. (2018). Effect of plant growth promoting Rhizobacteria on Fe acquisition in peach (*Prunus persica* L) under calcareous soil conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 41(17), 2141-2150. <http://doi.org/10.1080/01904167.2018.1482910>
- Bastani, S., Hajiboland, R., Khatamian, M. ve Saket-Oskoui, M. (2018). Nano iron (Fe) complex is an effective source of Fe for tobacco plants grown under low Fe supply. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 18(2), 524-541. <http://doi.org/10.4067/S0718-95162018005001602>
- Bergmann, W. (1992). Nutritional disorders of plants; Development, visual and analytical diagnosis. Offizin Andersen Nexo, Leipzig, Germany.
- Borowski, E. ve Michalek, S. (2011). The effect of foliar fertilization of french bean with iron salts and urea on some physiological processes in plants relative to iron uptake and translocation in leaves. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 10(2), 183-193. <http://actascipol.upwr.edu.pl/pl/action/getfull.php?id=2788>
- Brear, E.M., David, A.D. ve Smith, P.M.C. (2013). Iron: An essential micronutrient for the legume-rhizobium symbiosis. *Frontiers in Plant Science*, 4, 359. <http://doi.org/10.3389/fpls.2013.00359>
- Brear, E.M., Bedon, F., Gavrin, A., Kryvoruchko, I.S., Torres-Jerez, I., Udvardi, M.K., Day, D.A. ve Smith P.M.C. (2020). GmVTL1a is an iron transporter on the symbiosome membrane of soybean with an important role in nitrogen fixation. *New Phytologist Journal*, 228, 667-681. <http://doi.org/10.1111/nph.16734>
- Cantera, R.G., Zamarreno, A.M. ve Garcia-Mina, J.M. (2002). Characterization of commercial iron chelates and their behavior in an alkaline and calcareous soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 7609-7615. <http://doi.org/10.1021/jf025745y>
- Chatterjee, A., Lovas, S., Rasmussen, H. ve Goos, R.J. (2017). Foliar application of iron fertilizers to control iron deficiency chlorosis of Soybean. *Crop, Forage Turfgrass Management*, 1-7. <http://doi.org/10.2134/cftm2017.05.0037>
- Chen, H., Hu, Z., Li, X., Zhang, F., Chen, J. ve Zhang, M. (2016) Iron fertilizers applied to calcareous soil on the growth of peanut in a pot experiment. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(12), 1753-1764. <http://doi.org/10.1080/03650340.2016.1173674>
- Crane, J.H., Schaffer, B., Li, Y., A. Evans, E.A., Montas, W. ve Li, C. (2008). Effect of foliarly applied acids and ferrous sulfate on leaf ferrous iron content and leaf greenness of Lychee trees. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 121, 19-23. <http://journals.fcla.edu/fshs/article/view/87333>

- Darwesh, D.A. (2011). Effect of soil and foliar application of iron chelate on nutrient balance in lentil (*Lens esculenta* L.) by using modified dris equation. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 39(3), 39-49. <http://doi.org/10.33899/MAGRJ.2011.31111>
- De Conti, L., Cesco, S., Mimmo, T., Pii, Y., Valentinuzzi, F., Melo, G.W.B., Ceretta, C.A., Trentin, E., Marques A.C.R. ve Brunetto, G. (2020). Iron fertilization to enhance tolerance mechanisms to copper toxicity of ryegrass plants used as cover crop in vineyards. *Chemosphere*, 243, 125298. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125298>
- El-Ghamry, A.M., Abd El-Hai, K.M. ve Ghoneem, K.M. (2009). Amino and humic acids promote growth, yield and disease resistance of faba bean cultivated in clayey soil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(2), 731-739. <http://www.insipub.com/ajbas/2009/731-739.pdf>
- El-Gizawy, N. ve Mehasen, S.A.S. (2009). Response of faba bean to bio, mineral phosphorus fertilizers and foliar application with zinc. *World Applied Sciences Journal*, 6(10), 1359-1365. [http://www.idosi.org/wasj/wasj6\(10\)/8.pdf](http://www.idosi.org/wasj/wasj6(10)/8.pdf)
- Erdal, İ., Kaplankiran, B., Evren, E., Küçükyumuk, Z. ve Türkan, Ş.A. (2014). Farklı demir içeriklerine sahip besin çözeltisiyle beslenen domates bitkisinin gelişimi, toplam demir, aktif demir, klorofil ve SPAD değerleri arasındaki ilişkiler. *Yüzüncüyıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(1), 36-41. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.235914>
- Fadhil, A.H. ve Jader, J.J. (2020). The effect of foliar spraying with boron and chelating iron on growth and yield of broad bean (*Vicia faba* L.). *Plant Archives*, 20(1), 425-430. <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.10694.22084>
- Flores, APE. (2020). Pyritic Lignite as a source of iron for soybean as influenced by variety and soil pH. [Yayımlanmamış Yüksek lisans tezi]. Mississippi State University, USA. <https://hdl.handle.net/11668/18464>
- Gönül, İ., Delikanlı, A. ve Serin, S. (2019). Yüksek pH dayanımlı yeni tip demir şelat formülünün hazırlanması ve yerfıstığı üzerine etkilerinin incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(3), 261-270. <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.638191>
- Güneş, A., Alpaslan, M. ve İnal, A. (2000). *Bitki besleme ve gübreleme*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1514, Ders Kitabı: 467. Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Güzel, N., Gülüt, K.Y. ve Büyük, G. (2004). *Toprak verimliliği ve gübreler*. (2.baskı). Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ofset.
- Hergert, G.W., Nielsen, R.A., Schild, J.A., Hawley, R.L. ve Darapuneni, M.K. (2018) Row-applied iron chelate for correcting iron deficiency chlorosis in Dry Bean. *Agronomy Journal*, 111(1), 362-367. <http://doi.org/10.2134/agronj2018.02.0079>
- Horuz, A., Korkmaz, A., Akinoğlu, G. ve Boz, E. (2016). Bitkilerde demir klorozunun nedenleri ve giderilme yöntemleri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4(1), 32-42. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/263607>
- Hussein, R.M. (2019). Effects of iron application to soil on growth and yield of broad bean plant in Erbil city of North Iraq. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 95(11), 197-199. <http://doi.org/10.18551/rjoas.2019-11.27>
- Jones, Jr.J.B., Wolf, B. ve Mills, H.A. (1991). *Plant analysis handbook*. Micro-Macro Publishing, USA.
- Kacar, B. ve Katkat, AV. (2007). *Gübreler ve gübreleme tekniği*. Nobel Yayınları
- Kacar, B. (2016). *Fiziksel ve kimyasal toprak analizleri* (1.Baskı). Nobel Yayınları.
- Kacar, B. ve İnal, A. (2008). *Bitki analizleri* (1.Baskı). Nobel Yayınları.
- Kacar, B. ve Katkat, A.V. (2007). *Bitki besleme* (3.Baskı). Nobel Yayınları.

- Karaman, M. R., Brohi, A. R., İnal, A. ve Taban, S. (1999). Kelkit çayından siltasyon ile tarıma yeni kazandırılan topraklarda demir-çinko gübrelemesinin fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) bitkisinin büyüme ve mineral besin elementi konsantrasyonuna etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 341-348.
- Karimi, S., Tavallali, V., Ferguson, L. ve Mirzaei, S. (2020). Developing a nano-fe complex to supply iron and improve salinity tolerance of pistachio under calcium bicarbonate stress. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(14), 1835-1851. <http://doi.org/10.1080/00103624.2020.1798985>
- Karimi, Z., Pourakbar, L. ve Feizi, H. (2014). Comparison effect of nano-iron chelate and iron chelate on growth parameters and antioxidant enzymes activity of mung bean (*Vigna radiate* L.). *Advances in Environmental Biology*, 8(13), 916-930. <http://www.aensiweb.com/old/aeb/August%202014/916-930.pdf>
- Khalil, NA., Al-Murshidy, WA. ve El-Tokhy, F. (2012). Studies on fertilizer requirements of faba bean. *Journal Plant Production*, 3(6), 1027-1038. <http://doi.org/10.21608/JPP.2012.84276>
- Korkmaz, A., Yılmaz, F.G., Harmankaya, M. ve Gezgin, S. (2023a). Reduction of lime-based iron chlorosis in apple trees. *Akademik Ziraat Dergisi*, 12(1), 127-134. <http://dx.doi.org/10.29278/azd.1263559>
- Korkmaz, H.E., Akgün, M., Çelebi, M.S. ve Korkmaz, K. (2023b). Fındık zurufu ve biyoçarından üretilen demir nanopartiküllerinin (FeONP) yaşlanmış börülce tohumlarında çimlenme üzerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 12 (Özel Sayı), 193-202. <https://doi.org/10.29278/azd.1336772>
- Lucena, J.J. (2003). Fe chelates for remediation of Fe chlorosis in strategy I plants. *Journal of Plant Nutrition*, 26(10-11), 1969-1984. <http://doi.org/10.1081/PLN-120024257>
- Lucena, P.R., Apaolaza, L.H. ve Lucena, J.J. (2010). Comparison of iron chelates and complexes supplied as foliar sprays and in nutrient solution to correct iron chlorosis of soybean. *Journal of Plant Nutrition*, 173, 120-126. <http://doi.org/10.1002/jpln.200800256>
- Luo, Y.W. ve Xie, W.H. (2016). Effects of polyphenol oxidation on in vitro iron availability in faba bean (*Vicia faba* L.) flour. *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 701-706. <http://doi.org/10.1111/ijfs.12016>
- Nadal, P., García-Delgado, C., Hernandez, D., Lopez-Rayó, S. ve Lucena, J.L. (2012). Evaluation of Fe-N,N'-Bis(2-hydroxybenzyl)ethylenediamine-N,N'-diacetate (HBED/Fe³⁺) as Fe carrier for soybean (*Glycine max*) plants grown in calcareous soil. *Plant Soil*, 360, 349-362. <http://doi.org/10.1007/s11104-012-1246-z>
- Nadi, E., Aynehband, A. ve Mojaddam, M. (2013). Effect of nano-iron chelate fertilizer on grain yield, protein percent and chlorophyll content of faba bean (*Vicia faba* L.). *International Journal of Biosciences*, 3(9), 267-272. doi: <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/3.9.267-272>
- Ning, X., Lin, M., Huang, G., Mao, J., Gao, Z. ve Wang, X. (2023). Research progress on iron absorption, transport, and molecular regulation strategy in plants. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1190768. <http://doi.org/10.3389/fpls.2023.1190768>
- Pijnenborg, J.M.W. ve Lie, T.A. (1990). Effect of lime pelleting on the nodulation of Lucerne (*Medicago sativa* L.) in acid soil: a comparative study carried out in the field, in pots and in rhizotrons. *Plant Soil*, 121, 225-234. <http://doi.org/10.1007/BF00012316>
- Rajaie, M. ve Tavakoly, A.R. (2018). Iron and/or acid foliar spray versus soil application of Fe-EDDHA for prevention of iron deficiency in Valencia orange grown on a calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition*, 41(2), 150-158. <http://doi.org/10.1080/01904167.2017.1382523>

- Rasmussen, H.R. (2015). Foliar application of iron chelated fertilizer and surfactans for management of iron deficiency chlorosis in soybeans. [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. North Dakota State University. <https://hdl.handle.net/10365/27708>
- Rombola, A.D., Dallari, S., Quartieri, M. ve Scudellari, D. (2002). Effect of foliar-applied Fe sources, organic acids and sorbitol on the re-greening of kiwifruit leaves affected by lime induced iron chlorosis. *Acta Horticulturae*, 594, 349-355. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.594.43>
- Sahrawat, K.L. (2016). Soil and plant testing for iron: an appraisal. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(3), 280-283. <http://doi.org/10.1080/00103624.2015.1122805>
- Schenkeveld, W.D.C., Reichwein, A.M., Temminghoff, E.J.M. ve Riemsdijk, W.H.V. (2014). Considerations on the shuttle mechanism of Fe-EDDHA chelates at the soil-root interface in case of Fe deficiency. *Plant and Soil*, 379(1-2), 373-387. http://doi.org/10.1007/sl_1104-014-2057-1
- Shahsavandi, F. ve Eshghi, S. (2021). Effects of bicarbonate and Fe sources on vegetative growth and physiological traits of four grapevine cultivars. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(20), 2401-2413. <http://doi.org/10.1080/00103624.2021.1928172>
- Souri, M.K. ve Aslani, A. (2018). Beneficial effects of foliar application of organic chelate fertilizers on French bean production under field conditions in a calcareous soil. *Advances in Horticultural Science*, 32(2), 265-272. <http://doi.org/10.13128/ahs-21988>
- Şahin, C.B. ve İşler, N. (2021). Foliar applied zinc and iron effects on yield and yield components of Soybean: determination by PCA analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(3), 212-221. <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1854297>
- Şimşek, O. ve Çelik, H. (2021). Effects of iron fortification on growth and nutrient amounts of spinach (*Spinaciaoleracea* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 44(18), 2770-2782. <http://doi.org/10.1080/01904167.2021.1927083>
- Takkar, P.N. ve Kaur, N.P. (1984). HCl method Fe+2 estimation to resolve iron chlorosis in plants. *Journal of Plant Nutrition*, 7(1-5), 81-90. <https://doi.org/10.1080/01904168409363176>
- Tang, C., Robson, A.D. ve Dilworth, M.J. (1991). Which stage of nodule initiation in *Lupinus angustifolius* L. is sensitive to iron deficiency. *New Phytologist Journal*, 117, 243-250. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1991.tb04905.x>
- Ueno, D., Matsumoto, K., Enami, T., Nishiyama, N., Kato, S.I. ve Iwasaki, K. (2019). Efficacy of an artificial microbial siderophore-Fe (III) with high redox potential on correcting Fe chlorosis in rice. *Soil Science and Plant Nutrition*, 65(5), 471-478. <http://doi.org/10.1080/00380768.2019.1648180>
- Yalçın, Ö. (2019). Farklı demir kaynaklarının mısır bitkisinin gelişimine ve demir alımına etkisi. [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Selçuk Üniversitesi.
- Ylivainio, K. (2009). Environmentally benign Fe chelates in plant nutrition. [Yayımlanmamış doktora tezi]. University of Helsinki. <http://www.mtt.fi/mtttiede/pdf/mtttiede5.pdf>

Ordu İli Turizm Alanlarının Zihin Haritalama Yöntemi ile Değerlendirilmesi ve Deneyimle Değişen Turizm Alanı Algısının İncelenmesi

Hande Şeyma Tepe¹ , Pervin Yeşil¹ 

¹Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Ordu

Geliş Tarihi / Received Date: 19.04.2024

Kabul Tarihi / Accepted Date: 04.09.2024

Öz

Turizm, dünya genelinde ekonomik, kültürel ve sosyal etkileriyle önemli bir endüstri olarak kabul edilmektedir. Turizm sektörü, birçok ülke ve kent için ekonomik büyüme ve istihdam yaratma potansiyeline sahip olup, kentsel dönüşümü ve yerel kültürlerin korunmasını da desteklemektedir. Türkiye'nin Karadeniz bölgesinde yer alan Ordu ili, doğal güzellikleri, tarihi zenginlikleri ve kültürel mirasıyla turizm potansiyeli yüksek bir şehir olarak öne çıkmaktadır. Ordu'nun sahip olduğu eşsiz doğal ve tarihi zenginlikler, turistler için çekici bir destinasyon oluşturmakta ve kentin ekonomik gelişimine katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada, Ordu ilinin turizm alanlarını zihin haritalama yöntemi ile incelenmiş, kentin deneyimle değişen turizm alanı algısı ve değişimi ele alınmış, ayrıca bireylerin zihinlerinde Lynch'in (1960) ortaya koyduğu temel kentsel imge çeşitlerinin hangi önceliklerle şekillendiği değerlendirilmiştir. Ordu'nun turizm alanlarının bireylerin görsel belleklerinde kalıcılığından yola çıkarak bu alanların nasıl daha etkili bir turizm alanı haline gelerek geliştirilebileceği konusunda önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: turizm alanları, zihin haritalama, çevresel algı.

Evaluation of Ordu Province Tourism Areas with Mind Mapping Method and Investigation of Tourism Area Perception Changing with Experience

Abstract

Tourism is recognised worldwide as an important industry with economic, cultural and social impacts. The tourism sector has the potential to generate economic growth and employment for many countries and cities, and supports urban transformation and the preservation of local cultures. Ordu province, located in the Black Sea region of Turkey, stands out as a city with high tourism potential with its natural beauties, historical richness and cultural heritage. The unique natural and historical richness of Ordu creates an attractive destination for tourists and contributes to the economic development of the city. In this study, the tourism areas of Ordu province were analysed with the mind mapping method, the perception and change of the city's tourism area changing with experience were discussed, and the priorities with which the basic urban image types put forward by Lynch (1960) were shaped in the minds of individuals were evaluated. Based on the permanence of Ordu's tourism areas in the visual memory of individuals, suggestions have been made on how these areas can be developed by becoming a more effective tourism area.

Keywords: tourism areas, mind mapping, environmental perception

Giriş

Her kent kendine özgü nitelikler taşımaktadır ve bu nitelikler geçmişten bugüne kadar gerçekleşen fiziksel, kültürel, tarihsel ve sosyo ekonomik faktörlerle şekillenmektedir. Bu niteliklerle birlikte kentler ve onların yaşam biçimlerinden etkilenen anlamlı bütünlüğe ise kent kimliği denilmektedir. Kent kimliği ile kent imgesi genellikle karıştırılmaktadır. Bu ayrımı net bir şekilde belirtmek gerekirse; kent kimliği kentin sosyal, kültürel ve fiziksel yapısını ifade ederken, kent imgesi ise kentin akılda görünür olması ile ilgili bir durumdur ve zihinsel bir süreci ifade etmektedir. Kentsel imgeler, kentsel kimliğin gelişmesi ile ortaya çıkmaktadır. Kentin sahip olduğu alanların ve bu alanlar arasındaki ilişki ağlarının, kenti ziyaret edenlerin ve kentlilerin zihinlerinde görünür olma şekli kentsel imgeyi oluşturmaktadır (Eraydın, 2016). Zihinde görünür olma yani imgeleme alanları; algılama, zaman içerisinde deneyimleme ya da tecrübelerin birikmesiyle oluşmaktadır. Karaçor ve Akçam (2016)'a göre kimlik, yerin karakteristik özellikleri ile ilgilidir fakat kentsel imge, bu kimliğin nasıl algılandığı ile ilgilidir (Türk,2017). Kevin Lynch, kentsel alanların algılanması sonucunda oluşan öğeleri 'kentsel imajı oluşturan imgeler' olarak adlandırmıştır. Bu kentsel imgelere 5 ana başlık altında toplamaktadır ve bunları şu şekilde açıklamaktadır;

Yollar: Kent alanlarını birbirine bağlayan ve ulaşımı sağlayan öğelerdir.

Sınırlar: Kente ait alanları deniz dağ veya nehir gibi doğal sınırlayıcılarla çevreleyen ve çizgisel özelliği ile dikkat çeken öğelerdir.

Bölgeler: Bireylerin buldukları alana ait fiziksel sınırları kendi zihinlerinde oluşturdukları ve anlamlandırdıkları geniş kent alanlarını kapsayan öğelerdir.

Düğüm Noktaları: Kavşak ve yolların kesiştiği kente ait odaklayıcı noktalar.

Referans Noktaları: Dikkat çekici özellikleri ile kentsel dokudan ayrılarak öne çıkan ve farklılaşmış nesnelere veya yapılarıdır.

Algıyı tetikleyen ve zihinde oluşan bu 5 imge elemanının anlamlandırma ve vurgulama durumu mekânsal deneyime bağlı olarak değişmektedir. Lynch'in yaptığı çalışmalar sonucunda ulaştığı "mekâna ilişkin deneyimi az olan bireylerin oluşturacağı zihinsel haritalarda ilk olarak bölgeleri daha sonra yolları vurgulayacağı, fakat deneyimi fazla olan bireylerin oluşturacağı zihinsel haritalarda bölgeler ve yollardan ziyade referans noktalarını vurgulayacağı" argümanını ileri sürmektedir (Ülkeryıldız vd., 2009). Bunlarla birlikte kent kimliği mekânın fiziksel özelliklerini de kapsamaktadır. Mekânsal kimlik, bir yerin diğer yerlerden farklı algılanmasını ve ayırt edilmesini sağlayan çevresel özellikleri ifade etmektedir (Cengiz Gökçe ve Açıksöz, 2017). Aynı zamanda kent kimliği hem kişisel hem de toplumsal olarak alanla ilgili hatıraları ve deneyimleri içerecek şekilde kavramsallaştırılmıştır. Bu açıdan kent kimliği insanlar tarafından algılanan yerin özelliklerini de temsil etmektedir. Alan özellikleri, kent sakinlerinin kent kimliğine kattığı değer ile turistlerin bu değerden elde ettiği gözlem ve deneyimleri kapsamaktadır. Kentsel turizmde turistlerin en çok değer verdiği husus, kentin kendine ait özgünlüğü ve benzersiz özellikleridir yani kente özgü tarihi ve doğal turizm alanlarının da içinde bulunduğu kent kimliğidir (Dağ ve Mansuroğlu, 2020). Kent kimliğinin içinde bulunan doğal ve tarihi turizm alanları kentin tanınırlığını ve turizm potansiyelini arttırmada büyük bir role ve öneme sahiptir (Oğan ve Yasak, 2020). Bir örnek ile desteklemek gerekirse Nevşehir denince akıllara ilk Kapadokya gelmektedir. Bu bağlamda bakıldığında Nevşehir için zihinde kalıcılığı en fazla ve kent ile bütünleşerek önemli turizm noktalarından biri haline gelmiş olan alan Kapadokya'dır.

Bu çalışmada; bilişsel haritalama yöntemlerinden biri olan zihin haritalama yöntemi kullanarak ordu ilinde ikamet eden ve kenti deneyimlemiş olan bireyler ile kente yeni yerleşmiş ve deneyimlemiş bireylerin görsel belleklerinde öncelikli olarak hangi turizm alanını yerleştirdikleri tespit edilecek ve bireylerin zihinlerinde Lynch'in ortaya koyduğu temel kentsel imge çeşitlerinin hangi önceliklerle şekillendiği incelenmiştir. Bununla birlikte ordu ilinde bulunan turizm alanlarının zihinde kalıcılığı zihin haritalama yöntemi ile gözlemlenmiş ve geliştirilmesi gereken alanlara yönelik öneriler sunulmuştur.

Zihin Haritalarının Gelişim Süreci, Yöntemi ve Kullanım Alanları

Zihin haritaları, çevreye veya alana ilişkin fiziksel ve mekânsal özelliklerin zihinde oluşmasına depolanmasını veya hatırlanmasını konu almaktadır ve Coğrafi Bilişim Sistemi açısından algısal yönlendirmelerin değerlendirilmesiyle ortaya çıkmıştır. Sonrasında bu düşünce gelişerek araştırmacılar tarafından ortaya çıkarılan zihnin ardındaki yönelim fikriyle birlikte Tolman (1948)'in yaptığı araştırmalarda kullanılmaya başlayan 'bilişsel harita' teriminin oluşmasına zemin hazırlamıştır (Ülkeryıldız vd., 2009). Bilişsel haritalar (ayrıca nedensel, kavram veya zihinsel haritalar olarak da adlandırılır) olarak adlandırılan diyagramların amacı, düşünceleri, fikirleri ve zihinsel modelleri şematik olarak temsil etmek ve disiplinler arası sınırlar arasında iletişime yardımcı olmaktır (Haque vd., 2023). Bilişsel haritalama, günlük hayatta deneyimlenen çevresel konular ve özelliklerin algılanması, zihinde işlenmesi ve hatırlanmasıyla oluşan bir psikolojik süreçtir (Downs ve Stea, 2011). Bu terim daha sonra, bireylerin çevresel bilinçlerini ve içsel imgelerini ifade etmek için kullanılmıştır. Kevin Lynch (1960) bu konunun öncüsü olup, bilişsel haritalama tekniğini kullanarak bireylerin yaşadığı kentlerdeki kentsel imgeleri belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmasında doğrudan röportaj ve çizimlerle (katılımcıların yaşadığı şehir planlarını ya da parçalarını eskiz haritalarına çizmelerini istemiştir) üç kenti araştırmıştır. Bu çalışmanın asıl amacı, bireylerin yaşadıkları çevreye dair zihinlerinde oluşmuş fiziksel öğeleri belirlemektir. Yaptığı çalışma sonucunda elde ettiği bilgilere dayanarak bireylerin zihninde oluşturduğu imajları 5 fiziksel unsur (yollar, sınırlar, bölgeler, düğüm noktaları ve referans noktaları) altında sınıflandırmıştır. Bu 5 fiziksel unsur bireylerin çevreleri hakkında oluşturduğu algıyı etkilemekte ve okunabilir mekanlar ya da alanlar oluşturmakta önemli bir etkiye sahiptir. İnsanlar zihin haritalama yoluyla kentler hakkında belirli bir düzeyde bilgi sahibi olabilir ve kendisine bu şekilde yönlendirebilir. Bilişsel haritalar ile zihin haritalarını birbirinden ayıran özellik ise bilişsel haritalar çevre hakkında bilgi toplamayı kapsarken, zihin haritaları bu bilgilerin tamamını zihinden kâğıda kartografik bir anlatımla görselleştirilmesini ele almaktadır (Türk, 2017).

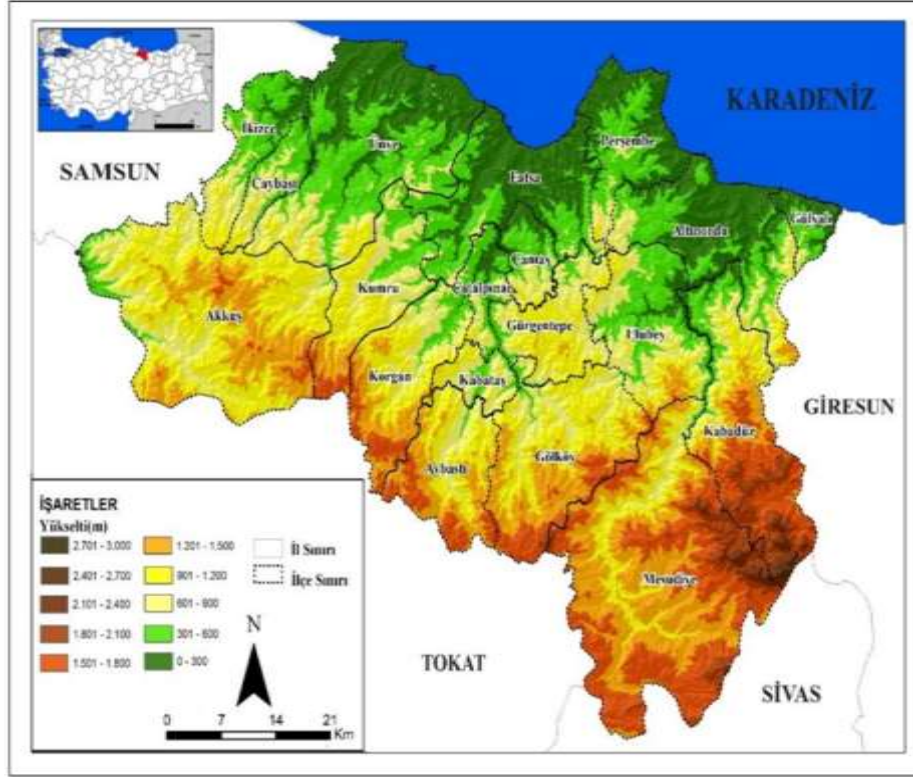
Evans (1980), bilişsel haritaların temel olarak bir yer veya alanla kurulan mekânsal ilişkiyi ve bu ilişkiyi kaynaklanan gösterimin harita olarak nitelikler içerdiğini öne sürmektedir. Lynch (1960) ise mekânın okunabilirliğini bu niteliklerin önemli bir bileşeni olarak kabul eder ve mekânın okunabilirliğini bireylerin algıladığı kentsel imgelerin zihinlerinde oluşturdukları imajlar olarak tanımlamaktadır. Daha net bir ifadeyle, mekân okunabilirliği, Lynch'in çalışmasında tanımladığı beş kentsel imgenin oluşturduğu imajlarla ilişkilendirilmekte ve bu imajların vurgulanma öncelikleri bireylerin yaşadığı kent deneyimine bağlı olarak değişmektedir. Lynch (1960), yaptığı araştırmalar doğrultusunda öne sürdüğü argümana göre, mekâna ilişkin deneyimi sınırlı olan bir bireyin zihinsel haritasının, mekânın genel özelliklerini ve bölgesel niteliklerini öncelikli olarak içereceğini ve ardından yolları belirginleştireceğini öne sürmektedir. Bununla birlikte, mekânsal deneyimi daha fazla olan bir bireyin zihinsel haritasında ise genel özellikler ve yollar yerine referans noktalarının öncelikli olarak vurgulanacağını ifade etmektedir (Ülkeryıldız vd., 2009).

Kent veya mekânsal algı ile ilgili yapılan inceleme ve araştırma çalışmalarında, zihinsel haritaların kağıda çizilmesi suretiyle bilgi elde etme yöntemi "zihin haritalama tekniği" olarak adlandırılır. Bu yöntem, bir kente veya çevreye ait bilgi edinmek veya çevredeki unsurlar arasındaki ilişkiyi incelemek için veri toplama sürecinde sıkça kullanılır (Öztürk, 2016).

Materyal ve Yöntem

Ordu ili, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin giriş kapısı konumundadır ve coğrafi olarak 40°-41° kuzey paralelleri ile 37° - 38° doğu meridyenleri arasında yer alır. Toplam yüzölçümü 5.961 km² olan bu il, Melet, Civil Deresi, Akçaova Deresi gibi çeşitli büyüklükteki akarsuların oluşturduğu alüvyon düzlüklerle karakterizedir. Ordu'nun kıyı şeridi toplamda 100 km uzunluğundadır ve bunun 60 km'lik bölümü kumsallardan oluşmaktadır (Şekil 1). 2023 verilerine göre, ilin nüfusu 775.800 kişidir (TUİK, 2024)

Genel olarak, Ordu ilinin iklimi Karadeniz iklimi etkisi altındadır. Bu iklim tipine göre yaz ayları nispeten serin geçerken, kışlar kıyı bölgelerinde ılık, yüksek rakımlı bölgelerde ise soğuk ve kar yağışlı geçmektedir. Ayrıca, yıl boyunca düzenli yağışlar görülmesi bu iklim tipinin belirgin bir özelliğidir (Şensoy vd., 2008).



Şekil 1. Ordu İli Konum Haritası (Hatipoğlu, Ş. C. 2021).

Ordu ili doğal, kültürel ve tarihi değerleri ile birçok turizm alanına sahiptir. Bunlar tablo 1 de sunulmuştur.

Tablo 1. Ordu ili doğal, kültürel ve tarihi değerleri (URL 1)

Doğal Turizm Alanları	Tarihi ve Kültürel Turizm Alanları
Asarkaya Kent Ormanı/ Ünye	Akoluk Köprüsü/ Ulubey
Aybastı Toygar/ Ünye	Atik İbrahim Paşa Camii/ Altınordu
Boztepe/ Altınordu	Aziziye (Yalı) Camii /Altınordu
Çambaşı Yaylası, Çambaşı Kayak Merkezi / Kabadüz	Başkotanı Köprüsü/ Mesudiye
Çınarsuyu Tabiat Parkı/ Ünye	Bolaman Kalesi ve Hazinedaroğlu Konağı/ Fatsa
Düzoba Yaylası/ Kumru	Cıngirt Kalesi /Fatsa
Eriçok Tepesi/ Mesudiye	Cotyora (Bozukkale)/ Altınordu
Eminem Pınarı Mesire Alanı/ Çamaş	Çamaş Hisarbey Köyü Kaya Mezarı/ Çamaş
Gaga Gölü/ Fatsa	Çayır Camii/ Çaybaşı
Gelin Kayası/ Çamaş	Çifte Hamam/ Ünye
Hoynat Adası/ Perşembe	Delikkaya Kaya Mezarı/ Altınordu
Kabakdağ Köyü/ Fatsa	Dikenlice Kaya Mezarı/ Gürgentepe
Kapılı (Cıngirt) Kazankaya Şelalesi/ Çaybaşı	Düz Mahalle Kilisesi (OBB Tiyatrosu) / Altınordu
Karaoluk Şelalesi/ Altınordu	Efirli Camii ve Mezarlığı/ Perşembe
Keyfalan Yaylası/ Mesudiye	Emir Yakup Kümbeti/ Korgan
Korgan Yaylaları / Korgan	Eskipazar Büyük Hamam/ Altınordu
Küpkaya Kanyonu/ Ulubey	Eskipazar Küçük Hamam/ Altınordu
Ohtamış Şelalesi/ Ulubey	Gençağa Kalesi/ İkizce
Perşembe Yaylası- Menderesler/ Aybastı	Gölköy Kalesi/ Gölköy
Sayacabaşı Mesire Yeri/ Ulubey	Göller Köyü Kalesi, Çatalpınar/Ordu
Topçam Yaylası/ Mesudiye	Hamidiye (Hükümet) Camii/ Altınordu
Çiğgöl (Dayılı Köyü) / Mesudiye	Kaleköy Kalesi/ Mesudiye
Toygar (Kabaktepe) Yaylası/ Aybastı	Kaleköy Kalesi Kaya Mezarları/ Ünye
Turnasuyu Vadisi (Yürüyüş Parkuru) / Altınordu	Kardeşler Köyü Kaya Mezarı/ Ulubey
Ulugöl Tabiat Parkı/ Gölköy	Kemer Köprü/ Altınordu
Yason Burnu/ Perşembe	Kestane Köyü Camii/ Gülyalı
Yoroz Kent Ormanı/ Altınordu	Kestane Köyü Kemer Köprüleri/ Gülyalı
	Kirazlıman Mahallesi Çeşmesi/ Altınordu
	Kurul Kalesi Yerleşkesi/ Altınordu
	Kuşfenak Kalesi/ Kumru
	Laleli Cami/ İkizce
	Meletios Kalesi/ Mesudiye
	Mesudiye Kültür Merkezi (Eski Kilise) / Mesudiye
	Muzadere Kilisesi/ Topçam, Mesudiye
	Ordu Büyükşehir Belediyesi Karadeniz Tiyatrosu/ Altınordu
	Oluklu Çeşme/ Kabadüz
	Paşaoğlu Konağı Etnoğrafya Müzesi/ Altınordu
	Saray Camii/ Ünye
	Sarpdere Köprüsü/ Ulubey
	Selimiye Camii/ Altınordu
	Sucuali Kaya Mezarı/ Çamaş
	Şeyh Abdullah Türbesi/ Ulubey

Bu çalışmada zihin haritalama yöntemini kullanarak Ordu ilinde ikamet eden kenti deneyimlemiş olan bireyler ile kente yeni yerleşmiş ve deneyimlememiş bireylerin görsel belleklerinde öncelikli olarak hangi turizm alanını yerleştirdiklerinin tespit edilmesi ve bireylerin zihinlerinde Lynch'in (1960) ortaya koyduğu temel kentsel imge çeşitlerinin hangi önceliklerle şekillendiğinin incelenmesi, Ordu ilinde bulunan turizm alanlarının zihinde kalıcılığının gözlemlenmesi yapılmış ve geliştirilmesi gereken alanlara yönelik öneriler sunulmuştur.

Bu çalışma, on kişiden oluşan iki grup halinde yapılmış olup Ordu Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı bölümünden, Ordu ilinde bir yıldan uzun süredir yaşamakta ve kenti deneyimlemiş on kişi ile bir yıldan kısa süredir yaşamakta ve kenti deneyimlememiş kişiler seçilerek A4 boyutunda uygulama kağıtları

dağıtılmıştır. Katılımcılara “Ordu kent meydanında olduğunuzu düşünerek, Ordu kentine ait turizm alanlarını çiziniz” ifadesi belirtildikten sonra bilmeleri gereken bilgiler verilmiştir. Bunlar;

- Çizimleri sırasında serbest oldukları, çizimin herhangi bir kurala göre ve doğru/yanlış şeklinde değerlendirilmeyeceği,
- Çizime başladıkları noktayı kırmızı kalem ile işaretlemeleri,
- En çok ziyaret ettikleri noktayı ise mavi kalem ile işaretlemeleri,
- İlk çizdiğiniz turizm alanının konumunu tarif edecek olsanız çevresinde nereyi baz alarak tarif ederdingiz? sorusuna cevap verilmesi gerektiğidir.

Daha sonrasında çizim kağıtlarının yanında zımbalı olarak verilen bilgi fişini doldurmaları istenmiştir. Zihin haritaları çizimleri değerlendirilmiştir. Katılımcıların kişisel bilgilerinin gizli tutulması adına sadece isim ve bir yıldan az ya da fazla Ordu ilinde bulunma durumları bilgi olarak istenmiştir.

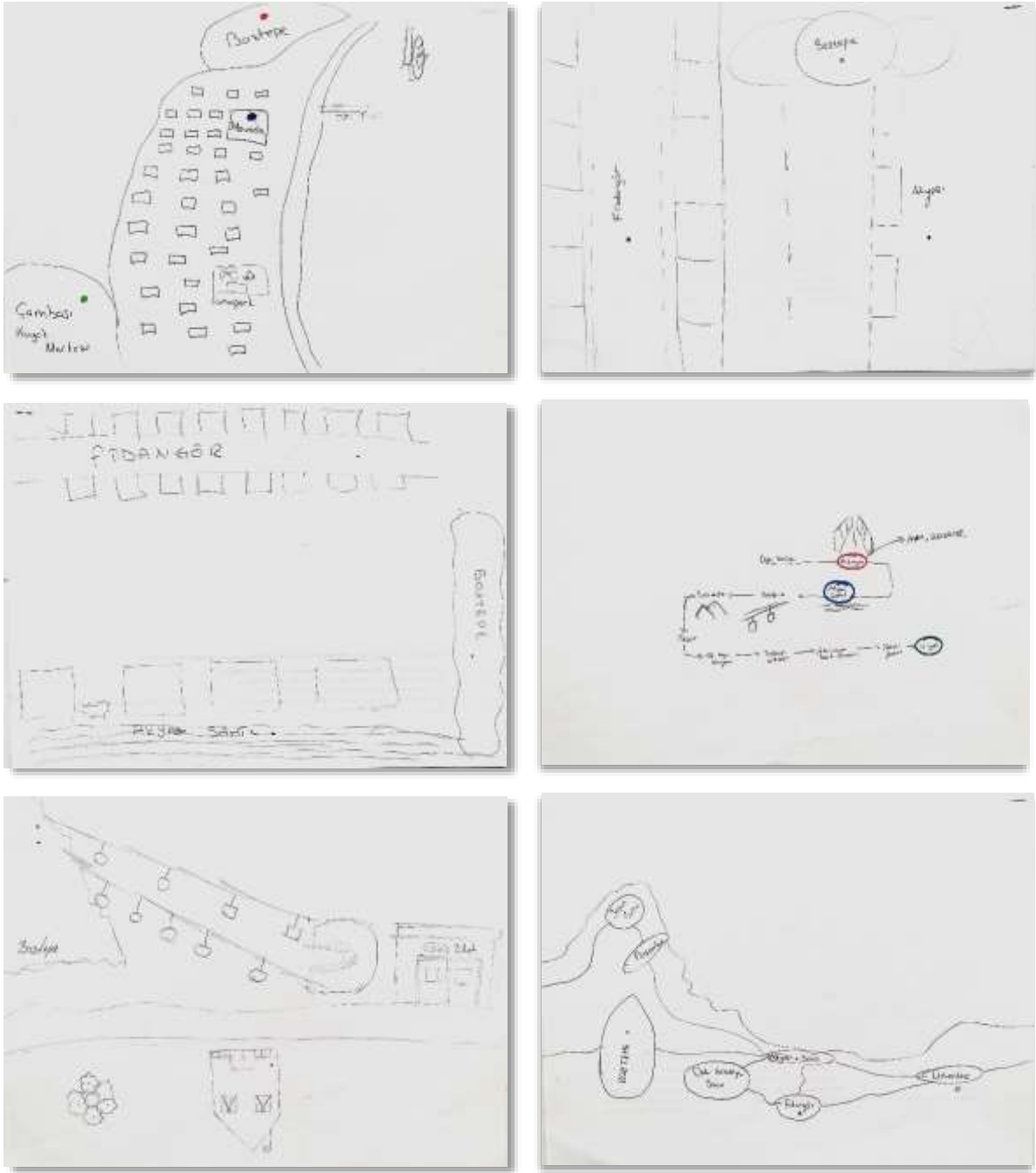
Zihin Haritalarının Değerlendirilmesi

Ordu Üniversitesi peyzaj mimarlığı bölümü öğrencilerinden bir yıldan az süredir Ordu ilinde bulunan 10 kişi ve bir yıldan fazla süredir Ordu ilinde bulunan 10 kişi seçilmiştir. Kenti deneyimlememiş bireyler ve kenti deneyimlemiş bireyler olarak iki grup halinde çalışma yapılmıştır. Her iki gruptaki katılımcılara da beyaz renkli A4 kâğıdı verilmiş ve Ordu kentine ait turizm alanları denildiğinde zihinlerinde oluşan görselleri kâğıda aktarmaları istenmiştir. Her iki gruptan anlaşılabilir ve yorumlanabilir olan 6’şar çizim seçilmiş, diğerleri değerlendirme dışı bırakılmıştır.

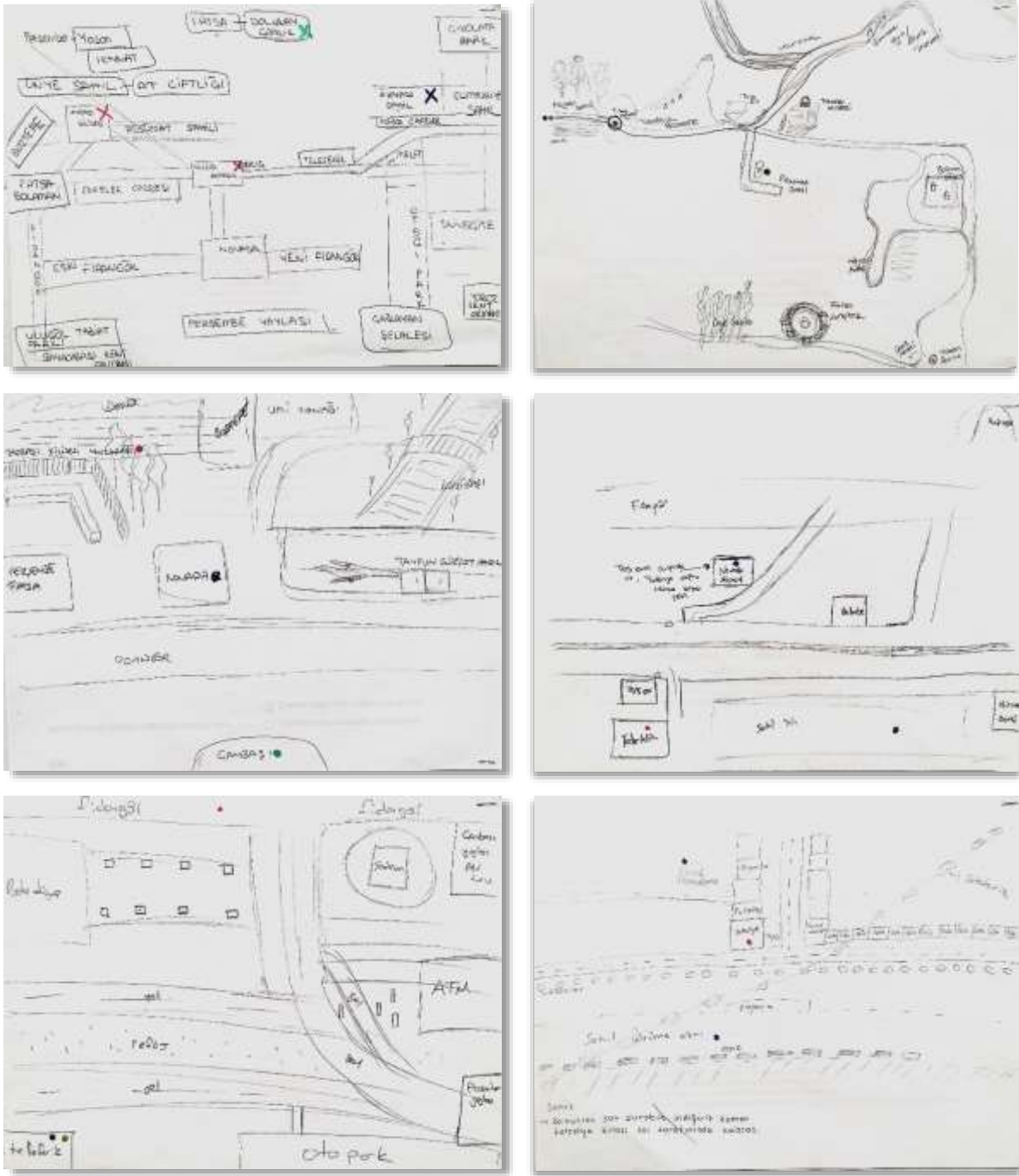
Katılımcıların Ordu iline ait turizm alanlarının zihinde oluşan halini görselleştirmeleri ile oluşan zihin haritaları ilk olarak, her iki grup (bir yıldan az ve bir yıldan fazla süredir Ordu ilinde bulunan katılımcılar) kendi içerisinde olacak şekilde değerlendirilmiş, daha sonra gruplar karşılaştırılmıştır. Son olarak her iki grup birlikte değerlendirilmeye alınmıştır. Katılımcıların oluşturduğu zihin haritaları incelenirken ilk olarak belirtilen ifadeler (ilk çizdikleri turizm alanını kırmızı, en çok ziyaret ettikleri turizm alanını mavi kalem ile işaretlemeleri) doğrultusunda işaretledikleri alanlar incelenerek tespit edilmiş ve deneyim süresi ile değişen turizm alanı algısının olma durumu değerlendirilmiştir, sonrasında zihin haritalarında hangi turizm alanlarını görselleştirdikleri ve o alanları kaç katılımcının daha belirttiği tespit edilerek, alanlar sıralanmıştır. Son olarak her bir katılımcının zihin haritasında Lynch’in beş kent imgesinin (yollar, sınırlar, bölgeler, düğüm noktaları ve referans noktaları) ne oranda kullanıldığı, tekrarlanma sıklığı her zihin haritası tek tek incelenerek sınıflandırılmış ve her iki grup karşılaştırılarak Lynch’in ortaya attığı argüman ile örtüşme durumunu ortaya koymak için değerlendirilmiştir. Bunlarla birlikte zihin haritalarının tamamı göz önünde bulundurularak bütün katılımcıların ilk çizdikleri ve işaretledikleri alanlar değerlendirilerek Ordu iline ait akılda kalıcılığı en fazla olan ve kent ile bütünleşmiş turizm alanının tespiti yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Ordu Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı bölümünde bulunan öğrencilerle uygulanan ve bu çalışmanın oluşturduğu verileri zihin haritaları Şekil 2 (Kenti deneyimlememiş bireyler) ve Şekil 3’te (Kenti deneyimlemiş bireyler) verilmiştir.



Şekil 2. Kenti Deneyimlememiş Bireylerin Çizdiği Zihin Haritaları



Şekil 3. Kenti Deneyimlemiş Bireylerin Çizdiği Zihin Haritaları

Kenti deneyimlememiş bireylerin yaptığı zihin haritaları kendi içinde incelediğinde gözlemlenen bulgular şu şekildedir;

- Kenti deneyimlemiş bireylerin zihin haritalama çizimleri kent merkezi ile sınırlı kalmaktadır.
- Kenti deneyimlememiş bireylerin ilk çizdikleri (teleferik gişesini işaretleyen katılımcıların ilk çizdikleri alan Boztepe olarak çalışmaya dahil edilmiştir) alan incelendiğinde başka bir deyişle akıllarında en çok yer eden turizm alanının Ordu/ Altınordu ilçesinde bulunan 'Boztepe' olduğu sonucuna varılmıştır.
- Zihin haritalama çalışması kenti deneyimlememiş katılımcılar üzerinde uygulanırken "En çok ziyaret ettiğiniz turizm alanını mavi kalem ile işaretleyiniz." şeklinde belirtme yapılmıştır.

Sonuçlar incelendiğinde katılımcıların bir rekreasyon alanı olan “Akyazı Sahili” işaretlediği gözlemlenmiştir. Akyazı Sahil rekreasyon alanı durumunda olsa da sonuçlara bakıldığında ziyaretçiler için turizm alanı potansiyeli taşıdığı sonucuna varılmıştır.

- Bir yıldan az süredir Ordu ilinde bulunan katılımcıların zihin haritalarına bakıldığında en çok ziyaret ettikleri rekreasyon alanını turizm alanı konumunda değerlendirdikleri ve Akyazı Sahil olarak belirledikleri gözlemlenmiştir.
- Lynch’in yapmış olduğu çalışmalar sonucunda belirttiği “*kenti deneyimlememiş bireylerin zihin haritalarında ilk olarak ‘Bölgeler’ imgesini daha sonra ise ‘Yollar’ imgesini vurgulayacağı*” argümanı ile kenti deneyimlememiş katılımcıların yapmış olduğu zihin haritaları karşılaştırıldığında Lynch’in argümanı ile örtüşmediği sonucuna varılmıştır. Kenti deneyimlememiş 6 katılımcının zihin haritalarında ilk olarak ‘Referans Noktalarını’ daha sonra ise ‘Yollar’ imgesini vurguladığı gözlemlenmiştir. Fakat çalışmalara genel bir gözle bakıldığında Ordu kenti turizm alanlarına dair yapmış oldukları zihin haritaları tek bir bölge (kent merkezi) ile sınırlı kalmıştır. Bu sebeple şunu söyleyebiliriz, kenti deneyimlememiş bireyler zihin haritalama çizimlerinde ilk olarak referans noktalarını vurgulamış olsalar da kenti sadece bir bölge bazında zihinlerinde oluşturmuşlardır. Bu oluşturdukları bölge ise kentte buldukları süreç boyunca en çok gittikleri alan ile sınırlı kalmıştır.
- Kenti deneyimlememiş bireyler referans noktaları ve yollar imgelerini vurgulamış olsalar da bununla birlikte sınırlar imgesini (deniz ve dere) de oldukça fazla belli ettikleri gözlemlenmiştir. Ordu kentinin bir kıyı kent olmasından ve kıyıya paralel olarak gelişmesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple kenti deneyimlememiş bireylerin zihin haritaları katılımcıların bulunduğu kent ile ilgili coğrafi özelliklerin ve fiziksel yapısının zihin haritalarında kent simgelerine ait belirtmeleri değiştirmede katkısı olduğu söylenebilir.
- Kenti deneyimlememiş katılımcıların zihin haritaları incelendiğinde ordu kentine ait birçok turizm alanının belirtilmediği ve akıllarda yer etmediği gözlemlenmiştir. Kente ait turizm alanlarının tanınabilirliğinin artırılması yönünde çalışmalar yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.
- Kenti deneyimlememiş bireylerin yapmış olduğu zihin haritalarının tamamı incelendiğinde sırasıyla en çok belirtilen alanlar; Boztepe, Akyazı sahil, Fidangör Caddesi, Yason Burnu, Ters ev, Çambaşı kayak merkezi, şeklinde olmuştur. Akyazı Sahil ve Fidangör Caddesi turizm doğal veya tarihi değeri olan alanlar olmasa da turizm alanı potansiyel taşıdığı ve bireyler tarafından turizm alanı olarak algılandığı gözlemlenmiştir.
- Taşbaşı Kilisesi Ordu kenti için tarihi değere ve öneme sahip olmasına ve günümüzde birçok etkinlik için kullanılmasına rağmen kenti deneyimlememiş bireylerin zihin haritalama çalışmalarında (bir katılımcı hariç) hiç belirtilmediği gözlemlenmiştir. Aynı şekilde kent merkezinde bulunan Tarihi Şadırvanın da hiçbir zihin haritasında belirtilmediği görülmüştür.

Kenti deneyimlemiş bireylerin yaptığı zihin haritaları kendi içinde incelendiğinde gözlemlenen bulgular ise şu şekildedir;

- Kenti deneyimlemiş bireylerin zihin haritalama çizimlerinde Ordu kentine ait daha fazla turizm alanlarını belirttikleri ve kent merkezi ile sınırlı kalmadıkları gözlemlenmiştir.
- Kenti deneyimlemiş bireylerin ilk çizdikleri (teleferik gişesini işaretleyen katılımcıların ilk çizdikleri alan Boztepe olarak çalışmaya dahil edilmiştir) ve akıllarında en çok yer eden turizm alanı ‘Boztepe’dir.
- Zihin haritalarında daha fazla turizm alanı belirtmiş olsalar da kenti deneyimlemiş bireylerinde zihinlerinde kalıcı olan akıllara ilk gelen turizm alanı, kenti deneyimlememiş bireyler ile farklılık göstermemekle birlikte deneyim ile değişmediği sonucuna ulaşılmıştır.

- Ordu kentini deneyimlemiş olan bireylerin zihin haritaları incelendiğinde ‘en çok ziyaret ettikleri turizm alanının’ Akyazı sahil olduğu görülmüştür. Kenti deneyimlemiş ve birçok turizm alanı belirtmiş olsalar da bir rekreasyon alanı olan Akyazı Sahili kenti deneyimlememiş olan bireyler gibi turizm alanı olarak algıladıkları gözlemlenmiştir.
- Lynch’ in yapmış olduğu çalışmalar sonucunda kenti deneyimlemiş bireyler ile ilgili belirttiği “*kenti deneyimlemiş olan bireylerin zihin haritalarında kentin genel özellikleri ve yollardan ziyade ilk olarak referans noktalarını vurgulayacağı*” argümanı ile bu çalışma sonucunda elde edilen 6 katılımcının zihin haritaları karşılaştırıldığında kenti deneyimlemiş olan bireylerin ilk olarak ‘Referans Noktaları’ imgesini vurguladığı ve Lynch’in argümanı ile örtüşmediği gözlemlenmiştir.
- Kenti deneyimlemiş bireylerin zihin haritaları 5 kentsel imge genelinde incelendiğinde kenti deneyimlememiş bireylere göre ‘Yolları’ daha fazla belirttiği ve bağlantıları yollar ile kurguladıkları gözlemlenmiştir, kent deneyimi ile ulaşım ağlarını daha fazla keşfetmeleri ve zihinlerinde alanlar arası bağlantıyı deneyim ettikçe kurguladıkları bu sebeple de kenti deneyimlememiş bireylere göre daha fazla vurguladıkları söylenebilir. Bununla birlikte kenti deneyimlememiş bireylerde olduğu gibi ‘Sınır’ imgesini (deniz) de belirttikleri gözlemlenmiştir.
- Kenti deneyimlemiş bireylerin yapmış olduğu zihin haritalarının tamamı incelendiğinde sırasıyla en çok belirtilen alanlar; Boztepe, Taşbaşı Kilisesi, Fidangör Caddesi, Ters Ev, Akyazı Sahil, Yason Burnu, Hoynat Adası, Çambaşı Kayak Merkezi, Tarihi Şadırvan, Bolaman Kalesi, Perşembe Yaylası, Taşbaşı Mahallesi, Ünye Çamlık Koyu şeklindedir. Deneyimi olan bireylerde Akyazı Sahil ve Fidangör Caddesini, turizm doğal veya tarihi değeri olan alanlar olmasa da turizm alanı potansiyel taşıdığı ve tarafından turizm alanı olarak algılandığı gözlemlenmiştir. Taşbaşı Mahallesi tarihi evlerden oluşmaktadır fakat Ordu ilinde bu alana yönelik turizm çalışmaları yapılmamaktadır. Sonuçlara bakıldığında peyzaj mimarlığı bölümü öğrencisi olan katılımcılar tarafından turizm alanı algısı taşımakta olduğu gözlemlenmiştir ve bu sonuçlar doğrultusunda Taşbaşı mahallesinin turizm potansiyelinin artırılması ve turizm alanı olarak planlamalar yapılmasına uygun alanlardan biri olduğu şeklinde değerlendirilmiştir.

Kenti deneyimlemiş ve deneyimlememiş katılımcıların yapmış olduğu zihin haritaları birlikte incelendiğinde ve karşılaştırıldığında gözlemlenen bulgular şu şekildedir;

- Kenti deneyimlemiş ve deneyimlememiş bireylerin ilk çizdikleri ya da akılda kalıcılığı en yüksek turizm alanının farklılık göstermediği ve bu alanın ‘Boztepe’ olduğu sonucuna varılmıştır.
- Her iki grup içinde ‘Akyazı Sahil’ en çok ziyaret ettikleri turizm alanı durumundadır. Akyazı sahil rekreasyon alanı olsa da iki grup içinde turizm alanı olarak algılandığı bu sebeple de turizm potansiyeli taşıyan alan olarak değerlendirilmiştir.
- Fidangör Caddesi’ni her iki grupta turizm alanı olarak zihin haritalarında belirtmiştir. Bu nedenle Akyazı Sahil için çıkarılan sonuçların Fidangör Caddesi içinde geçerli olduğu gözlemlenmiştir.
- Akyazı Sahilin turizm alanı algısı taşımamasının sebebinin Karadeniz Bölgesinde kıyı ile bağı kopmayan yani karayolu ile kent- kıyı bağlantısını bölmeyen kentlerden biri olmasından kaynaklı olduğu söylenebilir.
- Kenti deneyimlemiş ve deneyimlememiş bireylerin ziyaret sıklığı (Akyazı Sahil) ile akla ilk gelen turizm alanı (Boztepe) aynı doğrultuda farklılık göstermiştir. Bu sebeple en çok ziyaret edilen alanın bireysel olarak daha sık deneyimlenen alan olduğu düşünüldüğünde, deneyim ile akla ilk gelen ve zihinde yer eden alan arasında bir bağlantı kurulamayacağı sonucuna ulaşılmıştır.
- Her iki grup karşılaştırıldığında deneyim ile değişen iki nokta olduğu söylenebilir. Bunlardan birincisi, kente ait deneyimi olan bireyler kent merkezi ile sınırlı kalmadan Ordu kentine ait birçok turizm alanını zihin haritalarında belirtmişken deneyimsiz bireylerin kent merkezi ile

sınırlı zihin haritalama çizimi yaptığı ve turizm alanı belirttiğidir; ikincisi ise Lynch'in beş kentsel imgesi göz önünde bulundurulduğunda her iki grupta ilk olarak 'Referans noktalarını' daha sonra 'Yolları' vurgulamıştır fakat kenti deneyimlemiş bireyler deneyimlememiş bireylere göre 'Yollar' imgesini daha fazla zihin haritalama çizimlerinde belirtmiştir.

- Kenti deneyimlememiş ve deneyimlemiş bireylerin zihin haritaları karşılaştırıldığında 'Sınır' imgesini (deniz ve dere) kullandıkları gözlemlenmiştir. Bunun Ordu kentinin bir kıyı kent olmasından ve kıyıya paralel olarak gelişmesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple kenti deneyimlememiş bireylerin zihin haritaları katılımcıların bulunduğu kent ile ilgili coğrafi özelliklerin ve fiziksel yapısının zihin haritalarında kent imgelerine ait belirtmeleri değiştirmede katkısı olduğu argümanı söylenebilir.
- Kenti deneyimlemiş ve deneyimlememiş bireylerin zihin haritalarında her iki grup içinde akla ilk gelen turizm alanının Boztepe olmasının sebebi; ulaşım kolaylığı, teleferik ile alternatif ve manzara özelliğini yansıtan ulaşım seçeneği bulundurması, alanın manzara özelliği taşıması, birçok rekreasyonel faaliyet sağlaması, Ordu kültürünü yansıtan öğelerin bulunması ve yerel halkın şehirden uzaklaşarak bir çok rekreasyonel faaliyeti geçmişten bugüne Boztepe'de gerçekleştirilmesiyle ordu kenti için bir gelenek haline gelmesi olarak görülmektedir.
- Kenti deneyimlememiş olan bireylerin zihin haritalarında ilk olarak Boztepe daha sonra Teleferik girişini yanında olan Ters Ev'i vurguladıkları, kenti deneyimlemiş olan bireylerin ise ilk olarak yine Boztepe'yi fakat daha sonra Taşbaşı Kilisesini vurguladıkları gözlemlenmiştir. Kenti deneyimlememiş olan bireylerin zihin haritalarında Taşbaşı Kilisesi kent merkezinde olmasına rağmen vurgulamadıkları sadece Boztepe bilgi ile bağlantılı olan alanları zihinlerinde görselleştirdikleri gözlemlenmiştir. Bu bilgi doğrultusunda bakıldığında kenti ziyaret eden bireylerin kent merkezinde olan tarihi değeri olan turizm noktaları (Taşbaşı Kilisesi, Tarihi Şadırvan) hakkında bilgisi olmadığı gözlemlenmiştir.
- Elde edilen zihin haritaları incelemeleri sonucunda Ordu kentine ait birçok turizm alanının bilinmediği ve deneyim ile bu alanların bilinirliğinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu açıdan bakıldığında kenti kısa süre deneyimleyecek ziyaretçilerin Ordu kentine ait turizm noktaları konusunda eksik kalacağı ve bunun Ordu kenti için turizm potansiyelini artırması yönünde çalışmalar yapması gerektiği açıkça gözlemlenmiştir. Kenti kısa süreliğine ziyaret eden ve uzun süre kentte bulunan bireylerin Ordu kentine ait turizm bilgisinin bir noktada toplanması amaçlanarak, kente ait turizm alanlarının tanınabilirliği açısından çalışma ve planlamalar yapılması gerektiği düşünülmektedir.
- Katılımcıların zihin haritalarında nadir belirtmiş olduğu turizm alanlarının sayısı oldukça fazladır, bununla birlikte Ordu kentine ait birçok turizm alanının da akıllara gelmediği zihin haritalama çizimleri incelendiğinde görülmüştür. Bu alanlardan bazıları; Perşembe Yaylası, Ulugöl Tabiat Parkı, Çınarsuyu Tabiat Parkı, Çambaşı Kayak Merkezi, Yoro Kent Ormanı, Asarkaya Kent Ormanı, Hoynat Adası, Yason Burnu ve Kilisesi, Küpkaya Kanyonudur ve bu alanlar Ordu kenti için önemli ve turizm potansiyeli yüksek olan alanlardır.

Sonuç ve Öneriler

Kenti deneyimlemiş ve deneyimlememiş bireyler arasında Ordu kentine ait turizm alanlarının zihinlerinde yer etme durumu, benzerlik ya da farklılıklarının saptanması, akla ilk gelen ve kent ile bütünleşmiş turizm alanının belirlenmesi ve kent imgelerine ait kent dokusunun deneyim ile değişip değişmediğinin ortaya konması hedeflenen bu çalışmada; kenti deneyimlemiş ve deneyimlememiş bireylerin zihinlerinde Ordu kentine ait akla ilk gelen alanın aynı olduğu (Boztepe) ve deneyim ile akılda kalıcılığı en fazla olan alanın değişmediği gözlemlenmiştir fakat deneyim ile değişen iki nokta saptanmıştır. Bunlar biri kenti deneyimlemiş olan bireylerin ordu kentine ait ilk akla gelen alanı belirtmiş olsa da zihin haritalarında turizm alanlarının kent merkezi ile sınırlı kalmadığı ve ilçelerde bulunan turizm alanlarını da belirtmiş olması, diğeri ise zihin haritalarında Lynch'in beş kentsel

imgesinden olan 'Yolları', kenti deneyimlememiş bireylere göre daha fazla belirtmesi ve kullanmasıdır. Bununla birlikte çalışmanın bir diğer amacı olan Lynch'in "kenti deneyimlememiş bireylerin ilk olarak 'Bölgeleri' vurgularken kenti deneyimlemiş bireylerin 'Referans Noktalarını' vurgulayacağı" argümanı ile her iki grup karşılaştırılmıştır. Lynch'in kenti deneyimlememiş bireyler için belirttiği argüman ile çalışma bulguları örtüşmemiştir, kenti deneyimlemiş bireyler ile ilgili belirttiği argüman ile çalışma bulguları örtüşmektedir. Aynı zamanda zihin haritaları incelendiğinde katılımcıların çoğunlukla Sınır imgesini belirttiği de gözlemlenmiştir ve bunun sonucunda kentin coğrafi durumu veya fiziksel özelliklerinin zihin haritalama çalışmalarını etkileyebileceği kanısına varılmıştır. Zihin haritaları çizimleri incelendiğinde her iki grup içinde Akyazı Sahil kıyı şeridinin turizm alanı algısı taşıdığı görülmüştür. Ordu kenti için yapılacak herhangi bir turizm planlama çalışmasında bu durumun göz ardı edilmemesinin önemli olduğu ve bu alana yönelik turizm planlamalarının yapılması gerektiği sonucuna varılmaktadır. Ordu kentine ait turizm alanlarının bireyler tarafından tanınmasının kent ile deneyim sonucunda olduğu görülmektedir. Bu durum kenti kısa süreliğine ziyaret edenlerin Ordu kentine ait turizm alanlarından bilgisi olmayabileceğini ve kente ait merak uyandırabilecek turizm alanlarının bilinmediğini ortaya koymaktadır. Ordu kentini ziyaret etmelerini sağlamak adına bu durumun deneyim ile değişmediği bir duruma getirmek amaçlanmalıdır. Bu çalışmada yapılan zihin haritaları incelenerek elde edilen bulgularda Ordu kentine ait doğal, kültürel ve tarihi değeri olan birçok turizm alanının belirtilmediği ve zihinlerde yer etmediği gözlemlenmiştir. Bu alanlardan bazıları; Ulugöl Tabiat Parkı, Perşembe Yaylası, Çambaşı Kayak Merkezi, Yoro Kent Ormanı, Yason Burnu ve Kilisesi, Hoynat Adası, Taşbaşı Kilisesi, Asarkaya Kent Ormanı, Çinarsuyu Tabiat Parkı, Bolaman Kalesi, Küpkaya Kanyonu, Gaga Gölü, Paşaoğlu Konağı, Tarihi Camiler ve Köprüler gibi birçok alanın yerel halk ve kentte kısa süredir bulunan bireyler tarafından hatırlanmadığı ya da zihinlerde yer etmediği sonucuna varılmıştır. Ordu ili son zamanlarda "3 Ay Değil, 12 Ay Turizm" sloganlarıyla turizmde ivme kazanan bir il olma yolunda ilerlemekte ve çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmanın Ordu ilinde gerçekleştirilecek olan turizm ile ilgili çalışmalara destek ve dayanak olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma doğrultusunda Ordu kentine ve turizm alanlarına katkı sağlayacak bazı öneriler şunlardır;

- Her turizm alanına alternatif ulaşım seçenekleri sağlanabilir ve havaalanından turizm alanına direkt ulaşmak isteyen turistler için belirli günlerde seferler düzenlenebilir.
- Doğal ve tarihi yapısını bozmayan mevcut dokuyu koruyarak restoreler, peyzaj çalışmaları ve çevre düzenlemeleri yapılabilir.
- Turizm alanlarının ve kentin sürdürülebilirliği ön planda tutularak çalışmalar yapılmalıdır.
- Ordu kentine ait destinasyon planlamaları, yönetimi ve gelişimi için bir dernek kurulabilir.
- Her turizm alanına özgü hedef planlamalar hazırlanabilir.
- Sosyal medyanın gücü günümüzde göz ardı edilemeyecek kadar önemli bir boyuta ulaşmıştır. Turizm alanlarının bilinirliğini artırmak adına yerel yönetimlerin sosyal medya hesaplarını (Instagram, X, Facebook, YouTube) aktif kullanımı sağlanabilir, bununla birlikte kentin hareketli alanlarına billboardlar, tanıtım broşürleri asılabilir.
- Turizm alanlarının destinasyonunu adına reklam, tanıtım ve pazarlama faaliyetlerinin sürekliliği sağlanabilir.
- Yerel yönetimler arasında iş birliği ve koordinasyon sağlanması amaçlanmalıdır.
- Turizm alanlarının ziyaretçi durumu ve potansiyelini anlamak adına istatistiksel çalışmalar yaparak bir veri tabanı oluşturulabilir.
- Turizm alanları için ziyaret süresini uzatacak farklı rekreasyonel faaliyetler ve etkinlikler düzenlenebilir.
- Kentin turizm hedefi doğrultusunda markalaşmaya yönelik bir planlama yapılabilir.

- Turizm alanlarında hem yerel halka destek sağlayacak hem de kenti tanıttak yöresel ürünlerin ya da hediyelik eşyaların satışının yapılacağı stant ve dükkanlar kurulabilir.
- Turizm alanlarının çevresinde yöreye özgü restoranlar açılarak gastronomik unsurlar ön plana çıkarılabilir.

Yazar Katkısı (zorunlu)

Hande Şeyma Tepe, anket kurgusunu hazırladı, anket çalışmasını yürüttü. Pervin Yeşil, çalışmanın genel kurgusu ve verilerin toplanması aşamalarını yürüttü. Yazarlar makaleyi birlikte yazdı, okudu ve onayladı.

Etik

Bu çalışma Ordu Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu tarafından 29.02.2024 tarih ve 20224-22 sayılı kararı ile etik uygunluk onayı almıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

Hande Şeyma Tepe  <https://orcid.org/0009-0003-1253-0703>

Pervin Yeşil  <https://orcid.org/0000-0003-4395-6881>

Kaynaklar

- Dağ, V. ve Mansuroğlu, S. (2020). Turizm alanlarının kent kimliğine etkisi: Denizli kenti örneği. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24(2), 589-604. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ataunisosbil/issue/55053/653259>
- Cengiz Gökçe, G., ve Açıksöz, S. (2017). Zihin Haritalama yöntemi ile kırsal peyzaj kimliğinin değerlendirilmesi: Nallıhan-Beydili örneği. *Uluslararası Hakemli Tasarım ve Mimarlık Dergisi*, 37, 55. <https://doi.org/10.17365/TMD.2017.1.018.x>
- Downs, R. M. ve Stea, D. (2011). Cognitive maps and spatial behaviour: Process and products. In *The map reader: Theories of mapping practice and cartographic representation* (pp. 312-317). Taylor and Francis.
- Eraydın, Z. (2016). Kentsel markalaşma stratejilerinin kent belleği ve kent imgesi üzerine etkileri: Ankara örneği. *İdealkent*, 7(20), 830-855. <https://doi.org/10.31198/idealkent.1396168>
- Evans, G. W. (1980). Environmental cognition. *Psychological Bulletin*, 88(2), 259-287. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.88.2.259>
- Haque, S., Mahmoudi, H., Ghaffarzadegan, N. ve Triantis, K. (2023). Mental models, cognitive maps, and the challenge of quantitative analysis of their network representations. *System Dynamics Review*, 39(2), 152-170. <https://doi.org/10.1002/sdr.1729>
- Hatipoğlu, Ş. C. (2021). Ordu ilinin doğaya dayalı turizm olanaklarının "Doğa temelli turizm için doğal kaynakların ölçümü modeli" ile değerlendirilmesi. *Mavi Atlas*, 9(2), 92-107. <https://doi.org/10.18795/gumusmaviatlas.986737>
- Jász, B. (2018). Mental map of the city: elements of visual argumentation and creativity in modern city planning. *Creativity studies*, 11(2), 284-293. <https://doi.org/10.3846/cs.2018.6901>
- Karaçor, E. K., ve Akçam, E. (2016). Explanation of conceptual relationship between variables of place identity, sense of community and environmental attitude by structural equation modelling. *Turkish Journal of Forestry*, 17(2), 194-200. <https://doi.org/10.18182/tjf.17330>

Lynch, K. (1960). *The image of the city*. Massachusetts Institute of Technology Press.

Oğan, O. ve Yasak, Ü. (2020). Küreselleşme bağlamında mekansal kent kimliği ve markalaşmanın kent turizmine etkisi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 74, 97-105. <https://doi.org/10.17211/tcd.702812>

Öztürk, A. Ç. (2016). Eskişehir'in geçmişteki ve bugünkü kent belleğinin zihin haritaları üzerinden okuma denemeleri. *idealkent*, 7(20), 856-880. <https://doi.org/10.31198/idealkent.1396168>

Sensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, U. ve Balta, I. (2008). Türkiye iklimi. Turkish State Meteorological Service (DMI), Ankara.

Tolman, E. C. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review* 55(4), 189-208. <https://doi.org/10.1037/h0061626>




TUİK, 2024. TUİK istatistik veri portalı. İl ve ilçelere göre il/ilçe merkezi, belde/köy nüfusu. 18 Mart 2023 tarihinde <https://data.tuik.gov.tr/Search/Search?text=n%C3%BCfus> adresinden alınmıştır.

Türk, S. (2017). Beypazarı kent kimliğinin bilişsel haritalama yöntemi ile değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(19), 483-499. <https://doi.org/10.20875/makusobed.324147>

URL 1. Ordu İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. 20 Şubat 2024 tarihinde <https://ordu.ktb.gov.tr/TR-106625/fotograflar.html> adresinden alınmıştır.

Ülkeryıldız, E. Arsan, Z. D. ve Tonguç, A. (2009). Öğrenci zihin haritalarında kente ilişkin deneyimle değişen çevre algısı. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1), 72-82. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/baunfbed/issue/24285/261946>

Kaolin Üzerine Reaktif Siyah 5 Boyar Maddesinin Adsorpsiyon Dengesi ve Kinetik İncelemeleri

Salih Alkan¹ , Burcu Adıyaman² , Hasan İlhan³ 

¹Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Ordu

²Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Ordu

³Ankara Üniversitesi, Biyoteknoloji Enstitüsü, Biyoteknoloji Bölümü, Ankara

Geliş Tarihi / Received Date: 14.05.2024

Kabul Tarihi / Accepted Date: 02.07.2024

Öz

Bu çalışmada RB-5 boya maddesinin karakterize edilmesi ve kaolin üzerindeki adsorpsiyon özellikleri incelenmiştir. Adsorban, ASTM standart elekler (400 mesh) kullanılarak işlendi ve kontrollü bir laboratuvar ortamında üretildi. Prosedürün ilerlemesini ve 597 nm dalga boyunda boya absorbansını ölçmek için spektrofotometri kullandık. İncelenen ek faktörler arasında adsorban dozajı, pH, başlangıç boya konsantrasyonu ve temas süresi yer almaktadır. FTIR ve SEM analizleri, RB-5 ile adsorbe edilen kaolini tanımladı. Sonuçlar, adsorban dozajının ve alıkonma süresinin artırılmasının, boya giderim verimliliğini önemli ölçüde arttırdığını gösterdi. Freundlich ve kısmen Langmuir izoterm modelleri, başlangıç boya konsantrasyonu için adsorpsiyon sürecini tanımlamak için kullanıldı. Adsorpsiyon kinetiği çalışmalarında modellerin kinetik çizgileri R² değerleriyle birlikte incelendiğinde reaksiyonun ikinci dereceden olduğu belirlenmiştir. Doğal kilin RB-5 adsorpsiyonu için ΔH^0 , ΔG^0 ve ΔS^0 gibi değişkenleri bulundu. Bulgular endotermik ve kendiliğinden bir adsorpsiyon sürecine işaret etti.

Anahtar Kelimeler: adsorpsiyon, kaolin, kinetik denge, termodinamik, reaktif siyah 5

Adsorption Equilibrium and Kinetic Investigations of Reactive Black 5 Dye on Kaolinite

Abstract

The RB 5 dyestuff was characterized and its adsorption characteristics on kaolin were examined in this work. The adsorbent was processed using ASTM standard sieves (400 mesh) and manufactured in a controlled laboratory environment. We used spectrophotometry to measure the procedure progress and the dye absorbance at 597 nm wavelength. Additional factors that were examined included adsorbent dosage, pH, starting dye concentration, and contact time. The FTIR and SEM analyses defined the kaolin adsorbed with RB 5. The results showed that increasing the adsorbent dosage and retention duration considerably improved the dye removal efficiency. Freundlich and partly Langmuir isotherm models were used to describe the adsorption process for the initial dye concentration. It is stated that the reaction is second order when the kinetic lines of the models are examined in adsorption kinetics studies together with their R² values. For the RB-5 adsorption of kaolin, thermodynamic variables including ΔH^0 , ΔG^0 , and ΔS^0 were established. The findings pointed to an endothermic, spontaneous adsorption process.

Keywords: adsorption, kaolinite, kinetics equilibrium, thermodynamic, reactive black 5

Giriş

Kaolin, doğada bulunan bir kil mineralidir ve birçok endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Ana minerali kaolin olan kaolinitin kimyasal formülü $Si_4Al_4O_{10}(OH)_8$ 'dir. Bu mineral, genellikle alüminyum oktahedron tabakalarının birleşmesiyle oluşur. Bu yapı, kaolinit grubu kil minerallerine TO veya 1:1 tip de denir. Kaolin, kâğıt ve seramik endüstrilerinde en yaygın kullanım alanlarından birkaçıdır. Ayrıca çimento, boya, lastik, plastik, ilaç, parfümeri ve katalizör yatağı üretiminde de kullanılır. Kaolinitin bu çeşitli kullanım alanları, özellikle fiziksel ve kimyasal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Kaolin oluşumu, genellikle feldispat içeren granitik veya volkanik kayaların alterasyonu sonucu meydana gelir. Bu kayalar, çeşitli jeolojik süreçler sonucu erozyona uğrar ve kimyasal değişikliklere uğrarlar. Bu süreçte feldispat mineralleri kaolinit minerallerine dönüşebilir, böylece kaolin oluşur. Bu oluşum süreci, jeolojik zaman ölçeğinde gerçekleşir ve genellikle uzun bir süreyi kapsar. Kaolinit gibi kil mineralleri, yüzeylerinde negatif yüklü bölgelere sahip olabilir. Bu negatif yükler genellikle izomorf yer değişimlerinden kaynaklanır ve genellikle kenar bölgelerinden daha azdır. Bu kalıcı negatif yükler, dış küre kompleksleri oluşturmak için katyonların adsorpsiyonuyla nötralize edilebilir. Adsorpsiyon, kirleticileri suyun içinden uzaklaştırmak için etkili bir tekniktir. RB5 gibi tekstil azo boya, çevre için önemli olan toksisiteyi nedeniyle su kirliliğine yol açabilir ve insan sağlığına ve su ekosistemlerine zarar verebilir. Bu tür boyalar, birçok endüstrinin atık sularında bu ucuz adsorbanların kullanılması, atık sulardan boyaların giderilmesi için cazip bir seçenek olabilir. Bu tür adsorbanlar arasında doğal mineraller, özellikle kil mineralleri, çeşitli araştırmacıların ilgisini çekmiştir. Bu çalışmanın amacı, atık sulardan boyaların giderimi için ucuz ve etkili bir adsorban olarak doğal minerallerin kullanımını araştırmaktır. Bu tür çalışmalar hem çevresel koruma hem de endüstriyel atık yönetimi açısından önemli bir adımdır. Bu çalışmada, adsorpsiyon tekniği kullanılarak denge verileri belirlenmiştir. Deneysel sonuçlar, Langmuir, Freundlich, Dubinin-Radushkevich ve Temkin izoterm modellerine uygulanmıştır. Bu modeller, adsorban ve adsorbat arasındaki etkileşimleri açıklamak için kullanılan matematiksel denklemlerdir. Ayrıca, kinetik özelliklerin belirlenmesi için pseudo first, pseudo second ve intra partikül modelleri kullanılmıştır. Bu modeller, adsorbatın adsorban yüzeyine bağlanma hızını ve adsorpsiyon sürecinin hızını tanımlamak için kullanılır. Bununla birlikte, adsorpsiyon sürecinin termodinamik özellikleri de incelenmiştir. Bu kapsamda, ΔH^0 , ΔG^0 ve ΔS^0 parametreleri belirlenmiştir. Bu parametreler, adsorpsiyon sürecinin termodinamik olarak nasıl gerçekleştiğini anlamak için kullanılır. Bu tür çalışmalar, adsorpsiyon süreçlerinin daha iyi anlaşılmasına ve optimize edilmesine yardımcı olur. Ayrıca, çevresel koruma ve endüstriyel uygulamalarda adsorpsiyonun etkinliğini artırmak için stratejiler geliştirmeye de katkı sağlar.

Materyal ve Yöntem

Kaolin kili KS-1 (Ukrayna), Eczacıbaşı A.Ş.'den alınmıştır. Kil numunesi toz haline getirilerek kurutulmuştur. Daha sonra deneylerde kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir.

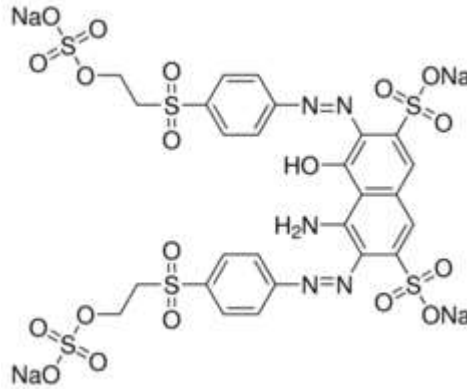
Çözelti hazırlama

Boyarmadde çözeltilerinin hazırlanması için öncelikle 500-1000 mg L⁻¹ konsantrasyonunda çözeltileri oluşturulmuştur. Bununla birlikte 70, 50, 40, 20 ve 10 mg L⁻¹'lik çözeltiler hazırlanmıştır. Bunların pH'ları 0.1 M sodyum hidroksit ve 0.1 M hidroklorik asit ile ayarlanmıştır.

Reaktif Siyah 5

Reaktif Siyah 5 (RB-5), azo grubu boyalar sınıfına dâhil edilen bir boyadır. Azo boyalar, azo bağları içeren organik bileşiklerdir ve genellikle tekstil, boya, kozmetik ve diğer endüstrilerde renklendirme amaçlarıyla kullanılırlar. RB-5'in yapısal özelliği, substrat ile bir kovalent bağ oluşturabilen fonksiyonel bir gruba sahip olmasıdır. Bu, boyanın substrat yüzeyine sıkıca bağlanmasını sağlar ve daha dayanıklı ve kalıcı bir renk sağlar. Kovalent bağ oluşturma, boyanın substrat üzerinde güçlü bir şekilde tutunmasını sağlar ve bu da renklendirme işleminin daha kalıcı olmasını sağlar. Bu özellik, RB-5 gibi

reaktif boyaların tekstil ve diğer malzemelerin renklendirilmesinde tercih edilmesini sağlar. Reaktif Siyah 5, azo gurubu boyaları sınıfına dahildir.



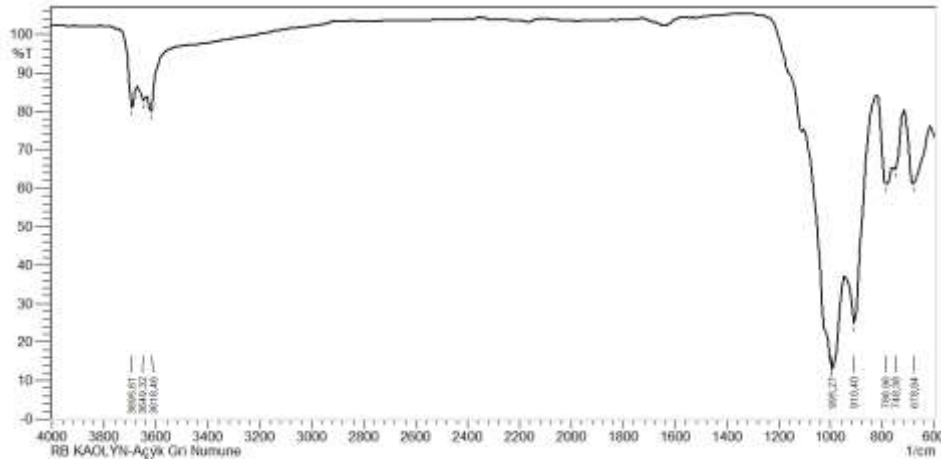
Şekil 1. Reaktif Siyah 5

Boya adı: Reaktif siyah 5; mol ağırlığı, $g\ mol^{-1}$: 991,82; dalga boyu(nm): 597; molekül formülü: $C_{26}H_{21}N_5Na_4O_{19}S_6$

Bulgular ve Tartışma

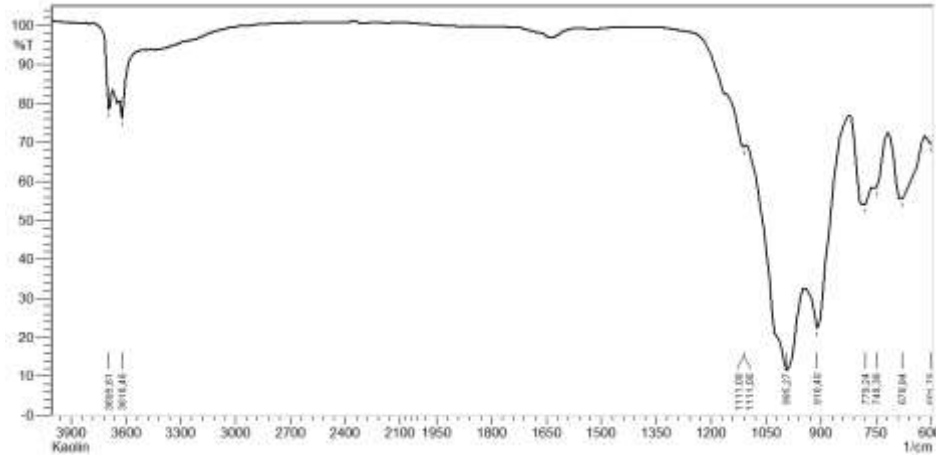
FT-IR Spektrometresi

Saf kil ve reaktif siyah 5 için $400-4000\ cm^{-1}$ bant aralığında FT-IR analizleri yapılmıştır.



Şekil 2. Reaktif Siyah-5 ile Kaolinin FT-IR Analizleri

Reaktif siyah 5 ile saf kilin FT-IR analiz sonuçları incelendiğinde $3695\ cm^{-1}$, $3649\ cm^{-1}$, $3618\ cm^{-1}$ OH gerilme bandı, bu bantlar kilin yapısında bulunan OH⁻ gruplarının gerilme titreşimlerine işaret eder. Bu tür bantlar genellikle kil minerallerinde ve su içeren silikatlarda görülür. $1111-995\ cm^{-1}$ Si-O-Si gerilme titreşimleri bu frekans aralığı silikat yapısının karakteristiğidir. $786\ cm^{-1}$, $779\ cm^{-1}$, $748\ cm^{-1}$ Al veya Si-O-Si eğilme titreşim frekansını, $678-601\ cm^{-1}$ Si-O veya Al-O bantları silikon-oksijen veya alüminyum-oksijen bağlarının titreşimine karşılık gelir ve kil minerallerinin yapısında bulunur. $910\ cm^{-1}$ Al-OH titreşimi, bu genellikle kaolinit gibi alüminyum içeren kil minerallerinde görülür.



Şekil 3. Saf Kaoline ait FT-IR Spektrumu

Saf kilin FT-IR analizlerinde 3695cm^{-1} , 3616cm^{-1} , 1650cm^{-1} , 1111cm^{-1} , 995cm^{-1} , 779cm^{-1} , 748cm^{-1} , 678cm^{-1} ve 601cm^{-1} de titreşim bandını vermektedir. 3695cm^{-1} ve 3616cm^{-1} de saf kilin yapısındaki Si-OH gruplarının varlığını gösterir ve bu frekanslar, bu grupların karakteristik OH gerilme titreşimlerini temsil eder. (Kul ve Çalışkan, 2010). 779 ve 748cm^{-1} de Si-O-Al gerilme titreşimi görülür. 995cm^{-1} de Si-O gerilme titreşimi ve 910cm^{-1} Al-OH ortaya çıkar.

Kil örneği KS 1 (Ukrayna), Eczacıbaşı A.Ş. den alınmıştır. Saf kilin kimyasal bileşenleri, Tablo 1'deki veriler, XRF yöntemleriyle bulunmuş bileşenleri veya elementleri göstermektedir.

Tablo 1. Saf Kilin Kimyasal Bileşimi

Bileşen	% Bileşim
SiO ₂	48.39
Al ₂ O ₃	35.99
Fe ₂ O ₃	0.43
TiO ₂	0.58
CaO	0.24
MgO	0.09
Na ₂ O	0.03
K ₂ O	1.74
LOI ^a	12.39
Diğerleri	0.12

CuO ve SnO₂, SrO, BaO, ZnO, PbO, ZrO₂, Mn₃O₄, Cr₂O₃, P₂O₅ (Chaisena vd., 2004).

SEM Analizi

Tablo 2. Saf Kilin EDX Analiz Tablosu

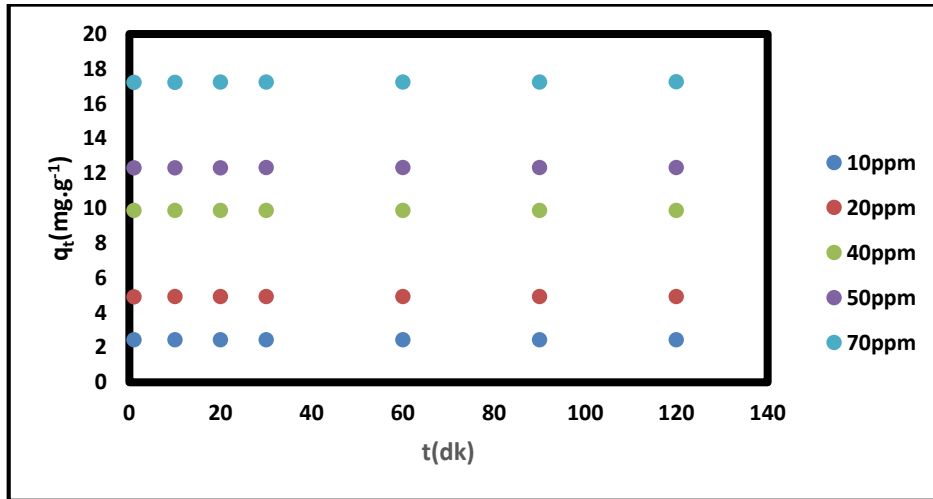
Element	Tür	Ağırlık %	Ağırlık % Sigma	Atomik %
C	K serisi	23.27	0.32	32.89
O	K serisi	45.13	0.22	47.87
Na	K serisi	0.11	0.03	0.08
Ca	K serisi	0.10	0.03	0.04
Si	K serisi	20.23	0.11	12.23
Al	K serisi	10.51	0.07	6.61
K	K serisi	0.64	0.03	0.28
Toplam		100.00		100.00

Tablo 3. Saf Kil ve Reaktif Siyah 5'in EDX Analiz Tablosu

Element	Tür	Ağırlık %	Ağırlık % Sigma	Atomik %
C	K serisi	26.45	0.20	36.89
O	K serisi	43.39	0.16	45.43
Ti	K serisi	1.10	0.04	0.39
Fe	K serisi	1.02	0.07	0.30
Ca	K serisi	0.07	0.03	0.03
Na	K serisi	0.14	0.03	0.10
Si	K serisi	17.01	0.07	10.15
Al	K serisi	10.82	0.05	6.72
Toplam		100.00		100.00

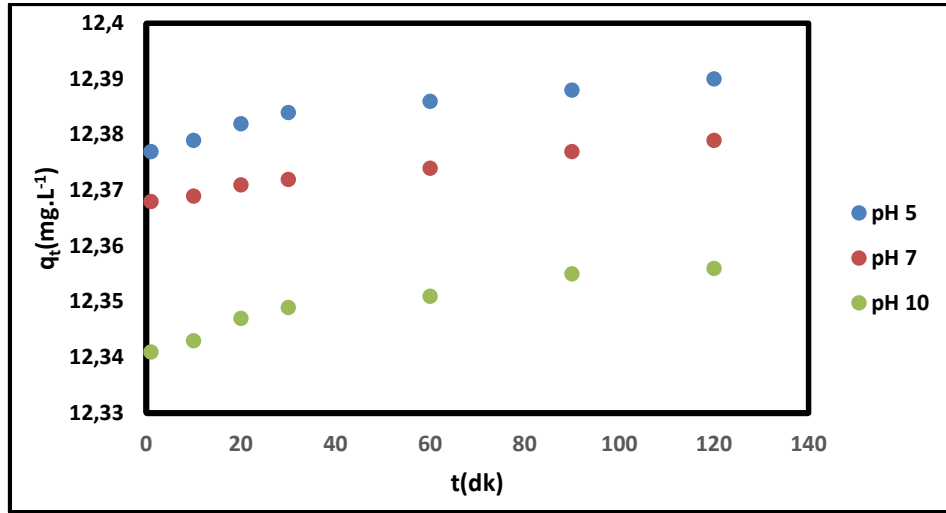
Reaktif Siyah 5 Konsantrasyonu

Çeşitli başlangıç boya konsantrasyonlarında zamanla adsorpsiyonun incelendiği bir deney yapılmıştır. Dengeye ulaşma süresi 90 dakika olarak belirlenmiştir. Reaktif siyah 5 adsorpsiyonu 10, 20, 40, 50 ve 70 mg L⁻¹ konsantrasyonlarındaki 25 °C ve 60 dakikada 9,222; 19,722; 39,513; 49,340; ve 69,005 mg g⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bu verilere göre, başlangıç boya konsantrasyonunun artmasıyla adsorpsiyon miktarının da arttığı görülmektedir. Ayrıca, yüksek başlangıç konsantrasyonlarında daha yüksek adsorpsiyon miktarları elde edilmiştir. Dolayısıyla, Reaktif siyah 5'in adsorpsiyon özellikleri incelendiğinde, başlangıç konsantrasyonunun ve sürenin adsorpsiyon miktarı üzerinde önemli bir etkisi olduğu görülmektedir.

**Şekil 4.** Reaktif Siyah 5 Konsantrasyonu

Adsorpsiyon Üzerine pH Etkisi

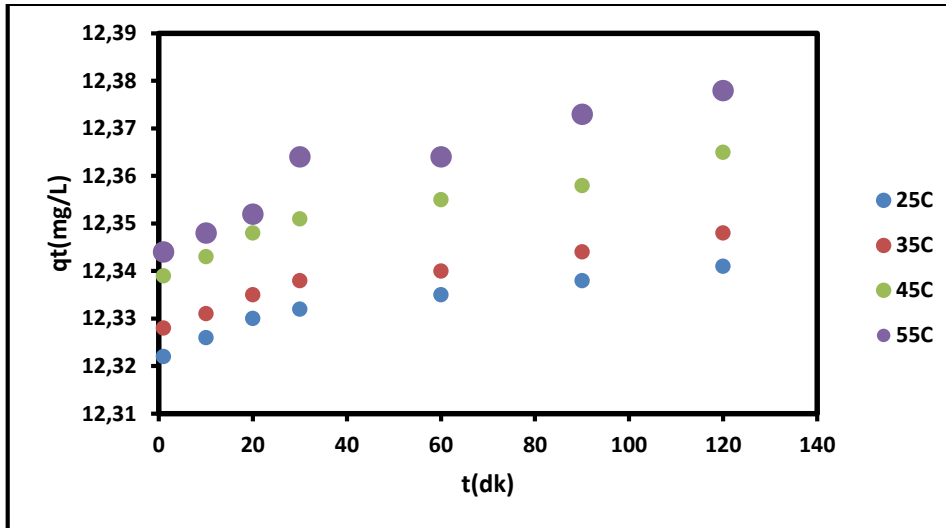
Reaktif Siyah 5 ve saf kilin pH'ları, adsorbe olan veya olmayan maddelerin özelliklerinde farklılıklara sebep olmaktadır. Reaktif Siyah 5 gibi anyonik maddeler, çözeltide negatif yüklü olduklarından, pozitif yüklü katı yüzeylere adsorbe olabilirler. Örneğin, pH 5 gibi asidik bir ortamda, çözeltideki H⁺ iyonlarının yüzey yükü artar. Bu durum, pozitif yüklü katı yüzeylerin daha fazla Reaktif Siyah 5 molekülü tarafından tutulmasına neden olabilir. Saf kil, doğal bir adsorban olarak bilinir ve genellikle yüzeyinde negatif yüklü yer değiştirilebilir gruplara sahiptir. Bu negatif yükler, pozitif yüklü iyonları veya anyonik molekülleri çekerek adsorpsiyon sürecine katkıda bulunabilir. Bu şekilde, pH değerleri, yüzey yüklerinin değişimine ve dolayısıyla adsorpsiyon özelliklerindeki farklılıklara neden olabilir. Araştırmalar, pH'nın adsorpsiyon sürecindeki rolünü anlamak ve optimize etmek için önemlidir, çünkü pH değeri, çözeltideki iyonlar ve yüzey yükleri üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir (Rachida ve Nouredine, 2011).



Şekil 5. Kaolinin Reaktif Siyah 5 pH Etkisi

Adsorpsiyona Sıcaklık Etkisi

RB5 in kaolin adsorpsiyonunda 25°C, 35°C, 45°C ve 55°C sıcaklıklarda deneysel çalışmalar yapılmıştır. Başlangıç derişimi 50 mg L⁻¹ seçilerek dört ayrı sıcaklık için değışimi verilmektedir. 50 mg L⁻¹ için 90 dakikada 25°C de 12.33; 35°C de 12.34; 45°C de 12.35 ve 55°C de 12.37 mg.g⁻¹ elde edilmiştir.



Şekil 6. Saf Kaolinin Reaktif Siyah 5 Sıcaklık Etkisi

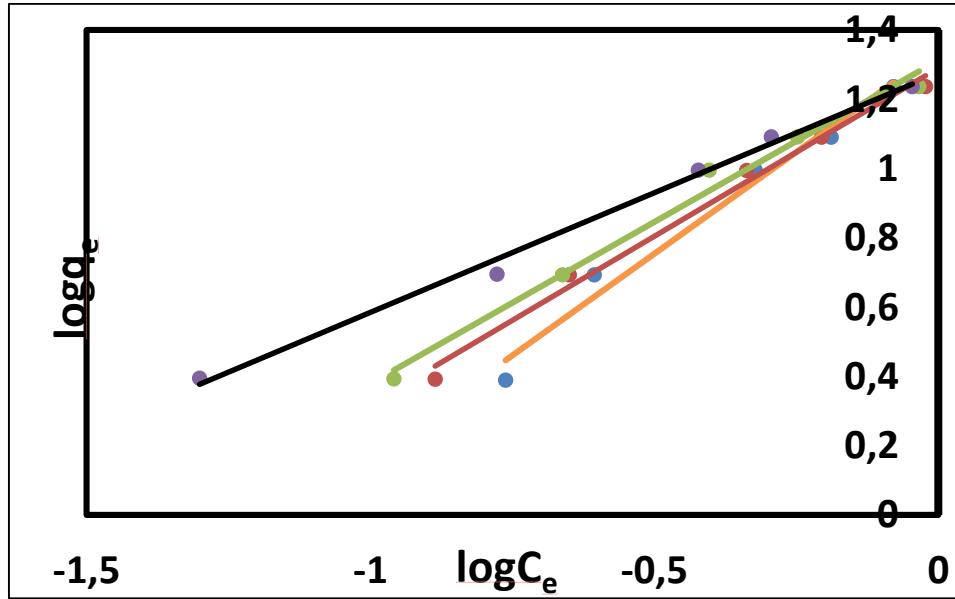
Adsorpsiyon İzotermleri

Freundlich İzotermi

Dört ayrı sıcaklık için reaktif siyah 5 in bulunan Freundlich sabitleri K_F ve n için bulunan R^2 değerleri.

Tablo 4. Dört Ayrı Sıcaklık için Reaktif Siyah 5 Freundlich Sabitleri

T(K)	298	308	318	328
K_F	21.92	19.48	20.53	18.84
n	0.851	1.030	1.072	1.449
R^2	0.98	0.9898	0.9865	0.9938



Şekil 7. Saf kilin Reaktif Siyah 5 Freundlich İzotermi

$n > 1$ için saf kilin reaktif siyahı adsorplaması uygunluğunun belirtisidir. Bulunan R^2 sayıları reaktif siyahın saf kilin yüksek değerlerinin büyüklüğü nedeniyle Freundlich izotermine uyduğunu söyleyebiliriz (Çalışkan vd., 2011).

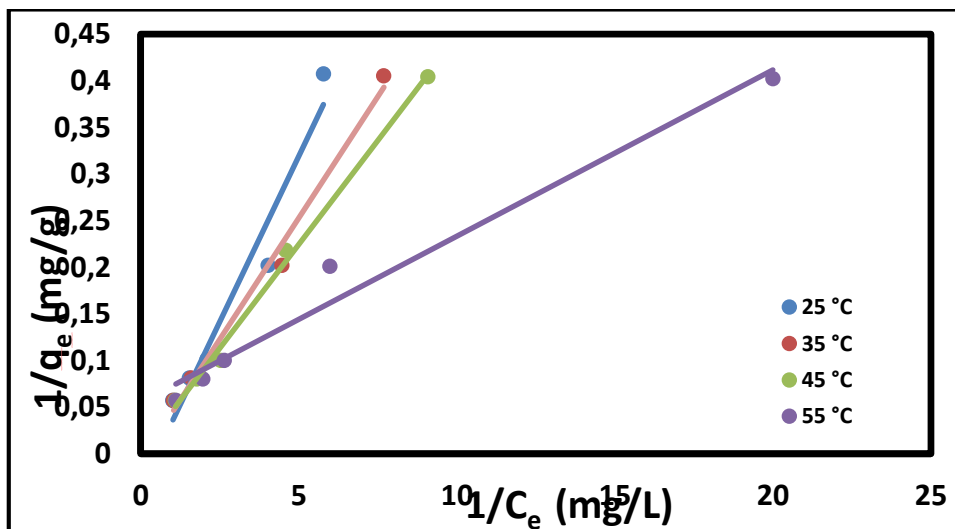
Langmuir izotermi

Dört ayrı sıcaklık için reaktif siyah 5 Langmuir sabitleri q_m ve b için R^2 değeri

Tablo 5. Dört Ayrı Sıcaklık için Langmuir Sabitleri

T(K)	298	308	318	328
b	2.003	7.326	15.31	0.3190
q_m	14.10	19.23	25.52	56.17
R^2	0.9514	0.9897	0.9954	0.9744

Adsorpsiyon enerjisi olarak b 'nin reaktif siyah 5 için 25°C de 2.003 ; 35°C de 7.236 ; 45°C de 15.31 ve 55°C de 0.319 L mg⁻¹ olarak elde edilmiştir.



Şekil 8. Saf Kilin Reaktif Siyah Langmuir İzotermi

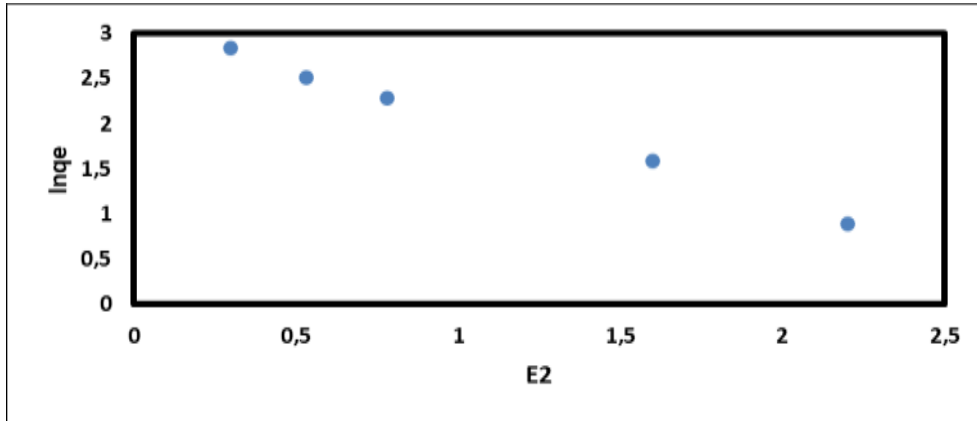
Reaktif Siyah 5 için farklı sıcaklıklardaki korelasyon değerlerine bakıldığında, adsorpsiyonun kısmen Langmuir izotermine uyduğu söylenebilir. Langmuir izotermi, adsorban yüzeyinde tek katman adsorpsiyonunu ve adsorbat moleküllerinin birbirleriyle etkileşimini varsayar. Bu durum, Reaktif Siyah 5'in adsorpsiyon davranışının belirli bir düzenliliğe sahip olduğunu ve Langmuir izotermine uygun olduğunu gösterir. Ayrıca, q_m değerinin yüksek çıkması, saf kilin Reaktif Siyah 5 için uygun bir adsorban olduğunu gösterir. q_m değeri, Langmuir izotermi tarafından tanımlanan maksimum adsorpsiyon kapasitesini temsil eder. Yüksek q_m değeri, saf kilin Reaktif Siyah 5'i etkili bir şekilde adsorplama kapasitesine sahip olduğunu ve bu nedenle uygun bir adsorbent olduğunu gösterir. Bu Reaktif Siyah 5'in saf kil üzerindeki adsorpsiyon davranışının Langmuir izotermiyle kısmen uyumlu olduğunu ve saf kilin etkili bir adsorbent olduğunu göstermektedir. Bu tür bulgular, adsorpsiyon süreçlerinin daha iyi anlaşılmasına ve uygun adsorbanların seçilmesine katkıda bulunur.

DRK Adsorpsiyon İzotermi

DRK izotermi, biyokütlenin özelliklerini ve adsorpsiyon enerjisini açıklamak amacıyla kullanıldı. İzoterm doğrusal eğrisinin korelasyon sayıları 0.974-0.994 olarak elde edilmiştir. Belirlenen modelin sorpsiyonu uygun şekilde tanımlayabildiği anlamına gelir.

Tablo 6. DRK İzoterm Verileri

Konsantrasyon	10	20	40	50	70
$\ln q_e$	0,8988	1,59	2,29	2,51	2,84
E^2	$2,2 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^6$	$0,78 \cdot 10^6$	$0,53 \cdot 10^6$	$0,30 \cdot 10^6$

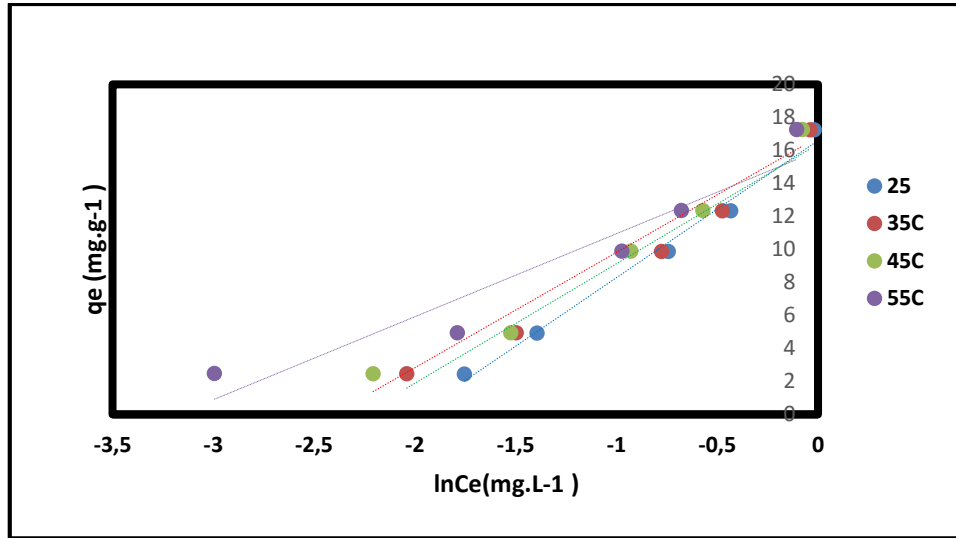


Şekil 9. Saf Kilin Reaktif Siyah DRK İzotermi

DRK izotermimin adsorpsiyon enerjisi 25°C için 1.39 kJ.mol^{-1} belirlenmiştir. Adsorpsiyon enerjisinin 1.39-0.74 olduğu bulunmuştur. Adsorpsiyon enerjisinin 8 kJ.mol^{-1} den düşüklüğü adsorpsiyonun fiziksel etkileşimlerle olmasının belirtisidir (Chekwube ve Dominic, 2017).

Temkin İzoterm Modeli

Saf kilin reaktif siyah 5 adsorpsiyon grafiği şekilde görülmektedir.



Şekil 10. Saf Kilin Reaktif Siyah Temkin İzotermi

Reaktif siyah 5 için temkin denge sabiti A_T ve b_T ile R^2 değerleri çizelgede sunulmuştur.

Tablo 7. Saf Kilin Reaktif Siyah Temkin İzoterm Ssabıtları

Sıcaklık (K)	298	308	318	328
A_T	0.690	0.813	0.874	1.155
B_T	299	353	377	542
R^2	0.9886	0.9742	0.9707	0.9182

Korelasyon değerleri dikkate alındığında Temkine uyumlu olduğunu söyleyebiliriz (Hoseinzadeh vd., 2012).

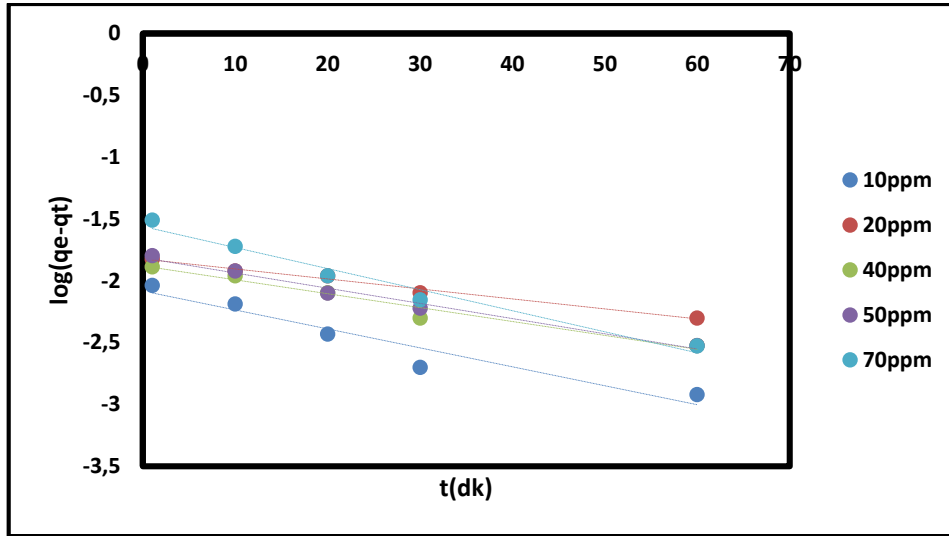
Kinetik İncelemeler

Pseudo-First Kinetik Model

Saf kilin reaktif siyah adsorpsiyon kinetiğinin birinci, ikinci ve partikül içi difüzyon modelleri belirlendi. Reaktif siyah 5 in pH:8.29 da ve 25°C de 10, 20, 40, 50 ve 70mg.L⁻¹lik boya konsantrasyonu kullanıldı.

Tablo 8. Pseudo-First Kinetik Parametreleri

Konsantrasyon(mg L ⁻¹)	10	20	40	50	70
k_1	0.035	0.018	0.025	0.027	0.038
q_e deneysel	2.456	4.938	9.881	12.338	17.254
Hesaplanan	0.082	0.014	0.012	0.015	0.027
R^2	0.9256	0.9854	0.9654	0.9846	0.9697



Şekil 11. Pseudo-First Kinetik Doğrusu

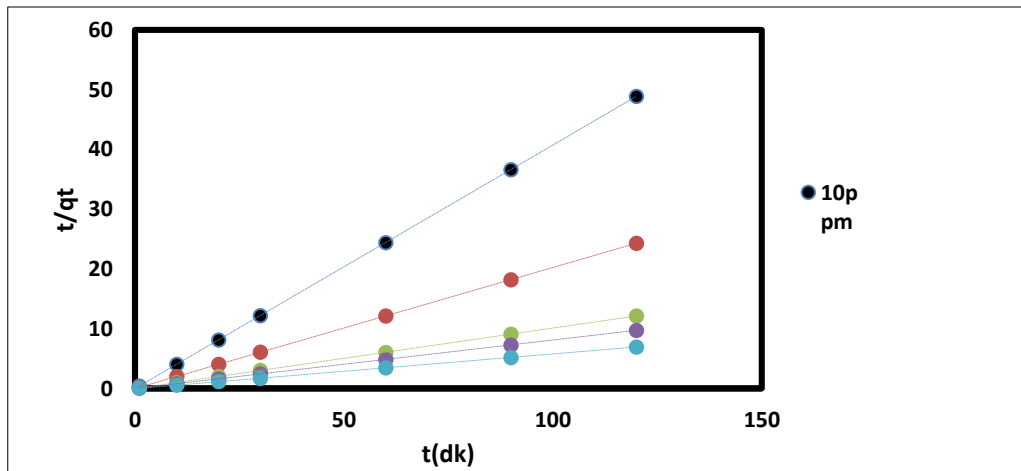
Korelasyon değerlerinin yüksek çıkması, genellikle bir modelin deneysel verilere ne kadar iyi uyduğunu gösterir. Ancak, doğru, bir modelin korelasyon değerlerinin yüksek olması, o modelin deneysel verilere mükemmel uyduğu anlamına gelmez. Korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür. Fakat bu adsorpsiyonun birinci dereceden kinetik modele uyduğunu belirtmez. Modele uygunluk deneysel q_e ile hesaplanan q_e değerinin yakın olması gerekir (Elkady vd., 2011).

Pseudo-Second Adsorpsiyon Kinetiği

Reaktif siyah 5 için kinetik parametreler tabloda verilmiştir.

Tablo 9. Pseudo Second Kinetik Parametreleri

Konsantrasyon(mg L ⁻¹)	10	20	40	50	70
k_2	0.018	0.136	0.025	0.043	0.525
q_e deneysel	2.45	4.93	9.88	12.33	17.25
q_e hesaplanan	2.45	4.94	9.88	12.34	17.24
R^2	1	1	1	1	1

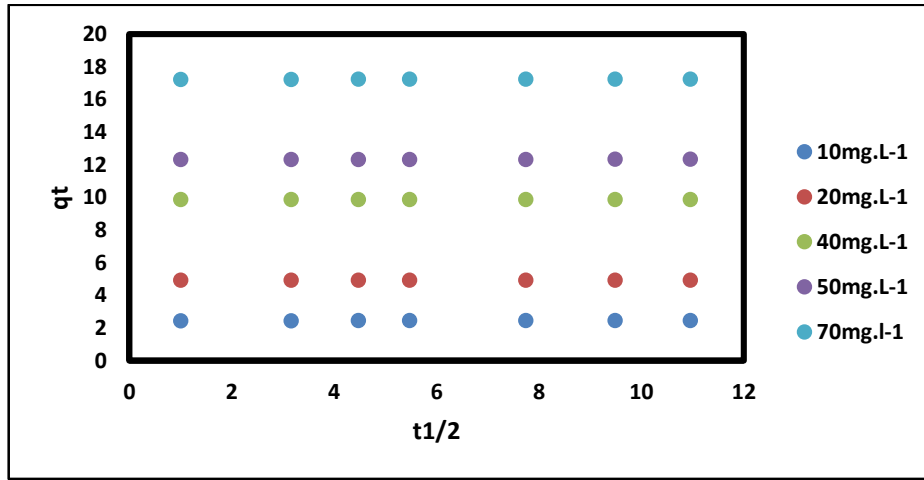


Şekil 12. Pseudo-second Kinetik Doğrusu

Bulunan q_e nin hesaplanan q_e değerlerinin birbirine hemen hemen aynı olması pseudo-second modeline uyduğunu gösterir (Isiuki vd., 2019).

Intrapartikül Model

Intrapartikül model" terimi, genellikle bir adsorpsiyon veya reaksiyon sürecinde partiküllerin iç yapılarını ve bu yapılar arasındaki kütle transferin dinamiğini açıklamak için kullanılır. Adsorpsiyon mekanizmasını tanımlamak için önerilen bir model olarak, bu model, partikül yüzeyinde gerçekleşen adsorpsiyon sürecinin daha ayrıntılı bir anlayışını sağlamayı amaçlar. Bu tür bir modelin temel hedeflerinden biri, adsorpsiyon mekanizmasını açıklamak ve adsorpsiyonun hızını kontrol eden faktörleri belirlemektir. Bu, partikül yüzeyindeki etkileşimlerin doğasını, adsorban moleküllerinin partikül yüzeyine bağlanma veya difüzyonu gibi süreçleri ve bu süreçlerin hızını etkileyen faktörleri anlamayı içerir. Bu model, deneysel verilere dayanarak veya teorik olarak türetilmiş bir dizi denklem veya matematiksel formülasyon olabilir. Bu denklemler, adsorpsiyon sürecinin kritik adımlarını, bu adımlar arasındaki ilişkileri ve sürecin hızını belirleyen faktörleri tanımlayabilir. Bu şekilde, adsorpsiyon sürecinin optimize edilmesi veya kontrol edilmesi için bilgi sağlayabilirler.



Şekil 13. Saf Kilin Reaktif Siyah 5 İnapartikül İçi Grafiği

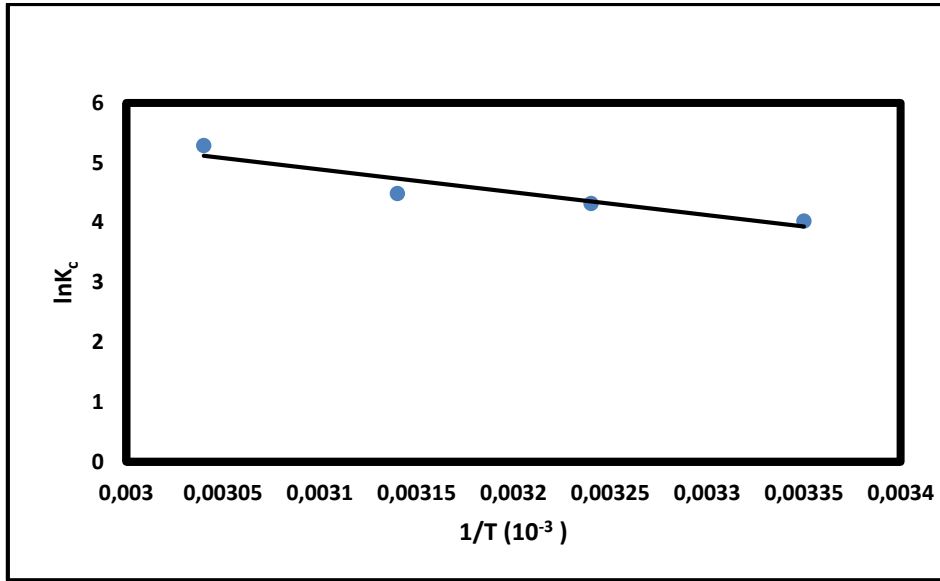
Bütün konsantrasyonlarda grafik lineer değildir. Bunun sonucunda partikül içi difüzyonun sınırlı olduğu son bir dengeden oluşur.

Tablo 10. Saf Kilin Reaktif Siyah 5 Partikül İçi Kinetiği (298 K)

Konsantrasyon (mg L ⁻¹)	k _i	R ²
10	0.001	0.9204
20	0.0017	0.9789
40	0.0018	0.9841
50	0.0019	0.9888
70	0.0032	0.9135

Termodinamik Parametreler

Saf kil ve reaktif siyah 5 adsorpsiyonu için belirlenen termodinamik nicelikler 10 mg L⁻¹ konsantrasyonunda ve dört farklı sıcaklıklarda belirlenmiştir.



Şekil 14. Reaktif Siyah 5' in Clasius-Clapeyron Grafiği

Tablo 11. Orijinal Kaolin Üzerine Reaktif Siyah 5 Adsorpsiyonunun Termodinamik Verileri

Sıcaklık	K _c	ΔG ⁰	ΔH ⁰	ΔS ⁰
25	4.03	-10		
35	4.32	-11		
45	4.49	-11.8	31.324	138.96
55	5.29	-14.4		

Reaktif siyah-5 saf kil adsorpsiyonunda ΔG⁰, ΔH⁰ ve ΔS⁰ verileri 10mg.L⁻¹ konsantrasyonda, doğal pH da ve dört farklı sıcaklıklarda yapılmıştır. Çizelge incelendiğinde, ΔH⁰ değerlerinin başlangıç derişimlerine bağlı olarak 31.324 kJ mol⁻¹ bulunmuştur. Artı değerlerin olması endotermik, 40 kJ mol⁻¹ den küçük ise olayın fiziksel gerçekleştiğini gösterir. ΔS⁰ in artı değerleri adsorpsiyonun rasgele olmasını, eksi ΔG⁰ değerleri ise adsorpsiyonun kendiliğinden gerçekleştiğini gösterir.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, reaktif siyah-5 in saf kaolin ile adsorpsiyonu araştırılmıştır. Reaktif siyah-5 in konsantrasyon, zaman, pH ve sıcaklık parametreleri çalışılmıştır. Saf kilin reaktif siyah-5'in adsorpsiyonunda Langmuir, Freundlich, DRK ve Temkin izoterm modellerine uygulandı. Bunun sonucu olarak, Freundlich ve Langmuir izotermine tam olarak uyduğu gözlenmiştir. Q_m için 328K'de 56,17 mg g⁻¹ maksimum değer olduğu saptanmıştır. DR adsorpsiyonunda E=1.39-0.74 aralığında değiştiği görülmektedir. Temkin için A_T ve b_T değerleri sırasıyla 328K'de 1,155 ve 542 bulunmuştur. Diğer taraftan R_L için 0-1 aralığında değer olmalıdır. Bunun sonucu olarak R_L nin dört sıcaklıkta da uyumlu olduğu görülmüştür. Partikül içi difüzyon modelinde, boya konsantrasyonunun orijinden geçmediği görülür. Deneysel veriler kinetik modellere uygulandığında, reaktif siyahın saf kil ile adsorpsiyonunda yalancı ikinci dereceden mekanizma ile açıklanabileceği bulunmuştur. ΔG⁰ Gibbs serbest enerjisinin negatif değerler gösterdiği belirlenmiştir. Bunun yanında ΔH⁰ ve ΔS⁰ nin değerleri pozitifdir. Sonuç olarak mevcut araştırma, reaktif siyah-5 in saf kil ile adsorpsiyonunda uygun bir adsorban olduğu saptanmıştır. Devam eden süreçte, bu çalışmada elde edilen bilgiler ışığında farklı killer ve boyar maddelerle de adsorpsiyon çalışmalarının sürdürülmesi planlanmaktadır.

Destek ve Teşekkür

Bu çalışma, Salih Alkan danışmanlığında Burcu Adıyaman tarafından tamamlanan "Kaolin üzerine Reactive black 5 adsorpsiyonunun araştırılması" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir (Tez No. 827602).

Yazar Katkısı

Salih Alkan, uygulamaları ve analizleri yaptı ve denemeyi yürüttü. *Burcu Adıyaman*, uygulamaların yapılması ile verilerin istatistiksel analizleri gerçekleştirdi. *Hasan İlhan*, grafik çizimlerinin yapılmasını takip etti.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

Salih Alkan  <https://orcid.org/0000-0003-0552-085X>

Burcu Adıyaman  <https://orcid.org/0000-0002-5149-5758>

Hasan İlhan  <https://orcid.org/0000-0002-4475-1629>

Kaynaklar

- Alkan, S., Çalışkan, M., İrende, I. ve Kul, A. R. (2018). Adsorption equilibrium and thermodynamics of diatomite (Çaldıran/Van) on some textile dyes. *Journal of the Chemical Society of Pakistan*, 40(3). <https://jcsp.org.pk/issueDetail.aspx?aid=014d8502-1439-4acd-9434-31b1e1b18b33>
- Chaisena, A. ve Rangriwatananon, K., (2004). Effects of thermal and acid treatments on some physico-chemical properties of lampang diatomite. *Suranaree Sci.*, 11, 289-299. <https://ird.sut.ac.th/journal/sist/#/los/manuscript/1832>
- Chekwube, N. ve Dominic, O. O. (2017). Crystal violet adsorption onto kolanut pod husk activated carbon; isotherm, kinetic, and thermodynamics studies. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 35(3), 411-426. <https://dergipark.org.tr/en/pub/sigma/issue/65516/1017944>
- Caliskan, N., Kul, A. R., Alkan, S., Sogut, E. G. ve Alcabey, I. (2011). Adsorption of Zinc (II) on diatomite and manganese-oxide-modified diatomite: A kinetic and equilibrium study. *Journal of hazardous materials*, 193, 27-36. <https://dergipark.org.tr/en/pub/sigma/issue/65516/1017944>
- Dabrowski, A., (2001). Adsorption from theory to practice. *Advances in Colloid and Interface Science*, 93, 135-224. [https://doi.org/10.1016/S0001-8686\(00\)00082-8](https://doi.org/10.1016/S0001-8686(00)00082-8)
- Elkady, M. F., Ibrahim, A. M. ve Abd El-Latif, M. M. (2011). Assessment of the adsorption kinetics, equilibrium and thermodynamic for the potential removal of reactive red dye using eggshell biocomposite beads. *Desalination*, 278(1-3), 412-423. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.05.063>
- Freundlich, H. (1926). Colloidal and capillary chemistry. Methuen and Co., Ltd
- Grim, R.E., (1968). Clay mineralogy. *Science*, 135(3507), 890-898. <https://doi.org/10.1126/science.135.3507.890>
- Gu, X. ve Evans, L. J. (2008). Gu, X., & Evans, L. J. (2008). Surface complexation modelling of Cd (II), Cu (II), Ni (II), Pb (II) and Zn (II) adsorption onto kaolinite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72(2), 267-276. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2007.09.032>
- Hameed, B.H. (2009). Removal of cationic dye from aqueous solution using jackfruit peel as non - conventional low-cost adsorbent. *J. Hazard. Mater.*, 162, 344-350. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.05.045>

- Ho, Y.S., (1995). Adsorption of heavy metal from waste streams by peat. [PhD thesis, University of Birmingham]
- Hoseinzadeh, E., Rahmanie, A. R., Asgari, G., McKay, G. ve Dehghanian, A. R. (2012). Adsorption of acid black 1 by using activated carbon prepared from scrap tires: Kinetic and equilibrium studies. *71(10)*, 682-689. <http://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/14846>
- Isiuku, B. O., Iwu, J. C., Emeagwara, D. C. ve Ibe, F. C. (2019). Adsorption performance of acid-activated carbon derived from gmelina arborea in batch removal of methyl violet from aqueous solution. *Journal of chemical society of Nigeria*, *44(1)*. <https://journals.chemsociety.org.ng/index.php/jcsn/article/view/255>
- Itodo A.U., Abdulrahman F.W., Hassan L.G., Maigandi S.A., (2010). Intraparticle diffusion and intraparticulate diffusivities of herbicide on derived activated carbon. *Researcher*, *2(2)*, 74-86 https://www.sciencepub.net/researcher/research0202/09_2341_Itodo_research0202_74_86.pdf
- Kul.A.R. ve Çalışkan. N., (2009). Equilibrium and kinetic studies of the adsorption of Zn(II) ions onto Natural and Activated Kaolinites. *Adsorption Science & Technology*, *27(1)*, 85-105. <https://doi.org/10.1260/026361709788921632>
- Langmuir, I., (1918). The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum. *J. Am. Chem. Soc.*, *40(9)*, 1361-1403. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ja02242a004>
- Novakovic, T. Rozic, L. Petrovic, S. ve Rosic, A. (2008). Synthesis and characterization of acid-activated Serbian smectite clays obtained by statistically designed experiments, *Chem. Eng. J.*, *137(2)* 436–442. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2007.06.003>
- Rachida Mendil ve Nouredine Nasrallah (2021). Effect of the synthesis pH, the nature of the divalent cations and the metal salt concentration on the formation of layered double hydroxides for removal of cochineal red a dye from aqueous solutions. *Journal of Chemical Research January*. *46(1)*, 1-9. <https://doi.org/10.1177/17475198211060533>
- Sankaya, Y., Ulusoy, H. ve Bozdoğan, İ., (1987). Magnezit ve dolomitli bir kilin adsorplama özellikleri üzerine ısı aktivasyonunun etkisi. III. *Ulusal Kil Sempozyumu, Bildirileri Kitabı*, 161-167. ODTÜ, Ankara.
- Stathi, P. Litina, K. Gournis, D. Giannopoulos, T.S. ve Deligiannakis, Y. (2007). Physicochemical study of novel organoclays as heavy metal ion adsorbents for environmental remediation, *J. Colloid Interface Sci.* *316 (2)* 298–309. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2007.07.078>
- Temkin, M. J. ve Pyzhev, V., (1940). Recent modifications to langmuir isotherms. *Acta Physiol. Chem. USSR*, *12*, 217-222. <https://sid.ir/paper/608793/en>
- Wise, D., (1994). Wise, D. (1994). Remediation of hazardous waste contaminated soils (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.1201/9780203740880>
- Yavuz, Ö. ve Aslan, H. (2002). Removal of cadmium from aqueous solution by natural and thermally activated kaolinite. *Fresen. Environ. Bull.*, *11(4)*, 194-197. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20023068133>

Titanyum Takviye Miktarının Alümina Esaslı Kompozitlerin Mekanik ve Mikroyapı Özelliklerine Etkisi

Samet Yavuz¹ , Mevlüt Gürbüz¹ 

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Samsun

Geliş Tarihi / Received Date: 20.05.2024

Kabul Tarihi / Accepted Date: 09.12.2024

Öz

Yapılan bu çalışmada endüstride yaygın olarak kullanılan Al₂O₃'ün gevrek ve kırılğan olan yapısının iyileştirilmesi adına ikinci faz takviyesi olarak Ti tozu kullanılmıştır. Matris fazı olarak belirlenen alüminaya artan oranlarda %0,5, %1, %3, %5 ve %10 Ti takviyeleri yapılmıştır. Toz metalurjisi yöntemiyle üretilen saf alümina ve alümina-titanyum kompozitleri 1550 °C sinterleme sıcaklığı ve 120 dk. bekleme süresinde sinterlenmiştir. Üretilen kompozitlerin sinterleme öncesi ve sonrası yoğunlukları ölçülmüştür. Sinterleme sonrası sertlik deneyleri, kırılma tokluğu ölçümü, basma deneyleri gerçekleştirilmiş ve SEM görüntüleri alınarak mikro yapı analizleri yapılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda alümina matrise %0,5 Ti takviyesi ile elde edilen AT05 kompozitinin en uygun takviye oranı olduğu belirlenmiştir. %0,5 Ti takviyeli kompozitte %94 yoğunluk, 14,84 GPa sertlik, 7,37 MPa.m^{1/2} kırılma tokluğu, 1207 MPa basma dayanımı değerleri elde edilmiştir. Titanyum ilave oranının artırılmasının mekanik deneyler ve mikro yapı analiz sonuçlarını olumsuz etkilediği ve %10 Ti takviyeli kompozitte hem monolitik alümina hem de AT05 kompozitine kıyasla daha düşük mekanik özellikler elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Al₂O₃, Ti, sinterleme, kompozit

Effect of Titanium Reinforcement Amount on Mechanical and Microstructural Properties of Alumina Based Composites

Abstract

In this study, Ti powder was used as the second phase reinforcement to improve the brittle and brittle structure of Al₂O₃, which is widely used in industry. Increasing amounts of 0.5%, 1%, 3%, 5% and 10% Ti were added to the alumina determined as the matrix phase. Pure alumina and alumina-titanium composites produced by powder metallurgy method were sintered at a sintering temperature of 1550 °C and a dwell time of 120 minutes. The densities of the produced composites were measured before and after sintering. After sintering, hardness tests, fracture toughness measurement, compression tests were carried out and microstructure analyzes were performed by taking SEM images. As a result of the examinations, it was determined that the AT05 composite obtained with 0.5% Ti reinforcement in the alumina matrix was the most appropriate reinforcement ratio. In the 0.5% Ti reinforced composite, 94% density, 14.84 GPa hardness, 7.37 MPa.m^{1/2} fracture toughness, 1207 MPa compressive strength values were obtained. Increasing the titanium addition rate negatively affected the results of mechanical experiments and microstructure analysis, and lower mechanical properties were obtained in the 10% Ti reinforced composite compared to both monolithic alumina and AT05 composite.

Keywords: Al₂O₃, Ti, sintering, composite

Giriş

Seramik malzemeler yüksek mekanik ve fiziksel özelliklere sahip olmalarının yanı sıra kırılğan yapıları ve düşük kırılma toklukları nedeniyle uygulama alanları oldukça kısıtlıdır. Alümina (Al_2O_3) mükemmel termal iletkenliği, yüksek sertliği, düşük özgül ağırlık ve yüksek aşınma dayanımı gibi özellikleri nedeniyle endüstride yaygın olarak kullanılan bir seramik malzemedir. Ancak dezavantajı olan kırılğan yapısı Al_2O_3 'ün mühendislik çalışmalarında büyük boyutlu ve karmaşık geometrilerde tek fazlı yapıların oluşturulması açısından kullanım alanını kısıtlamaktadır (Esparza-Vázquez vd., 2014; Lu vd., 2020; Shi, Sekino, vd., 2020; Yavuz ve Gürbüz, 2023a; Zygmuntowicz vd., 2022).

Alüminanın kırılğan yapısının iyileştirilmesi amacıyla daha sünek yapıları metal takviyeler ile çok fazlı kompozitlerin oluşturulduğu çalışmalar geçmişten günümüze sürmektedir. Alüminanın kırılğanlığını azaltmak amacıyla yapılan çalışmalarda da alümina matrisine metal takviyeleri ile kompozitler hazırlanmış ve ilave malzemelerin tane boyutu ve homojen dağılımının sağlanması ile iyi mekanik özelliklerin ve artan kırılma tokluğunun elde edilmesine katkı sağladıkları görülmüştür. Al_2O_3 'ün kırılma tokluğunun artırılması amacıyla önceki çalışmalarda incelenen takviyelerden bazıları Al, Cr, Cu, Ni, Ti, ZrO, TiC şeklinde sıralanabilir (Esparza-Vázquez vd., 2014; Lu vd., 2020; Meir vd., 2015; Shi, Cho, vd., 2020a; Yavuz ve Gürbüz, 2023b, 2023a).

Kompozit malzeme üretiminde takviye malzemesi seçim kriterlerinde elde edilecek kompozitten istenilen özelliklere bağlı olarak üretim yöntemleri ve üretim maliyetleri de oldukça etkilidir. Titanyum esaslı alaşımlar ve paslanmaz çelikler düşük özgül ağırlık, korozyon direnci ve metal matrislere göre dayanımının yüksek olması nedeniyle mühendislik uygulamalarında alüminyum alaşımlarının yerine geçmektedir. Ancak yüksek maliyet, kendisi ve diğer metaller ile temas halinde yüksek aşınmaya maruz kalması dezavantajı olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte alümina matrisli kompozit malzeme üretiminde alüminanın kırılma tokluğunun Ti takviyeleri ile iyileştirilmesi çalışmaları da artış göstermektedir. Yapılan çalışmalarda Al_2O_3 -Ti kompozitleri umut vaat eden yapılar olarak adlandırılmakta ve seramik yapıya metal ilaveleri ile mekanik özelliklerin yanı sıra kırılğanlığın giderildiği bildirilmektedir. Yapılan çalışmalarda Al_2O_3 matrisine Ti takviyelerinin yoğunluk başta olmak üzere kırılma tokluğu ve sertliği olumlu yönde etkilediği belirtilmekte ancak takviye oranına bağlı olarak yüksek oranlı Ti takviyelerinde mekanik ve fiziksel özelliklerde monolitik alüminaya karşın azalma olduğu belirtilmektedir (Bahraminasab vd., 2017; Meir vd., 2015; Shi, Cho, vd., 2020b; Shi, Sekino, vd., 2020; Yavuz ve Gürbüz, 2023a).

Alümina matrisli kompozitlerin toz metalurjisi yöntemiyle üretilmesi işleminde sinterleme prosesi başta olmak üzere proses parametrelerinin de üretilen kompozitin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerinde oldukça önemli etkisi bulunmaktadır (Esparza-Vázquez vd., 2014; Yavuz ve Gürbüz, 2023a; Yin vd., 2013, 2016). Al_2O_3 matrisine TiC ilaveli kompozit üretiminde proses parametrelerinin etkilerini belirlemek için yapılan çalışmada, HP sinterleme yöntemi ile 1650 °C sabit sıcaklık ve 32 MPa uygulama basıncı altında 10, 15, 20, 25, 30 dk. bekleme sürelerinde sinterleme gerçekleştirilmiş ve en yüksek mekanik özelliklerin 20 dk. süresinde elde edildiği, 20 dk. sabit bekleme süresi ve 32 MPa uygulama basıncı altında 1600, 1650, 1700 °C sıcaklıklarda yapılan sinterleme işlemlerinde en yüksek mekanik özelliklerin 1650 °C sıcaklığında elde edildiği belirtilmiştir. 1650 °C sıcaklık, 20 dk. süre, 32 MPa basınç parametrelerinde gerçekleştirilen sinterleme ile 916 MPa eğilme dayanımı, 18 GPa sertlik, 8,3 MPa.m^{1/2} kırılma tokluğunun elde edildiği belirtilmiştir (Yin vd., 2013).

Önceki çalışmalar incelendiğinde alümina matrisine Ti ilavesinin değerlendirildiği çalışma sayısı oldukça kısıtlıdır. Bu amaçla yapılan bu çalışmada Al_2O_3 matrisine farklı oranlarında Ti takviyelerinin mekanik özellikler ve mikroyapı üzerindeki etkileri karşılaştırmalı incelenerek, en yüksek özelliklerin elde edildiği Ti takviye oranının belirlenmesi hedeflenmektedir. Bununla birlikte Ti takviyeli kompozitlerin monolitik alümina ile karşılaştırılması yapılarak, Ti takviye oranındaki değişimin mekanik ve fiziksel özelliklere olan etkileri belirlenmiş olacaktır. Sinterleme işlemi sonrası numunelerin yoğunlukları, sertlik değerleri, kırılma tokluğu, basma dayanımları ve mikroyapı incelemeleri gerçekleştirilerek elde edilen sonuçlar karşılaştırılmalı incelenecektir. Yapılan bu çalışma ile Al_2O_3 -Ti yapıları kompozitler konusunda

literatürde az sayıda bulunan çalışmaya katkı sağlanmış olacak ve aynı zamanda alüminanın üstün özelliklerinden endüstrinin faydalanması konusunda Ti takviyesi ile kırılma tokluğunun iyileştirilmesi sağlanmış olacaktır.

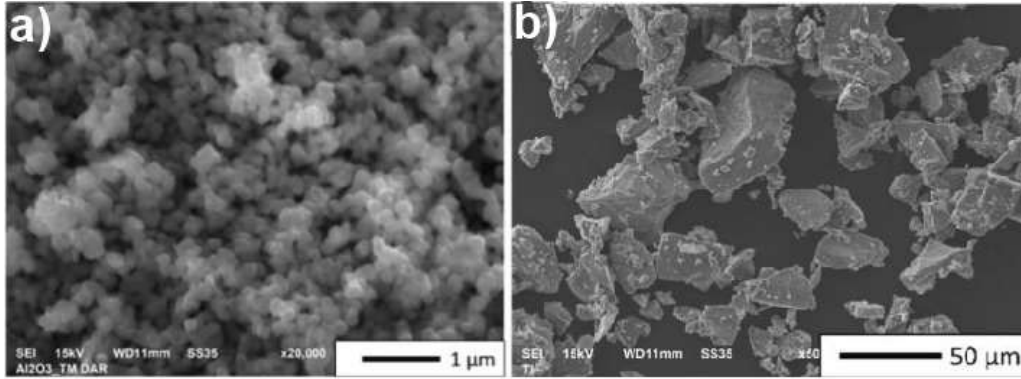
Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada üretilen sermet yapıları kompozit malzemelerde matris malzemesi olarak Al_2O_3 , takviye fazı olarak Ti kullanılmıştır. Bu malzemeler ile monolitik (saf) alümina ve Al_2O_3 -Ti kompozitleri üretilmiştir. Matris fazı olarak %99 saflıkta ve 0,07 μm (Panadiye MR70 Kalsine Al_2O_3 Batch No:1270:83) tane boyutunda alümina tozu, takviye fazı olarak %99,95 saflıkta ve 30 μm (Nanografi Nano Technology) boyutlarında Ti tozu kullanılmıştır. Tüm numunelerin üretiminde toz metalurjisi yöntemi kullanılmıştır. Al_2O_3 ve Ti' ye ait fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Al_2O_3 ve Titanyuma ait Özellikler (İnan, 2005; Mutuk, 2019)

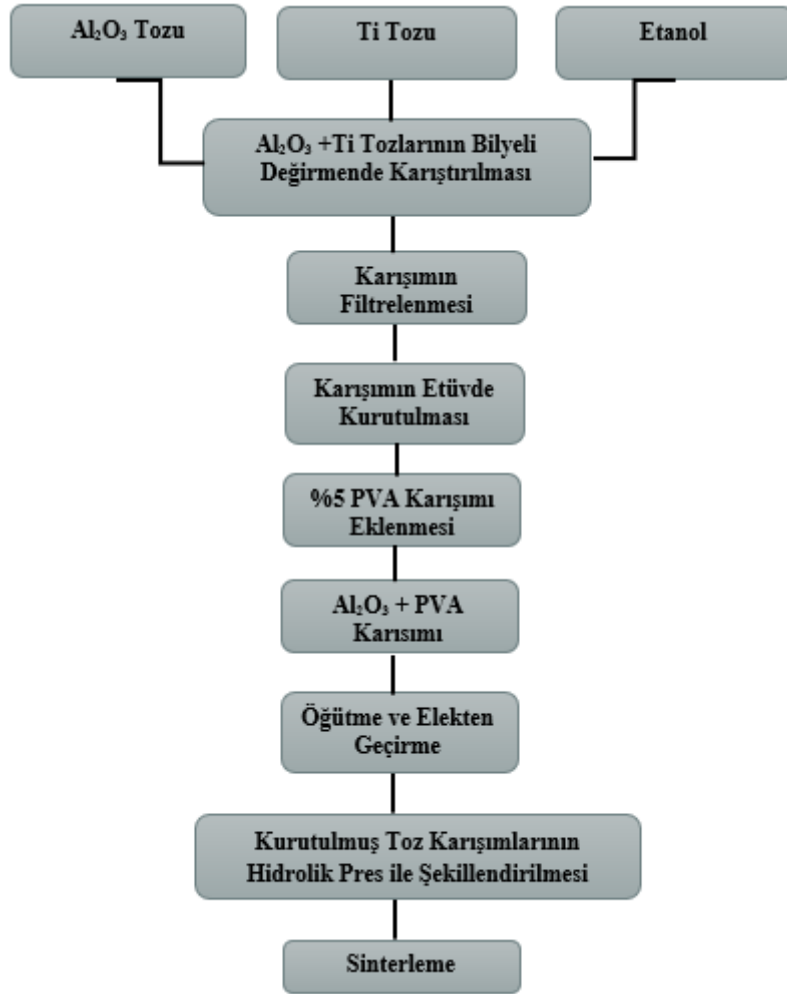
Özellikler	Al_2O_3	Titanyum
%-Ağ.	>99,5	>99,9
Elastisite modülü(GPa)	400	110
Vickers sertliği (N/mm ²)	2,3x10 ⁴	160
Yoğunluk (g/cm ³)	3,95	4,506
Kafes yapısı	Hegzagonal	Sıkı Parket Hegzagonal

Al_2O_3 matrise Ti/Ni takviyeleri ile kompozit üretiminin incelendiği bir çalışmada, matris fazı olarak kullanılan %99,99 saflıkta, 100 nm tane boyutlu Al_2O_3 ve takviye fazı olarak kullanılan %99,9 saflıkta, 12 μm tane boyutlu Ti tozuna ait SEM görüntüleri Şekil 1'de verilmiştir. Tozların SEM görüntüleri incelemesinde Al_2O_3 tozlarının küresel şekilli oldukları ve topaklanma eğilimi gösterdikleri belirtilmektedir. Ti tozunun ise çok düzensiz ve keskin köşeli şekle sahip olduğu bildirilmiştir (Zygmuntowicz vd., 2022). Yapılan bu çalışmada kullanılan matris ve takviye fazlarının da önceki çalışmalarda belirtilen saflık ve tane boyutlarına yakın olması benzer şekilde tane yapısının olduğunu göstermekte ve bu sebeple homojen karışımın sağlanması, uygun karıştırma süresinin belirlenmesi ile topaklanmaların giderilmesi oldukça önemlidir.



Şekil 1. Al_2O_3 Tozu (a), Ti Tozu (b) SEM Görüntüleri (Zygmuntowicz vd., 2022)

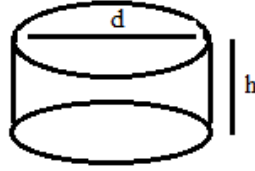
Al_2O_3 -Ti kompozitlerinin üretilmesinde alümina matrise %0,5, %1, %3, %5 ve %10 Ti takviyeleri yapılmıştır. Saf alümina ve kompozit tozları sinterleme öncesi hidrolik preste 1000 MPa basınçta şekillendirilmiş ve Argon gaz atmosferinde 1550 °C, 120 dk. ve 10 °C/dk. proses parametrelerinde basınçsız sinterleme yöntemi ile sinterlenmiştir. Saf alümina ve alümina-titanyum kompozitlerinin üretim basamaklarının şematik görünümü Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Numunelerin Hazırlanması ve Sinterleme Süreci

Numunelerin hazırlanması işleminde tozlar önce hassas terazide tartılmış ve alüminaya ağırlıkça %0,5, %1, %3, %5 ve %10 Ti ilaveleri yapılmıştır. Elde edilen karışıma etanol ilavesi yapılarak bilyalı değirmende karışımların homojen dağılımı sağlanmıştır. Karıştırma haznesinin hacimce 1/3'ü etanol, 1/3'ü bilya ilave edilmiş ve kalan kısmı boş bırakılmıştır. Karıştırma işleminde 1000 dev/dk., 10 dk. karıştırma süresi ve 60 g çelik bilya kullanılmıştır. Karıştırma işleminde toz / bilya kütle oranı 1:8 olarak hazırlanmıştır. Bilyalı değirmende öğütme sonrası toz karışımının bilyalardan ayrılması için elekten geçirilmiştir. Etanol ilaveli karışımlar etüde 70 oC sıcaklıkta bir gün boyunca bekletilerek etanolün uzaklaştırılması sağlanmıştır. Kurutma işlemi ardından numuneler agat havanda öğütülmüş ve içerisine önceden hazırlanmış olan %5 PVA (polivinil alkol) eklenmiştir. Ağırlıkça %5 PVA çözeltisi ısıtma-karıştırma cihazında 30 ml. saf su içerisinde PVA'nın tamamen çözündürülmesi ile hazırlanmış ve şekillendirme işleminde tozların birbiri ile daha iyi bağlanmasını sağlamak için eklenmiştir. Bu işlemlerin ardından toz karışımları inceltmek amacıyla 180 mesh elekten geçirilmiştir. Elde edilen inceltmiş ve topaklanmaları giderilmiş tozlar hidrolik preste 1000 MPa basınçta şekillendirilmiştir. Şekillendirme işleminde 10 mm delik çapı, deliğe uygun çaplarda işlenmiş alt ve üst aparatları olan paslanmaz çelik kalıp kullanılmıştır. Şekillendirme sonrası numunelerin yoğunlukları ölçülmüş ve sinterlemeye hazır hale getirilmiştir. Son işlem basamağı olan sinterleme işlemi Argon gaz atmosferinde 1550 oC sinterleme sıcaklığı, 120 dk. süre ve 10 oC/dk. ısıtma oranında gerçekleştirilmiştir.

Sinterleme öncesi ve sonrası numunelerin yoğunlukları ölçülmüş elde edilen yoğunluklar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Şekil 3'te numuneye ait şematik görünüm verilmiştir.



Şekil 3. Numunelerin Şematik Gösterimi

Numunelerin yoğunluklarının hesaplanmasında formül 1 ve formül 2 de verilen eşitlik kullanılmıştır. Numunelerin ağırlıkları hassas terazide, çap ve yükseklik ölçüleri ise mikrometre ile ölçülmüştür. Formül 1 de (teorik yoğunluk) verilen m numunenin ağırlığı, $V = \pi \times r^2 \times h$ denkleminde yararlanılarak hesaplanır. Kompozit numunelerin % teorik bağıl (kısımlı) yoğunluğu (ρ_T) ise formül 2 den hesaplanmakta ve ρ_K toz karışımının yoğunluğu olup karıştırılan tozların ağırlıkça karışım oranlarına bağlı olarak değişmektedir.

$$\rho_T = \frac{m}{V} \quad (1)$$

$$\rho_T(\%) = \frac{\rho_T}{\rho_K} \times 100 \quad (2)$$

Sertlik deneyleri microvickers sertlik ölçüm yönteminde 5000 g (HV_5) yük altında 15 sn bekleme ile oluşan izlerin köşegen uzunluklarının ölçümleri ile gerçekleştirilmiştir. Her bir numune için en az üç ölçüm yapılmış ve bunların ortalaması alınmıştır. Kırılma tokluğu, sertlik ölçüm izlerinin uçlarında oluşan çatlak boylarının optik mikroskopta ölçülmesi ve formül 3 te verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Formülde verilen H vickers sertliğini, a vickers izinin yarısını, E Young modülünü, l çatlak uzunluğunu göstermektedir (Meir vd., 2014; Sousa vd., 2021).

$$K_{Ic} = 0,0264(Hxa) \left(\frac{E}{H}\right)^{0.4} \times (l^{-0.5}) \quad (2)$$

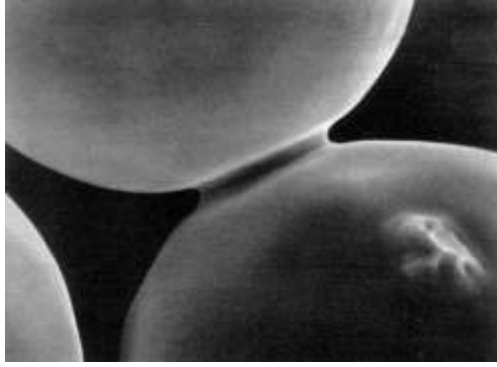
Basma deneyleri Ondokuz Mayıs Üniversitesi Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (OMÜ KİTAM) altyapısındaki 100 kN yük kapasiteli test cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Tüm numunelerin maksimum basma dayanımları bulunarak karşılaştırmalı incelenmiştir.

Sinterleme sonrası numunelerin kırık yüzeylerinin incelenmesi OMÜ KİTAM altyapısındaki taramalı elektron mikroskopunda gerçekleştirilmiş ve monolitik alümina ile Ti takviyeleri içerisinde en iyi mekanik özellikler ve en düşük mekanik özellikleri sergileyen numunelerin SEM görüntüleri alınmıştır. Elde edilen SEM görüntüleri ile numunelerin mikroyapı analizleri gerçekleştirilmiştir. Numunelerin XRD analizleri yapılarak alümina ve Ti fazlarının sinterleme sonrası faz dağılımları ve kimyasal reaksiyon oluşumu değerlendirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada Al_2O_3 matrise ağırlıkça %0,5, 1, 3, 5, 10 Ti ilave edilerek üretilen kompozitler 1550 °C ve 120 dk. proses parametreleri ile Ar gaz atmosferinde sinterlenmiştir. Numunelerin sinterleme öncesi ve sonrası yoğunlukları hesaplanmış ve elde edilen yoğunluk verileri Tablo 1’de verilmiştir. Sinterleme sonrası yoğunlukların karşılaştırmalı incelendiği grafik Şekil 4’te verilmiştir. Numunelerin yoğunlukları değerlendirildiğinde sinterleme öncesi %56-62 olan yoğunlukların sinterleme sonrası %93-94 değerlerine ulaştığı görülmektedir. Bu durum numunelerin sinterleme prosesinde boyun verme işlemi ile istenilen yoğunluklara ulaşıldığı ve Ti fazının arayüzey bağlantılarının güçlü yapılar oluşturarak mekanik özellikleri olumsuz etkileyen porozite oluşumunu engellediğini göstermektedir.

Şekil 4’te numunelerin sinterleme işleminde boyun oluşumu verilmiştir. Sinterleme öncesi taneler arası boşluklar sebebiyle düşük olan yoğunluk, sinterleme prosesinde boyun verme işlemi sonucunda porozitenin azalması ve tozların birbirine bağlanması ile hem mukavemetin hem de yoğunluğun artmasını sağlamaktadır (Şenel, 2018).



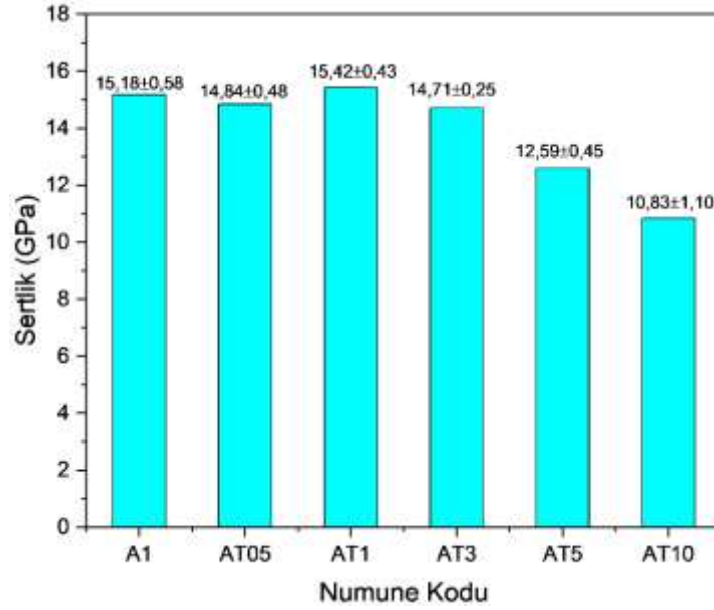
Şekil 4. Sinterleme Prosesinde Taneler Arası Boyun Verme İşlemi (Şenel, 2018).

Tablo 2. Numunelerin Sinterleme Öncesi ve Sonrası Yoğunlukları

Numune Kodu	Yoğunluk	1 Nolu	2 Nolu	3 Nolu	4 Nolu	5 Nolu	6 Nolu
A1	Sinterleme Öncesi	56	62	62	2	56	56
%100 Al ₂ O ₃	Sinterleme Sonrası	92	92	92	87	92	93
AT05	Sinterleme Öncesi	55	62	55	55	55	62
%0,5 Ti	Sinterleme Sonrası	94	93	94	92	92	94
AT1	Sinterleme Öncesi	55	61	62	61	62	61
%1 Ti	Sinterleme Sonrası	90	91	89	89	89	92
AT3	Sinterleme Öncesi	55	61	61	61	62	61
%3 Ti	Sinterleme Sonrası	86	84	86	86	86	85
AT5	Sinterleme Öncesi	55	55	55	55	55	55
%5 Ti	Sinterleme Sonrası	83	87	84	84	84	86
AT10	Sinterleme Öncesi	55	55	55	55	55	55
%10 Ti	Sinterleme Sonrası	78	78	76	79	76	79

Tablo 2’de elde edilen verilen analizi sonucunda monolitik alüminanın yoğunluğunun sinterleme sonrası %93, fakat bununla birlikte yapılan %0,5 Ti takviyesi ile AT05 kompozitinde en yüksek yoğunluk değeri olan %94 yoğunluk değeri ölçülmüştür. Artan Ti takviye oranları ile yoğunluğun azaldığı ve monolitik alüminanın yoğunluğundan da düşük yoğunluklar elde edilmiştir. Yapılan yoğunluk ölçümleri analizlerinde en iyi sonucun %0,5 Ti takviyesi ile elde edildiği tespit edilmiştir. Al₂O₃ matrise Ti takviyesinin etkilerinin incelendiği çalışmada monolitik alümina ile %0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, 3 oranlarında Ti takviyeleri ile üretilen kompozitlerin sinterleme sonrası yoğunlukları değerlendirilmiş, en yüksek yoğunluklarının %0,5 ve %1 Ti takviyelerinde %99 olarak ölçüldüğü, monolitik alüminanın yoğunluğunun %97 ölçüldüğü ve artan Ti takviye oranıyla yoğunluğun azalarak monolitik durumdan daha düşük sonuçların elde edildiği bildirilmiştir. Bu durum diğerlerine kıyasla düşük oranlarda (%0,5 ve %1) Ti takviyelerinde ince taneli yapının korunarak sinterleme esnasında homojen tane büyümesinin sağlanması, daha yüksek oranlarda Ti takviyelerinde ise bu durumun aksinin olduğu bildirilmiştir (Esparza-Vázquez vd., 2014). Farklı bir çalışmada Ti/Al₂O₃ kompozitine Y₂O₃ ilavesinin incelendiği çalışmada seramik malzemelerin mukavemetinde porozitenin önemli bir rol aldığı ve homojen dağılım sağlanması ile yoğunluk ve mekanik özelliklerin olumlu yönde eğilim gösterdikleri belirtilmiştir (Liu vd., 2015).

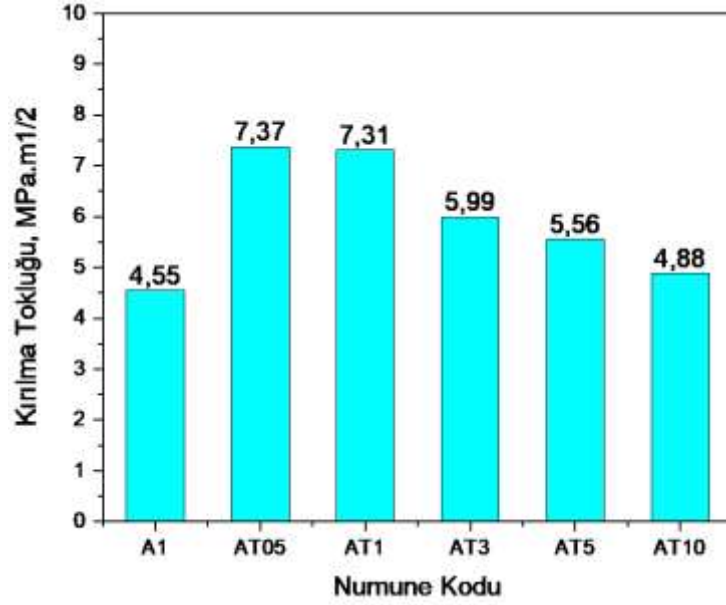
Yoğunluk ölçümü ardından numunelerin sertlik deneyleri gerçekleştirilmiş ve numunelerin mikrovickers (HV₅) ölçümleri yapılarak monolitik alümina ve Al₂O₃-Ti kompozitleri için karşılaştırmalı değerlendirilmiştir. Sertlik deneyi sonrası numunelere ait sertlik ölçüm sonuçları Şekil 5’te verilmiştir.



Şekil 5. Tüm Numunelerin Sertlik Değerleri

Şekil 5'te elde edilen bulgular değerlendirildiğinde monolitik alüminanın sertliğinin $15,18 \pm 0,58$ GPa olarak ölçüldüğü, $\text{Al}_2\text{O}_3/\%1$ Ti takviyeli AT1 kodlu kompozitte en yüksek sertlik değeri olan $15,42 \pm 0,43$ GPa sertlik değerinin elde edildiği görülmektedir. Yoğunluk ile kıyaslandığında en yüksek yoğunluğun elde edildiği AT05 kodlu kompozitte ise $14,84 \pm 0,48$ GPa sertlik elde edildiği ve monolitik duruma göre düşük olduğu görülmektedir. Artan Ti takviye oranları ile sertlikte önemli ölçüde düşüş olduğu belirlenmiş ve en düşük sertlik değeri %10 Ti takviyeli AT10 kompozitinde $10,83 \pm 1,1$ GPa ölçülmüştür. Sertlik verilerinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi sonucunda monolitik duruma göre %0,5, %1 ve %3 Ti takviyeleri ile sertlikte önemli değişim olmamakla birlikte en iyi sonucun %1 Ti takviyeli AT1 kompozitinde elde edildiği, %5 ve %10 Ti takviyelerinde ise sertlikte önemli ölçüde düşüş olduğu tespit edilmiştir. Al_2O_3 matrise %20, 40, 60, 80 oranlarında Ti takviyesinin mekanik özelliklere etkisinin incelendiği çalışmada, %20 Ti takviyesi ile üretilen kompozitte en yüksek sertlik değeri olan 19,7 GPa değerinin elde edildiği fakat bunun monolitik alüminadan düşük olduğu ve artan Ti takviye oranı ile doğrusal orantılı olarak sertlikte büyük ölçüde düşüş olduğu belirtilmiştir. Artan Ti takviyeleri ile sertlikte görülen düşüş $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Ti}$ arayüzlerinde oluşan TiO ve Ti-Al-O katı çözeltilerinin tane sınırlarında birikmesi ve zayıflatması ile açıklanmaktadır. Buna ek olarak çatlak ilerlemesinin titanyum fazı içerisinde ve alümina taneleri etrafından ilerlediği, bu sebeple seramik metal arayüzünün alümina parçacıklarından daha zayıf olduğunu bildirilmiştir (Meir vd., 2015). Farklı bir çalışmada Al_2O_3 matrise %25, 50, 75 Ti takviyelerinin etkilerinin incelendiği çalışmada SPS sinterleme yöntemi ile 1350 °C sıcaklık 30 dk. bekleme süresinde gerçekleştirilen sinterleme sonrası monolitik alüminanın sertlik değerinin 19,76 GPa olarak ölçüldüğü ve artan Ti takviye oranı ile sertlik değerlerinin azaldığı ve en düşük sertlik değerinin 10,12 GPa ölçüldüğü belirtilmiştir (Bahraminasab vd., 2017). Yapılan literatür değerlendirmelerinde yüksek oranda Ti takviyelerinin çalışıldığı ve sonuçların yapılan bu çalışma ile paralel sonuçların elde edildiği görülmekte, yapılan bu çalışmada ilave edilen Ti fazı miktarının düşük seçilmesi de çalışmanın özgünlüğünü ortaya koymaktadır.

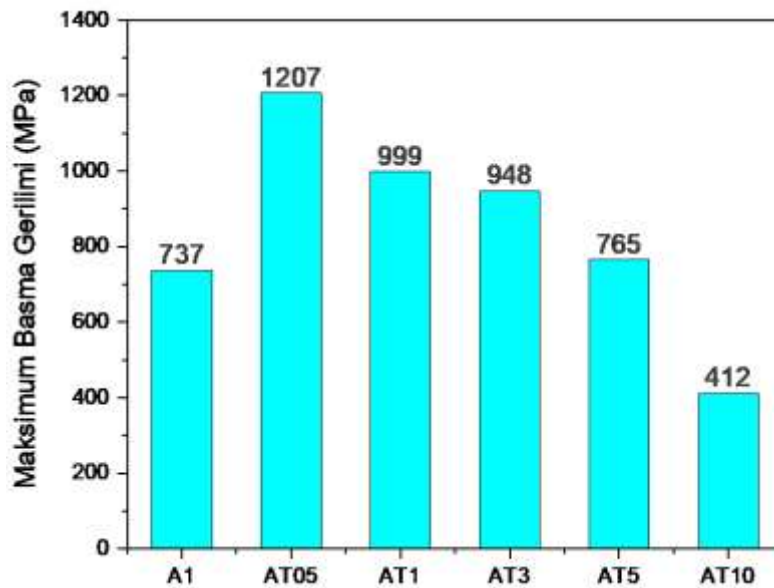
Numunelerin mikrovickers sertlik izlerinin optik mikroskopta incelenmesi ile oluşan çatlak boylarının formül 2'de yerine yazılması ile elde edilen kırılma tokluğu değerleri belirlenmiştir. Elde edilen kırılma tokluğu değerlerinin karşılaştırmalı değerlendirilmesi için oluşturulan grafik olarak Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Tüm Numunelerin Kırılma Tokluğu Değerleri

Şekil 6'da verilen kırılma tokluğu ölçüm sonuçları incelendiğinde monolitik alüminanın kırılma tokluğunun $4,55 \text{ MPa.m}^{1/2}$, bununla birlikte Al_2O_3 -%0,5 Ti takviyeli AT05 kodlu kompozitte ise en yüksek kırılma tokluğu değeri olan $7,37 \text{ MPa.m}^{1/2}$ değeri elde edilmiştir. Ti ilave miktarının artırılması ile kırılma tokluğunda azalma olduğu ve Al_2O_3 -%10 Ti takviyeli kompozitte en düşük kırılma tokluğu değerinin elde edildiği görülmüştür. Elde edilen veriler sonucunda %0,5 Ti takviyeli AT05 kodlu numunede en yüksek kırılma tokluğu değerinin elde edildiği ve monolitik duruma kıyasla kırılma tokluğunun %62 iyileştirildiği tespit edilmiştir. Al_2O_3 matrise Ti takviyesinin mekanik özelliklere etkilerinin incelendiği çalışmada, %0,5 ve %1 Ti takviyeleri ile üretilen kompozitler ile en yüksek kırılma tokluğu değerlerinin elde edildiği ve monolitik alüminanın kırılma tokluğunun %200 oranında iyileştirildiği belirtilmiştir. Bu durumunun Ti fazının uygun sinterleme parametreleri kullanılarak, alümina matris içerisinde homojen dağılımın sağlanması ile elde edildiği bildirilmiştir (Esparza-Vázquez vd., 2014).

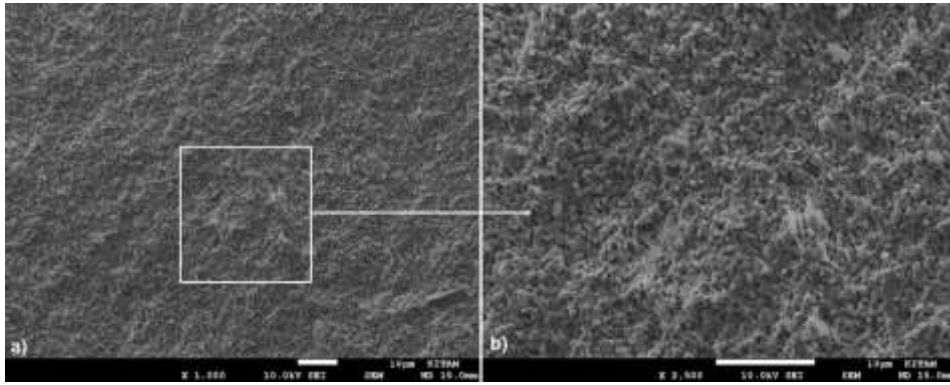
Monolitik alümina ve Al_2O_3 -Ti kompozitlerinin basma deneyleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen maksimum basma gerilimi belirlenerek numuneler karşılıklı değerlendirilmiştir. Basma deneyleri sonrası elde edilen maksimum basma gerilimlerine ait grafik Şekil 7'de verilmiştir.



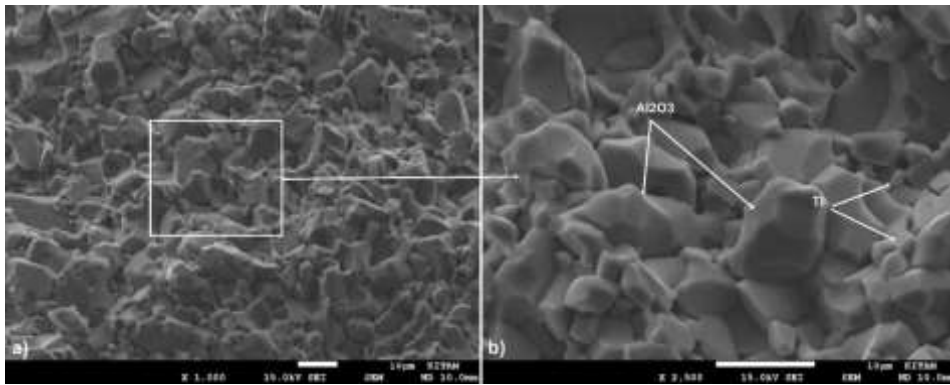
Şekil 7. Tüm Numunelerin Basma Dayanımları

Şekil 7’de elde edilen veriler incelendiğinde monolitik alüminanın basma dayanımının 737 MPa olarak ölçüldüğü bununla birlikte en yüksek basma dayanımının Al_2O_3 -%0,5 Ti takviyeli AT05 kompozitinde 1207 MPa olarak ölçüldüğü görülmektedir. Ti ilave miktarının artırılması ile basma dayanımında düşüş olduğu belirlenmiş ve basma dayanımı en düşük Al_2O_3 -%10 Ti kompozitinde ölçülmüştür. Elde edilen veriler sonucunda %0,5 Ti takviyesi ile monolitik alüminanın basma dayanımının %60 oranında iyileştirilebileceği görülmüştür. Benzer şekilde kırılma tokluğunda da aynı takviye oranında en yüksek değer elde edilmiştir. Bu açıdan değerlendirildiğinde alüminanın dezavantajı olan kırılma yapısı %0,5 Ti takviyesi ile iyileştirilebilmekte, Ti takviye oranı arttıkça bu durum olumsuz olarak etkilenip monolitik durumdan daha düşük sonuçlar elde edilmektedir. Ti/ Al_2O_3 kompozitine Ta_2O_5 ilavesinin etkilerinin incelendiği çalışmada düşük yoğunluk değeri ölçülen kompozitlerin eğilme dayanımlarının da düşük olduğu ve sinterleme sonrası kompozit yapısında oluşan büyük miktardaki porozitenin eğilme dayanımını olumsuz etkilediği bildirilmiştir (Xu vd., 2017).

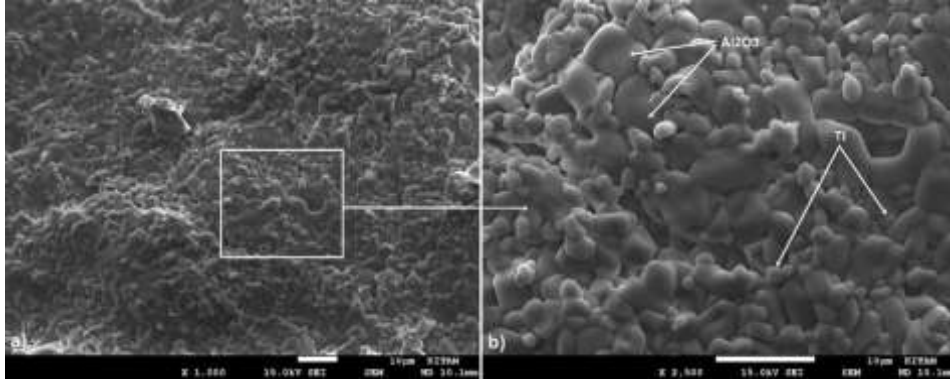
Mekanik deneylerin sonucunda %0,5 Ti takviyeli AT05 kompozitinin en uygun takviye oranı olarak ve %10 Ti takviyeli AT10 kompozitinde ise en düşük değerlerin elde edildiği takviye oranı olarak belirlenmiştir. Monolitik alümina, AT05 ve AT10 kompozitlerinin mikroyapı analizleri için kırık yüzeylerden SEM görüntüleri alınmıştır. SEM görüntüleri her bir numune için 1000X ve 2500X büyütmede alınmış, Şekil 8’de monolitik alümina, Şekil 9’da AT05 ve Şekil 10’da AT10 kompozitinin SEM görüntüleri verilmiştir. SEM görüntülerinde sinterleme sonrası Al_2O_3 -Ti arayüzleri incelenmiştir. Monolitik alümina ve Al_2O_3 -Ti kompozitlerinde fazların homojen dağılım sağlandığı tespit edilmiştir.



Şekil 8. Monolitik Alümina SEM Görüntüleri 1000X (a), 2500X (b)



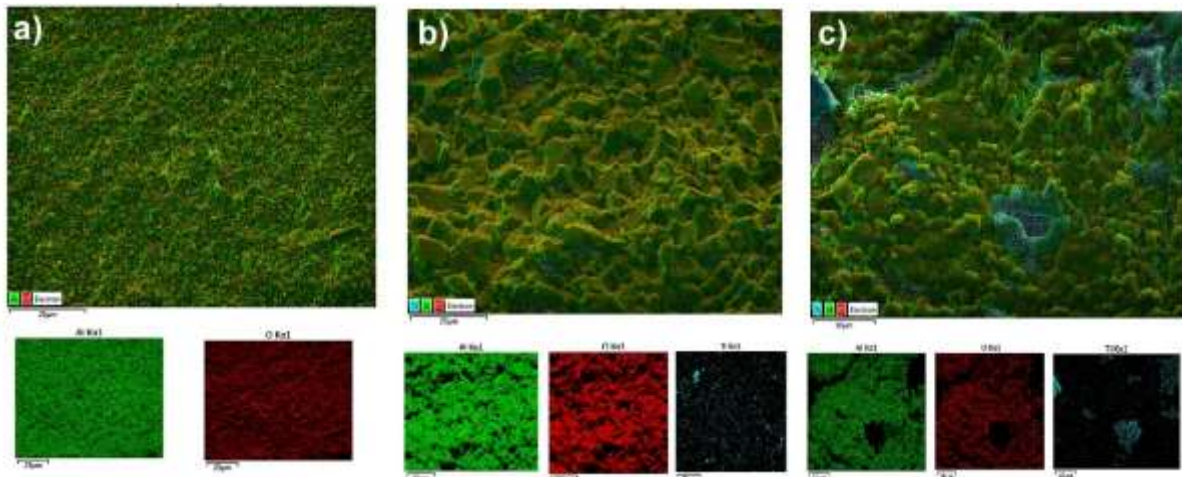
Şekil 9. AT05 SEM Görüntüleri 1000X (a), 2500X (b)



Şekil 10. AT10 SEM Görüntüleri 1000X (a), 2500X (b)

Şekil 8, Şekil 9, Şekil 10'da verilen SEM görüntüleri incelendiğinde mekanik özelliklerin hem monolitik alümina hem de diğer Ti takviyelerine kıyasla en yüksek değerlerin elde edildiği AT05 kompozitine ait mikroyapının matris fazı ile ilave faz arasında sinterleme prosesinde oluşan boyun verme işleminde bağlanmanın daha iyi olduğu bu sebeple de porozitenin daha düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. AT05 ve AT10 kompozitlerinde kırık yüzeyler incelendiğinde kırılmaların alümina fazında taneler arası, Ti fazında tane içi şeklinde olduğu ve bununla önceki çalışmalarda da Al_2O_3 -Ti kompozitlerinin oluşturulduğu çalışmalarda da benzer şekilde olduğu bildirilmiştir (Boatema vd., 2018; Meir vd., 2015). Yapılan Ti takviyelerinin monolitik duruma göre tane büyümesine sebep olduğu AT05 ve AT10 kompozitlerine ait SEM görüntülerinde görülmektedir. Ek olarak AT10 kompozitinde porozitenin AT05 kompozitine kıyasla oldukça yüksek olduğu bu durumda mekanik özellikleri olumsuz yönde etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Yapılan mikroyapı analizleri sonucunda %0,5 Ti takviyeli AT05 kompozitinin sinterleme prosesi ile diğerlerine kıyasla daha yoğun ve güçlü bir kompozit yapısının elde edildiği ve yapılan incelemeler içerisinde en uygun mikro yapının elde edildiği tespit edilmiştir. Al_2O_3 /Ti kompozitlerinin SPS yöntemiyle sinterlenmesinin mekanik özelliklerine etkilerinin incelendiği çalışmada, %60 Ti takviyesi ile üretilen kompozitin çatlak oluşumu incelendiğinde, çatlakın Ti fazında tane içi kırılma şeklinde, kolayca ilerlediği, alümina fazda ise tanelerin etrafından yayıldığını, bu sebeple Al_2O_3 -Ti arayüzeyinin zayıf olduğu sonucunun elde edildiğini belirtmişlerdir (Meir vd., 2015).

Şekil 11'de SEM görüntüleri verilen monolitik alümina, AT05 ve AT10 kompozitlerinin EDS analizlerine ait görüntüler verilmiştir. Yeşil renk Al fazını, kırmızı renk O fazını, mavi renk Ti fazını göstermektedir.

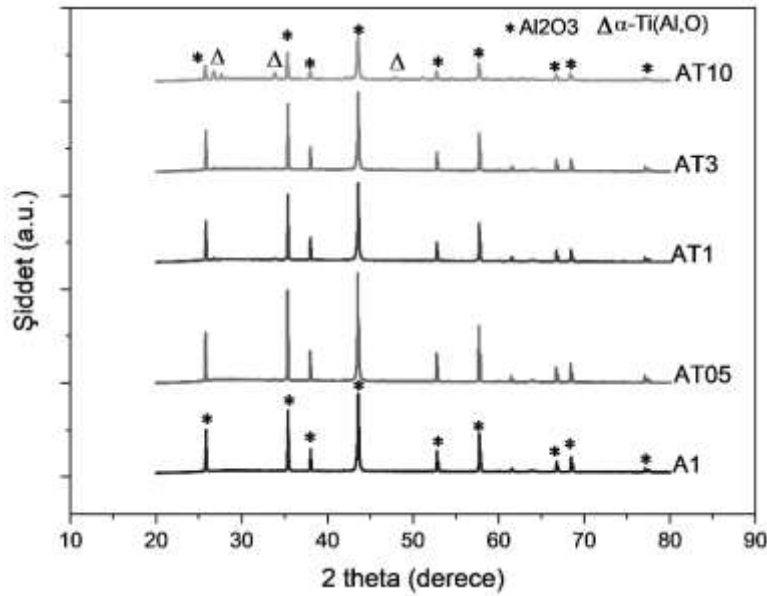


Şekil 11. EDS Analizi Monolitik Alümina (a), AT05 (b), AT10 (c)

Şekil 11'de verilen EDS analizlerinde monolitik alümina ile Ti takviyeli kompozitler karşılaştırıldığında AT05 kompozitinde Ti fazının Al_2O_3 matris içerisinde homojen dağılım sergilediği ancak en yüksek Ti takviyeli AT10 kompozitinde bölgesel topaklanmaların olduğu görülmektedir. Bu durum uygun karıştırma işlemi neticesinde istenilen mikroyapı ve arayüzlerin elde edilmesi açısından oldukça

önemlidir. Al_2O_3 -Ti kompozitlerinin SPS yöntemiyle sinterlenmesi konusunda yapılan çalışmada, %90Ti-%10 Al_2O_3 kompozitinin EDS analizi element haritalamasında Ti, Al, O fazlarının dağılımının incelendiği bildirilmiştir. Topaklanmaların görüldüğü bölgelerde oksijen açısından düşük intermetalik fazların oluşunu belirtmişlerdir (Hayun vd., 2016).

Sinterlenen monolitik alümina ve kompozitlerin XRD analizlerine ait grafik Şekil 12’de verilmiştir. Yapılan analizde monolitik alümina numunesinde ki piklerin Ti takviyeli kompozitlerde de görüldüğü, yeni oluşan fazlara ait piklerin görülmediği, bu durumun sinterleme işleminde fazlar arası herhangi bir kimyasal reaksiyonun olmadığını göstermektedir. Ancak AT10 kompozitinde 20° - 35° ve 45° - 50° arasında görülen ekstra piklerin α -Ti(Al,O) yapısına ait olduğu görülmüştür. Bu durum önceki çalışmalarda da matris fazı Al_2O_3 ün çözünmesi sonucunda, Ti fazının çözünen Al ve O ile katı çözültisi sonucu α -Ti(Al,O) yapısının oluştuğu şeklinde belirtilmiştir (Meir vd., 2015). Al_2O_3 -TiC kompozitlerinin düşük sıcaklıkta SPS ile sinterlenmesi konusunda yapılan çalışmada, matris fazı ve ilave fazın XRD desenlerinin, sinterleme sonrası kompozitlerin desenleri ile karşılaştırdıklarını, fazlara ait piklerin sinterleme sonucu kompozitlerle örtüştüğü, yeni oluşan herhangi bir faza ait pik görülmediği belirtilmiştir (Meir vd., 2014).



Şekil 12. Monolitik Alümina ve Al_2O_3 -Ti Kompozitlerinin XRD Analizi

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada monolitik alümina ve Al_2O_3 -Ti kompozitleri toz metalurjisi yöntemiyle üretilmiştir. Kompozitlerin üretiminde alümina matrise %0,5, %1, %3, %5, %10 oranlarında Ti ilaveleri yapılmıştır. Şekillendirme işlemi sonrası numuneler $1550^\circ C$, 120 dk. ve $10^\circ C/dk$. proses parametreleri kullanılarak sinterlenmiştir. Sinterleme işlemi sonrası numunelerin mekanik deneyleri ve mikroyapı analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler neticesinde monolitik alüminanın %0,5 Ti takviyesi ile mekanik ve mikroyapı özelliklerinin optimum seviyede iyileştirilebileceği tespit edilmiştir. En uygun takviye oranı %0,5 Ti takviye oranı ile %94 yoğunluk, 14,84 GPa sertlik, $7,37 MPa \cdot m^{1/2}$ kırılma tokluğu, 1207 MPa basma dayanımı değerleri elde edilmiştir. Yapılan mikro yapı analizlerinde homojen dağılımın sağlandığı, en düşük porozite ve fazlar arası arayüzey bağlanmasının en güçlü olduğu kompozitin %0,5 Ti takviyeli kompozit olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma ile, Al_2O_3 ün literatürde belirtilen üstün özelliklerinden yararlanılması ve az sayıda çalışma olan Ti takviyesinin etkilerinin incelenmesi ile yenilikçi bir bakış açısı sağlanmıştır.

Yazar Katkısı

Samet Yavuz, deneysel ortamını hazırladı, verilerin toplanması ve istatistiksel analizlileri gerçekleştirdi. *Mevlüt Gürbüz*, verilerin toplanması ve deneysel süreci deneysel süreci takip etti. Yazarlar makaleyi birlikte yazdı, okudu ve onayladı.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

Samet Yavuz  <http://orcid.org/0000-0002-6912-279X>

Mevlüt Gürbüz  <http://orcid.org/0000-0003-2365-5918>

Kaynaklar

- Bahraminasab, M., Ghaffari, S. ve Eslami-Shahed, H. (2017). Al₂O₃-Ti functionally graded material prepared by spark plasma sintering for orthopaedic applications. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 72(February), 82–89. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2017.04.024>
- Boatema, L., Zwaag van der, S., ve Sloof, W. G. (2018). Self-healing of Al₂O₃ containing Ti microparticles. *Ceramics International*, 44(10), 11116–11126. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.03.119>
- Esparza-Vázquez, S. J., Rocha-Rangel, E., Rodríguez-García, J. A. ve Hernández-Bocanegra, C. A. (2014). Strengthening of alumina-based ceramics with titanium nanoparticles. *Materials Sciences and Applications*, 05(07), 467–474. <https://doi.org/10.4236/msa.2014.57050>
- Hayun, S., Meir, S., Kalabukhov, S., Frage, N. ve Zaretsky, E. (2016). Phase constitution and dynamic properties of spark plasma-sintered alumina-titanium composites. *Journal of the American Ceramic Society*, 99(2), 573–580. <https://doi.org/10.1111/jace.13992>
- İnan, U. (2005). *Farklı sinterleme sıcaklıklarının Ağırlıkça %2 MnO ve %2 TiO₂ katkılı alümina seramiğin mikroyapısal ve fiziksel özelliklerine olan etkileri*. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Liu, M., Wang, Z., Li, Q., Shi, G., Wu, C. ve Li, Y. (2015). Effects of Y₂O₃ on the mechanical properties of Ti/Al₂O₃ composites of hot pressing sintering. *Materials Science and Engineering: A*, 624(1), 181–185. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2014.11.058>
- Lu, Y., Zhu, M., Zhang, Q., Hu, T., Wang, J. ve Zheng, K. (2020). Microstructure evolution and bonding strength of the Al₂O₃/Al₂O₃ interface brazed via Ni-Ti intermetallic phases. *Journal of the European Ceramic Society*, 40(4), 1496–1504. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2019.11.066>
- Meir, S., Kalabukhov, S., Frage, N. ve Hayun, S. (2015). Mechanical properties of Al₂O₃/Ti composites fabricated by spark plasma sintering. *Ceramics International*, 41(3), 4637–4643. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2014.12.008>
- Meir, S., Kalabukhov, S. ve Hayun, S. (2014). Low temperature spark plasma sintering of Al₂O₃-TiC composites. *Ceramics International*, 40, 12187–12192. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2014.04.059>
- Mutuk, T. (2019). *Grafen-Si₃N₄ takviyeli titanyum hibrit kompozit ile prototip implant üretimi*. Ondokuz

Mayıs Üniversitesi.

- Şenel, M. C. (2018). Grafen-seramik tanecik takviyeli alüminyum matrisli hibrit kompozitlerin toz metalurjisi metoduyla üretimi, mekanik ve mikroyapı özelliklerinin incelenmesi [Yayımlanmamış doktora tezi]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- Shi, S., Cho, S., Goto, T. ve Sekino, T. (2020a). CNT-induced TiC toughened Al₂O₃/Ti composites: Mechanical, electrical, and room-temperature crack-healing behaviors. *Journal of the American Ceramic Society*, 103(8), 4573–4585. <https://doi.org/10.1111/jace.17152>
- Shi, S., Cho, S., Goto, T. ve Sekino, T. (2020b). Role of CeAl₁₁O₁₈ in reinforcing Al₂O₃/Ti composites by adding CeO₂. *International Journal of Applied Ceramic Technology*, 18(1), 170–181. <https://doi.org/10.1111/ijac.13629>
- Shi, S., Sekino, T., Cho, S. ve Goto, T. (2020). Ti and TiC co-toughened Al₂O₃ composites by in-situ synthesis from reaction of Ti and MWCNT. *Materials Science and Engineering A*, 777(January), 139066. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2020.139066>
- Sousa, L., Basilio, L., Alves, A. C. ve Toptan, F. (2021). Tribocorrosion-resistant biofunctionalized Ti-Al₂O₃ composites. *Surface and Coatings Technology*, 420(April), 127329. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2021.127329>
- Xu, H., Zhang, L., Wang, Z., Wu, J. ve Yang, F. (2017). Effects of Ta₂O₅ on mechanical properties and elements diffusion of Ti/Al₂O₃ composites prepared via hot pressing sintering. *Ceramics International*, 43(10), 7935–7941. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.03.003>
- Yavuz, S. ve Gürbüz, M. (2023a). Al₂O₃ matrisli Ti takviyesinin mekanik özelliklere etkisinin incelenmesi. *12. Uluslararası Bilimsel Çalışmalar Kongresi (UBCAK)*, 325–334.
- Yavuz, S. ve Gürbüz, M. (2023b). Farklı sinterleme parametrelerinin monolitik alüminanın yoğunluğuna etkisinin incelenmesi. *Global Conference on Engineering Research (GLOBECER'23)*, 196–207.
- Yin, Z., Huang, C., Zou, B., Liu, H., Zhu, H. ve Wang, J. (2013). Preparation and characterization of Al₂O₃/TiC micro-nano-composite ceramic tool materials. *Ceramics International*, 39(4), 4253–4262. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2012.10.277>
- Yin, Z., Yuan, J., Wang, Z., Hu, H., Cheng, Y. ve Hu, X. (2016). Preparation and properties of an Al₂O₃/Ti(C,N) micro-nano-composite ceramic tool material by microwave sintering. *Ceramics International*, 42(3), 4099–4106. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2015.11.082>
- Zygmuntowicz, J., Tomaszewska, J., Wiecek, M., Żurowski, R., Piotrkiewicz, P., Wachowski, M. ve Wiciński, P. (2022). Properties of Al₂O₃/Ti/Ni composites fabricated via centrifugal slip casting under environmentally assessed conditions as a step toward climate-neutral society. *Ceramics International*, 48(15), 21920–21933. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.04.174>

Bazı Fındık Çeşitlerinde Kabuk, Naturel İç ve Beyazlatılmış İçlerin Duyusal Özelliklerinin Karşılaştırılması

Hüseyin İrfan Balık¹ , Neriman Beyhan² 

¹Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Sakarya

²Ondokuzmayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun

Geliş Tarihi / Received Date: 22.07.2024

Kabul Tarihi / Accepted Date: 19.12.2024

Öz

Bu çalışma Allahverdi, Çakıldak, Foşa, Palaz ve Tombul çeşitlerinin kabuklu fındık, naturel iç ve beyazlatılmış içlerinin L*, a*, b*, C* ve h° skalasına göre renk değerleri ile beyazlatılmış içleri tat, aroma, renk ve genel görünüş bakımından değerlendirilmek amacıyla yapılmıştır. Çeşitlerin kabuklu fındık, naturel ve beyazlatılmış içlerinde renk özellikleri bakımından farklılıklar istatistik olarak önemli bulunmuştur. Kabuklu fındıklarda L* değerleri 45.48-39.65, a* değerleri 21.16-19.04, b* değerleri 28.64-23.37, C*değerleri 34.81-30.74 ve h° değerleri 55.45-48.15 arasında belirlenmiştir. Naturel fındıklarda L* değerleri 57.25-44.44, a* değerleri 16.60-11.88, b* değerleri 25.91-22.68, C* değerleri 30.84-26.72 ve h° değerleri 63.83-55.51 arasında belirlenmiştir. Beyazlatılmış içlerde L* değerinin 80.65-72.45, a* değerinin 6.45-1.72, b* değerinin 33.85-27.46, C* değerinin 34.51-27.52 ve h° değerinin 86.41-79.44 arasında değiştiği görülmektedir. Kabuğunun parlaklığı ile ön plana çıkan Allahverdi'de L* değeri en yüksek iken, naturel iç ve beyazlatılmış içlerde en yüksek renk değerleri Tombul çeşidinde tespit edilmiştir. Duyusal tat analizinde 4.04 puan ile Tombul ilk sırada yer alırken, Palaz (3.51), Foşa (3.20), Allahverdi (3.16) ve Çakıldak (2.92) takip etmiştir. Duyusal tat analizinde en düşük puanı Çakıldak ve Allahverdi almıştır. Sonuç olarak fındık çeşitleri arasında renk ve tat özellikleri bakımından farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Corylus avellana L., meyve kalitesi, renk, tat

Comparison of Sensory Properties of Shell, Natural Kernel and Blanched Kernel in Some Hazelnut Cultivars

Abstract

The aim of this study is to determine the color characteristics of shelled, natural and blanched kernels of Allahverdi, Çakıldak, Foşa, Palaz and Tombul hazelnut cultivars and to compare with sensory taste analysis. The color values of the samples were determined according to the L*, a*, b*, C* and h° scale. A panelist group evaluated the blanched kernel in terms of taste, aroma, color and general appearance. Differences in color characteristics between inshelled, natural and blanched cultivars were found to be statistically significant. In shelled hazelnuts, L* values were determined as 45.48-39.65, a* values as 21.16-19.04, b* values as 28.64-23.37, C* values as 34.81-30.74 and h° values as 55.45-48.15. In natural hazelnuts, L* values were determined as 57.25-44.44, a* values as 16.60-11.88, b* values as 25.91-22.68, C* values as 30.84-26.72 and h° values as 63.83-55.51. It is seen that the L* value varies between 80.65-72.45, the a* value varies between 6.45-1.72, the b* value varies between 33.85-27.46, the C* value varies between 34.51-27.52 and the h° value varies between 86.41-79.44 in blanched kernels. While the L* value was highest in Allahverdi, which stands out with the brightness of its shell, the highest color values in natural and blanched kernels were found in the Tombul. In the sensory taste analysis, Tombul ranked first with 4.04 points, followed by Palaz (3.51), Foşa (3.20), Allahverdi (3.16) and Çakıldak (2.92). Çakıldak and Allahverdi received the lowest score in sensory taste analysis. As a result, it was determined that there were differences in color and taste characteristics of hazelnut cultivars.

Keywords: Corylus avellana L., color, taste, nut quality

Giriş

Türkiye, 744.000 ha alanda ortalama 680.000 ton fındık üretimi ile dünyada ilk sırada yer almaktadır. Dünya fındık üretim alanlarının %70'i Türkiye'dedir ve üretimin %57'si burada gerçekleştirilmektedir. Fındığın % 90'ı kavrulmuş, beyazlatılmış, kıyılmış, dilinmiş, un ve püre halinde çikolata, bisküvi, şekerleme sanayiinde ve tatlı, pasta ve dondurma sektöründe kullanılırken, %10'luk kısmı çerez olarak da tüketilmektedir (KİB, 2024). Önemli bir lif kaynağı olan fındık makro-mikro elementler, vitaminler, karbonhidratlar, proteinler, yağlar, yağ asitleri, fitosteroller, fenolik bileşikler ve antioksidanlar açısından zengindir ve birçok ülkenin sağlıklı beslenme ve diyetlerinin önemli bir parçasıdır (Karaosmanoğlu ve Üstün, 2022). 100 g fındık yaklaşık 634 kalori enerji sağlamaktadır (Baysal, 1993). Fındık doymamış yağ asitleri açısından oldukça zengindir ve kolesterol seviyesini düşürmeye yardımcı olur. Oleik asit en önemli yağ asididir, farklı oranlarda linoleik, palmitik, stearik ve linolenik asit gibi diğer yağ asitlerini de ihtiva etmektedir (Balık, 2018; Garcia vd., 1994).

Türkiye'de fındık daldan ya da yerden el ile toplanmaktadır. Son yıllarda bahçelerde dikim mesafelerinin ve eğimin elverdiği ölçüde makinalı hasat yaygınlaşmaya başlamıştır. Fındıkta hasat, zurufların sararmaya ve kızarmaya başladığı, kabuğunun $\frac{3}{4}$ oranında kızardığı ve nem oranının %30'un altına düştüğü aşamada yapılmaktadır (Balık vd., 2021). Toplanan fındıklar harmanda soldurma işleminin ardından patoz yardımıyla zurufundan ayrılmaktadır. Ardından nem seviyesi en fazla %6 olacak şekilde kurutma işlemine tabi tutulmaktadır. Hasat ve harman işlemlerinin ideal bir şekilde yapılması fındıkların kalite özelliklerini uzun süre muhafaza edebilmelerine imkan sağlamaktadır. İç ve dış pazara kabuklu, naturel ve beyazlatılmış olarak sunulan fındıkların rengi ürünün kalitesi, muhafaza koşulları ve süresi hakkında değerlendirme imkanı sunmaktadır. Karaosmanoğlu ve Üstün (2022), fındıkta renk değerlerindeki farklılıkların lokasyon, hasat yılları, depolama koşulları ve çeşitlerdeki farklılıklardan kaynaklanabileceğini belirtmektedir.

Fındığın kurutulması sırasında iç, dışından başlayarak rengi yavaş yavaş beyazdan krem rengine doğru değişir. Ürünün işlenmesi ve muhafaza edilmesi için gerekli olan sıcaklık ve sürenin muhafaza için gereken minimum düzeyde tutulmasına dikkat edilmezse, ürünün rengine de zarar verilecektir (Hunter, 1976). Yani kuruma süresi, sıcaklık ve su aktivitesi fındık kalitesini etkileyebilir.

Tüketicinin satış noktasında bir gıdaya ilişkin yaptığı ilk kalite yargısı, gıdanın görünümüyle ilgilidir. Gıdaların duyu analizleri (renk, tat, koku ve doku), işleme süreci boyunca ve işlem sonunda gıda kalitesinin korunmasında kullanılır (Hunter, 1976). Renk belki de en önemli duyu özelliğidir çünkü anormal renkler, özellikle de yeme kalitesinde bozulma veya bozulmayla ilişkilendirilen renkler, ürünün tüketici tarafından tercih edilmemesine neden olur (Clydesdale, 1976).

Unlu mamuller ve kahve dışındaki birçok gıdada esmerleşme istenmez ve dolayısıyla ürünün değeri ve kalitesi düşer. Esmerleşmenin bu gıdalar üzerindeki zararlı etkileri protein kaybı, istenmeyen tat gelişimi, istenmeyen renk, azalan çözünürlük, dokusal değişiklikler, vitaminlerin tahribatı ve artan asitlik nedeniyle besin değerinin azalması olarak sıralanabilir (Villota ve Hawkes, 1992).

Esmerleşme reaksiyonları enzimatik veya enzimatik olmayan olarak sınıflandırılabilir (Okos vd., 1992). Fındıkların kurutulması ve kavrulması sırasındaki renk değişiklikleri esas olarak enzimatik olmayan esmerleşme ile ilgilidir (Lopez vd., 1997a, 1997b; Mayer, 1985).

Renk ölçümü, kimyasal analizden daha basit ve daha hızlı olduğundan gıdanın renkli bileşiklerini tahmin etmek için dolaylı bir şekilde kullanılabilir (Clydesdale, 1976; Francis, 1983; Hunter, 1976). Renk psikolojik bir olgudur ancak CIE sistemi kullanılarak görsel olarak tekdüze terimlerle belirtilebilir. CIE L*a*b* okumalarının renk tonu açısı (h°), kroma (C^*) ve açıklığa (L^*) dönüştürülmesi, tüketicinin gıdalardaki rengi nasıl algıladığı konusunda daha ölçülebilir bir değerlendirme sağlar (Thai ve Shewfelt, 1990). L değeri parlaklığın artışını ya da azalışını ifade ederken; -a yeşil renge, +a kırmızı renge, -b mavi renge, +b sarı renge doğru yoğunluk artışını ifade etmektedir. HUE, bir rengin kırmızı, sarı, yeşil veya mavi olarak tanımlandığı özelliktir. Chroma, temel bir rengin yoğunluğunu, kendisine karışan beyaz ışık miktarına göre tanımlar.

Gıdaların görünümü tüketicilerin satın alma davranışında belirleyici olmaktadır. Renk, parlaklık, homojenite, boyut, şekil ve tat ürünlerin kalitesi hakkında değerlendirme imkanı sunan kriterlerdir. Duyusal değerlendirme, gıdaların görsel özelliklerini inceleme, tat, koku bakımından değerlendiren analiz eden ve yorumlayan bir bilim dalıdır (Altuğ Onoğur ve Elmacı, 2011).

Bu çalışmada kabuklu, naturel ve beyazlatılmış fındıklarının renk özellikleri ile duyusal tat analizi değerlerindeki farklılıkların belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırmada incelenen Allahverdi, Çakıldak, Foşa, Palaz ve Tombul çeşitlerine ait meyve örnekleri 2015 ve 2016 yıllarında Giresun'dan (Fındık Araştırma Enstitüsü) temin edilmiştir.

Yöntem

Hasat olumuna gelen meyveler elle zuruflarından ayrılmış ve nem içeriği %6'ya düşene kadar güneşte kurutulmuştur (Akgün ve Kontaş, 2024). Nem içeriği aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir (Bostan, 2013).

% nem = $\frac{\text{Kurutma öncesi ağırlık} - \text{Kurutma sonrası ağırlık}}{\text{Kurutma öncesi ağırlık}} \times 100$

Renk Özellikleri

Kabuklu meyve ve iç meyve ve beyazlatılmış içlerin L*, a*, b*, C* ve h° değerleri renk ölçüm cihazı (Minolta CR 400) ile belirlenmiştir. Ölçümler 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 10 adet olacak şekilde yapılmıştır.



Şekil 1. Fındığın Kabuklu Meyve (a), İç Meyve (b) ve Beyazlatılmış İç (c) Görünümü

Duyusal Tat Analizi

10 kişiden oluşan değerlendiriciler beyazlatılmış içleri aroma, tat, genel görünüş ve renk bakımından değerlendirmiş ve çok iyi: 5, iyi: 4, orta: 3, kötü: 2 ve çok kötü: 1 olmak üzere 1-5 arasında puanlama yapılmış ve duyusal değerlendirmede kullanılan puanlama tablosu Tablo 1'de gösterilmiştir (Şimşek, 2004).

İstatistik

Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Elde edilen veriler SAS Version 9.1 istatistik programında analize tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıkları karşılaştırmak için %5 önemlilik düzeyine göre Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

Tablo 1. Duyusal Değerlendirme Kriterleri

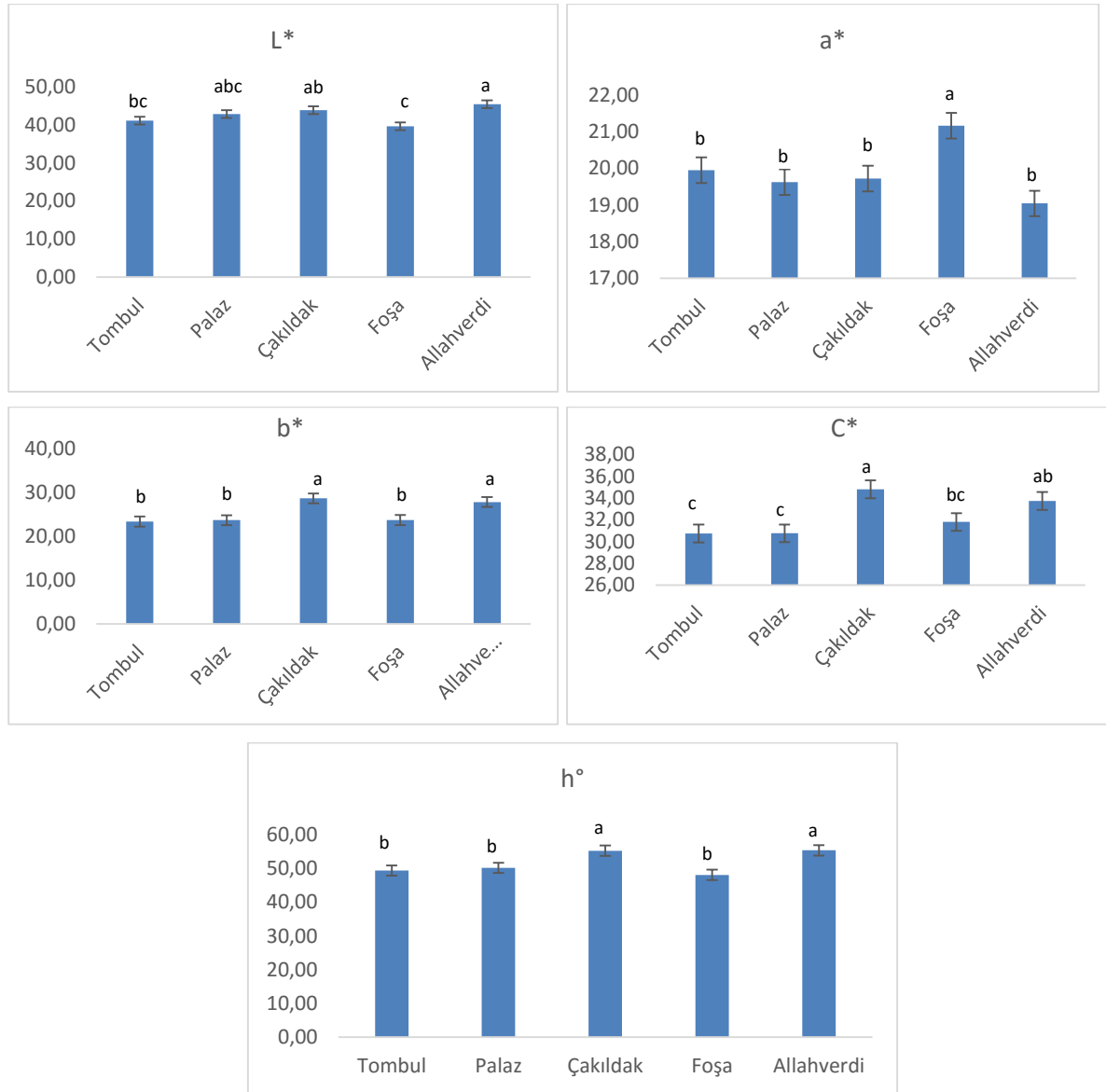
Kriter	Çok İyi	İyi	Kabul Edilebilir	Kötü	Çok kötü
Aroma	5	4	3	2	1
Tat	5	4	3	2	1
Renk	5	4	3	2	1
Genel Görünüş	5	4	3	2	1

Bulgular ve Tartışma

Kabuklu Meyvede Renk Değerleri

Kabuklu meyvelerde renk özellikleri çeşitler arasında önemli farklılıklar ortaya koymuştur. Çeşitlerin L* değerleri 45.48-39.65, a* değerleri 21.16-19.04, b* değerleri 28.64-23.37, C* değerleri 34.81-30.74 ve h° değerleri 55.45-48.15 arasında belirlenmiştir. En yüksek L* değeri Allahverdi’de tespit edilirken Palaz ve Çakıldak çeşitleri ile istatistik olarak benzer bulunmuştur. En yüksek a* değeri Foşa’da saptanmış ve istatistik olarak diğer çeşitlerden farklı bulunmuştur. b*, C* ve h° değerleri Allahverdi ve Çakıldak çeşitlerde en yüksek belirlenmiştir. Ercişli vd. (2011), inceledikleri 12 fındık çeşidinin kabuklu meyvelerinde L* değerini 17.33-34.95, a* değerini 8.67-13.65 ve b* değerini 13.81-23.82 arasında belirlemiştir. Akar ve Bostan (2018), elle ayıklanan fındıklarda L* değerini 66.84-70.34, a* değerini 2.75-3.27, b* değerini 18.95-20.24 arasında tespit etmiştir. Araştırmamızda L* değerleri Ercişli (2011)’den yüksek iken; Akar ve Bostan (2018)’dan düşük saptanmıştır. a* ve b* değerleri ise literatürden daha yüksek bulunmuştur. Kabuklu meyvelerde renk değerlerindeki farklılıkların çeşit ve uygulamadan kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir.

Fındık, üretici tarafından ‘manav’ olarak tabir edilen ilk alıcıya kabuklu olarak götürülmektedir. Satışa getirilen fındıklar iç oranına (randıman) göre fiyatlandırılmakla birlikte şekil, büyüklük, tat ve renk bakımından değerlendirilerek bir önceki yılın ürünü olup olmadığı noktasından karara varılmaktadır. Kabuk rengi bu değerlendirmede önemli bir kriter olup, bir önceki hasat dönemine ait fındıkların rengi daha koyu olduğu ve tadın acılaştığı dikkati çekmektedir. Bostan ve Koç Güler (2016), fındık muhafazasının adi depolarda yapılması ve yüksek nem oranı nedeniyle, depolama süresinde ürünün kalitesinde düşüşler meydana gelebileceğini, serbest yağ asidi ve peroksitte artış, aflatoksin oluşumu, ambar zararlıları ile bulaşıklık gibi sorunlara neden olduğu belirtmiştir. Fındık için 5–10°C sıcaklık ve %50–60 arasında bağıl nem depolama için ideal olduğunu kaydeden (Özdemir, 2003), 12 aylık depolama sürecinde serbest yağ asidi değerinin yükseldiğini, küf gelişmesi ve oksidasyon nedeniyle tadın acılaştığını vurgulamaktadır.

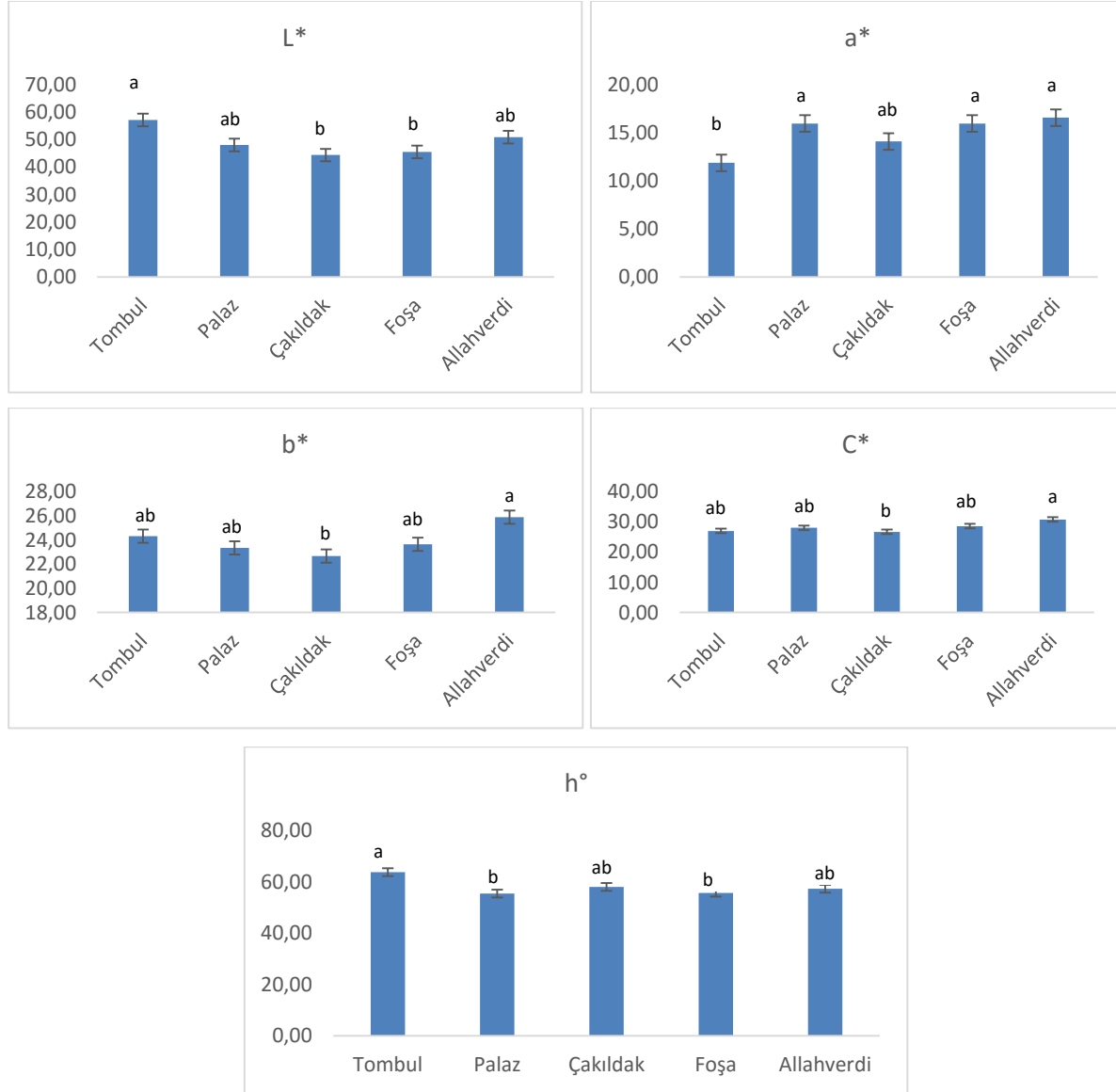


Şekil 2. Fındık Çeşitlerinin Kabuklu Meyvelerinde L*, A*, B*, C* ve H° Değerleri

Naturel İç'te Renk Değerleri

Naturel fındıkta renk değerleri testta üzerinde yapılmıştır. Şekil 3'de sunulan veriler çeşitlerin L*, a*, b*, C* ve h° değerlerinin önemli derecede farklılığa sahip olduğunu ortaya koymuştur. Çeşitlerin L* değerleri 57.25-44.44, a* değerleri 16.60-11.88, b* değerleri 25.91-22.68, C* değerleri 30.84-26.72 ve h° değerleri 63.83-55.51 arasında belirlenmiştir. En yüksek L* değeri Tombul'da saptanmış ve Palaz ve Allahverdi ile istatistik olarak aynı grupta yer almıştır. En yüksek a*, b* ve C* değeri Allahverdi'de belirlenmiştir. a* değeri Allahverdi'de Palaz, Çakıldak ve Foşa çeşitleri ile istatistiksel olarak benzer bulunmuştur. b* değeri bakımında ise Allahverdi'nin Tombul, Palaz ve Foşa çeşitleri ile istatistiksel olarak benzer olduğu tespit edilmiştir. C* değerinde ise Tombul, Palaz ve Foşa çeşitleri Allahverdi ile istatistik olarak benzer bulunmuştur. En yüksek h° değeri Tombul'da belirlenmiş ve Çakıldak ve Allahverdi ile benzer bulunmuştur. Ercişli vd. (2011) naturel iç fındıkta L* değeri 24.31-34.96, a* değeri 9.44-12.63, b* değeri 18.08-23.22 arasında belirlerken; Karaosmanoğlu (2018) sırasıyla 29.65-36.21, 12.02-14.63, 17.17-20.70 arasında tespit etmiştir. Araştırmada L* değerleri literatürden daha yüksek belirlenmiş; a* ve b* değerlerinin ise literatür ile benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Fındıkta L*, a*, b* değerlerini depolama ve hasat şekli (Akar, 2016; Akçin ve Bostan, 2019) etkilerken, sulamanın (Akçin ve Bostan, 2019) ve üretim tekniğinin (Karaosmanoğlu ve Üstün, 2022) etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Bostan ve Koç Güler (2016), fındıkta depolama süresince L^* değerinin giderek azaldığını ve içte kararmaların oluştuğunu, kararmanın Çakıldak ve Tombul'da az iken, Palaz'da fazla olduğunu; a^* değerinin depolama süresince artış ve azalış gösterdiğini en yüksek a^* değerinin Palaz'da en düşük, Tombul ve Çakıldak'ta ise en yüksek olduğunu kaydetmiştir. Malekjani vd. (2017) artan kuruma süresi, kurutma havası sıcaklığı ve mikrodalga gücünün, fındıkta L^* ve h° açısının daha düşük ve a^* , b^* , C^* ve esmerleşme indeksinin daha yüksek olmasına neden olduğunu tespit etmiştir.

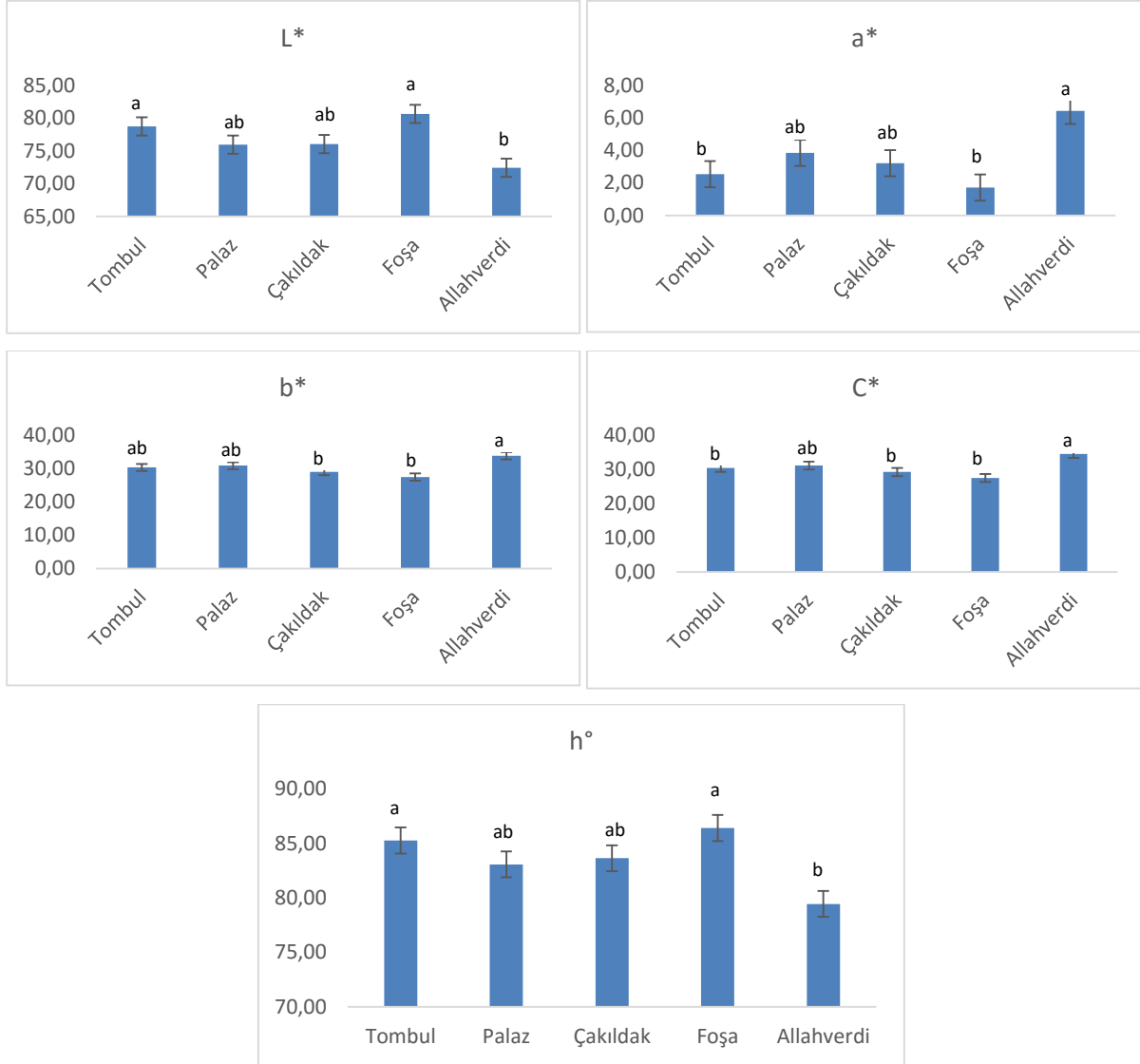


Şekil 3. Fındık Çeşitlerinin Naturel İçlerinde L^* , a^* , b^* , C^* ve h° Değerleri

Beyazlatılmış İç'te Renk Değerleri

Çeşitlerin beyazlatılmış içlerinde renk değerleri bakımından tespit edilen farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.05$). Şekil 4'de sunulan bulgular incelendiğinde L^* değerinin 80.65-72.45, a^* değerinin 6.45-1.72, b^* değerinin 33.85-27.46, C^* değerinin 34.51-27.52 ve h° değerinin 86.41-79.44 arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek a^* , b^* , C^* değerleri Allahverdi'de en yüksek L^* ve h° değerleri ise Foşa belirlenmiştir. En düşük L^* ve h° değeri Allahverdi'de, en düşük a^* , b^* , C^* değeri ise Foşa'da tespit edilmiştir. Akçin ve Bostan (2019), Tombul çeşidinde beyazlatılmış içte L^* değerini 64.60-66.89, a^* değerini 3.11-6.44, b^* değerini 19.24-22.62 arasında belirlerken; Karaosmanoğlu ve Üstün (2021) öğütülerek un haline getirilen beyazlatılmış içlerde L^* değerini 65.36, a^* değerini 4.07, b^* değerini 17.68; Marzocchi vd (2017) kıyılmış fındıklarda L^* değerini 64.40, a^* değerini 4.52, b^* değerini

42.02 olarak tespit etmiştir. Araştırmamızda beyazlatılmış içlerde renk değerlerinin literatür ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. Karaosmanoğlu ve Üstün (2022), fındık ununda ölçtüğü L^* ve a^* değerlerinin çeşide göre değişebildiğini ve renk özelliklerinin tamamının üretim tekniğine göre değişebildiğini ifade etmiştir. Marzocchi vd (2017) fındıkta beyazlatma ile kavrulma arasındaki ilişkinin belirleyicisinin renk olduğunu, kavurma sıcaklık ve süresinin fındığın kalitesini etkilediğini, b^* değerinin kavrulma için ideal bir gösterge olmadığını aksine, L^* değerinin (ürünün göreceli açıklığı), kavurulmuş fındıklarda renk gelişimini izlemek için uygun olduğunu belirtmiştir.

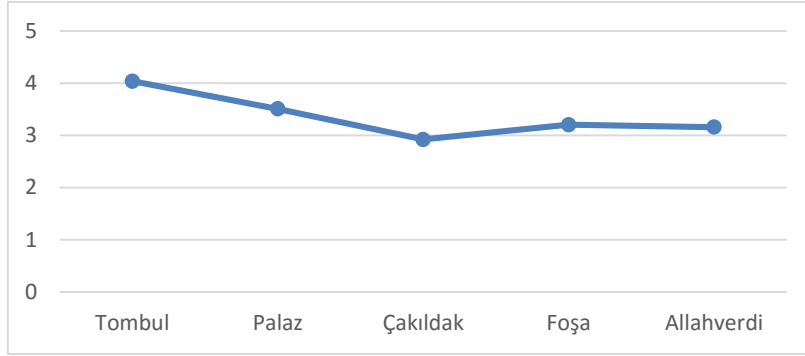


Şekil 4. Fındık Çeşitlerinin Beyazlatılmış İçlerinde L^* , a^* , b^* , C^* ve h° Değerleri

Duyusal Tat Analizi

Panelistlerin tat ve aroma ile renk ve genel görünüm bakımında 1-5 arasında verdikleri puanların ortalaması, çeşitlerin duyuşsal puanını ifade etmektedir. 4.04 puan ile Tombul ilk sırada yer alırken, Palaz (3.51), Foşa (3.20), Allahverdi (3.16) ve Çakıldak (2.92) takip etmiştir (Şekil 5). Duyuşsal tat analizinde en düşük puanı Çakıldak ve Allahverdi almıştır. Çakıldak çeşidinin genetik yapısı nedeniyle beyazlama oranı düşüktür ve bu nedenle panelistlerden düşük puan almaktadır. Allahverdi çeşidinde ise genel olarak buruşuk iç oranının fazladır ve bu durum beyazlama oranının düşük olmasına sebep olmaktadır (Balık, 2018). Karaosmanoğlu ve Üstün (2017) organik ve konvansiyonel üretilen fındıklar arasında duyuşsal tat bakımından farklılığın olmadığını belirlemiştir. Balakar Şaç (2023) duyuşsal değerlendirmede organik fındıklarda acılaşmanın geleneksel fındıktan daha az, lezzetin ve genel beğeni

puanlarının daha fazla olduğunu, renk ve koku bakımından ise geleneksel fındıkla farklılığın bulunmadığı kaydetmiştir.



Şekil 5. Fındık Çeşitlerinin Duyusal Puanları

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma kabuklu, naturel ve beyazlatılmış fındıkların renk değerlerinin çeşitler arasında farklı olduğunu ve tat, aroma ve genel görünüş bakımından da birbirinden ayrıştığını ortaya koymaktadır. Kabuklu fındıklarda rengin parlaklığı ürünün tazeliği hakkında manav (ilk alıcı) ve tüketicide olumlu izlenim bırakmakta ve kalite algısını yükseltmektedir. Bu nedenle parlak kabuk rengine sahip ve L* değerinin en yüksek olduğu Allahverdi çeşidi üretimde ağırlık verilmesi gereken çeşitlerden biri olarak ön plana çıkmaktadır. Bu çeşitle ilgili olarak adaptasyon projeleri yürütülerek yetiştirilmesinin uygun olduğu bölgeler belirlenmeli ve yeni bahçelerin tesisinde kullanılacak fidanların üretimine ağırlık verilmelidir. Naturel ve beyazlatılmış fındıklarda Tombul fındık örnekleri diğer çeşitlerden pozitif yönde ayrılmaktadır. Bu çeşidin morfolojik ve fenolojik özellikleri itibariyle olumsuz yönlerinin iyileştirilmesi amacıyla ıslah çalışmalarına gereksinim vardır. Duyusal tat analizine göre renk, tat, koku, görünüm bakımından Tombul çeşidi diğer çeşitlerden daha yüksek puan almıştır. Tombul'un, sahip olduğu bu özellikler sayesinde çerezlik olarak en çok rağbet gören çeşit olduğu değerlendirilmektedir. Diğer taraftan duyusal tat analizinde en düşük puanı alan Çakıldak'ın Türkiye'nin hızla yaygınlaşan çeşitlerinden olması nedeniyle meyve kalitesinin iyileştirilmesi gereksinimini doğurmaktadır. Üretim alanı, üretim miktarı ve ihracatında ilk sırada yer aldığımız fındıkta kabuklu, naturel ve beyazlatılmış fındıkların renk özelliklerinin tüketici ve sanayicinin beklentilerini karşılaması dünya ticaretindeki yerimizin korunması açısından önemlidir. Bu nedenle; renk ve tat özellikleri itibariyle ön planda yer alan çeşitlerin üretiminin yaygınlaştırılması teşvik edilmelidir.

Destek ve Teşekkür

Bu çalışma, Neriman Beyhan danışmanlığında Hüseyin İrfan Balık tarafından tamamlanan "*Fındıkta kseni ve metakseni üzerine araştırmalar*" isimli doktora tezinden (Tez no: 513519) üretilmiştir. Bu araştırma Karadeniz İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği tarafından desteklenmiştir.

Yazar Katkısı

Hüseyin İrfan Balık, arazi ve laboratuvar çalışmalarını yürüttü. Neriman Beyhan, çalışmanın kurgulanması ve takibini yaptı. Yazarlar makaleyi birlikte yazdı, okudu ve onayladı.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

Hüseyin İrfan Balık  <https://orcid.org/0000-0002-9107-7032>






Neriman Beyhan  <https://orcid.org/0000-0002-1268-197X>

Kaynaklar

- Akar, A. (2016). Tombul, palaz ve kalıncara fındık çeşitlerinde elle ve patozla ayıklanmış örneklerde depolama süresince meydana gelen kalite değişimleri [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Ordu Üniversitesi.
- Akar, A. ve Bostan, S. Z. (2018). Chemical changes during storage in hazelnuts separated from husks by patoz and hand. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Journal of Agricultural Sciences*, 28 (özel sayı), 45-49. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/617759>
- Akçin, Y. ve Bostan, S. Z. (2019). Tombul' fındık çeşidinde renk değerlerinin sulama ve depolama süresine göre değişimi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8(Özel sayı), 85-90. <https://doi.org/10.29278/azd.643582>
- Akgün, M. ve Konaş, E. (2024). The effect of the periodic drying method on the drying time of hazelnuts and energy utilization. *Foods*, 13(6), 901. <https://doi.org/10.3390/foods13060901>
- Altuğ Onoğur, T. ve Elmacı, Y. (2011). *Gıdalarda duyuşal değerlendirme*. Sidaş Medya.
- Balakar Saç, Ö. (2023). Organik ve konvansiyonel fındıkların raf ömrü çalışması [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Ordu Üniversitesi.
- Balık, H. İ. (2018). Fındıkta kseni ve metakseni üzerine araştırmalar [Yayımlanmamış doktora tezi]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- Balık, H. İ., Kayalak, S. ve Duyar, Ö. (2021). Fındıkta bitki besin elementleri ile verim ve meyve özellikleri arasındaki ilişki. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 7(2), 189-199. <https://doi.org/10.24180/ijaws.890329>
- Baysal, A. (1993). *Genel beslenme* (8. baskı). Hatipoğlu Kitabevi.
- Bostan, S. (2013). Fındıkta kabuk kırılma direncinin rakım, meyve nem içeriği ve illere göre değişimi üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(1), 11-14. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ataunizfd/issue/3018/41881>
- Bostan, S. Z. ve Koç Güler, S. (2016). Kabuklu olarak depo edilen bazı fındık çeşitlerinde kalite değişimleri. *Bahçe*, 45(2), 41-53. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bahce/issue/38310/443415>
- Clydesdale, F. M. (1976). Instrumental techniques for color measurement of foods. *Food Technology*, 30(10), 52-59.
- Ercisli, S., Ozturk, I., Kara, M., Kalkan, F., Seker, H., Duyar, O. ve Erturk, Y. (2011). Physical properties of hazelnuts. *International Agrophysics*, 25, 115-121. <https://bibliotekanauki.pl/articles/25559.pdf>
- Francis, F. J. (1983). Colorimetry of foods. In R. E. B. Bagley (Ed.), *Properties of foods* (pp. 89-109). Wespon.
- Garcia, J. M., Aęar, İ. T., & Streif, J. (1994). Lipid characteristics of kernels from different hazelnut varieties. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 18, 199–202.
- Hunter, R. S. (1976). Objective methods for appearance evaluation. In *Objective methods for food evaluation* (pp. 215-229). National Academy of Sciences.
- Karaosmanoğlu, H., & Üstün, N. Ş. (2017). Organik ve konvansiyonel fındıkların (*Corylus avellana* L.) bazı fiziksel özellikleri. *Akademik Gıda*, 15(4), 377-385. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.370107>

- Karaosmanoğlu, H. (2018). Organik fındığın besinsel karakterizasyonu [Yayımlanmamış doktora tezi]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi.
- Karaosmanoğlu, H., & Üstün, N. (2021). Determination of color properties of organic and conventional hazelnut flour. *Akademik Ziraat Dergisi*, 10(1), 11-18. <https://doi.org/10.29278/azd.749983>
- Karaosmanoğlu, H., & Üstün, N. Ş. (2022). Proximate, mineral composition, color properties of organic and conventional grown hazelnuts (*Corylus avellana* L.). *Erwerbs-Obstbau*, 64, 261–270. <https://doi.org/10.1007/s10341-021-00634-x>
- KİB. (2024). Karadeniz ihracatçı birlikleri istatistikler. <https://kib.org.tr/tr/ihracat-istatistikler.html> adresinden 19 Haziran 2024 tarihinde alınmıştır.
- Lopez, A., Piquif, M. T., Boatella, J., Parcerisa, J., Romero, A., Ferrin, A., & Garcin, J. (1997a). Influence of drying conditions on the hazelnut quality. I. Lipid oxidation. *Drying Technology*, 15(3). <https://doi.org/10.1080/07373939708917271>
- Lopez, A., Piquif, M. T., Ferrin, A., Romero, A., Boatella, J., & Garcia, J. (1997b). Influence of drying conditions on the hazelnut quality. II. Enzymatic activity. *Drying Technology*, 15(4). <https://doi.org/10.1080/07373939708917272>
- Malekjani, N., Emam-Djomeh, Z., Hashemabadi, S. H., & Askari, G. R. (2017). Internal and external color development kinetics during microwave-assisted fluidized bed drying of hazelnut. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 19(3), 613-626. <http://hdl.handle.net/123456789/3659>
- Marzocchi, S., Pasini, F., Verard, V., Ciemniowska-Zytkiewicz, H., & Caboni, M. F. (2017). Effects of different roasting conditions on physical-chemical properties of Polish hazelnuts (*Corylus avellana* L. var. Katalonski). *LWT Food Science and Technology*, 77, 440-448. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.068>
- Mayer, K. (1985). Infrared roasting of nuts, particularly hazelnuts. *Confectionery Production*, 51(6), 313.
- Okos, M. R., Narsimhan, G., Singh, R. K., & Weitnauer, A. C. (1992). Food dehydration. In D. R. Heldman & D. B. Lund (Eds.), *Handbook of food engineering* (pp. 437-562). Marcel Dekker Inc.
- Özdemir, 2003. Fındık hasatı ve hasat sonrası işlemleri ile fındık işleminde kritik kontrol noktaları tehlike analizi. *Gıda Teknolojisi*, 28(1), 5–12. <https://dergipark.org.tr/en/pub/gida/issue/6964/92844>
- Şimşek, A. (2004). Değişik kavurma proseslerinin bazı fındık çeşitlerinde oluşturduğu biyokimyasal değişimler [Yayımlanmamış doktora tezi]. Ankara Üniversitesi.
- Thai, C. N., & Shewfell, R. L. (1990). Peach quality changes at different constant storage temperatures: Empirical models. *Transactions of the ASAE*, 33(1), 227-233. <https://doi.org/10.13031/2013.31320>
- Villota, R., & Hawkes, J. G. (1992). Reaction kinetics in food systems. In D. R. Heldman & D. B. Lund (Eds.), *Handbook of food engineering* (pp. 39-144). Marcel Dekker Inc.

Hafif Bir Derin Öğrenme Modeli İle Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinden Beyin Kanaması Tespiti

Emine Betül Altun¹ , Sümeyye Engin¹ , Esmâ Başkaya¹ , Fatma Nur Şafak¹ ,
Saffet Vatansever¹ 

¹ Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Bursa

Geliş Tarihi / Received Date: 07.09.2024

Kabul Tarihi / Accepted Date: 26.11.2024

Öz

Beyin dokusu içine kan sızması durumu olarak ifade edilen beyin kanaması, acil tıbbi müdahale gerektiren nörolojik bir komplikasyondur. Bu sebeple, beyin kanamasında erken tanı, hastaların hayatta kalma şansını ve iyileşme sürecini önemli ölçüde etkiler. Beyin kanaması teşhisinde, radyologlarca yaygın olarak tercih edilen bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans (MR) görüntüleri, derin öğrenme tabanlı yaklaşımlar ile analiz edilerek, beyin kanamasının varlığı ve kanamanın yeri hızlı ve etkili bir şekilde tespit edilebilir. Bu yöntemler, radyologların iş yükünü önemli ölçüde azaltabileceği gibi, kompleks vakalarda daha kesin teşhisler koyulmasına da yardımcı olabilir. Buna bağlı olarak, beyin kanaması kaynaklı ölümlerin veya bedensel işlev bozukluklarının önüne geçilebilir. Bu çalışmada, bilgisayarlı tomografi görüntüleri üzerinden beyin kanaması ve türünü yüksek doğrulukta tespit edebilen CNN tabanlı düşük boyutlu bir derin öğrenme modeli önerilmiştir. DenseNet121, MobileNet ve Inception V1 gibi popüler CNN modelleri ile yapılan karşılaştırmalı deneysel analizler, önerilen modelin, eğitim süresini önemli ölçüde kısalttığını ve daha başarılı bir performans sergilediğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: beyin kanaması, bilgisayarlı tomografi, BT, derin öğrenme, CNN

Intracranial Hemorrhage Identification from Computed Tomography Images Using a Lightweight Deep Learning Model

Abstract

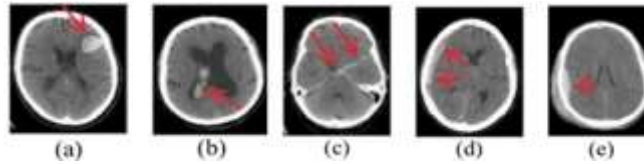
Intracranial hemorrhage, which is defined as blood leakage into the brain tissue, is a neurological complication that requires urgent medical intervention. Accordingly, early diagnosis of the hemorrhage significantly affects the chance of survival of patients and the recovery process. The presence of intracranial hemorrhage and its location can be identified quickly and effectively by deep learning-based approaches from computed tomography (CT) or magnetic resonance (MR) images, which radiologists commonly prefer to diagnose intracranial hematomas. These methods can significantly reduce the workload of radiologists and help make more accurate detections in complex cases. Accordingly, potential deaths or physical dysfunctions due to the hemorrhage can be prevented. This study proposes a CNN-based lightweight deep learning model that can accurately detect and classify intracranial hemorrhage from computed tomography images. Comparative experimental analyses with popular CNN models such as DenseNet121, MobileNet, and Inception V1 have shown that the proposed model significantly reduces training time and performs better.

Keywords: intracranial hemorrhage, computed tomography, CT, deep learning, CNN

Giriş

Kalıcı fiziksel hasarların veya bedensel işlev kayıplarının birinci nedeni, ölümlerin ise üçüncü nedeni olan beyin kanaması, acil müdahale gerektiren nörolojik bir tıbbi durumdur (Ahmed ve Prakasam, 2023; Champawat vd., 2023; Salehinejad vd., 2021). Tıp literatüründeki kullanımıyla intraserebral kanama olarak da bilinen beyin kanaması, bir beyin damarının yırtılması sonucu, kanın beyin dokusuna sızmasıyla meydana gelir. Beyin kanamasının en yaygın nedenleri kafa travması ve hipertansiyondur. Diğer nedenler arasında tümörler, venöz enfarktüs, serebral anevrizma, vasküler anormallikler ve zararlı madde kullanımı yer almaktadır (Champawat vd., 2023; Sage ve Padura, 2020). Beyin kanaması genellikle şiddetli baş ağrısı, denge kaybı, nefes almakta zorluk, görme bozuklukları ve uzuv uyuşması gibi belirtiler ile ortaya çıkmaktadır (Champawat vd., 2023). Beyin kanaması, beyinde olduğu bölgeye göre vücudun farklı kısımlarında felç oluşturabilmektedir. Bu bağlamda, beyin kanaması ve türünün hızlı bir şekilde tespit edilip inme olan bölgenin belirlenmesi, hastanın hayatta kalması ve yaşam kalitesini sürdürebilmesi bakımından kritik önem taşımaktadır (Altıntaş, 2021). Şekil 1’de belirtildiği gibi, beyin kanamasının (intraserebral kanama) epidural, subdural, subaraknoid, intraventriküler ve intraparenkimal kanama başta olmak üzere farklı türleri mevcuttur (Radiological Society of North America [RSNA], 2019).

Beyin kanamasının varlığını, konumunu ve boyutunu belirleyebilmek için kullanılan manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve bilgisayarlı tomografi (BT) gibi görüntüleme tekniklerinden; yüksek hızı ve duyarlılığı, nedeniyle BT, nörologlar ve radyologlar tarafından sıklıkla tercih edilmektedir (Gençtürk vd., 2023; Yeo vd., 2021). BT’nin yaygın olarak kullanılmasının bir diğer nedeni de diğer görüntüleme cihazlarına kıyasla daha düşük maliyetli ve daha kolay erişilebilir olmasındandır (Polat ve Kartal, 2023; Yeo vd., 2021).



(a) Intraparenkimal, (b) Intraventriküler, (c) Subarachnoid, (d) Subdural, (e) Epidural (RSNA, 2019).

Şekil 1. Beyin Kanaması Türleri

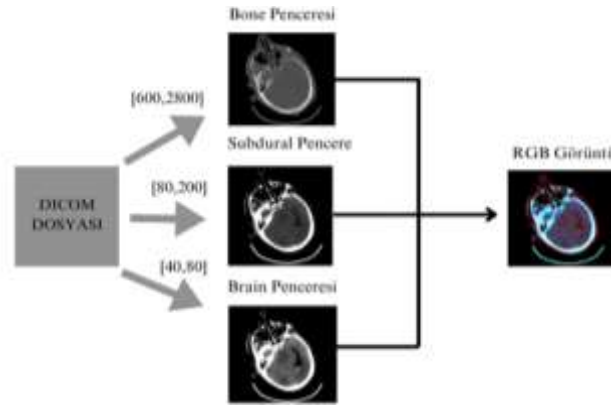
Bir hastaya, beyin kanaması semptomlarının görülmeye başlamasından sonraki ilk 6 saat içinde uygulanabilecek acil müdahale, kanamanın kontrol altına alınabilmesi bakımından kritiktir (Cordinnier vd., 2018; Nilsson vd., 2000; Wang vd., 2021). Bu bağlamda, beyin kanamasının erken tanısı büyük önem taşımaktadır. Ancak, radyologların iş yükündeki artış, BT görüntüleri üzerindeki görüş farklılıkları ve deneyimli uzmanların eksikliği göz önüne alındığında, BT görüntülerinin incelenmesi, doğru teşhisin koyulması ve hastaların tedaviye alınması zaman alabilmektedir (Gençtürk vd., 2023; Yeo vd., 2021).

BT görüntülerinin yapay zekâ (Artificial Intelligence (AI)) temelli uygulamalar ve sistemler ile otomatik olarak işlenip değerlendirilmesi, beyin kanaması teşhisini, dolayısıyla da tedavi sürecini hızlandırabilmektedir (Sage ve Padura, 2020; Wang vd., 2021; Yeo vd., 2021). Ayrıca karmaşık BT görüntülerinin doğru yorumlanmasına yardımcı olarak radyologların işini kolaylaştırabilmekte ve yanlış tanıların oranını azaltabilmektedir. Evrimsel sinir ağı (Convolutional Neural Network-CNN) tabanlı modeller, beyin kanamalarının tespiti ve sınıflandırılmasında en yaygın olarak kullanılan derin öğrenme mimarilerindedir (Burduja vd., 2020; Desai vd., 2017; Gautam ve Raman, 2021; Gençtürk vd., 2023; Ker vd., 2019; Mushtaq vd., 2021; Phong vd., 2017; Rane ve Warhade, 2021; Yalçın ve Vural, 2022; Zhang vd., 2022).

Bu çalışmada, bilgisayarlı tomografi görüntüleri üzerinden beyin kanaması varlığını ve türünü yüksek doğrulukta tespit edebilen CNN tabanlı düşük boyutlu (lightweight) bir derin öğrenme modeli önerilmiştir. Model eğitimi ve performans değerlendirmesi için, Kuzey Amerika Radyoloji Derneği (RSNA) tarafından 2019’da düzenlenen beyin kanaması tespiti yarışmasında katılımcılara sağlanan BT görüntüleri (RSNA, 2019) kullanılmıştır. RSNA veri seti, pencereleme (windowing) temelli bir veri ön

Tablo 1. Kanama Türlerine ait Görüntü Sayıları

Kanama Çeşidi	Görüntü Sayısı			
	Eğitim	Validasyon	Test	Toplam
Epidural	848	423	423	1694
İntraparenchymal	7832	3916	3916	15664
İntraventriküler	4940	2469	2469	9878
Subaraknoid	8213	4105	4105	16423
Subdural	16100	8050	8050	32200
Kanama olmayan	322440	161217	161217	644874

**Şekil 3.** DICOM Görüntüsünden Belirli Yoğunluk Aralıklarında RGB Görüntüsü Elde Etme

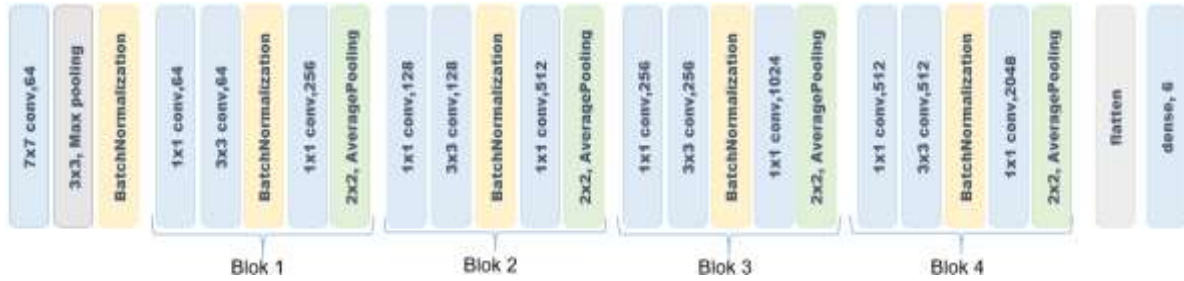
Veri Ön İşleme

DICOM formatındaki BT görüntüleri geniş bir piksel aralığında (12 veya 16 bit) kaydedildiğinden, görüntüleri ait ayrıntılar kolayca fark edilemeyebilmektedir. Beyin kanaması gibi önemli detayların yakalanabilmesi için radyologlar, bu görüntüleri farklı yoğunluk aralıklarında görüntülemektedir. Pencereleme (windowing) adı verilen bu yöntemde pencere genişliği (window width (WW)) ve pencere seviyesi (window level (WL)) parametreleri kullanılmaktadır. Radyoloji uzmanları, beyin penceresi (brain window) için $WL = 40$, $WW = 80$; subdural pencere (subdural window) için $WL = 80$, $WW = 200$; kemik penceresi (bone window) için ise $WL = 600$, $WW = 2800$ olarak ayarlanmaktadır (Wang vd., 2021). Wang ve arkadaşları (2021), bu tekniğin, derin öğrenme modellerinde de etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

Bu çalışmada, Wang ve arkadaşlarının (2021) yaklaşımından esinlenilerek, tüm DICOM görüntülerine pencereleme (windowing) ön işleme adımları uygulanmıştır. Bu sayede, BT görüntülerindeki kanama bölgelerinin netliği artırılarak detayların, CNN modeli tarafından daha iyi yakalanabilmesi, dolayısıyla da modelin daha iyi eğitilebilmesi hedeflenmiştir. Pencere işleminde, öncelikle, yukarıda belirtilen WW ve WL değerlerine göre minimum ve maksimum piksel değerleri hesaplanmıştır. Bu işlem, minimum piksel değeri için, pencere seviyesinden pencere genişliğinin yarısı çıkarılarak $(WL - WW/2)$; maksimum piksel değeri için, pencere seviyesine pencere genişliğinin yarısı eklenerek $(WL + WW/2)$ sağlanmıştır (Wang vd., 2021). Ardından, minimum piksel değerinin altındaki tüm piksel değerleri minimum piksel değeri ile; maksimum piksel değerinin üzerindeki tüm piksel değerleri ise maksimum piksel değeri ile değiştirilmiştir. Ardından, piksel değerleri normalize edilerek sekiz bitlik gri tonlamalı görüntü elde edilmiştir. Bu işlemler, her üç pencere tipi (beyin, subdural, kemik) için ayrı ayrı uygulanmıştır. Her bir DICOM dosyası için gri tonlamalı olarak elde edilen üç ayrı görüntü, üç kanallı bir RGB görüntüsünün birer kanalını temsil edecek şekilde birleştirilmiştir. Her bir DICOM dosyası için oluşturulan $512 \times 512 \times 3$ boyutundaki yeni görüntüler, CNN modeline giriş olarak verilebilmesi için $224 \times 224 \times 3$ boyutuna dönüştürülmüştür. Bu şekilde, CNN modelinin eğitimi için gerekli ön işlemler tamamlanmış olur. Şekil 3'te RSNA veri setine (RSNA, 2019) ait DICOM formatındaki örnek bir BT görüntüsünün, gri tonlamalı pencere görüntüleri ve birleştirilmiş RGB görüntüsü verilmiştir.

Önerilen Model

Her bir DICOM görüntüsüne veri ön işleme adımlarının uygulanması sonucu elde edilen $224 \times 224 \times 3$ boyutlarındaki yeni görüntüler, CNN modeline giriş olarak verilir. Bu çalışma kapsamında önerilen CNN modeli 4 GB hafızaya sahip GPU'larda dahi çalışabilecek düşük boyutlu (lightweight) bir mimariye sahiptir. Önerilen CNN modeline ait katman detayları Şekil 4'te görülmektedir. Önerilen model, 7×7 boyutunda 64 filtrelili evrişim katmanı, 3×3 boyutunda maksimum havuzlama ve normalizasyon katmanı ile başlamaktadır. Bu katmanların ardından birbirini izleyen dört blok gelmektedir. Her bir blok, birbirini izleyen iki evrişim katmanı, bir normalizasyon katmanı, bir evrişim katmanı ve bir ortalama havuzlama katmanından oluşur. Blok 1; 64 filtrelili 1×1 ve 3×3 evrişim katmanları, 256 filtrelili 1×1 evrişim katmanı içermektedir. Blok 2'nin evrişim katmanları 128 filtrelili 1×1 ve 3×3 , 512 filtrelili 1×1 filtre boyutludur. Blok 3; 256 filtrelili 1×1 ve 3×3 evrişim katmanları, 1024 filtrelili 1×1 evrişim katmanı içermektedir. Blok 4'ün evrişim katmanları ise 512 filtrelili 1×1 ve 3×3 , 2048 filtrelili 1×1 filtre boyutludur. Tüm evrişim katmanlarında ReLU aktivasyon fonksiyonu kullanılmaktadır. Son bloğun ardından flatten katmanı ile özellik haritası tek boyutlu bir vektöre dönüştürülmüştür. Altı sınıf çıktılı Softmax aktivasyon fonksiyonlu yoğun katman ile model sonlandırılmıştır.



Şekil 4. Önerilen CNN Mimarisi

Önerilen model ile, karmaşık özelliklerin öğrenilmesinde, işlem yükünün düşük tutulması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda Şekil 4'te görüldüğü üzere her bloğa Batch Normalization (Küme normalizasyonu) ve Average pooling (Ortalama havuzlama) katmanları eklenmiştir. Batch Normalization ile, katman çıkışlarının kararlı bir dağılımda kalması ve hız kazanılması sağlanmıştır. Average pooling katmanı ile blok sonunda özellik haritasının boyutu küçültülmüş ve bu sayede parametre sayısı azaltılmıştır. Buna göre, önerilen modelin hafif, verimli bir mimari olduğu söylenebilir.

Hiperparametre Seçimleri ve Ayarlar

Hiperparametre seçimleri, derin öğrenme modellerinin performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Önerilen CNN modelinin eğitiminde kullanılmak üzere seçilen hiperparametre değerleri ile CNN modelinin daha doğru öğrenmesi, etkili ve kararlı bir sınıflandırma yapabilmesi hedeflenmiştir.

Öğrenme hızı (learning rate (α)), empirik olarak ve ayrıca Wang ve arkadaşlarının (2021) çalışmasıyla da uyumlu olarak $1e-5$ seçilmiştir. Bu düşük öğrenme hızı, modelin öğrenme süresini kısmen uzatsa da, eğitim sürecinde daha küçük adımlarla ilerlenerek daha dengeli ve daha doğru öğrenme sağlanmış, dolayısıyla da kayıp fonksiyonunun global minimum değerinin kaçırılması engellenmiş olur. Beyin kanaması tespiti gibi hassas bir görevde, modelin aşırı öğrenme (overfitting) veya yetersiz öğrenme (underfitting) risklerini minimize edebilmesi için dikkatli ve yavaş bir öğrenme süreci gerekli görülmüştür. Momentum parametresi (β), empirik olarak 0.95 seçilmiştir. Literatürde, momentum değerinin 0.9 ve üzerinde seçilmesinin, model performansını genel olarak artırdığı görülmüştür (Jelassi ve Li, 2022). Yığın boyutu (batch size) olarak, öncelikle, mevcut bilgisayar donanımlarının önerilen modele izin verdiği en yüksek değer olan 32 seçilmiştir. Ardından, önerilen modeli diğer modellerle tarafsız bir şekilde karşılaştırmak üzere, her modelin ortak çalışabildiği 8 değeri seçilmiştir.

Optimizasyon yöntemi olarak α ve β değerlerini optimize ederek modeli eğittiği için Adam optimizasyon yöntemi tercih edilmiştir. Model sonunda aktivasyon fonksiyonu olarak, çok sınıflı sınıflandırma problemlerinde yaygın bir şekilde kullanılan Softmax fonksiyonu tercih edilmiştir.

Kayıp fonksiyonu olarak, modelin yüksek doğrulukla çalışabilmesinde, tahmin edilen sınıf olasılıklarının gerçek sınıf etiketleriyle uyumunun değerlendirilebilmesinde, dolayısıyla da model performansının optimize edebilmesinde oldukça etkili olan cross-entropy loss kullanılmıştır.

Model eğitiminde yetersiz veya aşırı öğrenmenin önüne geçmek için epok sayısının doğru seçilmesi kritik öneme sahiptir. Epok sayısının düşük olması, modelin yetersiz öğrenmesine yol açabilirken; fazla seçilmesi durumunda aşırı öğrenme (overfitting) sorununa neden olabilir ve modelin performansını düşürebilir. Ayrıca, aşırı öğrenme sorunu, belirlenen epok sayısına ulaşıldığında zaman kaybına yol açabilir. Bu nedenle, doğru epok sayısını belirlemek amacıyla erken durdurma (early stopping) yöntemi uygulanmıştır. Başlangıçta, epok sayısı 30 olarak set edilmiş, ancak erken durdurma yöntemiyle bu sayı optimize edilmiştir. Erken durdurma, validasyon kaybı fonksiyonunu izleyerek gerçekleştirilmiştir. Validasyon kaybının 3 ardışık epok boyunca artması durumunda, model eğitimi sonlandırılmıştır. Erken durdurma fonksiyonu, ayrıca, modelin en iyi performansını sağlamak adına en iyi parametreleri geri yükleyecek şekilde ayarlanmıştır.

Değerlendirme Metrikleri

Model başarımını ölçmek için, değerlendirmeye katılan tüm veriler arasında ne kadarının doğru tahmin edildiğini oransal olarak gösteren doğruluk (accuracy) (Grandini vd., 2020), ana performans metriği olarak kullanılmıştır. Doğruluk değeri, şu şekilde hesaplanır:

$$\text{Doğruluk} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FN + FP} \quad (1)$$

Model performans değerlendirmesi için, ayrıca, pozitif olarak tahmin edilenlerin gerçekte ne kadarının pozitif olduğunu oransal olarak ifade eden kesinlik (precision) (Grandini vd., 2020); doğru olarak tahmin edilen pozitiflerin tüm gerçek pozitiflere oranını ifade eden duyarlılık (recall) (Grandini vd., 2020); kesinlik ile duyarlılığın dengeli bir ifadesi olan (harmonik ortalaması) F1 puanı (F1-score) (Grandini vd., 2020) metriklerinden yararlanılmıştır. Ele alınan problemin çoklu sınıf problemi olması ve her bir sınıfa ait eğitim verisi sayısı dengesizliğinin dikkate alınabilmesi amacıyla, her bir sınıf için elde edilen kesinlik, duyarlılık ve F1 puanı metrik değerlerinin ağırlıklı ortalaması tercih edilmiştir.

Belirli bir sınıfa ait kesinlik ve tüm sınıflara ait ağırlıklı kesinlik, sırasıyla Denklem (2) ve Denklem (3) yardımıyla hesaplanır:

$$\text{Kesinlik}_i = \frac{TP_i}{(TP_i + FP_i)} \quad (2)$$

$$\text{Ağırlıklı Kesinlik} = \sum_{i=1}^L \frac{N_i \times \text{Kesinlik}_i}{M} \quad (3)$$

Burada i , sınıf numarasını; L sınıf sayısını; N_i , i . sınıftaki veri sayısını; M , tüm sınıflardaki toplam veri sayısını temsil eder.

Belirli bir sınıfa ait duyarlılık ve tüm sınıflara ait ağırlıklı duyarlılık, sırasıyla Denklem (4) ve Denklem (5); belirli bir sınıfa ait F1 puanı ve tüm sınıflara ait ağırlıklı F1 puanı, sırasıyla Denklem (6) ve Denklem (7) yardımıyla hesaplanır.

$$\text{Duyarlılık}_i = \frac{TP_i}{(TP_i + FN_i)} \quad (4)$$

$$\text{Ağırlıklı Duyarlılık} = \sum_{i=1}^L \frac{N_i \times \text{Duyarlılık}_i}{M} \quad (5)$$

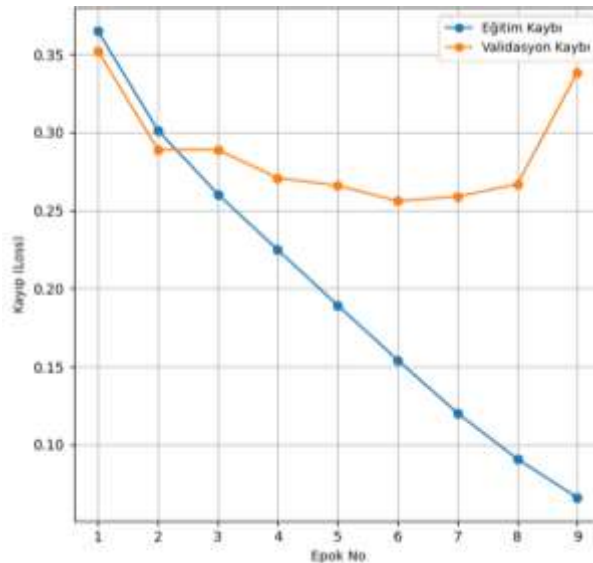
$$\text{F1 Puan}_i = 2 \times \frac{\text{Kesinlik}_i \times \text{Duyarlılık}_i}{\text{Kesinlik}_i + \text{Duyarlılık}_i} \quad (6)$$

$$\text{Ağırlıklı F1 Puanı} = \sum_{i=1}^L \frac{N_i \times \text{F1 Puan}_i}{M} \quad (7)$$

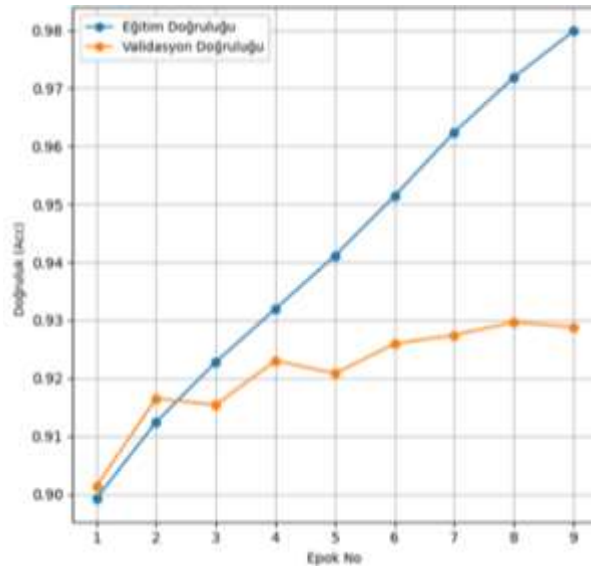
Bulgular

Önerilen CNN modeli, Yöntem bölümünde belirtilen hiperparametre ayarları ile en fazla 30 epok boyunca eğitilecek şekilde model eğitimine başlanmıştır. Ancak, Şekil 5'te görüleceği üzere, validasyon kaybı, 6. epoktan itibaren artmaya başlamış ve artışların artmaya devam etmesi sonucu eğitim, erken durdurma (early stopping) yönteminde 9. epokta otomatik olarak durdurulmuştur. Kayıp fonksiyonunun minimum değeri olan 6. epoktan sonra modelin aşırı öğrenmeye (overfitting) maruz kaldığı, bu sebeple de 6. epok en iyi eğitim sonuçlarının elde edildiği nokta olarak kabul edilmiştir. Buna göre model, o ana ait ağırlıklara göre kaydedilmiştir. Şekil 6'da epok numarasına göre elde edilen doğruluk değerleri görülmektedir. En yüksek doğruluk değeri 8. epokta görülmesine karşın, 6. epoka ait değerler dikkate alınmıştır. Tablo 2'de bu ana ait eğitim, validasyon ve test doğruluk sonuçları verilmiştir.

Veri seti ile modelin eğitilmesi ortalama 4 saat sürmüştür. 6. epokta eğitim doğruluk değeri %95,14 ve kayıp değeri 0.1542 olarak kaydedilmiştir. Bu sonuçlar, modelin eğitim verisi üzerinde oldukça yüksek bir doğruluk oranına sahip olduğunu ve kayıp değerinin düşük olduğunu göstermektedir. Eğitim aşamasındaki düşük kayıp değeri, modelin eğitim verisi üzerinde hataları minimize ettiğini ve öğrenme sürecinin verimli olduğunu göstermektedir. Modelin validasyon aşamasındaki performansı, modelin genelleme yeteneğini ve aşırı öğrenme (overfitting) sorununu değerlendirmek için kritik öneme sahiptir. Validasyon aşamasında elde edilen doğruluk değeri %92.59 ve kayıp değeri 0.2561 olarak kaydedilmiştir. Modelin gerçek dünya verilerine karşı performansını ölçmek için ayrılan test verisi üzerinde elde edilen sonuçlar, modelin genel geçerliliğini değerlendirmede önemli bir role sahiptir. Test aşamasında elde edilen doğruluk değeri %92.63 ve kayıp değeri 0.2547 olarak olarak kaydedilmiştir.



Şekil 5. Önerilen CNN Mimarisi Eğitim ve Validasyon Kayıp Fonksiyonu (Loss Function) Grafikleri



Şekil 6. Önerilen CNN Mimarisi Eğitim ve Validasyon Doğruluk Grafikleri

Tablo 2. Önerilen CNN mimarisi eğitim, validasyon ve test doğruluğu sonuçları

Eğitim	Validasyon	Test
0,9514	0,9259	0,9263

Validasyon ve test doğruluklarının birbirine yakın olması, modelin tutarlı bir performans sergilediğini ve eğitimin doğru yerde durdurulduğunu göstermektedir. Test kaybının validasyon kaybından daha düşük olması, modelin test verisi üzerinde beklenenden daha iyi performans gösterdiğine işaret edebilir. Bu durum, modelin veri kümesinin genel yapısını iyi öğrendiğini ve bilinmeyen veriler üzerinde de başarılı olduğunu göstermektedir.

Önerilen model, sırası ile 7.049 milyon, 3.224 milyon, 5.979 milyon parametreye sahip DenseNet121 (Huang vd., 2017), MobileNet (Howard vd., 2017), InceptionNet V1 (Szegedy vd., 2016) mimarileri ile doğruluk ve zaman açısından ayrıca karşılaştırılmıştır. Parametre sayısı, diğer modellere kıyasla daha yüksek olan Densenet121, tüm eğitim işlemlerinin gerçekleştirildiği 4 GB GPU'ya sahip dizüstü bilgisayarda, 8'den daha büyük bir yığın boyutu (batch size) seçildiğinde eğitilememiştir. Bu sebeple, şeffaf bir değerlendirme için, önerilen model de dâhil olmak üzere tüm modeller yığın boyutu 8 seçilerek eğitilmiştir. Diğer hiperparametre ayarları, tüm modeller için, Yöntem bölümünde verilenlerle verilenlerle aynı seçilmiştir. Modellere ait eğitim, validasyon ve test doğrulukları Tablo 3'te verilmiştir. Buna göre, önerilen model, 0.9284 validasyon doğruluğu ve 0.9281 test doğruluğu ile diğer modellerden daha başarılı bir performans göstermiştir. Önerilen modelin, diğer modellerle eğitim süreleri karşılaştırması Tablo 4'te verilmiştir. Buna göre, önerilen model, diğer modellere göre çok daha hızlı çalışmaktadır. Önerilen modelin hızlı çalışması, her işlem bloğunda BatchNormalization ve Average Pooling katmanlarına yer verilmesinden kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Tablo 3. Farklı CNN Modelleri ile Eğitim, Validasyon ve Test Doğruluğu Sonuçlarının Karşılaştırılması

Yöntem	Parametre Sayısı	Eğitim	Validasyon	Test
Önerilen	5.434M	0,9544	0,9284	0,9281
DenseNet 121	7.049M	0,9265	0,8828	0,8816
Mobile Net	3.224M	0,9117	0,9095	0,9087
Inception V1	5.979M	0,9359	0,9224	0,9221

Tablo 4. RSNA Veri Seti ile Eğitilen Farklı CNN Modellerinin Eğitim Süreleri Karşılaştırması (Ortalama)

Önerilen	DenseNet121	MobileNet	Inception V1
266 dakika	1004 dakika	553 dakika	422 dakika

Daha tarafsız, dolayısıyla da daha güvenilir bir performans karşılaştırması için, her bir model, test veri kümesi üzerinde, kesinlik (precision), duyarlılık (precision) ve F1 puanı (F1-score) metriklerinin ağırlıklı ortalama (weighted-average) değerleri ile ayrıca değerlendirilmiştir. Tablo 5'te görüleceği üzere, önerilen model ile, tüm metriklerde, diğer modellere kıyasla daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Her bir modele ait karmaşıklık matrisi (confusion matrix), Tablo 6, 7, 8, 9'da verilmiştir. Karmaşıklık matrislerinde, köşegenler, ait oldukları sınıfa ait (ilgili satır veya sütuna karşılık gelen) TP değerini; herhangi bir köşegene ait satırda köşegen dışındaki diğer hücrelere ait değerlerin toplamı, ilgili sınıfa ait FN değerini; herhangi bir köşegene ait sütunda köşegen dışındaki diğer hücrelere ait değerlerin toplamı, ilgili sınıfa ait FP değerini; herhangi bir köşegene ait tüm satır ve sütun hücreleri dışında kalan diğer tüm hücrelere ait değerlerin toplamı ise, ilgili sınıfa ait TN değerini temsil etmektedir. Tablo 6, 7, 8 ve 9'a göre, tüm modellerin, kanama olmayan sınıfta daha başarılı performans gösterdiği söylenebilir. Bu durum, kanama olmayan sınıfa ait veri sayısının diğer beş sınıfa göre çok daha fazla olduğundan (Tablo 1'e bakılabilir), modellerin bu sınıfa ait görüntüleri çok daha iyi öğrenebilmesi ile açıklanabilir.

Tablo 5. Farklı CNN Modelleri ile Test Veri Kümesi Üzerinde Elde Edilen Kesinlik, Duyarlılık ve F1 Puanı Karşılaştırması (Her Bir Metriğe Ait Ağırlıklı Ortalama Değerler)

Yöntem	Kesinlik	Duyarlılık	F1 puanı
Önerilen	0.9268	0.9278	0.9246
DenseNet 121	0.9185	0.9132	0.9138
Mobile Net	0.8850	0.9088	0.8908
Inception V1	0.9210	0.9241	0.9190

Tablo 6. Önerilen Modele ait Karmaşıklık Matrisi

		Tahmin Edilen Sınıf (Predicted Class)					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6
Gerçek Sınıf (Actual Class)	S1	156974	20	207	74	689	3253
	S2	170	107	5	0	15	126
	S3	1271	9	2076	60	222	278
	S4	989	1	179	1053	102	145
	S5	2041	1	82	23	1531	427
	S6	2374	15	40	5	127	5489

Tablo 7. DenseNet121 Modeline ait Karmaşıklık Matrisi

		Tahmin Edilen Sınıf (Predicted Class)					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6
Gerçek Sınıf (Actual Class)	S1	154326	2	332	95	1539	4923
	S2	162	0	16	1	15	229
	S3	966	3	2083	115	436	313
	S4	749	0	194	1127	272	127
	S5	1760	0	105	16	1650	574
	S6	2367	12	104	4	225	5338

Tablo 8. MobileNet Modeline ait Karmaşıklık Matrisi

		Tahmin Edilen Sınıf (Predicted Class)					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6
Gerçek Sınıf (Actual Class)	S1	158798	9	420	190	159	1641
	S2	318	8	14	2	6	75
	S3	1923	2	1492	143	23	333
	S4	1485	0	206	582	31	165
	S5	3316	1	117	76	212	383
	S6	5151	4	176	28	53	2638

Tablo 9. InceptionV1 Modeline ait Karmaşıklık Matrisi

		Tahmin Edilen Sınıf (Predicted Class)					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6
Gerçek Sınıf (Actual Class)	S1	156468	0	193	57	1118	3381
	S2	149	0	5	0	14	255
	S3	999	0	2018	48	415	436
	S4	883	0	283	883	235	185
	S5	1979	0	56	6	1545	519
	S6	2621	1	21	1	180	5226

Sonuç

Bu çalışmada, bilgisayarlı tomografi görüntülerinden beyin kanaması ve türlerinin tespitini başarılı bir şekilde yapabilen düşük boyutlu (lightweight) bir CNN modeli önerilmiştir. Model eğitimi ve performans değerlendirmesi için BT görüntülerinden oluşan RSNA beyin kanaması veri seti (RSNA, 2019) kullanılmıştır. RSNA veri setine ait tüm görüntüler, pencereleme (windowing) tabanlı ön işlemlerden (Wang vd., 2021) geçirilerek modele verilmiştir. Önerilen model, 0,9259 validasyon doğruluğu ve 0,9263 test doğruluğu ile radyolog değerlendirmelerine yakın sonuçlar üretmiştir. Validasyon ve eğitim doğruluklarının tutarlı olması eğitimin doğru noktada sonlandırıldığını göstermektedir. Önerilen modelin performansı, ayrıca, literatürdeki düşük ağırlıklı popüler CNN modelleri olan DenseNet121, MobileNet, Inception V1 mimarileri ile eğitim süreleri, doğruluk, kesinlik, duyarlılık ve F1 puanı açısından karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Deneysel bulgular, önerilen modelin eğitim süresinin diğer modellere kıyasla çok daha kısa olduğunu ve nispeten daha başarılı bir performans sergilediğini göstermiştir. Buna göre, önerilen modelin kayda değer ölçüde verimli bir mimari olduğu söylenebilir.

Destek ve Teşekkür

Bu çalışma 2209-A - Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında "Bilgisayarlı Tomografi Görüntüleri Kullanılarak Derin Öğrenme ile Beyin Kanaması Tespiti" isimli proje ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

Yazar Katkısı

Emine Betül Altun, Sümeyye Engin, Esmâ Başkaya ve Fatma Nur Şafak; deneyleri yapmış ve makaleyi yazmıştır. *Saffet Vatansever*, araştırmanın ortaya çıkmasını sağlamış, deneylerin yapılmasında, makale yazımında, düzeltmelerinde ve iyileştirmelerinde yardımcı olmuştur.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

Emine Betül Altun  <https://orcid.org/0009-0006-1408-3371>

Sümeyye Engin  <https://orcid.org/0009-0009-4534-2139>

Esmâ Başkaya  <https://orcid.org/0009-0000-6317-7952>

Fatma Nur Şafak  <https://orcid.org/0009-0003-3685-311X>

Saffet Vatansever  <https://orcid.org/0000-0002-4680-1263>

Kaynaklar

- Ahmed, S. N. ve Prakasam, P. (2023). A systematic review on intracranial aneurysm and hemorrhage detection using machine learning and deep learning techniques. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 183, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2023.07.001>
- Altıntaş, M. (2021). *Bilgisayarlı tomografi görüntülerinde inmenin farklı derin öğrenme modelleri ile sınıflandırılması* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Necmettin Erbakan Üniversitesi.
- Burduja M., Ionescu R. T. ve Verga N. (2020). Accurate and efficient intracranial hemorrhage detection and subtype classification in 3D CT scans with convolutional and long short-term memory neural networks, *Sensors*, 20(19), 1-21. <https://doi.org/10.3390/s20195611>
- Champawat, Y. S., Shagun ve Prakash, C. (2023). Literature review for automatic detection and classification of intracranial brain hemorrhage using computed tomography scans. In H. Muthusamy, J. Botzheim ve R. Nayak (Ed.), *Lecture notes in electrical engineering: Vol. 1009. Robotics, control and computer vision* (s. 39-65). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-99-0236-1_4
- Cordonnier C., Demchuk A., Ziai W. ve Anderson C. S. (2018). Intracerebral haemorrhage: current approaches to acute management. *The Lancet*, 392(10154), 1257-1268. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31878-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31878-6)
- Desai V., Flanders A. E. ve Lakhani P. (2017). Application of deep learning in neuroradiology: automated detection of basal ganglia hemorrhage using 2D-convolutional neural networks. *arXiv preprint arXiv*, 1-7. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1710.03823>
- Gautam A. ve Raman B. (2021). Towards effective classification of brain hemorrhagic and ischemic stroke using CNN. *Biomedical Signal Processing Control*, 63, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2020.102178>
- Gençtürk T. H., Gülağız F. K. ve Kaya İ. (2023). Derin öğrenme yöntemleri kullanılarak BT taramalarında beyin kanaması teşhisinin karşılaştırmalı bir analizi. *Zeki Sistemler Teori ve Uygulamaları Dergisi*, 6(1), 75–84. <https://doi.org/10.38016/jista.1215025>
- Grandini, M., Bagli, E. ve Visani, G. (2020). Metrics for multi-class classification: An overview. *arXiv preprint arXiv*, 1-17. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2008.05756>
- Howard A. G., Zhu M., Chen B., Kalenichenko D., Wang W., Weyand T., Andreetto M. ve Adam H. (2017). MobileNets: Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications. *arXiv preprint arXiv*, 1-9. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1704.04861>
- Huang G., Liu Z., Maaten L. V. D. ve Weinberger K. Q. (2017, Temmuz, 21-26). *Densely connected convolutional networks* [Sözlü sunum]. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Honolulu, HI, USA. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.243>
- Jelassi, S. ve Li, Y. (2022, Temmuz, 17-23). *Towards understanding how momentum improves generalization in deep learning* [Sözlü sunum]. International Conference on Machine Learning, Maryland, USA. <https://proceedings.mlr.press/v162/jelassi22a/jelassi22a.pdf>
- Ker J., Singh S. P., Bai Y., Rao J., Lim T. ve Wang L. (2019). Image thresholding improves 3-dimensional convolutional neural network diagnosis of different acute brain hemorrhages on computed tomography scans. *Sensors*, 19(9), 1-12. <https://doi.org/10.3390/s19092167>
- Mushtaq M. F., Shahroz M., Aseere A. M., Shah H., Majeed R., Shehzad D. ve Samad A. (2021). BHCNet: neural network-based brain hemorrhage classification using head CT scan. *IEEE Access*, 9, 113901-113916. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3102740>

- Nilsson O. G., Lindgren A., Stahl N., Brandt L. ve Saveland H. (2000). Incidence of intracerebral and subarachnoid haemorrhage in southern Sweden. *Journal of Neurology, Neurosurg & Psychiatry*, 69(5), 601-607. <https://doi.org/10.1136/jnnp.69.5.601>
- Phong T. D., Duong H., Nguyen H. T., Trong N. T., Nguyen V. H., Hoa T. V. ve Snasel V. (2017, Ocak, 13-16). *Brain hemorrhage diagnosis by using deep learning*. International Conference on Machine Learning and Soft Computing, New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1145/3036290.3036326>
- Polat Ö. ve Kartal M. S. (2023). Derin öğrenme ile pencere ayarlı görüntüler kullanılarak beyin inme segmentasyon performansının geliştirilmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 13(4), 1094-1109. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.1319024>
- Radiological Society of North America (2019). RSNA intracranial hemorrhage detection challenge. <https://www.rsna.org/rsnai/ai-image-challenge/rsna-intracranial-hemorrhage-detection-challenge-2019> adresinden 2 Ağustos 2024 tarihinde alınmıştır.
- Rane H. ve Warhade K. (2021, Mart, 5-7). *A survey on deep learning for intracranial hemorrhage detection* [Sözlü sunum]. International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics, Pune, India. <https://doi.org/10.1109/ESCI50559.2021.9397009>
- Sage A. ve Badura P. (2020). Intracranial hemorrhage detection in head CT using double-branch convolutional neural network, support vector machine, and random forest. *Applied Sciences*, 10(21), 1-12. <https://doi.org/10.3390/app10217577>
- Salehinejad H., Kitamura J., Ditkofsky N., Lin A., Bharatha A., Suthiphosuwana S., Lin H., Wilson J. R., Mamdani M. ve Colak E. (2021). A real-world demonstration of machine learning generalizability in the detection of intracranial hemorrhage on head computerized tomography. *Scientific Reports*, 11(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95533-2>
- Szegedy C., Vanhoucke V., Ioffe S., Shlens J. ve Wojna Z. (2016, Haziran, 27-30). *Rethinking the inception architecture for computer vision* [Poster sunumu]. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Las Vegas, NV, USA. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.308>
- Wang X., Shen T., Yang S. ve Lan J. (2021). A deep learning algorithm for automatic detection and classification of acute intracranial hemorrhages in head CT scans. *NeuroImage Clinical*, 32, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2021.102785>
- Yalçın S. ve Vural H. (2022). Brain stroke classification and segmentation using encoder-decoder based deep convolutional neural networks. *Computers in Biology and Medicine*, 149, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2022.105941>
- Yeo M., Tahayori B., Kok H. K., Maingard J., Kutaiba N., Russell J., Thijs V., Jhamb , R. V. Chandra A., Brooks M., Barras C. D. ve Asadi H. (2021). Review of deep learning algorithms for the automatic detection of intracranial hemorrhages on computed tomography head imaging. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, 13, 369-378. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2020-017099>
- Zhang M., Gu S. ve Shi Y. (2022). The use of deep learning methods in low-dose computed tomography image reconstruction: A systematic review. *Complex and Intelligent Systems*, 8, 5545-5561. <https://doi.org/10.1007/s40747-022-00724-7>

Kümeleme Analizi Yöntemleri ile Fındık Üretilen İllerin İncelenmesi

Mehmet Akif Kara¹ 

¹Giresun Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Giresun

Geliş Tarihi / Received Date: 26.09.2024

Kabul Tarihi / Accepted Date: 24.11.2024

Öz

Fındık Türkiye için en önemli tarımsal ürünlerden birisidir. Uluslararası pazarda hâkimiyetinin olduğu bir ürün olmasına karşın son yıllarda giderek artan bir rekabet söz konusudur. Bu minvalde kümeleme yöntemleri ile fındık üretilen illerin durumunu görmek stratejik politika oluşturmak açısından önemlidir. Bu çalışmada kümeleme analizi yöntemleri arasında bulunan Hiyerarşik Kümeleme Analizi ve K-Ortalamlar kümeleme analizi yöntemleri SPSS, R ve Python yazılım programları ile kullanılmıştır. Çalışma sonucunda fındık üretilen iller 3 kümeye ayrılmıştır. Bu iller arasında yer alan Ordu ili tek başına bir küme oluştururken, 2. Kümede Giresun, Düzce, Sakarya, Samsun, Trabzon ve Zonguldak yer almaktadır. Fındık üretimi yapılan diğer iller ise 3.kümüye oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: kümeleme analizi, fındık, çok değişkenli istatistik

Investigation of Hazelnut Producing Provinces with Cluster Analysis Methods

Abstract

Hazelnuts are one of the most important agricultural products for Turkey. Although it is a dominant product in the international market, there has been increasing competition in recent years. In this respect, it is important to see the situation of hazelnut-producing provinces with clustering methods to create strategic policies. In this study, Hierarchical Cluster Analysis and K-Means cluster analysis methods, which are among the cluster analysis methods, were used with SPSS, R, and Python software programs. As a result of the study, hazelnut-producing provinces were divided into 3 clusters. While Ordu province, which is among these provinces, constitutes a cluster on its own, Giresun, Düzce, Sakarya, Samsun, Trabzon, and Zonguldak are in Cluster 2. Other provinces where hazelnut is produced constitute the 3rd cluster.

Keywords: cluster analysis, hazelnut, multivariate statistics

Giriş

Dünyada üretimi yapılan sert kabuklu meyveler arasında yer alan fındık ürünü, Türkiye’de üretimi yapılan sert kabuklu meyve yetiştiriciliğinde %61.32 oranı ile ilk sırada yer almaktadır (Merdan, 2024). Fındık aynı zamanda binlerce kişiyi istihdam eden, üreticisinden tüketicisine on binlerce kişiyi etkileyen önemli bir gelir kaynağıdır (Kara, 2024). Fındık ürünü, ülke ekonomisine katkı sağlama, sanayi sektörüne hammadde/girdi sağlama, ihracat ürünü olarak döviz girdisi sağlama ve istihdama yaptığı katkı ile sürdürülebilirliğinin sağlanması gereken bir alt sektördür. Bu bağlamda devletin tarım destekleme politikaları, ürün kalitesinin artırılmasına yönelik iyileştirmeler, alternatif üretim yöntemleri ve araçlarının geliştirilmesi ve pazarlama sahasının artırılması gibi çabalar ile birlikte sürdürülebilirlik sağlanmaya çalışılmaktadır. Bunun yanı sıra; fındık üreticilerine yönelik desteklemeler çiftçilerin gelirlerini artırmak ve yoksulluğu azaltmak için kullanılmaktadır (Günay vd.,2020).

Fındık üretim miktarının tahmini gelecek döneme ilişkin projeksiyon sunması açısından elzemdir. Hem firma, hem üretici hem de devlet açısından stratejik politikaların üretilmesi bağlamında illerin üretim miktarlarının da bilinmesi ve kümelenerek ona ilişkin politikalar üretilmesi önemlidir. Tarım sektörü planlı üretim yapılması gereken bir sektördür ve bu yönüyle diğer sektörlerden ayrılmaktadır. Üretilmesi planlanan ürünlerin dış etkenlerden etkilenmesi ve verimlilik üzerine birçok değişkenin etkili olduğu bir sektördür (Çelik vd., 2018).

Fındık üretim alanları iki standart gruba ayrılmaktadır (Hazneci vd., 2022). Giresun, Ordu, Trabzon, Rize ve Artvin illeri ilk standart grupta yer alırken, Samsun, Sinop, Kastamonu, Bolu, Düzce, Sakarya, Zonguldak ve Kocaeli illeri ise ikinci standart grubun içerisinde yer almaktadır. Bunun dışında az sayıda olsa da ülkenin birçok ilinde fındık ürünü üretilmektedir.

Literatürde fındık ürünü özelinde kümeleme çalışmasına yönelik bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle tarım ürünlerinin kümeleme yöntemleri ile analiz edildiği çalışmalar taranmıştır.

Ömürbek vd. (2021) yılında yaptıkları araştırmalarında kümeleme analizi ve çok kriterli karar verme yöntemlerini birlikte kullanarak Türkiye’deki şehirleri yerel tarımsal üretimlerine göre kümelemiş ve performans açısından sıralamışlardır. Çalışma üç aşamalı biçimde gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, şehirler tarımsal üretim özelliklerine göre Ward’ın yöntemi kullanılarak kümeleneştir. İller, tarımsal üretim özelliklerine göre altı kümede toplanmıştır. Ardından Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri arasında yer alan CRITIC ve TOPSIS yöntemleri ile performanslarına göre sıralanmıştır.

Güler (2021) tarafından yapılan araştırmada Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından belirlenen 24 bölgenin ipek böcekçiliği açısından sınıflandırılması amaçlanmaktadır. Çalışmada; ipek böcekçiliği yapan işletme (hane) sayısı, açılan kutu sayısı ve yaş koza üretim miktarı verileri kullanılmıştır. Bölgelerin benzerliklerini ve farklılıklarını ortaya koyabilmek için çok boyutlu ölçekleme analizi ve bölgelerin sınıflandırılması için kümeleme analizi yapılmıştır. Hiyerarşik kümeleme yöntemlerinden biri olan birleştirici kümeleme yönteminin kullanıldığı bu çalışmada gruplar içi ortalama bağlantı kümeleme yönteminden yararlanılmış olup, uzaklık ölçütü olarak karesel Öklid uzaklığı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre TRC2 (Şanlıurfa ve Diyarbakır) bölgesi ipek böcekçiliğine en fazla katkı sağlayan bölge iken, TRA1 (Erzurum, Erzincan ve Bayburt) bölgesi en az katkı sağlayan bölgedir.

Gavioli vd. (2019) yılında hassas tarımda yönetim bölgelerinin belirlenmesi amacıyla alternatif kümeleme analizi yöntemlerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada, Bulanık C-ortalamlar (FCM) ve K-ortalamlar kümeleme analizi başta olmak üzere 20 algoritma kullanılmıştır. Çalışmanın veri setini Brezilya’da soya fasulyesi ve mısır ekili üç ticari tarım alanından 2010-2015 yıllarını kapsayan veriler oluşturmaktadır. Çalışma sonucunda yapılan varyans analizi ile üç tarlanın önemli ölçüde farklı verimlere sahip iki sınıfa bölünmesi ve tarlalardan birisinin üç sınıfa bölünmesi önerilmiştir. Çalışma farklı kümeleme yöntemlerini kullanması açısından önemlidir.

Aydın vd. (2019) yaptıkları çalışmada Edirne ili örneği üzerinden üreticilerin tarımsal uygulama konusundaki çevre algılarının belirlenmesi için kümeleme analizinden yararlanmışlardır. Çalışmada

yöntem olarak Ward tekniği ve K-ortalama tekniği kullanılmıştır. Çalışma sonucunda üç küme ortaya koyulmuştur. Analiz sonucunda birinci kümede yer alan çiftçiler toplam kitlenin %81.71'ini, ikinci kümede yer alan çiftçiler %1.22'sini ve üçüncü kümede yer alan çiftçiler ise %17.07'sini oluşturmaktadır.

Çelik vd. (2018) yaptıkları araştırmada Türkiye'deki illere göre hayvansal ve bitkisel ürünleri kümeleme yöntemi ile analiz etmişlerdir. Çalışmada uzaklık matrisinin belirlenmesinde kareli öklit uzaklığı (squared eucliden distance), illerin kümelenmesinde ise hiyerarşik kümeleme tekniklerinden olan tek bağlantı tekniği ile Ward tekniği ve hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemlerinde K-Ortalamalar tekniği kullanılmıştır. Çalışmada hesaplamalar SPSS paket istatistik programı ile gerçekleştirilmiştir.

Reiff vd. (2018) yaptıkları çalışmalarında, 2002-2013 döneminde AB ülkelerindeki tarım ve gıda sanayi sektörlerinin performanslarındaki eşitsizliği analiz etmekte ve ülkeler arasındaki farklılık ile değişim dinamiklerini tanımlamaktadırlar. Ülkeleri; Dünya Bankası'nın tarımsal hammadde ihracatı, tarımsal hammadde ithalatı, bitkisel üretim endeksi, gıda üretim endeksi, tahıl verimi, tarım katma değeri ve işçi başına tarım katma değeri gibi kalkınma göstergeleri ile kümelemişlerdir. Kümeleme analizinde Ward tekniği kullanılmış ve analizler MATLAB programı ile gerçekleştirilmiştir.

Pascucci vd. (2018) yaptıkları çalışmalarında standart ve fonksiyonel kümeleme yöntemlerini tarım alanları uygulaması üzerinden karşılaştırmışlardır. Tarımsal alanlardaki mekânsal modellerin tanınması ve benzer verim potansiyeline sahip, zaman içerisinde istikrarlı olan alanların belirlenmesi ve böylece tarımsal uygulamaların optimize edilmesi önemlidir. Yazarlar, çalışmalarında veri setini Roma (İtalya) yakınlarında bulunan 91 tarım alanından elde edilen Landsat görüntülerinin zaman serilerine farklı kümeleme algoritmaları uygulayarak elde etmiştir. Çalışmada iki farklı yaklaşım uygulanmıştır. İlk yaklaşımda, her ilgi alanı (FOI) için Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) otomatik olarak çıkarılmakta ve hesaplanmaktadır. Ardından alan düzeyinde sabit modeller türetmek için standart K-ortalama kümeleme algoritmasından yararlanılmaktadır. İkinci yaklaşımda ise, yeni kümeleme prosedürlerini doğrudan spektral yansıma zaman serilerine, özellikle de: (1) standart K-ortalamlarına; (2) fonksiyonel K-aracı; (3) çok değişkenli fonksiyonel temel bileşenler kümeleme analizi; (4) hiyerarşik kümeleme uygulanmaktadır. Farklı yaklaşımlar, birkaç yıldır verim haritalarının mevcut olduğu bir referans FOI seti üzerindeki küme doğruluk tahminleri yoluyla doğrulanmaktadır. Sonuçlar, her FOI için en uygun sınıf sayısının önceden belirlenmesiyle çok değişkenli fonksiyonel temel bileşenlerin kümelenmesinin, standart kümeleme algoritmalarından daha iyi bir doğruluk sağladığını göstermektedir. Önerilen yeni fonksiyonel kümeleme metodolojileri, sabit model alımı için etkili ve verimlidir ve farklı bölgelerdeki tarım sistemlerine ve çevre koşullarına bağlı olarak tarım alanlarının sürdürülebilir yönetimi için kullanılabilir.

Gevrekçi vd. (2011) yaptıkları araştırmada Batı Anadolu'da bulunan 11 ili koyunculuk yapısı açısından çok boyutlu ölçekleme (MDS) ve kümeleme analizleri uygulayarak karşılaştırmışlardır. Çalışmada Ward metodu kullanılmıştır.

İkikat Tümer vd. (2010) çalışmalarında çiftçilerin sosyo-ekonomik özelliklerini kümeleme analizi ile belirlemişlerdir. Çalışmanın amacı, Erzurum ilinde aynı özellikteki homojen çiftçi grupları oluşturmak ve sosyoekonomik özelliklerinin incelemektir. Çalışmada veriler oransal örnekleme yöntemi ile belirlenen 68 çiftçiden elde edilmiştir. 3 homojen çiftçi grubu kümeleme analizi ile belirlenmiştir. Öncelikle veriler Hiyerarşik kümeleme yöntemi ile analiz edilmiş ve üç kümeye ayrılmıştır. Daha sonra ise K-Ortalamalar kümesi yöntemi ile üç küme olarak analize tabi tutulmuştur.

Bâlan vd. (2005) çalışmalarında organik üretici gruplarını ve tedarik zincirlerini ilçe düzeyinde organize etmek için uygulanabilir çözümler belirlemeyi amaçlamışlardır. Calarasi ilçesinde 40 organik çiftçi için en iyi ağ oluşturma çözümünün hangisi olduğu çalışmanın problemi oluşturmaktadır. Çalışmada organik üreticiler, çok boyutlu ölçeklendirme ve hiyerarşik kümeleme analizi yöntemleri ile kümelenebilir. Çalışma sonucunda; kümelenmeye yönelik istatistiksel olarak uygulanabilir bir çözümün ve benzer tarım modellerine sahip çiftlikler arasında ağ oluşturma teşvik edilmesinin,

uygun maliyetli tedarik zincirlerinin ve güçlü üretici gruplarının oluşturulmasına katkı sunulacağı öngörülmektedir.

Bu çalışmada farklı kümeleme analizleri ile Türkiye’de fındık üretimi yapılan iller kümelenecektir. Literatürde bu alana ilişkin yapılan çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu boşluğun giderilmesi amaçlanmaktadır. Aynı zamanda fındık ürününe ilişkin yapılan çalışmalardan farklı olarak ürünün üretildiği tüm iller çalışmaya dâhil edilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Bu araştırmanın materyalini, TÜİK’ten elde edilen ikincil veriler oluşturmaktadır. Çalışmada, 2023 yılında fındık üretimi yapılan illere ait şu değişkenler kullanılmıştır:

$$X_1 = \text{Fındık Üretim Miktarı}$$

$$X_2 = \text{Fındık Üretim Alanı}$$

$$X_3 = \text{Meyve Veren Ağaç Sayısı}$$

Çalışmada, fındık üretimi yapılan Adana, Afyonkarahisar, Amasya, Antalya, Artvin, Aydın, Balıkesir, Bartın, Bilecik, Bitlis, Bolu, Burdur, Bursa, Çanakkale, Denizli, Düzce, Giresun, Gümüşhane, Isparta, İstanbul, Kahramanmaraş, Kastamonu, Kırklareli, Kocaeli, Kütahya, Muğla, Ordu, Osmaniye, Rize, Sakarya, Samsun, Sinop, Sivas, Tekirdağ, Tokat, Trabzon ve Zonguldak illeri evreni oluşturmaktadır. Türkiye’de fındık üretimi 16 il ile sınırlandırılmış olmasına karşı birçok ilde deneysel olarak fındık üretimi yapılmakta ve git gide yaygınlaşmaktadır. Çiftçi Kayıt Sistemi’ne göre Türkiye’de 43 ilde fındık üretimi yapılmaktadır (Bars, 2023). Bu çalışmada 37 il örneklem olarak ele alınmıştır. Bunun nedeni bazı illerde üretimin belirli yıllarda olmamasıdır. Tablo 1’de çalışmada kullanılan veri seti gösterilmektedir. Veri seti TÜİK (2023) verilerinden derlenmiştir.

Tablo 1. Veri Seti

İl	Ağaç Sayısı	Üretim Alanı	Üretim Miktarı
Adana	200	44	1
Afyonkarahisar	1800	11	4
Amasya	17475	571	30
Antalya	3882	52	9
Artvin	2872851	82562	4521
Aydın	1080	15	2
Balıkesir	19150	440	66
Bartın	4849600	78810	13154
Bilecik	10538	193	32
Bitlis	478104	6400	1997
Bolu	754702	16887	999
Burdur	282	16	1
Bursa	201966	4238	663
Çanakkale	12950	408	62
Denizli	4380	15	22
Düzce	31623250	632465	66647
Giresun	57824900	1177290	72060
Gümüşhane	415330	8240	824
Isparta	8112	77	16
İstanbul	1437292	21832	2868
Kahramanmaraş	26880	1308	32
Kastamonu	3806100	82060	5677
Kırklareli	7595	135	21
Kocaeli	3899120	94946	12406
Kütahya	2675	56	3
Muğla	822	6	2
Ordu	142816620	2272158	198841
Osmaniye	5795	57	10
Rize	877085	17330	1266
Sakarya	43590204	792272	82581
Samsun	53978405	1210679	112536
Sinop	884826	19284	1423
Sivas	1558	29	8
Tekirdağ	125	27	1
Tokat	1353170	29040	3194
Trabzon	27035904	652379	29505
Zonguldak	18380190	265019	38499

Araştırmada kümeleme analizlerini gerçekleştirmek için SPSS paket programı, Python ve R yazılım programından faydalanılmıştır.

Yöntem

Verilerin Toplanması ve Örneklemede Kullanılan Yöntem

Kümeleme yöntemi ile gerçekleştirilen analizler için veriler ve zaman serisi TÜİK tarafından hazırlanan raporlardan derlenmiştir. Daha sonra bu veriler analize uygun hale getirilmiştir. Analiz öncesinde SPSS 27 paket programı kullanılarak veriler Z Skor Standartlaştırma yöntemi kullanılarak standardize hale getirilmiştir. Ardından küme sayısının belirlenmesi amacıyla öncelikli olarak R ve Python yazılım programı kullanılarak Hiyerarşik Kümeleme Analizi yapılmıştır. Daha sonra K-Ortalamalar Kümeleme Analizi ile birlikte hangi ilin hangi yıl hangi kümede olduğu ortaya koyulmuştur. Çalışmada Ward tekniği kullanılmıştır. Çalışmada 2023 yılına ait “üretim miktarı, meyve veren fındık ağacı sayısı, üretim alanı” değişkenlerine ait veriler kullanılmıştır. Fındık üretimi yapılan tüm iller çalışma evrenini

oluşturmaktadır. Fındık ürünü üzerine yapılan çalışmalardan farklı olarak bu yönüyle Adana, İstanbul vs. gibi düşük miktarda da olsa fındık üretimi yapılan illerde çalışmaya dâhil edilmiştir.

Verilerin Analizi Aşamasında İzlenen Yöntem

Kümeleme analizi, çok değişkenli analiz teknikleri arasında yer almaktadır. Bu analiz yöntemlerinde amaç, veri içinde benzer örneklerin gruplarını keşfetmektir. Kümeleme analizi önceden belirlenen seçim kriterlerine göre birbirine çok benzeyen birimleri aynı küme içerisinde toplamaktadır. Kümeleme analizi, çok boyutlu uzayda verilerin özetlenmesi ve tanımlanmasında yol gösterici bir araştırma yöntemidir. Aynı zamanda; heterojen olan farklı gruplardaki gözlem yapılarını ya da homojen olan benzer gruplardaki gözlemleri uygun yöntemlerle gruplamayı sağlamaktadır. Bu süreçte sınıflanan özellikler ya da oluşturulan kümeler birbirlerine yakınlık ve uzaklık açısından kümelenebilmektedir (Everitt ve Hothorn, 2011). Bu yöntemde çok geniş veri setleri uygun bir biçimde organize edilmekte ve anlaşılabilirliği kolaylaşmaktadır. Bir başka ifadeyle kümeleme analizi ile anlama kolaylığı sağlanmaktadır (Çam, 2021). Çok değişkenli istatistiksel yöntemlerde normallik, doğrusallık ve homojenlik varsayımları önemlidir. Ancak kümeleme analizinde bu varsayımlar prensipte kalmaktadır. Dolayısı ile uzaklık değerlerinin normalliği yeterli görülmektedir. Ancak dikkat edilmesi gereken iki temel durum vardır. Bunlar; örneklemin temsil edilebilirliği ve küme varyasyonundaki değişkenler arasında çoklu bağlantının olmamasıdır. Bu çalışmada, çalışılan veri setinin genel popülasyonu temsil ettiği gerçeğinden hareketle elde edilecek sonuçların genel popülasyona genellenmesi sağlanacaktır.

Kümeleme analizi yöntemlerinde değişkenlerin ölçü birimlerinin ve ölçümleme tekniklerinin farklı olmasından kaynaklı olarak birim benzerliklerinin ortaya konulabilmesi için değişik ölçüler kullanılmaktadır (Tekin, 2015).

Bu uzaklık ölçülerinden sık kullanılanları şunlardır (Bulut, 2023):

$$\text{Minkovski uzaklığı; } d(x_i, x_j) = \left[\sum_{k=1}^p |x_{ik} - x_{jk}|^m \right]^{1/m} \quad (1)$$

$$\text{Manhattan City-Blok Uzaklığı; } d(x_i, x_j) = \sum_{k=1}^p |x_{ik} - x_{jk}| \quad (2)$$

$$\text{Öklid Uzaklığı; } d(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (3)$$

$$\text{Kare Öklid Uzaklığı; } d(x_i, x_j) = \sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2 \quad (4)$$

$$\text{Ölçekli Öklid (Karl Pearson) Uzaklık Ölçüsü; } d(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^p w_k (x_{ik} - x_{jk})^2}, w_k = 1/s_k \quad (5)$$

$$\text{Chebyshev Uzaklık Ölçüsü; } d(x_i, x_j) = \max |x_{ik} - x_{jk}| \quad (6)$$

$$\text{Mahalanobis Uzaklık Ölçüsü; } d(x_i, x_j) = (x_i - x_j)' S^{-1} (x_i - x_j) \quad (7)$$

$$\text{Hotelling T}^2 \text{ Uzaklığı; } d(x_i, x_j) = \frac{n_1 n_2}{n} (x_i - x_j)' S^{-1} (x_i - x_j) \quad (8)$$

Çalışmada literatürde en sık kullanılan uzaklık ölçüsü olan Öklid uzaklığı kullanılmıştır.

Hiyerarşik kümelemenin en etkin ve yaygın kullanılan yöntemi, hiyerarşik yığılmacı yöntemdir (Çam, 2021). Bu yöntem de ilk etapta bütün gözlemler tek bir kümede toplanmakta, sonra bu kümeye en aykırı olan gözlemler birer birer kümeden ayrılmakta ve böylece başka kümelerin oluşması sağlanmaktadır. Yöntem, kaç küme oluşması gerektiğini kendisi belirleyebilmektedir. Ancak, sabit olmayışı ve güvenilirliğinin az oluşu dezavantaj olarak değerlendirilmektedir (Çam, 2021). Yöntem içerisinde çeşitli yaklaşımlar vardır. Bunlar; Tek bağlantı yöntemi, tam bağlantı yöntemi, ortalama bağlantı yöntemi, merkezi bağlantı yöntemi ve Ward'ın bağlantı yöntemi'dir (Bulut, 2023).

Çalışmada Ward'ın bağlantı yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, küme içi karesi alınmış uzaklıkları en küçük, kümeler arası karesi alınmış uzaklıkları da en büyük yapmayı amaçlamaktadır (Bulut, 2023). Öncelikle A ve B kümeleri içi kare toplamları;

$$KT_A = \sum_{i=1}^{n_A} (x_i - \bar{x}_A)' (X_i - \bar{X}_A) \quad (9)$$

$$KT_B = \sum_{j=1}^{n_B} (x_j - \bar{x}_B)' (X_j - \bar{X}_B) \quad (10)$$

Şeklinde tanımlanmaktadır (Bulut, 2023).

Eğer A ve B kümeleri birleştirilirse elde edilecek yeni kümenin kareler toplamı da Eşitlik 11 ile hesaplanmaktadır.

$$KT_{AB} = \sum_{k=1}^{n_{AB}} (x_k - \bar{x}_{AB})' (X_k - \bar{X}_{AB}) \quad (11)$$

Bu yöntemde A ve B kümesi birleştirildiğinde kareler toplamındaki artışın mümkün olduğunca düşük olması istenmektedir. Tüm mümkün durumlarda en küçük I_{AB} değerine sahip kümeler bir araya getirilmektedir.

$$I_{AB} = KT_{AB} - (KT_A + KT_B) \quad (12)$$

Ward'ın yaklaşımının özgün kümeler oluşturması açısından hiyerarşik yöntemler dâhilinde diğer yöntemlere göre daha uygun olduğu ifade edilmektedir (Eszerger-Kiss ve Caesar, 2017).

Hiyerarşik olmayan kümelemede en sık kullanılan yöntem K-Ortalamlar (K-Means) yöntemidir. Hiyerarşik olmayan kümeleme kendi içerisinde üçe ayrılmaktadır. Sıralı başlama, paralel başlama ve ideal başlama olmak üzere bu üç farklı tekniğin sonuçları birbirine yakın olduğu için birinin kullanılması yeterlidir (Pelit, 2023). K-Ortalama kümeleme yönteminde amaç n sayıdaki katılımcının çok değişkenli bir veri seti içerisinde k sayıda kümeye ayrılmasıdır. K-Ortalamlar yöntemi, küme içi değişimin en küçük ve kümeler arası değişiminde en büyük olmasını amaçlayan bir algoritmadır (Bulut, 2023). Bu yaklaşımda küme sayısı araştırmacı tarafından önceden belirlenmiş durumdadır. Analiz sürecinde gözlemler araştırmacı tarafından belirlenen kümelere iterative (ötemeli) bir şekilde yeniden atanır (Hair vd., 2014; İkotun vd., 2023). K-ortalamlar kümeleme algoritması, parçalı bir kümeleme algoritması olarak kategorize edilmektedir. Verilen veri kümelerinin kümelere ayrılması, veri kümesindeki çeşitli veri noktaları ile bir kümenin ortalaması arasındaki minimum karesel hatanın bulunmasını ve ardından her veri noktasının kendisine en yakın küme merkezine atanmasını içermektedir (İkotun vd, 2023).

K- Ortalamalar algoritması eşitlik 13 ile gösterilen amaç fonksiyonunu en küçükleme çalışmaktadır (Bulut, 2023:391):

$$\arg \min_{m_1, \dots, m_k} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k \|x_i - m_j\|^2 \quad (13)$$

Adım 1: Başlangıç küme sayısının belirlenmesi

k tane başlangıç çekirdeği belirlenir. Bu çekirdeklerin belirlenmesinde çeşitli yaklaşımlar söz konusudur. Bu yaklaşımlardan birisi de- bu çalışmada da uygulanan – öncelikle hiyerarşik kümeleme analizi yapılması ve elde edilen k kümenin ortalama vektörlerinin k çekirdek olarak alınmasıdır (Sarıman, 2011).

Adım 2: Küme içi değişimleri

k tane çekirdek belirlendikten sonra geriye kalan $n-k$ gözlemin her birisi kendisine en yakın kümeye atanır.

Adım 3: Küme Atama

Her bir veri noktası için en yakın merkez hesaplanır ve bu nokta en yakın merkeze atanır.

Adım 4: Verilerin hepsi en yakın kümelere atandığında tekrar k tane küme için merkezleri hesaplanır.

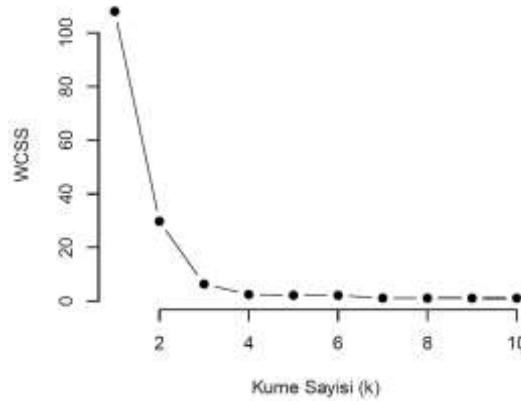
Adım 5: Kümeler arası geçişler durana kadar Adım 2 ve Adım 3 tekrarlanır.

Bulgular ve Tartışma

Çalışmada öncelikle veri seti standardize hale getirilmiştir. Z Skor standartlaştırma yöntemi kullanılmıştır. Böylelikle veri analize hazır hale getirilmiştir. Ardından Hiyerarşik Kümeleme Analizi yöntemi ile küme sayısı belirlenmiştir. Belirlenen küme sayısının ardından K-Means analiz yöntemi ile 2023 yılı verilerine göre hangi illerin hangi kümede yer aldıkları ortaya koyulmuştur.

Yöntem Hiyerarşik Kümeleme Analizi Bulguları

Kümeleme analizlerinde optimum küme sayısını (k) Dirsek Yöntemi (Elbow Method) (Thorndike, 1953) ile elde edilmiştir ve küme sayısını belirlemek için, k ve WCSS (Within-Cluster Sum of Squares) değerleri Şekil 1’de gösterilmektedir. Bu grafik, küme sayısı (k) arttıkça WCSS değerinin nasıl değiştiğini göstermektedir. Bu grafikte “dirsek” olarak adlandırılan bir nokta gözlenir; grafikteki eğrinin en keskin değişim gösterdiği bu noktada, kümelerin birbirine yakın olduğu ve artık yeni kümeler eklenmesinin veriyi anlamlı şekilde bölümlendirmediği anlaşılır. Buna göre en uygun dirsek noktası k = 3 veya k = 4 gibi görünmektedir, yani bu grafiğe göre en optimal küme sayısı 3 veya 4 olarak seçilebilir.



Şekil 1. Küme Sayısını Belirlemek için Dirsek Yöntemi (Elbow Method)

Hiyerarşik kümeleme analizi sonucunda Tablo 2’de gösterilen illerin kümelere göre sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2. İllerin Kümelere Göre Sınıflandırılması

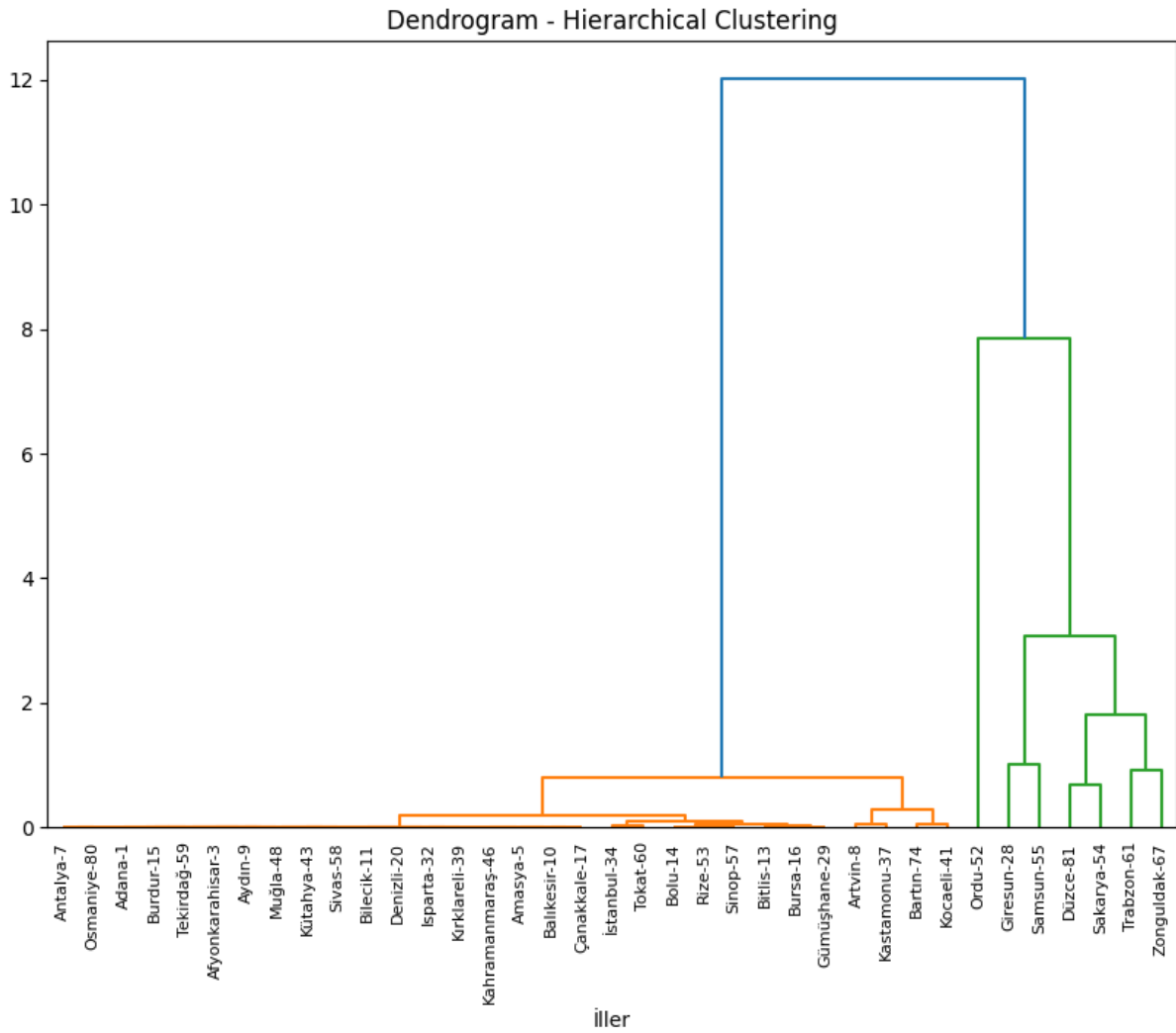
Küme	İller
1.küme	Adana, Afyonkarahisar, Amasya, Antalya, Artvin, Aydın, Balıkesir, Bartın, Bilecik, Bitlis, Bolu, Burdur, Bursa, Çanakkale, Denizli, Gümüşhane, Isparta, İstanbul, Kahramanmaraş, Kastamonu, Kırklareli, Kocaeli, Kütahya, Muğla, Osmaniye, Rize, Sinop, Sivas, Tekirdağ, Tokat
2.küme	Ordu
3.küme	Düzce, Giresun, Sakarya, Samsun, Trabzon, Zonguldak

İllerin oluşan kümelere göre aglomeratif uzaklıkları Tablo 3’de gösterilmektedir.

Tablo 3. Aglomeratif Tablo

İl	Agg.Cluster 1 Uzaklık	Agg.Cluster 2 Uzaklık	Agg.Cluster 3 Uzaklık
Adana	27.783	0.0592	87.540
Afyonkarahisar	27.783	0.0592	87.539
Amasya	27.768	0.0578	87.525
Antalya	27.781	0.0590	87.538
Artvin	25.480	0.1793	85.270
Aydın	27.783	0.0593	87.540
Balıkesir	27.764	0.0573	87.521
Bartın	23.884	0.3519	83.661
Bilecik	27.774	0.0584	87.531
Bitlis	27.311	0.0234	87.076
Bolu	27.268	0.0163	87.027
Burdur	27.783	0.0593	87.540
Bursa	27.591	0.0396	87.351
Çanakkale	27.767	0.0576	87.524
Denizli	27.779	0.0589	87.536
Düzce	0.4272	23.851	63.582
Giresun	11.046	37.170	50.525
Gümüşhane	27.473	0.0282	87.232
Isparta	27.779	0.0588	87.535
İstanbul	26.793	0.0425	86.550
Kahramanmaraş	27.757	0.0568	87.514
Kastamonu	25.129	0.2088	84.899
Kırklareli	27.777	0.0587	87.534
Kocaeli	23.963	0.3383	83.791
Kütahya	27.782	0.0592	87.539
Muğla	27.783	0.0593	87.540
Ordu	59.995	86.958	0.0000
Osmaniye	27.780	0.0590	87.537
Rize	27.199	0.0115	86.956
Sakarya	0.4281	30.628	56.720
Samsun	15.569	42.554	45.623
Sinop	27.148	0.0113	86.909
Sivas	27.782	0.0591	87.538
Tekirdağ	27.783	0.0593	87.540
Tokat	26.667	0.0535	86.438
Trabzon	10.688	18.190	69.637
Zonguldak	15.288	12.488	74.849

Ward's yöntemine ilişkin dendrogram grafiği Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Dendrogram Grafiği

Şekil 2, bir hiyerarşik kümeleme dendrogramıdır. Bu dendrogram, gözlemlerin (iller) benzerlik düzeyine göre gruplara ayrılmasını gösterir. Grafik, gözlemlerin kümelerine nasıl bölündüğünü görsel olarak ifade eder ve farklı kümelerin oluşumuna yol açan benzerlik seviyelerini (dikey eksendeki mesafe ölçüsü) gösterir. Dendrogramın en üstünde yer alan çizgi, yeşil 1, yeşil 2 ve mavi ile ayrılan, üç ana kümenin oluşturulduğunu belirtmektedir. Dikey çizgilerin yüksekliği arttıkça, kümeler arasındaki mesafe artmakta, yani bu kümeler arasındaki benzerlik azalmaktadır. Özellikle bazı illerin daha yakın ilişkiler göstererek sıkı gruplar oluşturduğu (Giresun, Samsun, Düzce, Sakarya, Trabzon, Zonguldak), bazı grupların ise diğerlerinden oldukça farklı olarak ayrıştığı gözlemlenmektedir.

K Ortalamalar Analizi Bulguları

K Ortalamalar yöntemi ile yapılan analiz sonucunda Tablo 4'de kümeler arasındaki uzaklıklar verilmektedir.

Tablo 4. Kümeler Arası Uzaklıklar

İl	Cluster 1 Uzaklık	Cluster 2 Uzaklık	Cluster 3 Uzaklık
Adana	0.0993	30.792	87.540
Afyonkarahisar	0.0992	30.792	87.539
Amasya	0.0979	30.778	87.525
Antalya	0.0990	30.790	87.538
Artvin	0.1456	28.480	85.270
Aydın	0.0992	30.793	87.540
Balıkesir	0.0973	30.774	87.521
Bartın	0.3120	26.915	83.661
Bilecik	0.0984	30.784	87.531
Bitlis	0.0522	30.326	87.076
Bolu	0.0519	30.276	87.027
Burdur	0.0993	30.793	87.540
Bursa	0.0794	30.601	87.351
Çanakkale	0.0975	30.776	87.524
Denizli	0.0988	30.789	87.536
Düzce	23.453	0.7135	63.582
Giresun	36.793	0.8287	50.525
Gümüşhane	0.0683	30.483	87.232
Isparta	0.0988	30.788	87.535
İstanbul	0.0063	29.806	86.550
Kahramanmaraş	0.0969	30.766	87.514
Kastamonu	0.1717	28.135	84.899
Kırklareli	0.0987	30.787	87.534
Kocaeli	0.2989	26.986	83.791
Kütahya	0.0992	30.792	87.539
Muğla	0.0993	30.793	87.540
Ordu	86.566	57.052	0.0000
Osmaniye	0.0990	30.790	87.537
Rize	0.0441	30.208	86.956
Sakarya	30.229	0.3287	56.720
Samsun	42.160	12.720	45.623
Sinop	0.0394	30.157	86.909
Sivas	0.0991	30.791	87.538
Tekirdağ	0.0993	30.793	87.540
Tokat	0.0149	29.679	86.438
Trabzon	17.835	13.278	69.637
Zonguldak	12.085	18.345	74.849

Tablo 4'te illerin oluşan kümelerle uzaklıkları gösterilmektedir. Ordu ilinin tek başına oluşturduğu 3.kümeyle en yakın il Samsun ve Giresun illeri olmaktadır. Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'te değişkenlerin bağlamında ayrıntılı olarak uzaklıklar verilmektedir.

Analizin ANOVA testi sonuçları Tablo 5'de verilmektedir. ANOVA analizi ile bağımsız kümelerin ortalama değerleri arasında anlamlı fark olup olmadığı tespit edilebilmektedir.

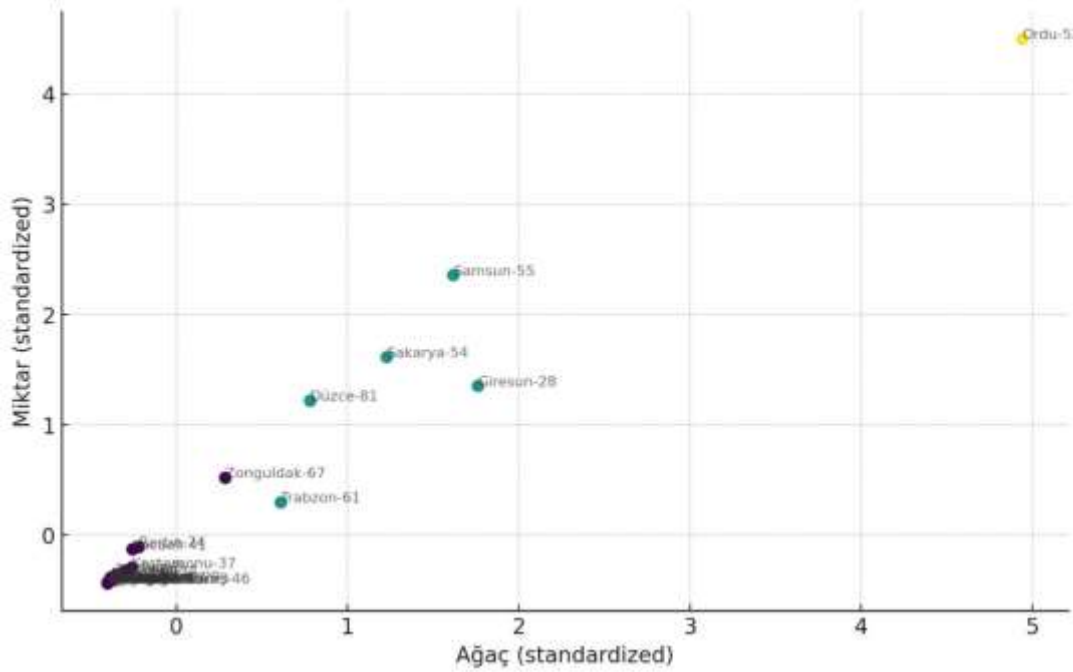
Tablo 5. ANOVA Sonuçları

Değişken	F İstatistik	p-Değeri
Meyve veren ağaç	335.6386	0.000
Üretim alanı	187.4734	0.000
Üretim miktarı	191.7150	0.000

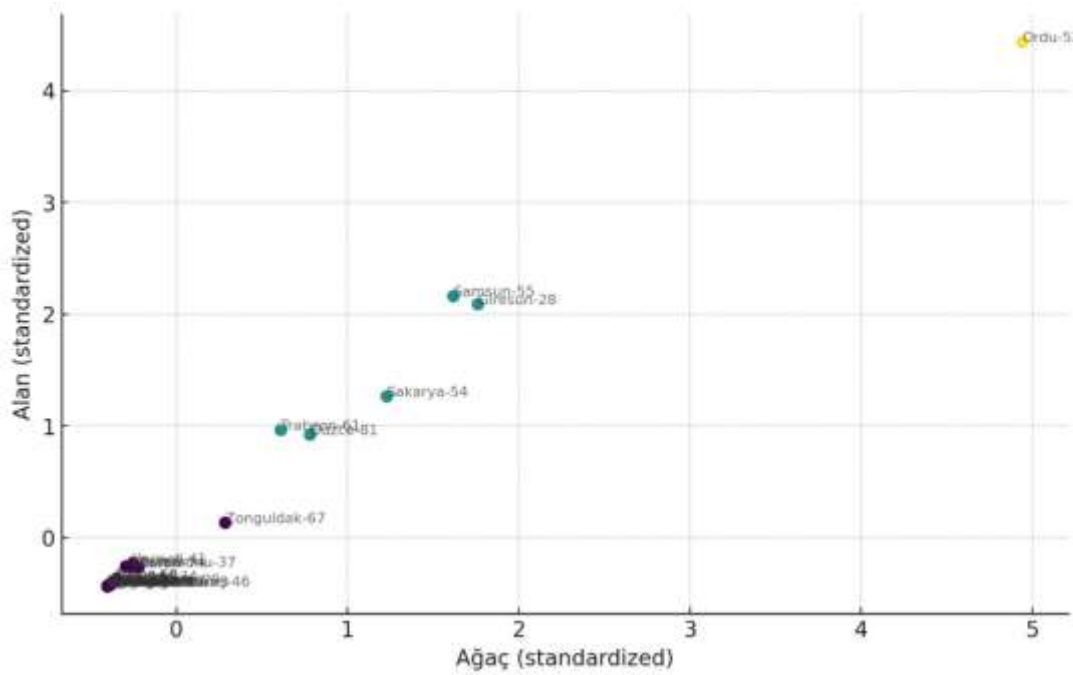
Tablo 5'te yer alan ANOVA testi sonuçlarına göre tüm değişkenlerin kümelerle göre farklılıklarının anlamlılık değerlerinin hepsinin 0.05'den küçük olduğu ortaya konulmuştur. Tablo 5 incelendiğinde, meyve veren ağaç sayısının kümelerle göre farklılıklarının diğer bileşenlere göre daha fazla olduğu ve

buna göre illerin kümelerine ayrılmasında bu bileşenin diğer bileşenlere göre katkısının daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

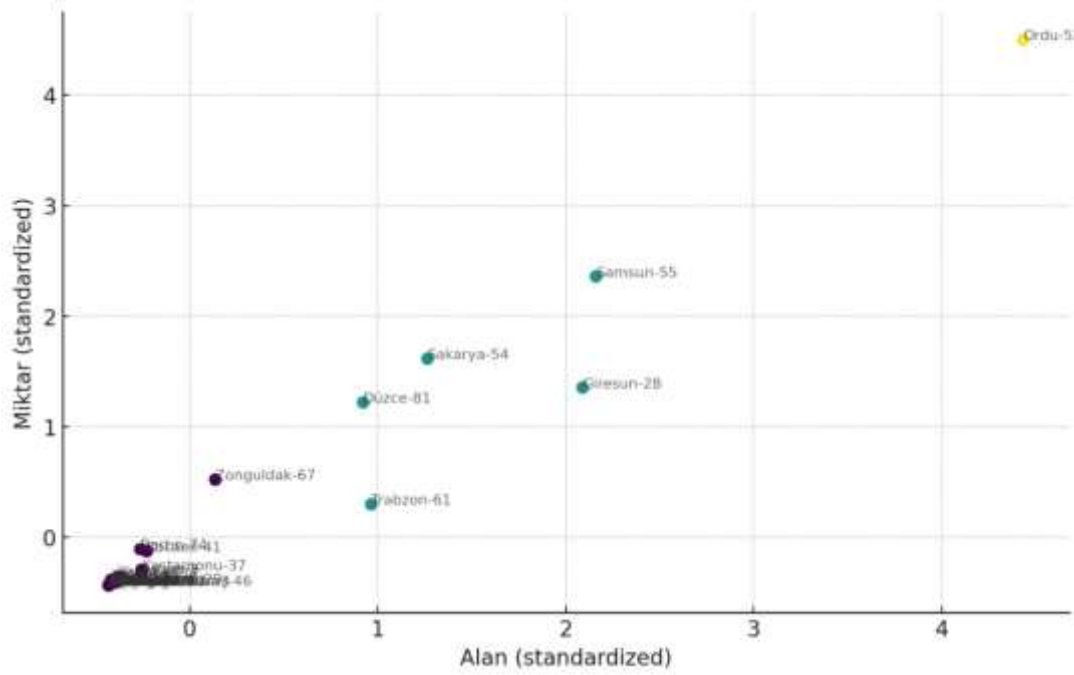
Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'te ise K Ortalamalar analizi küme üyelikleri R çıktısı olarak verilmektedir. Elde edilen bulgulara göre Ordu ili, Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'te gözlemlendiği üzere tek başına bir küme oluşturmaktadır. Bunun nedeni ise Meyve veren ağaç değişkeni sayısının Ordu ilinde diğer illere göre daha fazla olması gösterilebilir.



Şekil 2. K Ortalamalar Analizi R Çıktısı – Miktar-Ağaç Sayısına Göre İllerin Kümelenmesi



Şekil 3. K Ortalamalar Analizi R Çıktısı – Alan-Ağaç Sayısına Göre İllerin Kümelenmesi



Şekil 4. K Ortalamalar Analizi R Çıktısı –Miktar-Ağaç Sayısına Göre İllerin Kümelenmesi

Sonuç ve Öneriler

Literatürde Türkiye’de fındık üretimi 2 veya 3 standart grupta toplanmaktadır. Bu çalışmada hem hiyerarşik hem de hiyerarşik olmayan kümeleme teknikleri ile Türkiye’de fındık üretimi gerçekleştirilen tüm iller 2023 yılı verilerine göre kümelenmiştir. 2023 yılı için yapılan hesaplamalarda 3 küme ortaya çıkarken; en çok fındık üretilen il olan Ordu tek başına bir küme oluşturmaktadır. Düzce, Giresun, Sakarya, Samsun, Trabzon ve Zonguldak ise Hiyerarşik Kümeleme Yöntemine göre aynı kümede yer almaktadır.

Kümeleme analizi, karmaşık verilerin belirli değişkenler temelinde sınıflandırılması ve daha anlamlı hale getirilmesi, analiz sonucu elde edilen sonuçların karar verme aşamasına fayda sağlaması amacıyla kullanılan basit ve pratik bir yöntemdir. Bu çalışma fındık üretilen illerin kümelenmesi ve tüm illerin çalışmaya dâhil edilmesi ile literatürde var olan boşluğu doldurma amacı taşımaktadır. Bu yönüyle hem hiyerarşik hem de hiyerarşik olmayan kümeleme teknikleri kullanılmış ve karşılaştırılmıştır.

Öncelikle Hiyerarşik Kümeleme Yöntemi ile küme sayısı belirlenmiştir. Ardından K Ortalamalar kümeleme analizi ile iller kümelere ayrılmıştır. Ordu, Giresun, Samsun, Sakarya, Düzce, Trabzon ve Zonguldak Türkiye’de toplam fındık üretiminin %90’ını oluşturmaktadır. Dolayısı ile bu illerin diğer illerden ayrı bir küme oluşturması beklenmektedir. Bu çalışmada da her iki kümeleme yöntemi ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan değişkenler açısından Ordu ili tek başına bir küme oluştururken diğer iller aynı kümede yer almıştır.

Araştırmacılara yönelik öneriler; çalışmada veri seti olarak fındık üretimi yapılan tüm iller ele alınmıştır. Bu iller daraltılarak yeni bir kümeleme analizi yapılabilir. Çalışmada kümeleme yöntemlerinden ikisi kullanılmıştır. Bulanık kümeleme yöntemleri gibi yeni geliştirilen yöntemler ile analiz genişletilebilir.

Kamu kurumlarına yönelik öneriler; çalışma sonucunda ortaya koyulan kümelere yer alan illere yönelik fındık üretiminde stratejik politikalar bağlamında farklı destekler uygulanabilir. Özellikle üretimin az olduğu 1.Kümede yer alan illerde fındık üretimi alternatif ürün olarak geliştirilebilir.


Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

Mehmet Akif Kara  <https://orcid.org/0000-0003-4308-9933>

Kaynaklar

- Aydın, B., Öztürk, O., Özer, S., Çebi, Ü. ve Özkan, E. (2019). Tarımsal uygulamalarda üreticilerin çevre algısının analizi: Edirne ili örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(4), 851-858. <https://doi.org/10.30910/turkjans.633616>
- Bălan, A. V., Toma, E., Dobre, C. ve Soare, E. (2015). Organic farming patterns analysis based on clustering methods. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 6, 639-646. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.110>
- Bars, T. (2023). *Ürün raporu fındık 2023*. TEPGE Yayın.
- Bulut, H. (2023). *R uygulamalı çok değişkenli istatistiksel yöntemler*. Nobel.
- Çam, Z. (2021). Kümeleme analizi. *İstatistikolay 2 çok değişkenli istatistik* (Edt. Kaan Zülfikar Deniz). Nobel Yayınları.
- Çelik, Ş., Şengül, T., Şengül, Ö. ve İnci, H. (2018). Türkiye’de illere göre hayvansal ve bitkisel ürünlerin kümeleme analizi ile incelenmesi. *Journal of Awareness*, 3(5), 385-398. <https://doi.org/10.26809/joa.2018548650>
- Eszergar-Kiss, D. ve Caesar, B. (2017). Definition of user groups applying Ward’s method. *Transportation Research Procedia*, 22, 25-34. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.03.004>
- Everitt, B.S. ve Hothorn, T. (2011). *An introduction to applied multivariate analysis with R*. Springer.
- Gavioli, A., de Souza, E. G., Bazzi, C. L., Schenatto, K. ve Betzek, N. M. (2019). Identification of management zones in precision agriculture: An evaluation of alternative cluster analysis methods. *Biosystems Engineering*, 181, 86-102. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.02.019>
- Gevrekçi, Y., Fe, A., Takma, Ç., Akbaş, Y. ve Taşkın, T. (2011). Koyunculuk açısından Batı Anadolu illerinin sınıflandırılması. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(5), 755-760. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2011.4352>
- Güler, D. (2021). Türkiye’de ipek böcekçiliğinin çok boyutlu ölçekleme ve kümeleme analizleri ile incelenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(1), 212-220. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.723998>
- Günay, H. F., Uyğun, U. ve Yardımcıoğlu, F. (2020). Fındık üretimine yönelik mali desteklerin yeterlilik ve çiftçi memnuniyeti yönünden değerlendirilmesi. *Sakarya İktisat Dergisi*, 9(4), 299-332. <https://dergipark.org.tr/en/pub/sid/issue/59766/862124>
- Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J. ve Anderson, R.E. (2014). *Multivariate data analysis*. Pearson.
- Hazneci, E., Naycı, E. ve Çelikkan, G. (2022). Fındık üretiminde maliyet ve karlılık analizi: Giresun ili örneği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59(3), 499-511. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.996921>

- Ikotun, A. M., Ezugwu, A. E., Abualigah, L., Abuhaija, B. ve Heming, J. (2023). K-means clustering algorithms: A comprehensive review, variants analysis, and advances in the era of big data. *Information Sciences*, 622, 178-210. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2022.11.139>
- İkikat Tümer, E., Birinci, A. ve Aksoy, A. (2013). Çiftçilerin sosyo-ekonomik özelliklerinin kümeleme analiziyle belirlenmesi: Erzurum ili örneği. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(1), 29-37.
- Kara, M.A. (2024). Fındık fiyatlarının yapay sinir ağları ile tahminlenmesi: Türkiye örneği. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 14(1), 31-42. <https://doi.org/10.55024/buyasambid.1394033>
- Merdan, K. (2024). Türkiye’de fındık ihracat talebine etki eden faktörlerin ARIMA modeli ile tahmin edilmesi. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 26(1), 40-68. <https://doi.org/10.21180/iibfdkastamonu.1339022>
- Ömürbek, N., Akçakaya, O. ve Urmak Akçakaya, E. D. (2021). Integrating cluster analysis with MCDM methods for the evaluation of local agricultural production. *Croatian Operational Research Review*, 12(2), 105-117. <https://doi.org/10.17535/crorr.2021.0009>
- Pascucci, S., Carfora, M. F., Palombo, A., Pignatti, S., Casa, R., Pepe, M. ve Castaldi, F. (2018). A comparison between standard and functional clustering methodologies: Application to agricultural fields for yield pattern assessment. *Remote Sensing*, 10(4), 585. <https://doi.org/10.3390/rs10040585>
- Pelit, İ. (2023). Türkiye’nin ülke gruplarına göre ithalat ve ihracatının kümeleme analizi ile incelenmesi: 2013-2022 dönemi. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 11(2), 103-113. <https://dergipark.org.tr/en/pub/iicder/issue/80364/1328070>
- Reiff, M., Ivanicova, Z. ve Surmanova, K. (2018). Cluster analysis of selected world development indicators in the fields of agriculture and the food industry in European Union countries. *Agricultural Economics*, 64, 197-205. <https://doi.org/10.17221/198/2016-AGRICECON>
- Sarıman, G. (2014). Veri madenciliğinde kümeleme teknikleri üzerine bir çalışma: K-means ve k-medoids kümeleme algoritmalarının karşılaştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(3), 192-202. <https://doi.org/10.19113/sdufbed.41288>
- Tekin, B. (2015). Temel sağlık göstergeleri açısından Türkiye’deki illerin gruplandırılması: Bir kümeleme analizi uygulaması. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5, 389-416. <https://doi.org/10.18074/cnuibf.196>
- Thorndike, R.L. (1953). Who belongs in the family? *Psychometrika*, 18(4), 267-276. <https://doi.org/10.1007/BF02289263>
- TÜİK, (2023). *Türkiye istatistik kurumu veri tabanı*. www.tuik.gov.tr adresinden 21 Ağustos 2024 tarihinde alınmıştır.

Meyve Tüketiminde Demografik Faktörlerin Önemi: Iğdır İli Örneği

İbrahim Hakkı Kadirhanogulları¹ 

¹ Iğdır Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü, Iğdır

Geliş Tarihi / Received Date: 17.10.2024

Kabul Tarihi / Accepted Date: 09.12.2024

Öz

Bu araştırmanın amacı, Iğdır ilinde yaşayan tüketicilerin meyve tüketim davranışlarında demografik faktörlerin etkisini araştırmaktır. Iğdır'da basit tesadüfi örnekleme yöntemiyle ile yığın oran tahmini esas alınarak seçilen 195 tüketici araştırmanın materyalini oluşturmaktadır. Karar ağacı algoritması araştırmanın metodu olarak kullanılmış ve analiz yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda araştırmaya katılan tüketicilerin %67,2'sini erkekler ve %32,8'ini kadınlar oluşturmaktadır. Araştırmaya katılan 195 katılımcıdan 64 tüketici sağlıklı olduğu için (%32,8), 125 tüketici alışkanlık olduğu için (%64,1), 5 tüketici ucuz olduğu için (%2,6) ve 1 tüketici kokusunu sevdiği için (%0,5) meyve tükettiklerini belirtmişlerdir. Meyve tüketim faktörleri (Sağlık, alışkanlık, ucuzluk ve kokusunu sevmek) karar ağacı analizinde meyve tüketimini meslek, öğrenim durumu, yaş, hanedeki kişi sayısı ve hanedeki aylık gelir faktörlerinin etkilediği görülmektedir. Iğdır ilindeki tüketicilerin meyve tüketim alışkanlıkları ve bu alışkanlıkları etkileyen faktörlerin belirlenmesi hem yerel düzeyde hem de genel tüketici davranışlarıyla ilgili stratejik kararlar alacak paydaşlar için değerli bilgiler sunmaktadır. Araştırma bulguları doğrultusunda, meyve tüketiminin artırılması için demografik özelliklere göre hedeflenmiş pazarlama stratejileri geliştirilebilir.

Anahtar Kelimeler: meyve, demografik faktör, chaid analizi, Iğdır

The Importance of Demographic Factors in Fruit Consumption: Iğdır Province Example

Abstract

The aim of this study is to investigate the effect of demographic factors on fruit consumption behavior of consumers living in Iğdır province. The material of the study consists of 195 consumers selected by simple random sampling method in Iğdır on the basis of cluster ratio estimation. The decision tree algorithm was used as the method of the research and analyzed. As a result of the analysis, 67.2% of the consumers participating in the research are men and 32.8% are women. Of the 195 participants, 64 consumers stated that they consume fruit because it is healthy (32.8%), 125 consumers because it is a habit (64.1%), 5 consumers because it is cheap (2.6%) and 1 consumer because they like the smell (0.5%). In the decision tree analysis of fruit consumption factors (health, habit, cheapness and liking the smell), it is seen that the factors of occupation, education level, age, number of people in the household and monthly income in the household affect fruit consumption. Determining the fruit consumption habits of consumers in Iğdır province and the factors affecting these habits provides valuable information for stakeholders who will make strategic decisions on both local and general consumer behavior. In line with the research findings, targeted marketing strategies can be developed according to demographic characteristics to increase fruit consumption.

Keywords: fruit, demographic factor, chaid analysis, Iğdır

Giriş

Tüketici davranışları, bireylerin ürün veya hizmetleri satın alma süreçlerinde sergiledikleri kararlar ve bu süreçlerle ilgili diğer faktörleri kapsamakla birlikte (Brug vd., 2006), ekonomik, sosyal, kültürel ve psikolojik olarak da birçok faktörü içinde barındırmaktadır. Bu faktörler tüketim davranışını oldukça değişken yapmakta ve son yıllarda teknolojinin ve durumsal yapıların da etkisiyle tüketim desenleri çok hızlı değişebilmektedir (Çabuk vd. 2021). Yirminci yüzyılın sonlarına gelindiğinde, ekonominin gelişmesi ve teknolojinin ilerlemesi ile birlikte dünyada hızlı bir değişim ortaya çıkmış, bunun sonucu olarak toplumlarda yaşam tarzları, üretim, tüketim ve pazarlama anlayışları etkilenmiştir (Behera, 2024; Xue, 2022).

Demografik faktörler, bireylerin ve toplulukların tüketim alışkanlıklarını, tercihlerini ve davranışlarını anlamada kritik öneme sahiptir (Kıran, 2021). Meyve besin grubu içerisinde yer almakta ve tüketimi demografik faktörlere göre değişim göstermektedir (Tanyeri, 2020). Meyve tüketimi sağlık açısından önemlidir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından hazırlanan rapora göre; günde en az 400-500 gr ve beş porsiyon meyve, sebze (patates ve diğer nişastalı yumrular hariç) tüketimi önerilmektedir (WHO, 2019).

Araştırmanın yürütüldüğü Iğdır ilinde ekonomi büyük ölçüde tarıma dayanmaktadır. İl genelinde kayısı ve elma bahçeleri oldukça yaygındır. Ayrıca karpuz, kavun gibi çeşitli meyvelerde başarıyla yetiştirilmektedir (Anonim, 2024). Bugüne kadar yapılan çalışmalarda, Iğdır ilinde kayısı üretimi ve pazarlaması (Ertürk vd. 2016a), elma üretimi ve pazarlaması (Ertürk vd. 2016b), domates üretimi ve pazarlaması (Ertürk ve Karadaş, 2016), sebze üretim verileri ve ekonomik önemi (Karadaş, 2020) gibi çalışmalar yürütülmüştür.

Bu araştırmanın amacı, Iğdır ilinde yaşayan bireylerin demografik yapılarına göre meyve tüketim tercihlerini belirlemektir. Iğdır'daki tarımsal üretim ve meyve çeşitliliğinin geniş olması, araştırmanın yerel düzeydeki meyve tüketim alışkanlıklarını anlamamıza önemli bir katkı sağlayacaktır. Ayrıca, bu çalışma, genel olarak meyve tüketim alışkanlıklarına dair değerli bilgiler sunarak bölgedeki tüketici davranışlarını daha iyi kavramamıza yardımcı olacaktır. Literatür taraması sonucunda, Iğdır ilinde demografik faktörlerin meyve tüketimi üzerindeki etkisini inceleyen bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu bağlamda, araştırma, Iğdır iline özgü veriler sunarak literatüre yeni bir perspektif kazandıracak ve bölgedeki meyve tüketim alışkanlıkları üzerine eksik olan bilgileri tamamlayacaktır. Bu katkı hem yerel hem de genel düzeyde yapılacak gelecekteki çalışmalara temel oluşturacaktır.

Materyal ve Yöntem

Araştırmanın Materyali

Araştırmanın materyali, Iğdır il merkezinde gerçekleştirilen anket uygulamasından elde edilen verilerden oluşmaktadır.

Araştırmanın Yöntemi

Araştırmada Nicel araştırma yöntemlerinden “Basit Tesadüfi Örneklem Yığın Oran Tahmini” modeli kullanılmıştır. Basit tesadüfi örneklem (BTÖ) yönteminde yığındaki her bir birimin örnekte yer alması olasılığı aynıdır. Yığın parametre tahminlerini hesaplamada gözlem değerlerine atanacak ağırlık aynı olduğu için ağırlıklandırma yapılmasına gerek yoktur. Bu yöntemle elde edilecek istatistiksel hesaplamalar ağırlıksız yapıldığı için işlemler kolaylıkla yapılır (Alkaya, 2009). Iğdır ili nüfusu 209738 olup (Anonim, 2024) bu ana kitleyi “%90 güven ve %10 hata payı” ile en iyi temsil etmesi için belirlenen örneklem sayısı 69’dur (SurveyMonkey, 2024). Örneklemin ana kitleye yaklaşması halinde dağılımın normal dağılıma yaklaşacağı ve daha sağlam değerler üreteceği bilinmektedir (Sezer, 2023). Bu nedenle örneklemin ana kitleyi daha iyi temsil etmesi ve daha sağlam, güvenilir sonuçların elde edilmesi amacıyla örneklem sayısı ulaşılabilecek düzeyde (n=195) artırılmıştır.

Veri Toplama Araçları ve Süreci

Anket soruları, araştırmacı tarafından literatürden faydalanarak hazırlanmış ve kolay anlaşılabilir, yönlendirmeyen, odaklı olma gibi ölçütlere dikkat edilerek oluşturulmuştur. Bu ölçütler doğrultusunda hazırlanan anket soruları, Ziraat ve Türk Dili Eğitimi alanlarında uzman 4 kişinin görüşlerine sunulmuş ve uzmanlar tarafından soruların açıklığı, anlaşılabilirliği ve kapsamı değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucu bazı ifadeler değiştirilmiş ve anket formu son haliyle beş tüketiciye pilot çalışma olarak uygulanmıştır. Uygulama neticesinde birkaç düzeltme yapılmış ve uzman görüşleri doğrultusunda anket formu son şeklini almıştır. Anketin birinci bölümü, katılımcıların demografik bilgilerini (cinsiyet, medeni durum, yaş, gelir durumu, eğitim düzeyi) içermektedir. Diğer bölümler ise katılımcıların meyve tüketim alışkanlıkları ve tutumlarına dair fikirlerini ölçmeye yöneliktir.

Veri toplama aracı olarak, araştırmada hazırlanan anket formu kullanılmıştır. Anket, katılımcıların demografik bilgilerini ve meyve tüketim davranışlarını ölçmeye yönelik sorulardan oluşmaktadır. Anket verileri, yüz yüze görüşme yöntemiyle toplanmış ve gönüllülük esasına dayalı olarak uygulanmıştır. Her bir görüşme yaklaşık 15 dakika sürmüştür ve araştırmacı tarafından yapılmıştır. Ayrıca, katılımcılara, alınan cevapların gizli tutulacağı, elde edilen verilerin yalnızca bilimsel araştırma amacıyla kullanılacağı ve araştırma sürecinin her aşamasında araştırmacı tarafından kontrol edileceği belirtilmiştir. Araştırma için gerekli etik ve idari izinler de alınmıştır.

Verilerin Analizi

Verilerin analizi aşamasında araştırmada veri madenciliği yöntemlerinden karar ağacı algoritma modeli analiz için kullanılmıştır. Karar ağaçları, veri madenciliği alanında sıkça kullanılan bir algoritmadır. Sınıflandırma ve tahmin gibi problemlerde son derece faydalıdır. Bu algoritmaların en büyük avantajlarından biri ise kolay yorumlanabilirlik ve anlaşılabilirlik özelliğidir. Karar ağaçları, veri kümesini kurallara ve alt kümelerle bölerek çalışır. Bu kurallar, verideki örüntüleri ve ilişkileri açıkça gösterir. Bu sayede karar vericiler, verinin arkasındaki mantığı kolayca kavrayabilir ve bu bilgilere dayanarak daha bilinçli kararlar verebilirler (Aksoy vd. 2021; Çalış vd. 2014; Kadirhanogulları vd. 2022a; Kadirhanogulları vd. 2022b; Karadas ve Kadirhanogulları, 2017; Polat, 2023).

Karar ağacı analizinden sonra elde edilen sınıflandırma sonuçlarından genel doğruluk ve özgünlük değerleri hesaplamasında Tablo 1'de gösterilen ölçütlerden yararlanılmıştır (Çamlıca ve Dişçi, 2008; Sackett, 1973).

Tablo 1. Testlerinin Değerlendirilmesinde Genellikle Kullanılan Ölçütler

Test Sonucu	(+)	(-)	Toplam
Test (+)	a(TP)	h(FP)	a+h
Test (-)	i(FN)	m(TN)	i+m
Toplam	a+i	h+m	a+i+h+m

TP: Doğru pozitif; FP: Yanlış pozitif; FN: Yanlış negatif; TN: Doğru negatif.

Özgünlük (Spesifite) : Gerçekte meyve tüketim faktörlerini (sağlık, alışkanlık, ucuzluk ve kokusunu sevmek) tercih eden bireyler içinde testin meyve tüketim faktörlerini bulabilme özelliği olarak tanımlanmaktadır.

Özgünlük (Spesifite) = $(TN / (FP+TN)) * 100 = \%$ olarak ifade edilir.

Özgünlük kısaca bir testin meyve tüketim faktörlerini bulma yeteneği olarak da tanımlanabilir.

Duyarlılık (Sensitivite) : Gerçekte meyve tüketim faktörlerini tercih etmeyen bireyler içinde tarama testinin meyve tüketim faktörlerini tercih etmeyen bireyleri bulabilme özelliği olarak tanımlanmaktadır.

Duyarlılık (Sensitivite) = $(TP / (TP+FN)) * 100 = \%$ olarak ifade edilir.

Duyarlılık bir tarama testinin meyve tüketim faktörlerini tercih etmeyen bireyleri bulma yeteneği olarak da tanımlanabilir.

Testin Genel Gücü (Test Geçerliliği) : Testin doğru teşhis koyabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır.

Test Geçerliliği = $((TP+TN) / (TP+TN+FP+FN)) * 100 = \%$ olarak ifade edilir.

Testin gücü veya geçerliliği testin doğru olarak teşhis koyduğu meyve tüketim faktörlerini tercih eden bireyler ve meyve tüketim faktörlerini tercih etmeyen bireylerin sayısının tüm sonuçlar içindeki yüzdesi olarak tanımlanmaktadır.

En yüksek tahmin performansını belirlemek için ebeveyn-yavru düğümü 2:1, çapraz geçerlilik değeri ise %10 olarak ayarlanmıştır.

Model karşılaştırmaları sonucunda (EXHAUSTIVE CHAID, C&RT ve CHAID) CHAID algoritmasının daha iyi sonuçlar verdiği saptanmış ve bu algoritma kullanılmıştır

Meyve tüketim faktörlerini tercih etme bağımlı değişkeni ile yaş, cinsiyet, eğitim durumu, medeni durum, meslek durumu, aylık hane halkı geliri bağımsız değişkenleri için Veri Madenciliği Karar Ağacı yönteminden Ki-kare otomatik etkileşim detektörü (CHAID) algoritması kullanılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Katılımcılar cinsiyet, yaş, eğitim seviyesi, hane büyüklüğü, gelir, medeni durum, meslek ve ikametgâh gibi demografik faktörlere göre gruplandırılmıştır. Tablo 2'de, 195 katılımcının demografik faktörlere göre aylık meyve tüketim miktarı (kg) verilmiştir.

Tablo 2. Demografik Verilere Göre Aylık Meyve Tüketim Miktarları

		Aylık Meyve Tüketim Miktarı (Kg)				
		1-4	5-8	9-12	13-16	Toplam (n)
Cinsiyet	Erkek	45	65	13	8	131
	Kadın	19	27	12	6	64
Yaş	18-30	15	20	5	2	42
	31-42	31	41	14	6	92
	43-55	13	26	4	5	48
	56-65	5	5	2	1	13
Eğitim Durumu	Okur-Yazar değil	4	7	2	2	15
	Okur-Yazar	12	8	1	1	22
	İlkokul	11	18	1	1	31
	Ortaokul	8	13	3	1	25
	Lise	12	16	7	3	38
	Önlisans	4	6	1	2	13
	Lisans	13	23	9	4	49
	Lisansüstü	0	1	1	0	2
Hanedeki Kişi sayısı	1-3	10	20	4	3	37
	4-7	49	65	17	11	142
	8-10	5	7	4	0	16
Aylık ortalama gelir	8001-14000	5	4	0	0	9
	14001-20000	23	22	2	3	50
	20001-26000	21	31	4	1	57
	26001-32000	5	5	3	1	14
	32001-38000	2	14	4	0	20
	38001-44000	3	4	3	3	13
	44001-50000	3	8	3	1	15
	50001 ve üstü	2	4	6	5	17
Medeni Durum	Evli	42	68	15	11	135
	Bekar	17	23	9	3	52
	Boşanmış	5	1	1	0	7
	Öğrenci	9	6	2	0	17
Meslek	Çalışmıyor	9	12	1	1	23
	Çiftçi	3	4	1	0	8
	Kamu Çalışanı	7	18	7	6	38
	Özel Sektör Çalışanı	6	10	7	3	26
	İş Yeri Sahibi	5	16	4	1	26
	Serbest Meslek	14	14	2	1	31
	Emekli	4	4	0	1	9
	Ev Hanımı	7	8	1	1	17
İkametgah	Kent Merkezi	51	76	24	14	165
	Kırsal Alan	13	16	1	0	30

Araştırmada cinsiyet faktörüne göre katılımcıların meyve tüketim alışkanlıkları incelendiğinde erkek katılımcılar 131 tüketiciden kadın katılımcılar 64 kişiden oluşmakta ve bu grubun meyve tüketimi genellikle aylık 5-8 kg aralığında yoğunlaşmaktadır.

Araştırmadaki bir diğer değişken olan yaş faktörü incelendiğinde katılımcılar arasında 31-42 yaş aralığında bulunan 92 kişi, diğer yaş gruplarına göre çoğunluğu oluşturduğu aylık meyve tüketim yoğunluğunun da 5-8 kg aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Eğitim seviyesi faktörüne göre, lisans mezunlarının diğer eğitim grupları içinde en fazla katılım sağlayan grup olduğu (n= 49) ve aylık meyve tüketim yoğunluğunun 5-8 kg olduğu görülmüştür. Eğitim durumu okur-yazar olanların aylık meyve tüketim yoğunluğu ise 1-4 kg olduğu görülmüştür.

Hane büyüklüğü faktöründe, 4-7 kişilik hanelerde yaşayan katılımcıların sayısı 142 tüketiciden oluşmakta ve bu grup emsallerine oranla en fazla katılımcıya sahip olduğu gözlemlenmiş aylık meyve tüketim yoğunluğunun da 5-8 kg olduğu görülmüştür.

Gelir seviyesine göre, 20001₺-26.000₺ gelir grubuna dâhil olan katılımcılar 57 kişiden oluşmakta ve bu grup çoğunluğu oluşturmakta olup aylık meyve tüketim yoğunluğunun ise 5-8 kg olduğu görülmektedir. Gelir seviyesine göre, 14001₺-20000₺ gelir grubuna dâhil olan katılımcılar ikinci sırada yer almakta ve aylık meyve tüketim yoğunluğu 1-4 kg olduğu görülmektedir.

Araştırmada medeni duruma göre yapılan incelemede, evli olan katılımcıların sayısının 136 olduğu ve bu grubun diğer medeni durumlara göre çoğunluğu oluşturduğu tespit edilmiş ve aylık meyve tüketim yoğunluğunun 5-8 kg aralığında yer aldığı gözlemlenmiştir.

Meslek dağılımı incelendiğinde, kamu çalışanlarının sayısının 38 olduğu ve bu grubun aylık meyve tüketim yoğunluğunun 5-8 kg aralığında olduğu tespit edilmiştir. Serbest meslek sahipleri ise 31 kişi ile ikinci sırada yer almakta olup, bu grubun aylık meyve tüketim yoğunluğunun 1-4 kg (n=14) ile 5-8 kg (n=14) arasında eşit bir şekilde dağıldığı gözlemlenmiştir.

İkametgâh değişkenine göre, kent merkezinde yaşayan katılımcıların sayısı 165 olup ve aylık meyve tüketim yoğunluğunun 5-8 kg olduğu görülmüştür.

Araştırmada, katılımcıların meyve tüketiminin genellikle 5-8 kg arasında yoğunlaşmasının birkaç nedeni olabilir. İlk olarak, veri toplama sürecinde bu aralığın daha çok katılım sağlamış olması veya katılımcıların çoğunun bu miktarda meyve tüketimi gerçekleştirdiği olasılığı olabilir. Ayrıca, 5-8 kg'lık tüketim miktarı, sağlıklı bir yaşam tarzı benimseyen bireyler için makul bir seviyede olup, toplumun genel ortalama tüketim alışkanlıklarını yansıtır olabilir. Araştırma örneklemini, sağlıklı beslenmeye özen gösteren veya ortalama gelir seviyesine sahip bireylerden oluştuğu için bu aralıkta yoğunlaşma gözlemlenmiş olabilir. Ayrıca, düşük ya da yüksek tüketim seviyelerine sahip katılımcı sayısının daha az olması, 5-8 kg'lık aralığın yaygınlığını destekleyebilir. Son olarak, araştırmanın tasarımı ve katılımcıların yaşam biçimleri, bu tüketim aralığının baskın olmasında etkili faktörler arasında yer almış olabilir. Literatür incelendiğinde benzer söylemlerin olduğu görülmektedir (Bazzano, 2006; Fink, 2013).

CHAID algoritması ile şekillendirilen karar ağacı diyagramında (Şekil 1), 195 katılımcıdan 64 tüketici sağlıklı olduğu için (%32,8), 125 tüketici alışkanlık olduğu için (%64,1), 5 tüketici ucuz olduğu için (%2,6) ve 1 tüketici kokusunu sevdiği için (%0,5) meyve tükettiklerini belirtmişlerdir. Meyve tüketim faktörleri (sağlık, alışkanlık, ucuzluk ve kokusunu sevmek) karar ağacı analizinde tüketimi meslek, öğrenim durumu, yaş, hanedeki kişi sayısı ve hanedeki aylık gelir faktörlerinin etkilediği görülmektedir.

Niçin meyve tüketirsiniz sorusu meslek değişkeni (Node 0) dalından dallandığı görülmüştür. Özel sektör çalışanı, kamu çalışanı ve öğrencilerin çoğunluğu sağlıklı olduğu için meyve tüketirken, ev hanımı, iş yeri sahibi, serbest meslek, çalışmayan ve emekli olanların çoğunluğu ise alışkanlık olduğundan dolayı meyve tükettiklerini ifade etmişlerdir.

Öğrenim durumunda alışkanlıktan dolayı meyve tüketim oranı çoğunlukta olduğu görülmüştür.

59,5-62,5 yaş aralığında olanların tamamına yakını ve hanedeki kişi sayısı 1,5'ten büyük olanlarında çoğunluğu sağlıklı olduğu için meyve tüketimini tercih ettiklerini ifade etmişlerdir.

Aylık ortalama gelire göre ise sağlıklı olma ve alışkanlık faktörlerinin yoğunlukta olduğu gözlemlenmiştir.

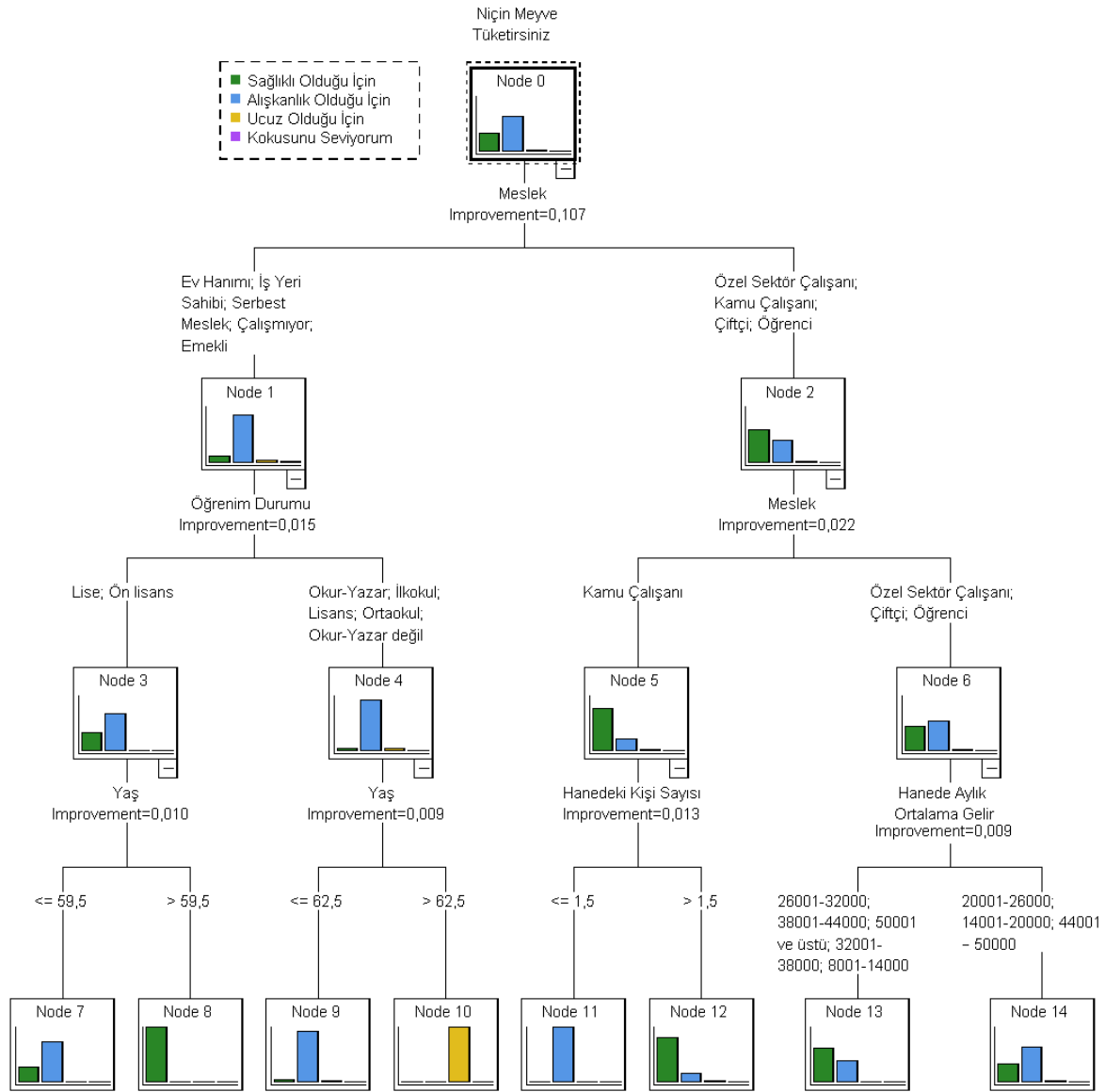
Şekil 1'de görüldüğü gibi, meyve tüketim tercihlerinde demografik faktörler önemli bir rol oynamaktadır. Bireylerin demografik özellikleri, tüketim tercihlerinin belirlenmesinde merkezi bir öneme sahiptir. Literatüre bakıldığında da araştırmamıza benzer çalışmaların olduğu görülmektedir. Örneğin, Kıran (2021) yapmış olduğu çalışmada, demografik faktörlerin, bireylerin ve toplulukların tüketim alışkanlıklarını, tercihlerini ve davranışlarını anlamada kritik öneme sahip olduğunu

belirtmiştir. Öztürk (2024) çalışmasında yaş ve eğitim gibi demografik faktörlerin tüketim alışkanlıkları üzerinde belirleyici bir rolü olduğunu ifade etmiştir.

Araştırmada bireylerin mesleği, öğrenim düzeyi, yaşı, hanedeki kişi sayısı ve hanedeki aylık geliri meyve tüketiminde önemli demografik değişkenler olarak ortaya çıkmaktadır.

Tüketicilerin eğitim düzeyleri yükseldikçe kültürel ve sosyal bilgi seviyelerinin artacağı ve bu durumun gelişmiş, sağlıklı ve güvenli tüketim bilincinin oluşmasına katkı sağlayabileceği öngörülmektedir. Aksi takdirde, plansız ve bilinçsiz tüketim alışkanlıklarının devam edebileceği düşünülmektedir. Hazneci vd. (2022) eğitim ve yayım faaliyetleriyle üretimin bile artırılacağını ifade etmişlerdir.

Hassan vd. (2009) araştırmalarında organik tarım ve gıda ürünlerine yönelik AB ülkelerindeki tüketici tutum ve davranışlarının oluşumunda, eğitim düzeyinin etkili bir faktör olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde Oran vd. (2017) besinlerin seçilmesi, tüketilmesi ve satın alınması gibi davranışları etkileyen demografik faktörlerden birinin sağlık okuryazarlığı düzeyi olduğu ve bu düzey eğitim seviyesi arttıkça arttığını belirtmişlerdir. Kağan vd. (2019) araştırmalarında anne eğitim düzeyi ortaokul ve üzerine doğru ilerledikçe meyve sebze tüketim oranlarında artış saptandığını belirtmişlerdir. Tanyeri ve Arısoy (2023) çalışmalarında tüketicilerin gelir düzeyleri ve eğitim seviyeleri arttıkça insan sağlığı için yeterli görülen meyve-sebze tüketim düzeyine ulaşımın arttığını belirtmişlerdir, ayrıca eğitim seviyesi arttıkça uzman tavsiyelerine dikkat etme oranının da arttığını belirtmişlerdir. Kebapçı ve Hatırlı (2023) araştırmalarında eğitim düzeyi yüksek olan hane halkının, daha bilinçli tercihte bulunarak, daha yüksek tüketim harcamaları yapabileceklerini belirtmişlerdir.



Şekil 1. Demografik Faktörlere Göre Aylık Meyve Tüketimi CHAID Analiz Sonuçları

Şekil 1’de görüldüğü gibi, yaş değişkeni tüketim tercihlerini etkileyen bir diğer önemli faktör olarak görünmektedir. Genç nüfusun tercih ettiği tüketim alışkanlıkları ile orta yaş veya yaşlı grupların tercihleri arasında farklılıklar olabileceği gözlenmektedir. Yaş gruplarındaki bireylerin hayattan beklentileri, yaşam tarzları ve beslenme gereksinimleri farklılık gösterebilir, bu da doğal olarak tüketim tercihlerinin çeşitlenmesine neden olabilir. Literatürde yapılan araştırmalar da bu noktada benzer bulguları desteklemektedir. Örneğin, Kebapçı ve Hatırlı (2023) çalışmalarında bir toplumun nüfus yapısının ve büyüklüğünün, tüketim alışkanlıkları üzerinde önemli etkileri olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca çeşitli yaş grupları, farklı gelir seviyelerine, tüketim tercihlerine ve tasarruf eğilimlerine sahip olduğunu ve bundan dolayı, nüfus yapısındaki değişiklikler, toplam tüketim harcamalarının ve tüketim kompozisyonunun da değişmesine neden olabileceğini ifade etmişlerdir. Kırıcı Çevik ve Kıran (2022) araştırmalarında bireylerin yaşam döngüleri içerisinde ihtiyaçları, beğenileri ve toplumsal konumları farklılaşacağından yaşa bağlı olarak meydana gelen bu değişim ve dönüşümlerin tüketim tercihlerini de etkilediğini ifade etmişlerdir.

Toplumda sosyal statü belirleyicisi olarak kullanılan meslek, genellikle gelir düzeyiyle doğru orantılıdır diyebiliriz. Bir bireyin çalıştığı meslek, elde ettiği ekonomik gelirin yanı sıra çalışma ortamı, sosyal beklentiler, mesleki gereksinimler ve kişisel gelişimini büyük ölçüde etkileyebilir. Ayrıca haneye gelir kaynağı birkaç koldan sağlanıyorsa, halk arasında çift maaş, ek iş, babadan kalma gibi tabirlerle anılan diğer ekonomik kazançlar katkı veriyorsa bireylerin tüketim tercihlerinin değişimi kaçınılmaz olabilir. Literatüre bakıldığında da bu durumu destekler bulgular görülmektedir. Örneğin Korkmaz (2011) çalışmasında eğitim düzeyi arttıkça daha çok sosyal statü sağlayan meslekler arttığı için kişilerin beklentileri de artış göstereceğini dile getirmiştir. Karkacier ve Karabaş (2013) çalışmalarında özellikle kadınların eğitim düzeyi ve mesleki statüsü yükseldikçe iyi tarım uygulamaları kullanımının da yükseldiğini belirtmişlerdir. Kırıcı Çevik ve Kıran (2022) çalışmalarında mesleğin çoğunlukla eğitim ile birebir bağlantılı olduğunu ve bireylerin meslekleri aynı zamanda gelirlerini, gelirleri de sosyal çevrelerini, konut tiplerini ve yaşam yerleri gibi pek çok noktayı etkilediğini belirtmişlerdir.

Hanedeki kişi sayısı değişim gösterdikçe ekonomiye de bağlı olarak tüketim tercihleri de değişim gösterebilir. Kalabalık hanelerde ekonomik gelirden kısıtlılık var ise ucuz ve temel ihtiyaçların tüketimi ön plana çıkabileceğinden dolayı tüketim tercih sıralaması ekonomik geliri iyi ve az bireyli hane halklarına göre değişim göstermesi beklenebilir. Hanelerde kişi sayısı arttıkça tüketiminde artması görülebilir. Literatüre bakıldığında hanedeki kişi sayısının artmasıyla tüketim harcamalarının da arttığını gösteren çalışmalara rastlanmıştır. Nitekim, Kırıcı Çevik ve Kıran (2022) çalışmalarında hanedeki kişi sayısı arttıkça tüketim harcamalarının da arttığını ifade etmişlerdir.

Tablo 3. CHAID Analizi Sınıflandırma Sonuçları

Gözlemlenen	Tahmin Edilen				
	Sağlıklı Olduğu İçin	Alışkanlık Olduğu İçin	Ucuz Olduğu İçin	Kokusunu Seviyorum	Doğruluk Yüzdeleri
Sağlıklı Olduğu İçin	44	20	0	0	68,8%
Alışkanlık Olduğu İçin	14	111	0	0	88,8%
Ucuz Olduğu İçin	1	3	1	0	20,0%
Kokusunu Seviyorum	0	1	0	0	0,0%
Genel Yüzdeler	30,3%	69,2%	0,5%	0,0%	80,0%

$$\text{Duyarlılık (Sensitivite)} = (GP / (GP+YN)) * 100 = (44/59)*100 = \%74$$

$$\text{Özgüllük (Spesifite)} = (GN / (YP+GN)) * 100 = 151/271*100 = \%88$$

$$\text{Test Geçerliliği} = ((GP+GN) / (GP+GN+YP+YN)) * 100 = ((44+151)/230)*100 = \%84 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Tablo 4. Bireylerin Meyve Tüketim Tercihleri

	n	%	
Meyve Tüketim Sıklığı	Her Gün	48	24,6
	Haftada Birkaç Gün	134	68,7
	On Beş Günde Bir	13	6,7
Meyve Tüketilen Mevsim	Sonbahar-Kış	20	10,3
	İlkbahar-Yaz	49	25,1
	Her Dönem	126	64,6
Meyve Tüketilen Öğün	Öğle Yemeği	2	1,0
	Akşam Yemeği	152	77,9
	Ara Öğün	23	11,8
	Her vakit	18	9,2
Meyve Tüketim Şekli	Taze Meyve	173	88,7
	Kuru Meyve	2	1,0
	Taze Meyve Suyu	2	1,0
	Tatlıların İçerisinde	1	,5
	Hepsi	17	8,7

Tablo 4'te haftada birkaç gün meyve tüketenlerin (%68.7, n=134) çoğunlukta olduğu görülmektedir, bu grup ilk sırada yer almaktadır. Her gün meyve tüketenlerin oranı ise %24.6 (%48) olarak

belirlenmiş ve ikinci sırayı almaktadır. Dolayısıyla meyve tüketim sıklığı, demografik faktörlere göre değişiklik gösterebilir diyebiliriz. Nitekim benzer şekilde Kağan vd. (2019) çalışmalarında meyve tüketim sıklığının gelir, yaş ve cinsiyete bağlı olarak farklılık gösterebileceğini belirtmişlerdir.

Sonbahar- kış aylarında meyve tüketenlerin %10,3 olduğu, ilkbahar-yaz aylarında meyve tüketenlerin %25,1 olduğu ve her dönem meyve tüketenlerin %64,6 olduğu Tablo 3'te verilmiştir. Bu durum, tüketicilerin mevsimsel meyve tercihlerini yansıtabilir. Literatürde yapılan araştırmalar, meyve ve sebze tüketiminin mevsimlere göre değiştiğini ve yaz aylarında taze olarak tüketiminin arttığını desteklemektedir (Rakıcıoğlu vd., 2002; Uzundikme ve Çakıroğlu, 2007).

Akşam yemeğinde meyve tüketim oranının %77,9 olduğu gözlemlenmiş ve ilk sırada yer aldığı Tablo 3'te verilmiştir. Ara öğünde meyve tüketimi %11,8 ve her vakit meyve tüketenler ise %9,2 olarak belirlenmiştir. Bu bulgular meyve tüketiminin genellikle akşam yemeğinde gerçekleştiğini göstermektedir. Literatüre bakıldığında çalışmamıza benzer araştırmaların olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin Onur vd. (2017) çalışmalarında ailelerin % 40,3'ü sebze-meyveleri genellikle akşam yemeğinde tükettiklerini belirtmişlerdir.

Taze meyve tüketimi Tablo 3'te görüldüğü üzere %88,7 ile ilk sırada yer almaktadır. Bu durum tüketicilerin meyve tüketimini taze olarak gerçekleştirdiklerini göstermektedir. Nitekim Kağan vd. (2019) araştırmalarında taze meyve tüketiminin diğer tüketimlere oranla daha çok olduğunu belirtmişlerdir.

Tablo 5'e göre, kayısı %19,5 ile en çok tercih edilen meyve olarak öne çıkmaktadır. İkinci sırada ise %11,8 ile elma gelmektedir. Bu tercihlerin arkasında, Iğdır ilinde kayısı üretiminin yoğun olması ve yerel olarak kolayca temin edilebilmesi gibi faktörlerin etkili olduğu düşünülmektedir (TÜİK, 2024). Ayrıca, Uçar ve Çakıroğlu'nun (2012) çalışmaları da genellikle en çok sevilen meyvelerin portakal, kiraz ve çilek olduğunu ortaya koymaktadır, bu da bölgesel tercihlerin genel eğilimleri yansıttığını göstermektedir.

Tablo 5. En Çok Sevdığınız Meyve Nedir

Meyveler	n	%	Meyveler	n	%	Meyveler	n	%
Çilek	7	3,6	Mandalina	16	8,2	Şeftali	6	3,1
Kayısı	38	19,5	Hurma	8	4,1	Kuru Üzüm	1	,5
Karpuz	13	6,7	Kiraz	18	9,2	Armut	1	,5
Elma	23	11,8	Muz	8	4,1	Kivi	4	2,1
Portakal	18	9,2	Greyfurt	1	,5	Ayva	3	1,5
Nar	9	4,6	İncir	3	1,5	Vişne	2	1,0
Üzüm	10	5,1	Kavun	6	3,1			

Sonuç ve Öneriler

Araştırma bulguları, meyve tüketimi üzerinde demografik faktörlerin önemli bir rol oynadığını ortaya koymuştur. Katılımcıların meslekleri, öğrenim düzeyleri, yaşları, hanedeki kişi sayıları ve aylık gelir düzeyleri gibi faktörlerin meyve tüketim tercihlerini belirlemede etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgular, bireylerin meyve tercihlerinin sadece kişisel zevklere değil, aynı zamanda sosyoekonomik durumlarına da bağlı olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlar ışığında, Iğdır ilinde sağlıklı beslenme politikaları geliştirilirken ve meyve tüketimi teşvik edilirken bu demografik farklılıkların dikkate alınması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca sağlık bilinci ve beslenme alışkanlıklarını iyileştirmeye yönelik daha etkili stratejilerin oluşturulmasına katkı sağlayacaktır. Özellikle düşük gelirli ve eğitim seviyesi düşük olan gruplara yönelik hedefli beslenme eğitimleri, ulaşılabilir fiyatlı ve çeşitli meyve seçeneklerinin sunulması ve yerel üretimi destekleyici politikalar, meyve tüketimini artırmada etkili olabilir.

Etik

Araştırma, Iğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulu Başkanlığı'nın 12.10.2023 tarihli ve 2023/19 sayılı kararı ile etik ve idari izinler alınarak gerçekleştirilmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

İbrahim hakkı Kadirhanoğulları  <https://orcid.org/0000-0002-9640-8910>


Kaynaklar

- Aksoy, M., Karademir, B., ve Kadirhanoğulları, İ. H. (2021). Organic agriculture comprehension of soil agriculture farmers in Amasya province of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 9(11), 2065-2072. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i11.2065-2072.4646>
- Alkaya, A. (2009). *Örnekleme kuramında ağırlıklandırma* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Gazi Üniversitesi,.
- Anonim, (2024a). Iğdır İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. <https://igdir.tarimorman.gov.tr/Menu/20/Ilimiz> adresinden 25 Haziran 2024 tarihinde alınmıştır.
- Anonim, (2024b). <https://www.nufusu.com/il/igdir-nufusu> adresinden 25 Haziran 2024 tarihinde alınmıştır.
- Bazzano, L. A. (2006). The role of fruit and vegetable consumption in human health and disease prevention. *Nutrition in Clinical Practice*, 21(3), 258-267.
- Behera, R. K., Rehman, A., Islam, M. S., Abbasi, F. A. ve Imtiaz, A. (2024). Intelligent machines as information and communication technology and their influence on sustainable marketing practices for beneficial impact on business performance: A conceptual framework. *Journal of Cleaner Production*, 475, 143676. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143676>
- Brug, J., de Vet, E., de Nooijer, J. ve Verplanken, B. (2006). Predicting fruit consumption: cognitions, intention, and habits. *Journal of nutrition education and behavior*, 38(2), 73-81. <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2005.11.027>
- Çabuk, S., Zeren, D., Südaş, H. D., Nakiboğlu, B., Araç, S. K., ve Arık, A. (2021). Adana İli Hane Halkı Tüketim Davranışları Üzerine Boylamsal Bir Araştırma. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 30(3), 10-27. <https://doi.org/10.35379/cusosbil.1013198>
- Çalış A, Kayapınar S, ve Çetinyokuş T. (2014). Veri madenciliğinde karar ağacı algoritmaları ile bilgisayar ve internet güvenliği üzerine bir uygulama. *Endüstri Mühendisliği Dergisi* 25(3), 2-19. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/endustrimuhendisligi/issue/46771/586362>
- Çamlıca H, ve Dişçi, R. (2008). Tanı testlerinde sınır değerlerin belirlenmesi. *Türk Onkoloji Dergisi* 23(1), 26-33. <https://dergipark.org.tr/en/pub/iuonkder/issue/1068/12111>
- Çevik, N. K. ve Kıran, R. E. (2022). Bireylerin tüketim tercihlerinde etkili olan sosyo-demografik faktörlerin belirlenmesi: Türkiye örneği. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 21(4), 1967-1988. <https://doi.org/10.21547/jss.1111790>
- Dölekoğlu, C. Ö., ve Yurdakul, O. (2004). Adana ilinde hane halkının beslenme düzeyleri ve etkili faktörlerin logit analizi ile belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi İİBF Dergisi*, 8, 62-86. <https://www.ajindex.com/dosyalar/makale/acarindex-1423868878.pdf>
- Erturk, Y. E., Geçer, M. K. ve Karadaş, K. (2016a). Iğdır ilinde kayısı üretimi ve pazarlaması. *VII. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu*, 4 - 07 Ekim, Isparta, Türkiye,

- Erturk, Y. E., Karadaş, K., ve Geçer, M. K. (2016b). Iğdır ilinde Elma Üretimi ve Pazarlaması. *VII. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu*, 4 - 07 Ekim, Isparta, Türkiye,
- Erturk, Y. E., ve Karadaş, K. (2016). Iğdır ilinde domates üretimi ve pazarlaması. *VII. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu*, 4 - 07 Ekim, Isparta, Türkiye,
- Fink, A. (2013). *How to Conduct Surveys: A Step-by-Step Guide*. SAGE Publications.
- Hassan, D., Monier-Dilhan, S., Nichèle, V., ve Simioni, M. (2009). Organic food consumption patterns in france. *PreConference Workshop, Diet and Obesity: Role of Prices and Policies, August 16*. <https://doi.org/10.2202/1542-0485.1269>
- Hazneci, E., Naycı, E. ve Çelikkan, G. (2022). Fındık üretiminde maliyet ve kârlılık analizi, Giresun İli örneği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59(3), 499-511. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.996921>
- Kadirhanoğulları, İ. H., Kadirhanoğulları, M. K., Kara, M. K. ve Kumlay, A. (2022b). Iğdır il'inde organik gıda bilgi düzeyinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(4), 882-889. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.890284>
- Kadirhanoğulları, M. K., Kadirhanoğulları, İ. H., ve Karadaş, K. (2022a). Tüketicilerin organik gıda ürün reklamından etkilenme faktörleri: *Iğdır ili örneği*. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59(1), 161-170. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.890284>
- Kağan, D. A., Özlü, T. ve Yurttaş, H. (2019). Yetişkin bireylerin probiyotik gıdaları bilme ve tüketme durumları üzerine bir araştırma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 556-563. <https://doi.org/10.31590/ejosat.598208>
- Karadas, K. ve Kadirhanogullari, I. H., (2017). Predicting honey production using data mining and artificial neural network algorithms in apiculture. *Pakistan Journal of zoology*, 49(5), 1611-1619. <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2017.49.5.1611.1619>
- Karadaş, K. (2020). Iğdır ili sebze üretim verileri ve ekonomik önemi. *Journal of the Institute of Science & Technology*, 10(4). <https://doi.org/10.21597/jist.718000>
- Karkacier, O. ve Karabaş, S. (2013). İyi tarım uygulamaları ve tüketici davranışları (logit regresyon analizi). *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 2013(2), 71-79. <https://doi.org/10.13002/jafag566>
- Kebapçı, H. ve Hatırlı, S. A. (2023). Hane halkı ev yapımı gıda tüketimi: Isparta örneği. *Oğuzhan Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(2), 143-159. <https://doi.org/10.55580/oguzhan.1383971>
- Kıran, R. E. (2021). *Bireylerin tüketim tercihlerinde etkili olan sosyo-demografik faktörlerin belirlenmesi: Türkiye örneği* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi.
- Korkmaz, N. (2011). *Kültürel farklılıkların dondurulmuş gıda tüketim kalıplarına etkisi: Polonya-Türkiye karşılaştırması*. [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Sakarya Üniversitesi.
- Onur, N., Sarper, F. ve Onur, F. (2017). Farklı sosyo-ekonomik düzeydeki ailelerin sebze-meyve tüketim durumları. *Journal of Tourism & Gastronomy Studies*, 5(1), 105-123. <https://doi.org/10.21325/jotags.2017.62>
- Oran, N. T., Toz, H., Küçük, T. ve Uçar, V. (2017). Medyanın kadınların beslenme alışkanlıkları, besin seçimi ve tüketimi üzerindeki etkileri. *Life Sciences*, 12(1), 1-13. <https://doi.org/10.12739/NWSA.2017.12.1.4B0008>
- Öztürk, D. (2024). Karadeniz bölgesinde yaşayan tüketicilerin fındığa yönelik tutumlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 12(5), 786-794. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v12i5.786-794.6813>

- Polat, E. (2017). Genç bireylerin turistik tercihlerinin belirlenmesi üzerine Balıkesir kent merkezinde bir araştırma. *Uluslararası Kültürel ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(2), 234-250.
- Rakıcıoğlu, N., Fidancı, G., ve Kırıl, S. (2002). Sebze ve meyve tüketimine etki eden etmenlerin saptanmasına yönelik bir çalışma. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 31(1), 18-31. <https://beslenmevediyetdergisi.org/index.php/bdd/article/view/478>
- Sackett, D. L. (1973). The usefulness of laboratory tests in health-screening programs. *Clin Chem*, 19(4), 366-372. <https://doi.org/10.1093/clinchem/19.4.366>
- Sezer, Z. A. (2023). Çıplak İstatistik'e Bakış. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(3), 1025-1034. <https://doi.org/10.18037/ausbd.1326153>
- SurveyMonkey, (2024). <https://tr.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/> adresinden 25 Haziran 2024 tarihinde alınmıştır.
- Tanyeri, M. T. ve Arısoy, H. (2023). Tüketicilerin meyve ve sebze tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi: Ankara ili örneği. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 27-42. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tead/issue/78315/1268596>
- Türkiye İstatistik Kurumu, (2024). <https://www.tuik.gov.tr/> adresinden 25 Haziran 2024 tarihinde alınmıştır.
- Uçar, A. ve Çakıroğlu, F. P. (2012). Farklı sosyo-ekonomik düzeye sahip ilköğretim öğrencilerinin meyve tüketimleri. *Ankara Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1(1), 91-104. https://doi.org/10.1501/Asbd_0000000007
- Uzundikme, F. ve Çakıroğlu, F. P. (2007). *Yaşlılıkta sebze ve meyve tüketimi*. Ankara Üniversitesi Basım Evi.
- World Health Organization, (2019). <https://www.who.int/> adresinden 25 Haziran 2024 tarihinde alınmıştır.
- Xue, Y., Tang, C., Wu, H., Liu, J. ve Hao, Y. (2022). The emerging driving force of energy consumption in China: does digital economy development matter? *Energy Policy*, 165, 112997. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112997>

Bazı Aspir Çeşitlerinde Farklı Ekim Zamanı Uygulamalarının Agronomik Parametrelerine Etkisi

Nurettin Baran¹ 

¹Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknoloji Bölüm, Muş

Geliş Tarihi / Received Date: 30.10.2024

Kabul Tarihi / Accepted Date: 09.12.2024

Öz

Bu çalışma, 2022-23 yıllarında farklı ekim zamanı uygulamaları bakımından bazı aspir çeşitlerinin agronomik faktörlerini incelemek amacıyla tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 tekrarlı olarak yürütülmüştür. Araştırmada, 4 farklı ekim zamanı (1 Kasım, 15 Kasım, 30 Kasım, 15 Aralık) ve 2 farklı aspir çeşidi (dinçer ve safir) kullanılmıştır. Denemede; bitki boyu, bitkide yan dal sayısı, ilk dal yüksekliği, gövde çapı, tabla sayısı, tabla çapı, dekara tohum verimi ve yağ oranı gibi parametreler incelenmiştir. Çalışma sonucuna göre tüm parametrelerde birinci ekim zamanının (1 Kasım) en uygun ekim zamanı olduğu tespit edilmiştir. Dekara tohum verimi en fazla 89,48 kg ile 1. ekim zamanı (1 Kasım), en az ise 40,89 kg ile 4. ekim zamanı (15 Aralık) uygulamasından elde edilmiştir. Yağ oranı en fazla %24,23 ile 1. ekim zamanı (1 Kasım), en az ise %19,11 ile 4. ekim zamanı (15 Aralık) uygulamasından saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Carthamus tinctorius*, aspir, ekim zamanı, tohum verim

The Effect of Different Sowing Dates Application on Agronomic Parameters in Some Safflower Varieties

Abstract

This study was carried out in 2022-23 to investigate the agronomic traits of some safflower cultivars in terms of different sowing time treatments according to the split-plot experimental design in randomized blocks with 4 replications. In the study, 4 different sowing times (November 1, November 15, November 30, December 15) and 2 different safflower varieties (dinçer and sapphire) were used. Parameters such as plant height, number of lateral branches, first branch height, stem diameter, number of head, head diameter, seed yield per decare and oil content were analyzed in the experiment. According to the results of the study, it was determined that the first sowing time (November 1) was the most suitable sowing time in all parameters. The highest seed yield per decare was obtained from the 1st planting time (November 1) with 89.48 kg and the lowest seed yield was obtained from the 4th planting time (December 15) with 40.89 kg. The highest oil content (24.23%) was obtained at the 1st planting time (November 1) and the lowest (19.11%) was obtained at the 4th planting time (December 15).

Keywords: *Carthamus tinctorius*, safflower, sowing dates, seed yield

Giriş

Bitkiler, insanlığın var oluşundan beri farklı amaçlar için değerlendirilmiştir. İlk zamanlarda beslenme, barınma, yakıt ve birçok hastalığın tedavisinde kullanılırken son zamanlarda ise teknoloji durumları göz önünde bulundurularak enerji, biyodizel, ilaç, gıda ve kozmetik gibi birçok alanda bitkilerin kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır (Göktaş ve Gıdık, 2019).

İnsan ve hayvan beslenmesinde yağlı tohumlu bitkiler ülkemizin coğrafi konumu ve ekolojik faktörler bakımından oldukça önem arz etmektedir (Andırman ve Baran, 2023). Bu bitkiler arasında %70'lik oranla ayçiçeği bitkisi ülkemizde ilk sırada yerini almaktadır. Daha sonra ise yıllara göre değişmekle birlikte soya, çığıt, aspir, kolza ve susam gibi birçok alternatif yağlı tohumlu bitkilerinin tarımsal üretimi düşmekte ve yükselmektedir (Baran ve Andırman, 2022).

Aspir yazlık ve kışlık olarak tek yıllık yetiştiriciliği yapılan kayda değeri yüksek bir yağ bitkisidir (Eslam vd., 2010; Gürsoy vd., 2018). Bu bitkinin yeşil aksamı, Pakistan ve Hindistan gibi ülkelerde farklı hastalık problemlerinde tedavi amaçlı olarak kullanılmasıyla birlikte (Han vd., 2009) çiçek kısımları ise kozmetik, gıda, doğal boya ve ilaç gibi değişik sektörlerde değerlendirilmektedir (Abd El-Mohsen ve Mahmoud, 2013; Dajue ve Mundel, 1996). Aspir bitkisinin tohumlarında bulunan yağ oranı %13-46 arasında değişmesi ile birlikte elde edilen yağın %90'ı doymamış yağ asitlerinden (oleik ve linoleik asit) meydana gelmektedir (Belgin vd., 2007; Beyyavas ve Haliloglu, 2021).

Son yıllarda, gıda ve sağlık alanındaki faydalarıyla dikkat çeken aspir, özellikle omega-3 ve omega-6 yağ asitleri bakımından zengin olması nedeniyle kalp sağlığını destekler ve inflamasyonu azaltabilir olmasından dolayı beslenme bilimlerinde önemli bir yere sahiptir. Bunun yanı sıra, susuzluk toleransı yüksek olan bu bitki, kurak koşullarda bile verimli bir şekilde yetiştirilebilmesi nedeniyle tarımsal sürdürülebilirlik açısından da önemli alternatif bir yağ bitkidir. Aspirin özellikleri arasında yer alan derin kazık kök yapısına sahip olmasından dolayı hem erozyonu önlemekte hem de kökleri derinliklere rahat bir şekilde inmesiyle toprağın havalanmasını sağlamaktadır. Aspir bitkisi sapa kalkma döneminden sonra yabancı otların gelişimini bastırmakta ve bununla birlikte tarıma elverişli olmayan alanlarda yetiştiricilik yapılarak hem toprak yapısının iyileştirilmesi hem de çiftçilere alternatif bir ürün kazandırılarak ek gelir kaynağı olacağı düşünülmektedir.

Dünyadaki aspir üretim alanı 816 bin ha, üretim miktarı 653 bin ton, verimi ise 800 kg/ha'dır. Kazakistan, Rusya, ABD, Meksika, Türkiye ve Hindistan gibi ülkeler aspir üreticileri olarak kayda değer sıralarda bulunmaktadır. Bu ülkeler dünyadaki aspir üretiminin %95'ni karşılamaktadırlar (FAO, 2022). TÜİK verilerine göre ülkemizde 2023 yılı ekilen alan 321.298 dekar olan aspir yetiştiriciliğinde aynı yıla ait üretim miktarı 39.000 ton olarak kayıtlara geçmiştir. En çok üretim yapılan iller sırasıyla Kayseri, Isparta ve Konya'dır. Bu iller toplam üretimin %50'sinden fazlasını üretmektedir. Ülkemizde aspir ortalama tohum verimi 121 kg/da'dır (TÜİK, 2024).

Kültür bitkilerinden elde edilen verim; genotip, çevre ve agronomik faktörlere göre değişkenlik göstermektedir (Sarıkaya ve Tatar, 2023). Verim ve verim parametreleri bakımından iyi bir sonuç elde etmek için agronomik faktörler bitkinin performansını en iyi şekilde yansıtacak uygulamalardır. Bu amacı gerçekleştirmek için bölgeye uygunluğu tespit edilmiş çeşitler ile uygun ekim zamanının belirlenmesi önem taşımaktadır (Sarıkaya vd., 2023).

Ekim zamanı bitkilerin çimlenme, bitki büyüme süreçleri, bitki gelişimi, verim ve kalite parametrelerini önemli ölçüde etkilemektedir. Ekim zamanı doğru belirlenmediği takdirde bitki çıkışları düzensiz olabileceği gibi bazen bitkiler toprak yüzeyine çıkamamaktadır (Tekin vd., 2021). Uygun zamanda yapılan ekim işlemi, diğer kültür bitkilerinde olduğu gibi aspir bitkisinin verim ve verim özelliklerini önemli derecede artırabilmektedir. Aspir soğuk koşullara karşı diğer yağlı tohumlu bitkilere göre daha dayanıklı olmasından dolayı kış ayları daha ılıman geçen bölgelerde sonbaharda ekim; kışları sert ve soğuk geçen bölgelerde ise ilkbaharda ekim işlemi gerçekleştirilebilir (Baydar ve Erbaş, 2007). Erken ekim işlemi bilhassa kurak şartlarda daha önemlidir (İnan, 2020).

Yerel koşullar, iklim ve ürün ihtiyacına göre doğru ekim zamanının belirlenmesi, bitki gelişimi, tohum verimi, kalite, hastalık ve zararlılara dayanıklılık açısından ürün yetiştiriciliğinde başarının anahtarı olarak kabul edilmektedir. Bu çalışma Batman/Sason ilçesinde aspir üretim potansiyelinin araştırılması ve uygun ekim zamanının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Deneme iki farklı aspir çeşidi ile dört farklı ekim zamanı çalışma sonucunda; tarımsal açıdan en uygun çeşit ve ekim zamanı belirlenerek aspir üretim alanlarının teşvik edilmesi, ıslah edilen çeşitlerin geliştirilmesi ve hem ülkenin hem de bölgenin mevcut yağ ihtiyacının karşılanmasında katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Materyal ve Yöntem

Bu araştırma, Batman ilinin Sason ilçesinde, yağışa bağlı olarak 2022-23 yetiştirme sezonunda, iki aspir çeşidi (dinçer ve safir) ve dört farklı ekim zamanı (1 Kasım, 15 Kasım, 30 Kasım, 15 Aralık) uygulanarak tesadüf bloklarında bölünen parseller deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Her parselde, sıra üzeri mesafe 10 cm, sıra aralığı 20 cm olacak şekilde 6 sıra, parsel boyu 5 m ve bloklar arası 2 m boşluk olacak şekilde kurulmuştur. Denemede kullanılan gübre, ekimden önce tabana 15 kg DAP (18-46-0) ve üst gübre olarak da 25 kg/da üre (46-0-0) uygulanmıştır. Fosforun tamamı ekim işlemi ile birlikte geri kalan azot miktarı ise sapa kalkma döneminde uygulanmıştır. Bitkiler rozetleme döneminde (3-5 yapraklı) çapa işlemi yapılarak hem yabancı ot mücadelesi hem de toprağın havalanması sağlanmıştır. 1. hasat 25.07.2023, 2. hasat 05.08.2023, 3. hasat 15.08.2023 ve 4. hasat ise 25.08.2023 tarihinde her parselin kenar sıralarının tamamı ve orta sıradaki bitkilerin uç kısımlarından 25 cm kenar tesiri olacak şekilde bırakılarak parselde geri kalan tüm bitkiler elle hasat işlemi yapılmıştır. Araştırmada, bitki boyu (cm), bitkide yan dal sayısı (adet/bitki), ilk dal yüksekliği (cm), gövde çapı (mm), tabla sayısı (adet/bitki), tabla çapı (mm), tohum verimi (kg/da) ve yağ oranı (%) gibi verim ölçerleri incelenmiştir.

Deneme alanının toprak özelliğini belirlemek için derinliği 0-30 cm olacak şekilde toprak numuneleri alınmıştır. Yapılan toprak analizi sonucuna göre alanın toprak yapısı killi-tınlı olup, pH değeri 7.39, tuzluluk oranı düşük, organik madde miktarı ve fosfor bakımından oldukça düşük, potasyum bakımından ise yüksek oranda bulunmaktadır. Batman ili Sason ilçesinin iklimi soğuk ve ılıman olup yaz mevsimine göre kış aylarında daha fazla yağış düşmektedir. Aspir bitkisinin 2022/23 yetiştirme sezonunda ilçede en yüksek sıcaklık 29.4 °C ile temmuz ayında ve en düşük ise 1,8 °C ile ocak ayında görülmüştür. Uzun yıllara ait sıcaklık değerlerine göre en yüksek 30.2 °C ile temmuz ayında, en düşük ise 2.5 °C ile ocak ayında meydana gelmiştir. Yetiştirme sezonunda, en düşük yağış miktarı 2 mm ile temmuz ve ağustos aylarında, en yüksek ise 96.0 mm ile mart ayında görülmektedir. Nem oranı bakımından en yüksek aralık ayında (%89.0) en düşük ise ağustosta (%18.3) meydana gelmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Denemenin Yürütüldüğü Sason İlçesine ait İklim Verileri

Aylar	Aylık Sıcaklık Ort. (°C)		Yağış (mm)		Nem (%)	
	UYO	2022/23	UYO	2022/23	UYO	2022/23
Kasım	9.7	10.4	60.4	77.0	66.0	77.7
Aralık	4.4	4.7	38.2	85.0	73.2	89.0
Ocak	2.5	1.8	60.4	86.0	57.9	68.0
Şubat	4.6	3.6	25.2	88.0	57.2	63.7
Mart	9,2	8.5	154.6	96.0	60.2	64.1
Nisan	14.4	14.0	109.8	95.0	60.0	58.5
Mayıs	19.4	19.0	88.3	58.0	54.4	51.2
Haziran	26.0	24.6	0.0	12.0	27.4	27.6
Temmuz	30.2	29.4	0.0	2.0	16.2	18.7
Ağustos	29.6	28.8	1.3	2.0	16.4	18.3

Batman Valiliği Meteoroloji Müdürlüğü

Araştırma sonucunda elde edilen veriler, JMP Pro 13 Paket Programı kullanılarak tesadüf bloklarında bölünen parseller deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş ve tespit edilen ortalama

değerler arasındaki farklılıklar, LSD testi kullanılarak önemlilik derecesinde karşılaştırma işlemi yapılmıştır. Görsel grafikler, karşılaştırmalar GraphPad Prism 9 (GraphPad Software, USA) yazılımı yardımıyla, ısı haritası ise Heatmap clustering-ClustVis yardımıyla oluşturulmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Bitki Boyu (cm): Varyans analiz sonucuna göre ekim zamanı uygulamaları istatistiki olarak 0.01 düzeyinde önemli, çeşit ve ekim zamanı x çeşit interaksyonu ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 2).

Bitki boyu ortalamaları farklı ekim zamanı uygulamaları sonucunda 38,87-70,71 cm arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada bitki boyu en yüksek 70,71 cm ile 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en düşük ise 38,87 cm ile 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan tespit edilmiştir (Şekil 2). Ekim zamanı x çeşit interaksyonu bakımından bitki boyu en fazla 70,80 cm ile dinçer çeşidinden ve 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en az ise 37,15 cm ile safir çeşidinden ve 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan saptanmıştır (Şekil 1).

Bazı araştırmacıların aspir bitkisinin bitki boyu değerlerine ait yaptıkları çalışma sonuçlarına göre; Andırman ve Karaaslan (2021), 73,76-93,24 cm; Arslan ve Culpan (2020), 58,93-77,70 cm; Boydak vd. (2024), 28,53-34,69 cm; Gök ve Ekin (2019), 49,88-69,00 cm; Gürsoy vd. (2018), 101,8-126,1 cm; Öner ve Şeker (2020), 82,3-107,6 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Tablo 2. Bitki Boyuna (cm) ait Ortalama Değerler

Çeşitler	Ekim Zamanı x Çeşit ^{ÖD}				Çeşit Ortalaması ^{ÖD}
	1	2	3	4	
Dinçer	70,8	65,53	51,78	40,59	57,18
Safir	70,63	57,93	53,65	37,15	54,84
Ekim Zamanı Ortalaması **	70,71 a	61,73 b	52,72 c	38,87 d	
LSD			0,24		
CV			12,06		

** : $p \leq 0.01$ Düzeyinde, * : $p \leq 0.05$, Düzeyinde Önemli, ÖD: Önemli Değil

Yan Dal Sayısı (adet/bitki): Varyans analiz sonuçlarına göre farklı ekim zamanı uygulamaları 0.01 ve çeşitler arası 0.05 düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunurken, ekim zamanı x çeşit interaksyonu ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 3). Bitkide yan dal sayısı ortalamaları farklı ekim zamanı uygulamaları sonucunda 2,29-6,19 adet arasında olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, bitkide yan dal sayısı en yüksek 6,19 adet ile 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en düşük ise 2,29 adet ile 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan tespit edilmiştir (Şekil 2). Çeşitler arasında 4,28 adet ile dinçer çeşidi ilk sırayı alırken, ikinci sırayı ise 3,79 adet ile safir çeşidi yer almaktadır (Şekil 1). Ekim zamanı x çeşit interaksyonu bakımından bitkide yan dal sayısı en fazla 6,63 adet ile dinçer çeşidinden ve 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en az ise 2,13 adet ile safir çeşidinden ve 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan saptanmıştır. Literatürde aspir bitkisine ait yan dal sayısı; Andırman ve Karaaslan (2021), 4,36-5,53 adet/bitki; Arslan ve Güler (2022), 13,47-15,40 adet/bitki arasında olduğunu belirtmişlerdir. Bitkide yan dal sayısının farklı olması; çalışmada kullanılan çeşitlerin genetik bakımından değişkenlik göstermesi, iklim ve ekim zamanları uygulamalarının farklı olması gibi özelliklerden kaynaklı olduğu söylenebilir.

Tablo 3. Yan Dal Sayısına (adet/bitki) ait Ortalama Değerler Tablosu

Çeşitler	Ekim Zamanı x Çeşit ^{ÖD}				Çeşit Ortalaması*
	1	2	3	4	
Dinçer	6,63	4,2	3,85	2,45	4,28 a
Safir	5,75	3,74	3,55	2,13	3,79 b
Ekim Zamanı Ortalaması**	6,19 a	3,97 b	3,7 b	2,29 c	
LSD			0,019		
CV			13,34		

** : $p \leq 0.01$ düzeyinde, * : $p \leq 0.05$, düzeyinde önemli, ÖD: Önemli Değil

İlk Dal Yüksekliği (cm): Varyans analiz sonucuna göre ekim zamanı uygulamaları istatistiki olarak 0.01 düzeyinde önemli, çeşit ve ekim zamanı x çeşit interaksyonu ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 4).

İlk dal yüksekliği ortalamaları farklı ekim zamanı uygulamaları sonucunda 31,27-56,25 cm arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada ilk dal yüksekliği en yüksek 56,25 cm ile 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en düşük ise 31,27 cm ile 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan tespit edilmiştir (Şekil 2). Ekim zamanı x çeşit interaksyonu bakımından ilk dal yüksekliği en fazla 58,05 cm ile safir çeşidinden ve 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en düşük ise 29,92 cm ile safir çeşidinden ve 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan saptanmıştır (Şekil 1).

Tablo 4. İlk Dal Yüksekliğine (cm) ait Ortalama Değerler

Çeşitler	Ekim Zamanı x Çeşit ^{ÖD}				Çeşit Ortalaması ^{ÖD}
	1	2	3	4	
Dinçer	54,45	55,48	45,53	32,62	47,02
Safir	58,05	48,33	41,78	29,92	44,52
Ekim Zamanı Ortalaması **	56,25 a	51,90 a	43,65 b	31,27 c	
LSD				0,24	
CV				14,96	

***: p*≤0.01 Düzeyinde, **: p*≤0.05, Düzeyinde Önemli, ÖD: Önemli Değil

Tabla Sayısı (adet/bitki): Varyans analiz sonucuna göre ekim zamanı uygulamaları istatistiki olarak 0.01 düzeyinde önemli, çeşit ve ekim zamanı x çeşit interaksyonu ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 5).

Bitkide tabla sayısı ortalamaları değişik ekim zamanı uygulamaları sonucunda 1,66- 6,8 adet arasında olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, bitkide tabla sayısı en yüksek 6,8 adet ile 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en düşük ise 1,66 adet ile 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan tespit edilmiştir (Şekil 2). Ekim zamanı x çeşit interaksyonu bakımından bitkide tabla sayısı en fazla 7,18 adet ile dinçer çeşidinden ve 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en az ise 1,5 adet ile dinçer çeşidinden ve 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan saptanmıştır (Şekil 1). Andırman ve Karaaslan (2021), 10,18-16,82 adet/bitki; Arslan ve Güler (2022), 12,58-16,49 adet/bitki; Boydak vd. (2024), 3,98- 4,60 adet/bitki arasında olduğunu belirtmişlerdir. Aspir de bitki başına tabla sayısı, tohum verimini doğrudan etkileyen faktör olması ile birlikte bölgenin ekolojik şartlarından da etkilenmektedir (Uysal vd., 2006).

Tablo 5. Tabla Sayısına (adet/bitki) ait Ortalama Değerler

Çeşitler	Ekim Zamanı x Çeşit ^{ÖD}				Çeşit Ortalaması ^{ÖD}
	1	2	3	4	
Dinçer	7,18	4,8	3,4	1,5	4,22
Safir	6,43	4,55	4,73	1,83	4,39
Ekim Zamanı Ortalaması**	6,8 a	4,68 b	4,07 b	1,66 c	
LSD				0,041	
CV				19,01	

***: p*≤0.01 Düzeyinde, **: p*≤0.05, Düzeyinde Önemli, ÖD: Önemli Değil

Tabla Çapı (mm): Varyans analiz sonucuna göre ekim zamanı uygulamaları istatistiki olarak 0.01 düzeyinde önemli, çeşit ve ekim zamanı x çeşit interaksyonu ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 6).

Tabla çapı ortalamaları değişik ekim zamanı uygulamaları sonucunda 13,26-21,22 mm arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada tabla çapı en yüksek 21,22 mm ile 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en düşük ise 13,26 mm ile 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan elde edilmiştir (Şekil 2). Ekim zamanı x çeşit interaksyonu bakımından tabla çapı en fazla 21,84 mm ile safir çeşidinden ve 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en düşük ise 13,17 mm ile dinçer çeşidinden ve 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan saptanmıştır (Şekil 1).

Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda; Tabla çapı Andırman ve Karaaslan (2021), 24,38-26,43 mm; Arslan ve Güler (2022), 22,9-24,0 mm; Gök ve Ekin (2019), 19,1-22,4 mm arasında tespit etmişlerdir.

Tablo 6. Tabla Çapına (mm) ait Ortalama Değerler

Çeşitler	Ekim Zamanı x Çeşit ^{ÖD}				Çeşit Ortalaması ^{ÖD}
	1	2	3	4	
Dinçer	20,6	19,13	17,1	13,17	17,5
Safir	21,84	18,89	18,33	13,35	18,10
Ekim Zamanı Ortalaması**	21,22 a	19,01 b	17,72 b	13,26 c	
LSD				0,057	
CV				9,03	

** : $p \leq 0.01$ Düzeyinde, * : $p \leq 0.05$, Düzeyinde Önemli, ÖD: Önemli Değil

Gövde Çapı (mm): Varyans analiz sonuçlarına göre değişik ekim zamanı uygulamalarının 0.01 ve ekim zamanı x çeşit interaksyonu 0.05 düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunurken çeşitler arasında ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 7). Gövde çapı ortalamaları değişik ekim zamanı uygulamaları sonucunda 1,59- 3,35 mm arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada gövde çapı en yüksek 3,35 mm ile 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en düşük ise 1,59 mm ile 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan elde edilmiştir (Şekil 2). Ekim zamanı x çeşit interaksyonu bakımından gövde çapı en fazla 3,62 mm ile dinçer çeşidinden ve 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en düşük ise 1,58 mm ile safir çeşidinden ve 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan saptanmıştır (Şekil 1). Andırman ve Karaaslan (2021), gövde çapını 5,82-6,88 mm arasında olduğunu belirtmişlerdir.

Tablo 7. Gövde Çapına (mm) ait Ortalama Değerler

Çeşitler	Ekim Zamanı x Çeşit *				Çeşit Ortalaması ^{ÖD}
	1	2	3	4	
Dinçer	3,62 a	2,92 b-c	2,24 d	1,59 e	2,59
Safir	3,08 b	2,52 c-d	2,49 c-d	1,58 e	2,42
Ekim Zamanı Ortalaması**	3,35 a	2,72 b	2,37 c	1,59 d	
LSD				0,01	
CV				11,51	

** : $p \leq 0.01$ Düzeyinde, * : $p \leq 0.05$, Düzeyinde Önemli, ÖD: Önemli Değil

Tohum Verimi (kg/da): Varyans analiz sonucuna göre ekim zamanı uygulamaları istatistiki olarak 0.01 düzeyinde önemli, çeşitler arası ve ekim zamanı x çeşit interaksyonu ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 8).

Dekara tohum verimi ortalamaları değişik ekim zamanı uygulamaları sonucunda 40,87-89,48 kg arasında değiştiği saptanmıştır. Çalışmada dekara tohum verimi en yüksek 89,48 kg ile 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en düşük ise 40,87 kg ile 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan elde edilmiştir (Şekil 2). Ekim zamanı x çeşit interaksyonu bakımından ise en fazla dekara tohum verimi 95,53 kg ile dinçer çeşidinden ve 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en düşük ise 40,46 kg ile dinçer çeşidinden ve 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan tespit edilmiştir (Şekil 1).

Bazı araştırmacılar tarafından yapılan tohum verimine ait çalışmalarda; Arslan ve Güler (2022), 173,33-225,20 kg/da; Boydak vd. (2024), 67,27-77,99 kg/da; Gök ve Ekin (2019), 83,8-158,5 kg/da; Gürsoy vd. (2018), 104,0-157,7 kg/da arasında olduğunu belirtmişlerdir.

Dekara tohum verimi değerleri arasında oluşan bu farklılıklar araştırmacıların yaptığı bölgenin ekolojik şartları, ekim zamanı uygulamaları, kültürel faaliyetler ve çeşitlerin genetik özelliklerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 8. Tohum Verimine (kg/da) ait Ortalama Değerler

Çeşitler	Ekim Zamanı x Çeşit ^{ÖD}				Çeşit Ortalaması ^{ÖD}
	1	2	3	4	
Dinçer	95,53	62,8	53,3	40,46	63,02
Safir	83,42	57,25	59,42	41,31	60,35
Ekim Zamanı Ortalaması**	89,48 a	60,03 b	56,36 b	40,87 c	
LSD				0,38	
CV				17,30	

***p*≤0.01 Düzeyinde, **p*≤0.05, Düzeyinde Önemli, ÖD: Önemli Değil

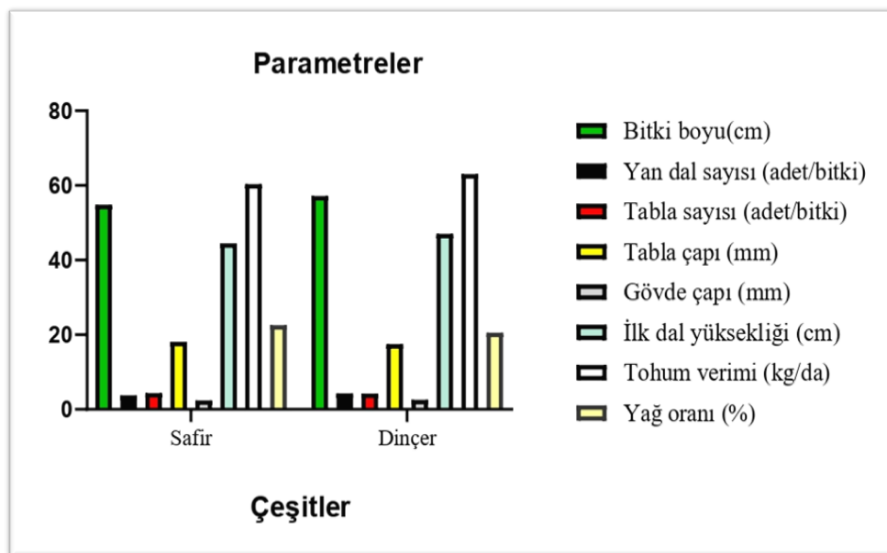
Yağ Oranı (%): Varyans analiz sonuçlarına göre farklı ekim zamanı uygulamalarının ve çeşitler arası 0.01 düzeyinde istatistiksel olarak önemli, ekim zamanı x çeşit interaksiyonu ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 9). Farklı ekim zamanı uygulamaları sonucunda elde edilen yağ oranı ortalamaları %19,12-24,23 arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada yağ oranı en yüksek %24,23 ile 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en düşük ise %19,12 ile 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan elde edilmiştir (Şekil 2). Çeşitler arasında %22,55 ile safir çeşidi ilk sırayı alırken, ikinci sırayı ise %20,57 ile dinçer çeşidi yer almaktadır. Ekim zamanı x çeşit interaksiyonu bakımından yağ oranı en yüksek %25 ile safir çeşidinden ve 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en düşük ise %18,03 ile dinçer çeşidinden ve 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan saptanmıştır (Şekil 1).

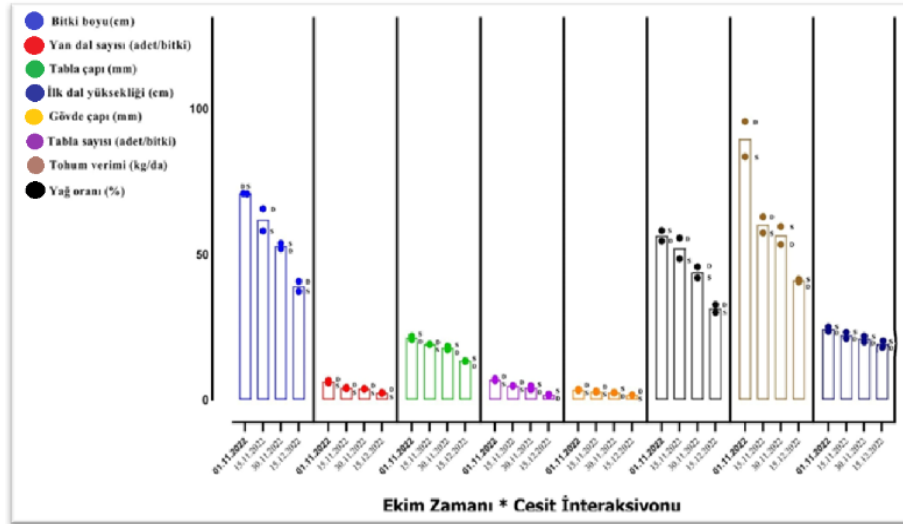
Yapılan çalışmalarda yağ oranı; Arslan ve Culpan (2020), %28,14-36,7; Arslan ve Güler (2022), %41,22-41,50; Gök ve Ekin (2019), %22,5-24,6; Sefaoğlu ve Özer (2022), %18,09-19,07 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Tablo 9. Yağ Oranına (%) ait Ortalama Değerler

Çeşitler	Ekim Zamanı x Çeşit ^{ÖD}				Çeşit Ortalaması**
	1	2	3	4	
Dinçer	23,45	20,95	19,83	18,03	20,57 b
Safir	25	23,15	21,83	20,2	22,55 a
Ekim Zamanı Ortalaması**	24,23a	22,05 b	20,83 c	19,12 d	
LSD				0,03	
CV				3,89	

***p*≤0.01 Düzeyinde, **p*≤0.05, Düzeyinde Önemli, ÖD: Önemli Değil

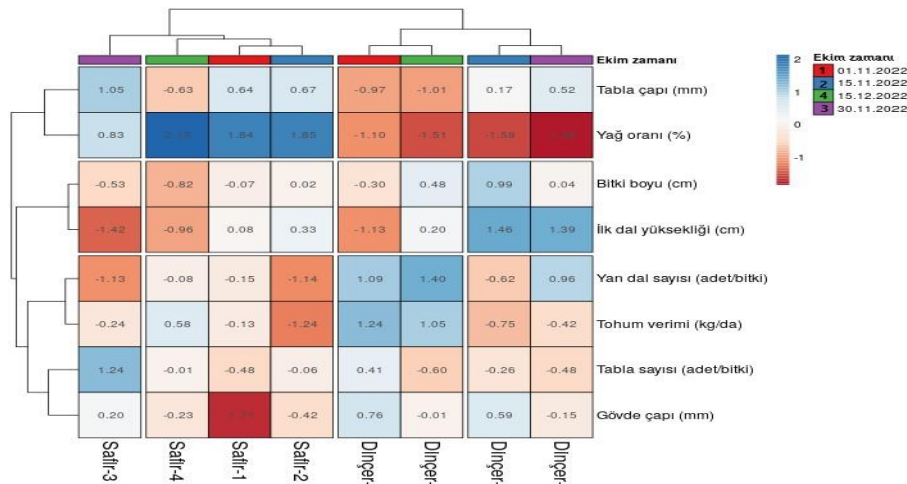
**Şekil 1.** GraphPad Prism 9 Yardımıyla İncelenen Çeşitlerin Özellikleri Bakımından Karşılaştırılması



Şekil 2. GraphPad Prism 9 Yardımıyla Çeşitlerin Ekim Zamanı Bakımından Karşılaştırılması

Ekim Zamanı ve İncelenen Özelliklerin Isı Haritası Kümelemesi

Ekim zamanı, ısı haritası grafiğine göre iki ana kümeden oluşmuştur. 1. ana kümede; safir çeşidinin farklı ekim zamanları, 2. ana kümede ise dinçer çeşidinin farklı ekim zamanları yer almaktadır (Şekil 3). İncelenen özellikler bakımından da iki ana küme meydana gelmiştir. 1. ana kümede; tabla çapı (mm) ve yağ oranı (%) özellikleri bulunurken, 2. ana kümede ise bitki boyu (cm), tohum verimi (kg/da), gövde çapı (mm), tabla sayısı (adet/bitki), ilk dal yüksekliği (cm) ve yan dal sayısının (adet/bitki) özellikleri yer aldığı görülmüştür. Isı haritasında bulunan renk skalaları kırmızı ve tonları daha yüksek, mavi ve tonları ise daha düşük bir ilişkiye sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3). Isı haritalama grafiği ekim zamanı, incelenen özellikler ve çeşitler aralarındaki ilişkileri saptamak için kullanılan görsel bir bağlantıdır (Baran vd., 2022). Kümelemede tespit edilen sonuçlar çeşitler arası farklı ekim zamanı uygulamalarının ciddi bir negatif etki olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca kümeleme analizinde meydana gelen bu negatif etki çalışmada kullanılan diğer analiz sonuçları ile örtüşmektedir.



Şekil 3. Isı Haritasına Göre Ekim Zamanı ve Çeşit Özelliklerinin Kümelenmesi

Sonuç ve Öneriler

Kuru koşullarda, farklı ekim zamanı uygulamaları 2022/23 yetiştirme döneminde yağışa bağlı olarak yürütülen bu çalışma sonucunda, ekim zamanı x çeşit etkileşimi bakımından bitki boyu en fazla 70,80 cm ile dinçer çeşidinden ve 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en az ise 37,15 cm ile safir

çeşidinden ve 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan saptanmıştır. İlk dal yüksekliği en fazla 58,05 cm ile safir çeşidinden ve 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en düşük ise 29,92 cm ile safir çeşidinden ve 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan elde edilmiştir. Tabla sayısı en fazla 7,18 adet ile dinçer çeşidinden ve 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en az ise 1,5 adet ile dinçer çeşidinden ve 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan saptanmıştır. Ekim zamanı x çeşit interaksiyonu bakımından tabla çapı en fazla 21,84 mm ile safir çeşidinden ve 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en düşük ise 13,17 mm ile dinçer çeşidinden ve 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan elde edilmiştir. Dekara tohum verimi 95,53 kg ile dinçer çeşidinden ve 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en düşük ise 40,46 kg ile dinçer çeşidinden ve 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan tespit edilmiştir. Yağ oranı en yüksek %25 ile safir çeşidinden ve 1 Kasım tarihinde (1. ekim zamanı), en düşük ise %18,03 ile dinçer çeşidinden ve 15 Aralık tarihinde (4. ekim zamanı) yapılan uygulamadan saptanmıştır. Bu durum sonucunda, aspir bitkisinin hem bitkisel özellikleri hem de tohum verimi ve yağ oranı bakımından en uygun ekim zamanı 1 Kasım (birinci ekim) tarihinde olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak ekim zamanı geciktikçe verim ve verim parametrelerinde önemli bir şekilde azalmalar olduğu saptanmıştır. Bu nedenle kışlık ekim yapılacak bölgelerde, sonbahar döneminde ilk düşen yağışlardan sonra toprak tava geldiğinde, toprak işleme yapılarak kısa sürede ekim işlemi gerçekleştirilmelidir.

Aspir yetiştiriciliğinde, tarımsal faktörler bakımından optimal verim ve verim özelliklerini saptamak amacıyla bu çalışmada uygun ekim periyodunun önemi vurgulanmaktadır. Ekim zamanlarına göre incelenen tüm parametreler bakımından birinci ekim zamanı ön plana çıkmaktadır. Araştırmada kullanılan çeşitler arasında; yağ oranı, ilk dal yüksekliği ve tabla çapı bakımından safir çeşidi ön sıralarda yer alırken, bitki boyu, yan dal sayısı, tabla sayısı ve tohum verimi bakımından ise dinçer çeşidi ilk sırada yer almaktadır. Araştırmada kullanılan farklı analiz yöntemlerinin sonuçlarına göre elde edilen veriler ışığında ekim zamanı geciktikçe tüm verim ve verim özelliklerinde negatif etki ettiği tespit edilmiştir.

Yapılan bu çalışmada, Batman ekolojik koşullarında, islah edilen çeşitlerin geliştirilmesi, aspir üretim alanlarının teşvik edilmesi ve mevcut yağ ihtiyacının karşılanmasında önemli derecede katkı sağlayacağı ön görülmektedir.

Etik

Bu makalenin yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını belirtmektedir.

ORCID

Nurettin BARAN  <https://orcid.org/0000-0003-2212-3274>

Kaynaklar

Abd El- Mohsen, A. A. ve Mahmoud, G. O. (2013). Modeling the influence of nitrogen rate and plant density on seed yield, yield components and seed quality of safflower. *American Journal of Experimental Agriculture*. 3(2), 336-360.

Andırman, M. ve Baran, N. (2023). Some soybean [*Glycine max*. L. (Merill)] varieties determination of cultivation possibilities of as main crop. *Black Sea Journal of Agriculture*, 6(4), 373-379. <https://doi.org/10.47115/bsagriculture.1298590>

Andırman, M. ve Karaaslan, D. (2021). Diyarbakır sulu koşullarda farklı azot ve fosfor seviyelerinin bazı aspir çeşitlerinde taç yaprak verimi ve bazı bitkisel parametrelerine etkisi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(3), 659-668. <https://doi.org/10.46291/ISPECJASvol5iss3pp659-668>

- Anonim, (2022). *Batman meteoroloji işleri müdürlüğü*. <https://www.mgm.gov.tr/?il=Batman> adresinden 10 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- Arslan, B., ve Culpan, E. (2020). Melezleme ile geliştirilmiş bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) genotiplerinin tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 30(4), 742-750. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.703793>
- Arslan, H. ve Güler, D. (2022). Farklı sıra arası mesafelerinin aspir (*Carthamus tinctorius* L.) bitkisinin verim ve verim öğeleri üzerine olan etkisi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(2), 294-306. <https://doi.org/10.46291/ISPECJASvol6iss2id309>
- Baran, N., Andirman, M., Shimira, F., Nyirahabimana, F. ve Temiz, M. G. (2022). The determination of tolerances of some cotton genotypes against wilt disease (*Verticillium dahliae* Kleb.) under the ecological conditions of diyarbakir. *Turkish Journal of Agriculture- Food Science and Technology*, 10(12), 2358–2367. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i12.2358-2367.5460>
- Baran, N. ve Andirman, M. (2022). Determination of yield and yield characteristics of some peanut (*Arachis hypogaea* L.) varieties under Batman conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(1), 58–63. <https://doi.org/10.46291/ISPECJASvol6iss1pp58-63>
- Baydar, H. ve Erbaş, S. (2007, Mayıs 28-31). *Türkiye’de yemeklik yağ ve biyodizel üretimine uygun aspir ıslahı* [Sözlü sunum]. I. Ulusal Yağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu, Samsun, Türkiye.
- Belgin, C., Bilal, G. ve Mustafa, K. (2007). Oil content and fatty asit composition of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties sown in spring and winter. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 1(3), 11-15.
- Beyyavas, V. ve Haliloglu, H. (2021). Effects of humic asit and iron applications on the yield, some plant characteristics and oil ratio of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Applied Ecology and Environmental Research*, 19(1), 307-319. http://www.aloki.hu/indvol19_1.htm
- Boydak, E., Yolcu, M. S. ve Ekin, F. (2024). Farklı ekim zamanlarının aspir bitkisinde verim ve verim karakterleri üzerine etkileri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14(2), 922-930. <https://doi.org/10.21597/jist.1385820>
- Dajue, L. ve Mundel, H. H. (1996). *Safflower, promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops* [Sözlü sunum]. 7. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Eslam, B. P., Monirifar, H. ve Ghassemi, M. T. (2010). Evaluation of late season drought effects on seed and oil yields in spring safflower genotypes. *Turkish Journal of Agriculture Forestry*. 34(4), 373-380. <https://doi.org/10.3906/tar-0904-43>
- FAO, (2022). Food and agriculture organization of the united nations crop statistics. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> adresinden 23 Ekim 2024 tarihinde alınmıştır.
- Gök, N. ve Ekin, Z. (2019). Hakkari ekolojik koşullarında farklı ekim zamanlarının bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinde verim ve kalite üzerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(2), 88-96. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/800085>
- Göktaş, Ö. ve Gıdık, B. (2019). Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 145-151. <https://dergipark.org.tr/en/pub/bufbd/issue/46478/515490>
- Gürsoy, M., Başalma, D. ve Nofouzi, F. (2018). The effects of different row spacing and spacing on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. *Selcuk Journal Agriculture Food Science* 32(1), 20-28. <https://dergipark.org.tr/en/pub/selcukjafsci/issue/76736/1280502>

- Han, X., Cheng, L., Zhang, R. ve Bi, J. (2009). Extraction of safflower seed oil by supercritical CO₂, *Journal of Food Engineering*, 92(4), 370-376. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.12.002>
- İnan, M. (2020). Yarı kurak koşullarda ekim zamanlarının çörekotu (*Nigella sativa* L.) verim ve verim özelliklerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(1), 32-37. <https://doi.org/10.30910/turkjans.679898>
- Öner, E. K. ve Şeker, T. (2020). Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin kuru koşullarda verim ve verim performanslarının belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(2), 296-301. <https://doi.org/10.24180/ijaws.673307>
- Sarıkaya, M. F., İleri, O., Erkovan, Ş., Erkovan, H. İ., ve Koç, A. (2023). Growing forage pea (*Pisum arvense* L.) for hay: Different sowing dates and plant densities in Central Anatolia. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54(2), 75-80. <https://doi.org/10.5152/AUAF.2023.22067>
- Sarıkaya, M. F. ve Tatar, M. (2023). Global climate change and crop production. *Uluslararası Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Dergisi*, 2(2), 65-78. <https://dergipark.org.tr/en/pub/usbtu/issue/82216/1412382>
- Sefaoğlu, F. ve Özer, H. (2022). Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to planting rate and row spacing in a high altitude environment. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 5(1), 1-10. <https://doi.org/10.55257/ethabd.1090609>
- Tekin, F., Eryiğit, T. ve Tunçtürk, M. (2021). Diyarbakır ekolojik koşullarında kişniş (*Coriandrum sativum* var. *microcarpum* DC.) için uygun ekim zamanı ve ekim normunun belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 7(2), 276-285. <https://doi.org/10.24180/ijaws.901667>
- Türkiye İstatistik Kurumu (2024). Bitkisel üretim istatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> adresinden 10 Kasım 2024 tarihinde alınmıştır.
- Uysal, N., Baydar, H. ve Erbaş, S. (2006). Isparta popülasyonundan geliştirilen aspir (*Carthamus tinctorius* L.) hatlarının tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(1), 52-63. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/308843>



ORDU ÜNİVERSİTESİ
BİLİM ve TEKNOLOJİ
DERGİSİ

Ordu Üniversitesi Cumhuriyet Yerleşkesi
Cumhuriyet Mahallesi No:218 Müzik ve Sahne Sanatları
Fakültesi Binası 3. Kat Fen Bilimleri Enstitüsü 52200
Altınordu/ORDU

Tel: 0 452 226 52 00
Faks: 0 452 226 52 20

<http://btd.odu.edu.tr>
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ordubtd>