

# TURJAF

12(7): 2024  
TURKISH ISSUE



*Image from Pixabay*

Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology  
International Peer-Reviewed Journal | ISSN: 2148-127X  
[www.agrifoodscience.com](http://www.agrifoodscience.com)



## Contents Vol. 12 No. 7 (2024)

### Research Paper

**Animal Health and Welfare Practices in Cattle Breeding Enterprises in Eastern Anatolia Region: The Case of Aşkale County of Erzurum Province**

*Rıdvan Koçyiğit, Mete Yanar, Recep Aydın, Veysel Fatih Özdemir, Oğuz Fatih Ergün, Bahri Bayram, Abdulkerim Diler, Onur Şat* 1120-1128

**Investigation of the Kinetics of Ultrasound Pre-treatment Drying of Seeded and Seedless Pomegranate Arils Using Thin Layer Models Containing at Most Two Parameters**

*Salih Eroğlu* 1129-1136

**Evaluation of Cucumber Cultivation in Greenhouse under Farmer Conditions in Terms of Energy Use Efficiency**

*Nurcan Yavuz, Aslı Güleç* 1137-1143

**Evaluation The Effects on Bioactive, Physicochemical and Sensory Properties of Araujia sericifera (Moth vine) Cooked by Different Methods: Multi-Criteria Decision-Making Analysis**

*Cansu Çeviker, Tuğba Dedebaş, Tuğba Dursun Çapar* 1144-1155

**Production Habits and Problems in Taşkoprü Garlic**

*Hüseyin Güran Ünal* 1156-1161

**Artificial Intelligence and Unmanned Aerial Vehicles in Digital Livestock Farming: Hair Goat Detection, Tracking and Counting in Mountainous and Rough Terrain Using Deep Learning and Computer Vision**

*Cihan Çakmakçı* 1162-1173

**PCR Detection and Molecular Characterization of Coxiella burnetii from Rhipicephalus sanguineus Ticks Collected from Dogs**

*Ali Bilgin Yılmaz, Adnan Ayan, Ezgi Şababoğlu, Yaşar Göz, Burçak Aslan Çelik, Özgür Çelik, Özge Oktay Ayan* 1174-1177

**The Effect of Olive Oil Industry By-Product Wastewater on the Quality and Microbiological Characteristics of Hungarian-triticale Silages**

*Asuman Arslan Duru, Dilek Aksu Elmalı, Osman Yüksel, Metin Duru* 1178-1184

**Determination of Some Quality Parameters in the Salicornia europaea Population Collected from Geyikli Town of Ezine District of Çanakkale Province**

*Tolga Sarıyer, Murat Şeker* 1185-1189

**Determination of The Effects of Apple Pomace Addition on Alfalfa Silage Quality**

*Yücel Ünal, Behlül Sevim, Erinç Gümüş, Selim Sırakaya, Tugay Ayaşan, Yusuf Cufadar, Osman Olgun, Asuman Duru* 1190-1196



## **The Importance of Tractor Exhaust Emission Test Methods in Terms of Environmental Pollution**

*Mehmet Recai Durgut*

1197-1203

## **The Moderating Effect of Ethical Leadership on the Relationship between Democracy and Organizational Commitment in Agricultural Organizations**

*Halil Özcan Özdemir, Zekeriya Yazıcı*

1204-1212

## **Creation of Spatial and Temporal Based Maps of Climate Class and Reference Evapotranspiration Using AutoCAD Software – A Case Study of Eastern Anatolian Region of Türkiye**

*Selçuk Usta*

1213-1224

### **Review Articles**

## **Diseases Caused by Gluten and Gluten Metabolism Disorder**

*Aybüke İmik, Ceren Gezer*

1225-1230

## **Some Effects of Sesame (*Sesamum indicum*) on Health**

*Cemal Kurt*

1231-1237

# Editorial Team

## Editor in chief

Prof. Dr. Musa Sarıca, Ondokuz Mayıs University, Türkiye

## Associate Editor

Prof. Dr. Hasan Eleroğlu, Cumhuriyet University, Türkiye

Prof.Dr. Ahmet Şekeroğlu, Ömer Halisdemir University, Türkiye

## Manuscript Editor

Dr. Kadir Erensoy, Ondokuz Mayıs University, Agricultural Faculty, Department of Animal Science, Türkiye

## Editorial Board

Prof. Dr. Ebubekir Altuntaş, Gaziosmanpasa University, Türkiye

Prof. Dr. Mustafa Avcı, Niğde Ömer Halisdemir University, Niğde, Türkiye

Prof. Dr. Zeki Bayramođlu, Selçuk University, Konya, Türkiye

Prof. Dr. Kezban Candođan, Ankara University, Türkiye

Prof. Dr. Yusuf CUFADAR, Selçuk University, Konya, Türkiye

Prof. Dr. Mahmut Çetin, Çukurova University, Adana, Türkiye

Prof. Dr. Suat Dikel, Çukurova University, Türkiye

Prof. Dr. Hasan Eleroğlu, Cumhuriyet University, Türkiye

Prof. Dr. Naif Gebolođlu, Gaziosmanpasa University, Türkiye

Prof. Dr. Orhan Gündüz, Malatya Turgut Ozal University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Türkiye

Prof. Dr. Leyla İdikut, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Türkiye

Prof. Dr. Sedat Karaman, Gaziosmanpasa University, Türkiye

Prof. Dr. Mustafa Karhan, Akdeniz Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Hüseyin Karlıdağ, İnönü University, Türkiye

Prof. Dr. Muharrem Kaya, İsparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Türkiye

Prof. Dr. Halil Kızılaslan, Gaziosmanpasa University, Türkiye

Prof. Dr. Kürşat Korkmaz, Ordu University, Türkiye

Prof. Dr. Abdulrezzak Memon, Usak university Faculty of Science and Arts Department of Molecular Biology and Genetics, Türkiye

Prof. Dr. Yusuf Ziya Oğrak, Cumhuriyet University, Faculty of Veterinary Medicine, Türkiye

Prof. Dr. Bahri Devrim Özcan, Çukurova University, Türkiye

Prof. Dr. Kadir Saltalı, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Türkiye

Prof. Dr. Zeliha Selamoğlu, Nigde University, Türkiye

Prof. Dr. Ahmet Şahin, Ahi Evran Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Ahmet Şekeroğlu, Ömer Halisdemir University, Türkiye

Prof. Dr. Yusuf Yanar, Gaziosmanpasa University, Türkiye

Prof. Dr. Arda Yıldırım, Tokat Gaziosmanpasa University, Türkiye

Prof. Dr. Metin Yıldırım, Nigde Ömer Halisdemir University, Türkiye

Prof. Dr. Zeliha Yıldırım, Niğde Ömer Halisdemir University, Türkiye

Prof. Dr. Sertaç Güngör, Selçuk University, Türkiye

Prof. Dr. Hasan Tangüler, Nigde Omer Halisdemir University, Türkiye

Prof. Dr. Adnan ÜNALAN, Niğde Ömer Halisdemir University, Türkiye

Associate Prof. Dr. Ahmed Menevşeoğlu, Ağrı İbrahim Çeçen University, Türkiye

Associate Prof.Dr. Cem Baltacıoğlu, Niğde Ömer Halisdemir University (Niğde University), Türkiye

Associate Prof. Dr. Hasan Gökhan Doğan, Kırşehir Ahi Evran University, Türkiye

Associate Prof. Dr. Ekrem Mutlu, Kastamonu University, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Cem Okan ÖZER, Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Türkiye

Associate Prof. Dr. Emre Şirin, Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Kırşehir, Türkiye

Associate Prof. Dr. Hatıra Taşkın, Çukurova University, Türkiye

Dr. Emre Aksoy, Ömer Halisdemir University, Faculty of Agricultural Sciences and Technologies, Türkiye

Dr. Allah Bakhsh, Nigde Omer Halisdemir University, Türkiye

Dr. Mustafa Duman, Nigde University, Türkiye

Dr. Burak Şen, Omer Halisdemir University, Türkiye

## **Section Editors**

Prof. Dr. Alper Durak, Turgut Özal Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Gülistan Erdal, Gaziosmanpaşa University, Türkiye

Prof. Dr. Zeki Gökalp, Erciyes University, Türkiye

Prof. Dr. Rüştü Hatipoğlu, Cukurova University, Türkiye

Prof. Dr. Teoman Kankılıç, NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ FEN EDEBİYAT FAKÜLTESİ  
BİYOTEKNOLOJİ BİYOTEKNOLOJİ ABD, Türkiye

Prof. Dr. Osman Karkacier, Akdeniz University, Türkiye

Prof. Dr. G. Tamer Kayaalp, Cukurova University, Türkiye

Prof. Dr. Nuray Kızılaslan, Gaziosmanpaşa University, Türkiye

Prof. Dr. Hasan Rüştü Kutlu, Cukurova University, Türkiye

Prof. Dr. Hülya Eminçe Sayğı, Ege University, Türkiye

Prof. Dr. İbrahim Tapkı, Mustaf Kemal University, Türkiye

Prof. Dr. Faruk Toklu, Çukurova University, Türkiye

Prof. Dr. Necati Barış Tuncel, Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Erkan Yalçın, Bolu Abant İzzet Baysal University Faculty of Engineering Department of  
Food Engineering Gököy Campus, Bolu Turkey, Türkiye

Prof. Dr. Durdane Yanar, Gaziosmanpaşa University, Faculty of Agriculture, Department of Plant  
Protection, Tokat, Türkiye

Associate Prof. Dr. Hüsnü AKTAŞ, Mardin Artuklu Üniversitesi Kızıltepe Meslek Yüksekokulu  
MARDİN

Associate Prof. Dr. Hatun Barut, Eastern Mediterranean Agricultural Research Institute.  
Adana/TURKEY, Türkiye

Associate Prof. Dr. Berken Cimen, Cukurova University Faculty of Agriculture Department of  
Horticulture, Türkiye

Associate Prof. Dr. Nazlı Ercan, Cumhuriyet University, Türkiye

Associate Prof. Dr. Cemal Kurt, Cukurova University, Türkiye Assistant

Prof. Muhammad Azhar Nadeem, Sivas bilim ve teknoloji üniversitesi

Yemeklik tane baklagiller, Türkiye

Associate Prof. Dr. Senay Ugur, Türkiye

Associate Prof. Dr. Uğur Serbester, Çukurova University, Türkiye

Associate Prof. Dr. Mustafa Sevindik, Osmaniye Korkut Ata University, Türkiye

Assoc. Prof. Özhan Şimsek, Erciyes University, Agriculture Faculty, Horticulture Department, Türkiye

Associate Prof. Dr. Gülsüm Yıldız, Tıbbı ve aromatik bitkileri Abant izzet baysal üniversitesi, Türkiye

Dr. Gökhan BAKTEMUR, Sivas University of Science and Technology, Türkiye

Dr. Sara Yasemin, Siirt Üniversitesi, Türkiye

Dr. Brian Tanika, Niğde Ömer Halisdemir University

## **Regional Editors**

Prof.Dr. Mohammad Abdul Baki - Bangladesh Noakhali Science and Technology University

Prof. Dr. Himayatullah Khan, Institute of Development Studies KPK Agricultural University, Peshawar, Pakistan

Prof. Dr. Abderrahim BENSLAMA, University of M'sila, Cezayir

Dr. Abdul Hannan, University of Agriculture, Pakistan

Dr. Aimee Sheree Adato Barrion, University of the Philippines Los Baños, Filipinler

Dr. Claudio Ratti, University of Bologna, İtalya

Dr. Dima Alkadri, University of the Bologna, İtalya



Dr. Fernanda Cortez Lopes, Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil, Brezilya

Dr. Gheorghe Cristian Popescu, University of Pitesti Â· Department of Applied Sciences and Environment Engineering Romania, Romanya

Dr. Idrees A. Nasir, University of the Punjab, Pakistan

Dr. Jelena Zindovic, University of Montenegro, Karadağ

Dr. Muhammad Amjad Ali, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan, Pakistan

Dr. Muhammad Naeem Sattar, University of the Punjab, İsveç

Dr. Muhammad Rizwan ShafiqShafiq, R. Friedrich-Wilhelms-University, Almanya

Dr. Muhammad Qasim Shahid, South China Agricultural University, Çin

Dr. Muhammad Younas Khan, University of Quetta, Pakistan

Dr. Neelesh Sharma, Division of Veterinary Medicine Faculty of Veterinary Science & Animal Husbandry, Hindistan

Dr. Noosheen Zahid, University of Nottingham, Malezya

Dr. Mihaela Ivancia, University of Iasi, Romania

### **Statistics Editor**

Prof. Dr. Soner Çankaya, Ondokuz Mayıs University, Türkiye

Prof. Dr. Hüdaverdi Bircan, Cumhuriyet Üniversitesi, Türkiye

Prof. Dr. Adnan ÜNALAN, Niğde Ömer Halisdemir University, Türkiye

### **Foreign Relations**

Emre Aksoy, Biological Sciences, Middle East Technical University, Türkiye

# Indexes

**Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology (TURJAF) is indexed by the following national and international scientific indexing services:**

- [Directory of Open Access Journals \(DOAJ\)](#),
- [National Library of Australia \(TROVE\)](#),
- [WorldCat libraries \(WorldCat\)](#),
- [Ingenta \(Ingenta\)](#),
- [World Agricultural Economics and Rural Sociology Abstracts \(CABI\)](#),
- [Google \(Scholar\)](#),
- [Crossref \(Journals\)](#),
- [Sobiad Citation Index](#),
- [SciMatic \(SciMatic\)](#),
- [The Food and Agriculture Organization \(AGRIS\)](#),
- [Idealonline Index](#),
- [Scilit \(SCILIT\)](#),
- [Weill Cornell Medicine - Qatar](#),
- [Indiana University Kokomo](#),
- [Academic Search Engine \(SCINAPSE\)](#),
- [Fatcat Editor \(FATCAT\)](#),
- [Academic Research Index \(ACARINDEX\)](#),
- [Information Matrix for the Analysis of Journals \(MIAR\)](#),
- [National Library of Medicine](#)
- [The Turkish Academic Network and Information Centre \(ULAKBIM\)](#),
- [ULAKBIM TR Index list of Journals \(TR-INDEX\)](#)

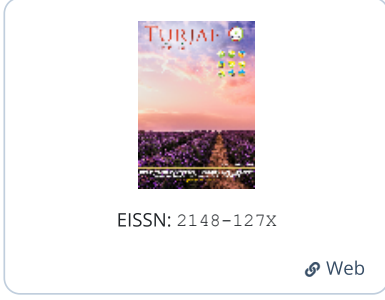


This work is licensed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License](#)

**ISSN: 2148-127X**



**Turkish JAF Sci.Tech.**



EISSN: 2148-127X

Web

Editör: Hasan Eleroğlu

Yayıncı: Turkish Science and Technology Publishing (TURSTEP)

Yayın Formatı: Elektronik

Yayın Dili: Türkçe, İngilizce

Yayına Başladığı Yıl: 2013

Dizinlendiği Yıllar: 2014 - 2024 (Fen)

Yıllık Yayın Sayısı: 12

Konu Kategorisi: Fen > Ziraat Fen > Mühendislik

Yayın Periyodu: Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım, Aralık

Konu Alanları: Ziraat Mühendisliği Gıda Bilimi ve Teknolojisi

**Makale Sayısı**

2732

**Atıf Sayısı**

2469

**Kendine Atıf Sayısı**

779

**Atıf Alan Makale Sayısı**

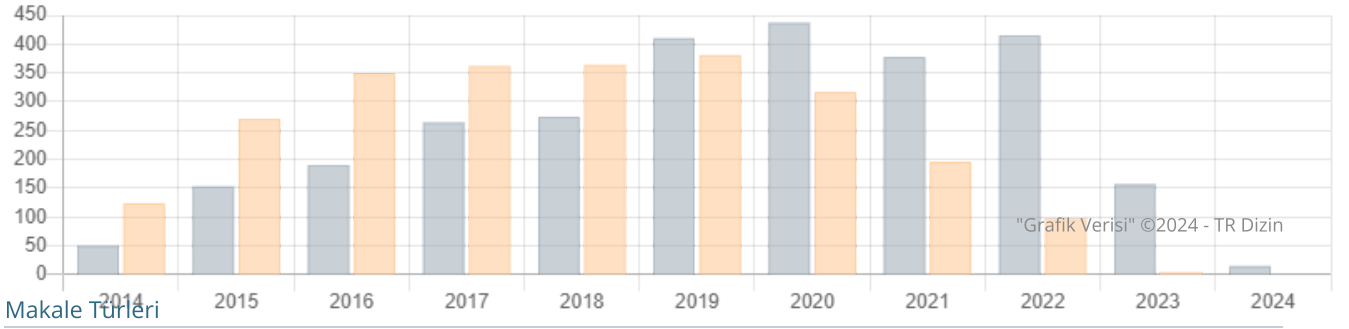
936

**Atıf Ortalaması**

0,9

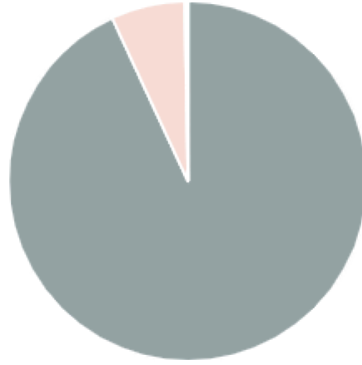
**Kendine Atıf Oranı**

%31,55



Makale Türleri

Makale Sayısı Atıf Sayısı



- Araştırma Makalesi
- Derleme
- Diğer
- Olgu Sunumu
- Düzeltilme

"Grafik Verisi" ©2024 - TR Dizin





## Animal Health and Welfare Practices in Cattle Breeding Enterprises in Eastern Anatolia Region: The Case of Aşkale County of Erzurum Province

Rıdvan Koçyiğit<sup>1,a</sup>, Mete Yanar<sup>1,b</sup>, Recep Aydın<sup>1,c</sup>, Veysel Fatih Özdemir<sup>1,d</sup>, Oğuz Fatih Ergün<sup>1,e</sup>, Bahri Bayram<sup>1,f</sup>, Abdulkemim Diler<sup>2,g,\*</sup>, Onur Şat<sup>1,h</sup>

<sup>1</sup>Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, 25240 Erzurum, Türkiye

<sup>2</sup>Atatürk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 25240 Erzurum, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 25.09.2023 Accepted : 12.03.2024</p> <p><b>Keywords:</b> Welfare Dairy cattle Animal health Aşkale county Erzurum</p>	<p>This study was carried out to obtain information on animal health practices and cattle farmers' views on animal welfare in dairy farms in Aşkale county, Erzurum province. The material of the study consisted of data obtained from face-to-face surveys with 221 enterprises. The findings revealed that 79.8% of the breeders were not vaccinated their pregnant cows against septicaemia. Furthermore, it was determined that within the enterprises, roughly 20.7% availed themselves of veterinary services. It was found that 68.6% of enterprises possessed medicine cabinets and first aid kits, while enterprises with 41-50 animals were those having the highest proportion of these equipment. In terms of annual health expenditures, it was found that more than half of the enterprises spent 1000-5000 TL and these expenditures were the highest (46.7%) in enterprises with 31-40 heads of animals. Furthermore, it was determined that 44.6% of the enterprises made vitamin-mineral-salt supplementation to the feed, while 66.7% of these enterprises made vitamin supplementation. In addition, it was found that 92.2 % of the farms cooled their animals with water to relieve heat stress in hot weather and 84.2 % of the farms insulated their barns to reduce the effects of cold stress on animals in cold weather. In addition, with regard to the welfare of the animals, a total of 59.4% of the breeders indicated that they ensure the well-being of their animals in a stress-free environment. While 78.1% of respondents stated that animal welfare was ensured in the enterprises, 89.5% of breeders responded that their animals were healthy.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(7): 1120-1128, 2024

## Doğu Anadolu Bölgesindeki Sığırcılık İşletmelerinde Hayvan Sağlığı ve Refahı Uygulamaları: Erzurum İli Aşkale İlçesi Örneği

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 25.09.2023 Kabul : 12.03.2024</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Hayvan refahı Hayvan sağlığı Süt sığırcılığı Aşkale ilçesi Erzurum</p>	<p>Bu çalışma, Erzurum ili Aşkale İlçesindeki süt sığırcılığı işletmelerinde hayvan sağlığı uygulamaları ve sığır yetiştiricilerinin hayvan refahı konusunda görüşleri hakkında bilgi elde etmek üzere yürütülmüştür. Çalışmanın materyalini 221 işletmeci ile yüz yüze yapılan anketlerden elde edilen veriler oluşturmuştur. Araştırma sonuçlarına göre, yetiştiricilerin %79,8'nin gebe ineklere septisemi aşısı yaptırmadığı saptanmıştır. Ayrıca, işletmelerin sadece %20,7'sinin veterinerlik hizmetlerinden yararlandığı tespit edilmiştir. İşletmelerin %68,6'sında ecza dolabı ve ilkyardım kitleri bulunduğu ve en yüksek oranda bu ekipmanlara sahip işletmelerin 41-50 baş hayvana sahip işletmeler olduğu belirlenmiştir. Yıllık sağlık harcamaları bakımından işletmelerin yarısından fazlası 1000-5000 ₺ harcamada buldukları ve 31-40 baş hayvana sahip işletmelerde bu harcamaların en fazla (%46,7) olduğu saptanmıştır. Ayrıca, işletmelerin %44,6'sının yeme vitamin-mineral-tuz takviyesi yaptığı ve söz konusu işletmelerinde vitamin takviyesinin daha yüksek oranda (%66,7) yapıldığı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, hayvanlar üzerindeki sıcak ve soğuk stresi gidermek amacıyla genellikle sıcak havalarda su ile serinletme (%92,2) yapıldığı, soğuk havalardan korunmak için ise ahır izolasyonuna (%84,2) önem verdikleri saptanmıştır. Ayrıca, Yetiştiricilerin %95,0'i hayvan refahının gerekliliğini belirtmiş ve hayvan refahında en önemli unsurun ise genellikle hayvanlar için stressiz bir ortamın oluşturulması (%59,4) olduğunu ifade etmişlerdir. Yetiştiricilerin çoğunluğu işletmelerinde hayvan refahını sağladıklarını (%78,1) ve hayvanlarının gayet sağlıklı olduğunu (%89,5) bildirmişlerdir.</p>

<sup>a</sup> [rkocyiigit@atauni.edu.tr](mailto:rkocyiigit@atauni.edu.tr)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4584-9676>

<sup>b</sup> [myanar@atauni.edu.tr](mailto:myanar@atauni.edu.tr)

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5311-5675>

<sup>c</sup> [raydin@atauni.edu.tr](mailto:raydin@atauni.edu.tr)

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9319-9319>

<sup>d</sup> [veyselfatihozdemir@gmail.com](mailto:veyselfatihozdemir@gmail.com)

<sup>e</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3035-7695>

<sup>e</sup> [oguzergun@atauni.edu.tr](mailto:oguzergun@atauni.edu.tr)

<sup>e</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9471-8835>

<sup>f</sup> [bbayram@atauni.edu.tr](mailto:bbayram@atauni.edu.tr)

<sup>f</sup> <https://orcid.org/0000-0002-4742-6768>

<sup>g</sup> [akerimd@atauni.edu.tr](mailto:akerimd@atauni.edu.tr)

<sup>g</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7958-6179>

<sup>h</sup> [onursat76@gmail.com](mailto:onursat76@gmail.com)

<sup>h</sup> <https://orcid.org/0009-0004-7387-3010>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

## Giriş

Hayvancılık işletmeleri insan beslenmesi için gerekli olan ürünlerin üretilmesi, katma değeri yüksek ürünlerin ortaya çıkarması nedeniyle önemli bir tarımsal faaliyettir. Bunun yanı sıra, bitkisel üretimde de çok önemli rol üstlenmesi ve küçük aile işletmelerinin varlıklarının sürdürülmesinde önemli katkıları vardır. Özellikle kırsal kalkınmada öncelikli yörelerin büyümesi ve gelişmesi ile bu alanlarda karlılığın artırılabilmesi gibi nedenlerden dolayı ülkemiz için çok önemli sektörler haline gelmektedir (Özdemir ve ark., 2021). Hayvan yetiştiriciliğinde istenilen kalite ve miktarda üretim yapılması, hayvanlar için gerekli koşulların oluşturulmasına bağlıdır. Karlı bir hayvancılık işletmelerde yalnızca hayvan başına üretim miktarının artırmakla değil modern anlamda da yetiştiricilik uygulamaları ve sistemlerin kullanımı ile mümkün olabilmektedir (Göncü ve Gökçe, 2021).

Süt sığırcılığı işletmelerinde işletmenin hem ekonomisi hem de işletme karlılığına etki eden çok sayıda faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerin başında, hayvan sağlığı ve refahının geldiği bildirilmiştir. Ayrıca süt sığırlarının refahı, verimlilik ve sağlık için kuru, temiz, rahat bir dinlenme ve barınma alanı oluşturulmasının gerekli olduğu birçok araştırmacı tarafından ifade edilmiştir (Öcal, 2020; Rahaman ve ark., 2021; Simitzis ve ark., 2022; Ceco, 2022).

Hayvan refahı terimi genel anlamda hayvanların yaşam standartlarının iyileştirilmesidir. Bilimsel anlamda ise hayvanların biyolojik faaliyetlerinin çevre ile tam bir uyumunu gösteren denge halinde olması, pozitif duygu durumunun sürekli bulunması, negatif duyguların ise yer almaması ve hayvanların kendi tür özelliklerine uygun doğal çevre koşullarında bulunması olarak tanımlanmıştır (Tüfenk, 2021). Hayvancılık işletmelerinde refah koşullarının sağlanabilmesi için hayvanların içinde barındırılacağı ahırın kapasitesi, yerleşim planı, hareket alanları, iş kolaylığı, iş etkenliği gibi unsurlar dikkate alınarak hazırlanmalıdır (Ceco, 2022). Özellikle süt sığırcılığı işletmelerinde kalitesiz hammadde kullanımı, yanlış besleme, olumsuz bakım koşulları, hastalıklar ve eksiklikler sonucu meydana gelen anormal davranışlar veya davranışlarda kısıtlanma hayvan refahını olumsuz etkilemekle beraber verimde düşüş ve elde edilen ürünün kalitesinde de kayıplar meydana gelmektedir (Tüfenk, 2021).

Türkiye de genelinde sığırcılık işletmelerinin mevcut durum ve sorunların ortaya konulması amacıyla birçok çalışma yapılmıştır (Mundan ve ark., 2018; Yılmaz ve ark., 2020; Kılıç ve Eryılmaz, 2020; Bakır ve Kibar, 2020; Kaygısız ve Özkan, 2021; Ermetin ve Erkan, 2022; Doğanay ve Yanar, 2023; Kaygısız ve ark., 2023; Aydın ve ark., 2023). Ancak Sığırcılık işletmelerinde hayvan sağlığı ve refah uygulamaları hakkında hem Türkiye genelinde hem de çalışmanın yapıldığı bölge genelinde yapılmış çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Bu çalışma özellikle hayvan refahı konusunda yetiştiricilerin görüşleri hakkında bilgi edinerek bu konudaki boşluğu doldurma ve sonraki çalışmalara bir örnek teşkil etmesi bakımından da önemlidir.

Bu nedenle çalışmada Aşkale ilçesindeki sığırcılık işletmelerinin hayvan sağlığı ve refahı uygulamaları hakkında bilgi edinmek ve yetiştiricilerin bu konulardaki görüşlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Erzurum ili Aşkale ilçesinde mevcut 1288 adet sığırcılık işletmesinden şansa bağlı olarak seçilen 221 işletmeci ile yüz yüze yapılan anketler araştırma materyalini oluşturmuştur. Minimum örnek büyüklüğü aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır. Formülde güven seviyesi %95; örnekleme hatası ise 0,05 alınmıştır (Arıkan 2007).

$$n = \frac{N \cdot t^2 \cdot p \cdot q}{(N - 1) \cdot D^2 + t^2 \cdot p \cdot q}$$

Formülde;

n= Örnek büyüklüğünü, N= İşletme sayısını (1288), D= Örnekleme hatasını (0,05), t= Tablo değerini (1,96), p= Hesaplanması beklenen oranı (0,5), q=1-p'ı ifade etmektedir.

$$n = \frac{1288 \cdot (1,96)^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{(1288 - 1) \cdot (0,05)^2 + (1,96)^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5} = 220,59 \approx 221$$

Anket verileri Microsoft Excel paket programı kullanılarak çizelge ve şekiller oluşturulmuş ve sonuçlar yorumlanmıştır. İşletmelerdeki mevcut sığır sayıları (işletme büyüklüğü; 1-10, 11-20, 21-30, 31-40, 41-50 ve 51+ baş) ile ilgili özellikler arasındaki ilişkiler incelenmiştir (Koçyiğit ve ark., 2023). İlgili faktörler arasındaki ilişkinin açıklanmasında kullanılan Ki-kare analizlerinde IBM SPSS 20.0v istatistik paket programından yararlanılmıştır (SPSS, 2011).

Bu çalışmada, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Birim Etik Kurul Başkanlığı tarafından araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak konuyla ilgili çalışmanın gerçekleştirilmesinde bilim etiği yönünden herhangi bir sakınca bulunmadığına dair 06.01.2022 tarih ve 2022/3 sayılı kararı ile Etik Kurul onayı alınmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

### Hayvan Sağlığı Uygulamaları

Bu çalışmada hayvan sağlığı ve uygulamaları kapsamında elde edilen veriler değerlendirilerek Çizelge 1'de sunulmuştur. Sağlıklı bir buzağı elde etmek ve doğum sonrası buzağuların septisemiye yakalanma riskini azaltmak amacıyla Veteriner Hekimlerce tavsiye edilen dozda gebe düve ve ineklere doğuma 2-6 hafta kala septisemi aşısı yapılması gerekmektedir (Kaygısız ve ark., 2023). Böylece annenin oluşturduğu antikorlar ağız sütü yoluyla buzağıya aktarılarak doğal bir bağışıklık sağlanmış olmaktadır. Ayrıca doğum sonrası buzağıya uygulanacak doğru bakım ve besleme ile yapılacak aşılama (septisemi v.b.) oluşabilecek hastalıkları önlemede önemli bir etken olduğu da bilinmektedir.

Gebe düve ve ineklere septisemi aşısı yapma oranı ile işletme büyüklüğü arasındaki anlamlı bir ilişki bulunmuştur (P<0,05). Şekil 1'de septisemi aşısı yaptırma oranının 41-50 baş hayvana sahip işletmelerde en yüksek olduğu (%41,7), işletmelerde hayvan sayısı arttıkça septisemi aşısı yaptırma oranının da paralel olarak arttığı görülmektedir. Septisemi aşısını yaptırmayan işletmelerde 11-20 baş hayvana sahip işletmeler en yüksek değeri (%87,0) alırken bu oran işletme büyüklüğü arttıkça düşüş

göstermiştir. Yetiştiricilerin gebe ineklere septisemi aşısı yaptırma durumları genel olarak incelendiğinde ise, %79,8 oranında yaptırmadıkları tespit edilmiştir (Çizelge 1). Bu oran sağlıklı buzağı eldesini olumsuz yönde etkileyeceği düşüncesiyle çok yüksek bulunmuştur. Bu nedenle doğum öncesi gebe ineklere septisemi aşısı uygulamasının nedeni önemli olduğu hakkında yetiştiricilerin bilgilendirilmesine ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Yapılmış araştırmalarda gebe ineklere septisemi aşısı yapan işletmeleri Ünal ve ark. (2013) Niğde ilinde %50,5, Koçyiğit ve ark. (2016) Hınıs ilçesinde %36 ve Tatar (2007) Ankara ve Aksaray'da sırasıyla %5,6 ve %5,8, oranında bildirmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen bulgular, Tatar (2007)'in bildirişinden yüksek; Ünal ve ark. (2013) ve Koçyiğit ve ark. (2016)'nın bildirişlerinden düşük bulunmuştur.

Aşkale ilçesindeki sığırcılık işletmelerinin Veteriner hekimliği hizmetlerinden yararlanma oranı (%20,7) oldukça düşük bulunmuş iken yararlanmayanların oranı (%79,3) çok yüksek olmuştur (Çizelge 1).

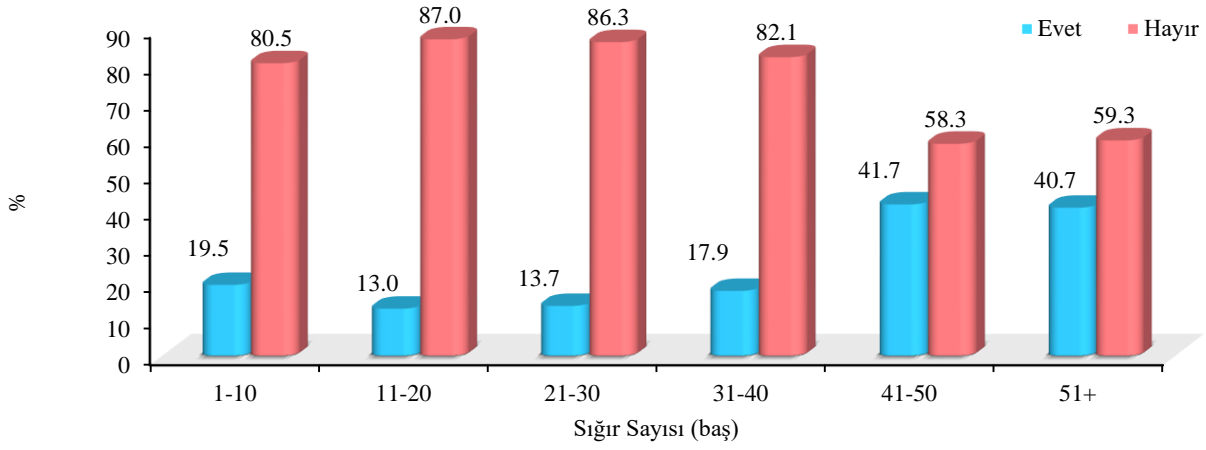
Veteriner hekimliği hizmetlerinden yararlanma ile işletme büyüklüğü arasındaki ilişki önemli bulunmuştur. Bu ilişki Şekil 2'de gösterilmiştir. Veteriner hekimliği hizmetlerinden yararlanıyorum diyenlerin çoğunluğu 1-10 baş, 21-30 baş ve 51 baş ve üzeri hayvana sahip işletme sahipleridir. Yararlanmayanların oranı %100 olan işletmeler 31-40 ve 41-50 baş hayvana sahip işletmeler olup bu işletmelerin veteriner hizmetlerinden faydalanmaması düşündürücüdür. Genel olarak veteriner hekimliği hizmetlerinden yararlanmama durumu dalgalı bir seyir izlediği belirlenmiştir (Şekil 2).

Çizelge 1. İşletmelerde hayvan sağlığı uygulamaları ile ilgili özelliklere ait istatistikler

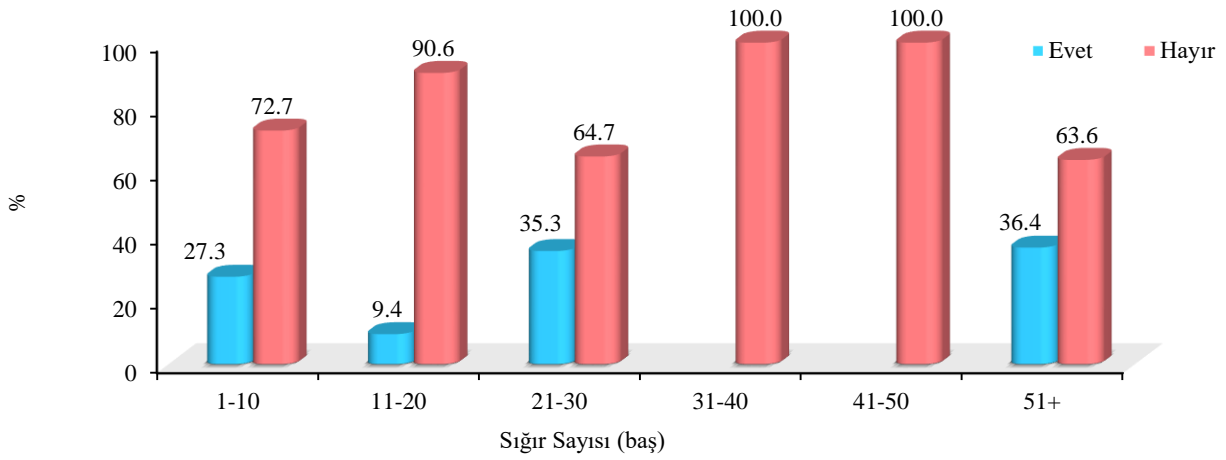
Table 1. Data concerning animal health practices

Özellikler	İşletme sayısı	Oran (%)	İşletme büyüklüğünün önemlilik durumu
Gebe ineklere septisemi aşısı yaptırma			P<0,05; X <sup>2</sup> : 18,357
Evet	43	20,2	
Hayır	170	79,8	
Toplam	213	100,0	
Veteriner hekimliği hizmetlerinden yararlanma			P<0,01; X <sup>2</sup> : 26,215
Evet	19	20,7	
Hayır	73	79,3	
Toplam	92	100,0	
Ecza dolabı ya da ilkyardım kiti bulundurma			P<0,01; X <sup>2</sup> : 31,285
Evet	144	68,6	
Hayır	66	31,4	
Toplam	210	100,0	
Yıllık veteriner hekim ve sağlık masrafları			P<0,01; X <sup>2</sup> : 104,278
1000-5000 ₺	125	56,8	
5001-10000 ₺	59	26,8	
10001-15000 ₺	24	10,9	
15001-20000 ₺	12	5,5	
Toplam	220	100,0	
Hayvan yetiştirmede ek vitamin ve mineral kullanma			P<0,05; X <sup>2</sup> : 18,923
Evet	95	44,6	
Hayır	118	55,4	
Toplam	213	100,0	
Evet ise nelerdir?			ÖS
Tuz	2	2,5	
Vitamin	54	66,7	
Yalama taşı	25	30,8	
Toplam	81	100,0	
İşletmelerde görülen hastalık veya problemler*			ÖS
Topallık	60	27,1	
Dizde-Deride Yaralar	16	7,2	
Öksürük	154	69,7	
Burun Akıntısı	63	28,5	
Göz Akıntısı	34	15,4	
Solunum Güçlüğü	68	30,8	
İshal	152	68,8	
Vulvadan Gelen Akıntı	1	0,5	
Ölüm,	28	12,7	
Güç Doğum	20	9,0	
Yavru atma	14	6,3	
Mastitis	15	6,8	
Haşeratlar (Bit, pire, kene)	68	30,8	
Hepsi	7	3,2	

P<0,01: Çok Önemli; P<0,05: Önemli; ÖS: Önemsiz; \*:Birden fazla cevap verilmiştir.



Şekil 1. Gebe düve ve ineklere septisemi aşısı yaptırma durumu ile işletme büyüklüğü arasındaki ilişki  
Figure 1. The relationship between rate of septicemia vaccination for pregnant heifers and cows and farm size



Şekil 2. Veteriner hekimliği hizmetlerinden yararlanma ile işletme büyüklüğü arasındaki ilişki  
Figure 2. The relationship between utilization of veterinary services and farm size

Erzurum ili İspir ilçesinde yapılan bir çalışmada, veterinerlik hizmetini düzenli olarak alan işletme sayısının çok düşük (%5,6) olduğunu ve sadece hastalık görüldüğünde veterinerlik hizmeti alan işletmelerin oldukça yüksek (%97,5) oranda olduğu rapor edilmiştir (Koçyiğit, 2022). Ayrıca aynı araştırmacı işletmelerin %99,7'sinin Tarım il veya ilçe Müdürlüklerinden veterinerlik hizmetini aldıklarını bildirmiştir. Kibar ve Bakır (2019) Muş İlinde veteriner hizmetini işletmelerin tamamına yakınının aldığını, ancak işletmelerin %38,5'inin düzenli olarak, %61,5'inin ise sadece hastalık görülünce bu hizmeti aldıklarını bildirmişlerdir. Yapılmış bazı çalışmalarda da işletmelerin veteriner hizmetini çoğunlukla sadece hastalık görülünce aldıkları ifade edilmiş ve bu oranları Öztürk (2009) %70,0, Akkuş (2009) %79,0, Şeker ve ark. (2012) %57,7 ve Özyürek ve ark. (2014) %73,3 olarak bildirmişlerdir.

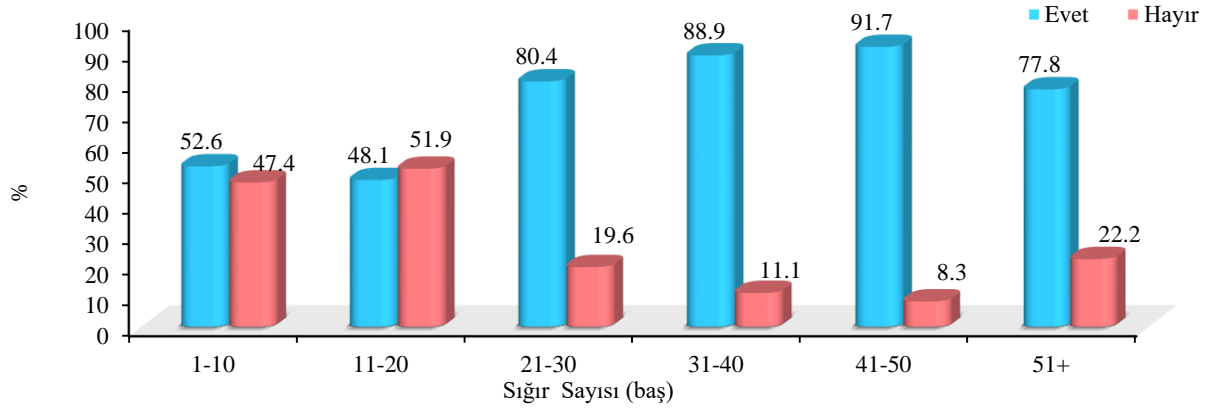
Hayvancılık işletmelerinde hem biyogüvenlik hemde bazı beklenmeyen acil durumlar için ilaç dolabı (ecza dolabı) bulundurulması oldukça yarar sağlamaktadır. Bu amaçla yetiştiricilerin ecza dolabı bulundurma durumu incelenmiştir. Yetiştiricilerin çoğunluğu (%68,6) ecza dolabı veya ilkyardım kiti bulundururken %31,4'ünün bulundurmadığı belirlenmiştir. Ecza dolabı veya ilkyardım kiti bulundurma durumunun işletme büyüklüğüne göre önemli derecede değiştiği belirlenmiştir ( $P<0,01$ ). Bu

durum Şekil 3'te gösterilmiştir. Ecza dolabı ve ilkyardım kiti bulundurma durumunun sığır sayısının artmasına bağlı olarak genel itibariyle düzenli artan yönde bir eğilim olduğu ve oransal olarak ecza dolabı veya ilkyardım kiti kullanan işletmelerin en fazla 41-50 baş hayvan sayısına sahip işletmeler olduğu görülmektedir (Şekil 3).

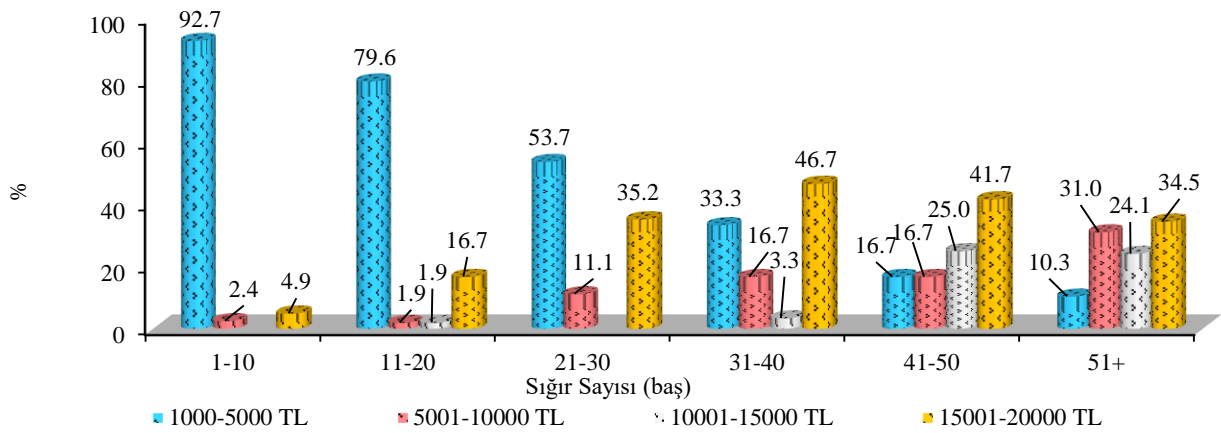
İstanbul ili Silivri ilçesinde Bezek (2021) tarafından yapılan bir çalışmada çiftlik uygulamaları esnasında oluşabilecek kazalarda işçilerin acil durum bilgisinin ve donanımının mevcut olup olmadığı incelenmiştir. İşletmelerin yalnızca 6'sında (%5,08) işçilerin acil durum bilgisi ve acil durum donanımlarının (ecza dolabı, ilkyardım malzemesi, sağlık ekipmanları veya yardım kiti) mevcut olduğu, geri kalan 112 (%94,92) işletmede ise mevcut olmadığını rapor edilmiştir. Söz konusu yapılan araştırma sonuçları, bildirilen literatür sonuçlarına göre yüksek olması yetiştiricilerin bu uygulamaya önem verdiklerini göstermektedir.

Hayvanlarda oluşabilecek hastalıkların ekonomik açıdan meydana getirdiği sıkıntılara ilaveten bu hastalıkların kontrol edilerek ortadan kaldırılması ya da engellenmesi aşamasında uygulanan hayvan sağlığının korunması ve bu hizmetlerin alınması ile ilgili giderler süt sığırcılığı işletmeleri için önemli maliyetler oluşturmaktadır (Özsaygın, 2014).





Şekil 3. Ecza dolabı ya da ilkyardım kiti bulundurma ile işletme büyüklüğü arasındaki ilişki  
Figure 3. The relationship between having a medicine cabinet or first aid kit and farm size



Şekil 4. Yıllık veteriner hekim ve sağlık harcamaları ile işletme büyüklüğü arasındaki ilişki  
Figure 4. The relationship between annual veterinary and health expenditures and farm size

Sağlık harcamaları işletmenin gelirini etkileyen önemli bir faktör olması nedeniyle ortalama yıllık veteriner harcamaları incelenmiştir (Çizelge 2). Yetiştiricilerin yarısından fazlası (%56,8) yıllık veteriner hekim ve sağlık giderlerinin 1000-5000 ₺ arasında olduğunu ifade etmişlerdir. Bunu 5001-10000 ₺ ve 10001-15000 ₺ arasında harcama yapanlar izlemiştir.

Yıllık veteriner hekim ve sağlık harcamaları ile işletme büyüklüğü arasında önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir ( $P<0,01$ ). İşletmelerde hayvan sayısı arttıkça yapılan harcamaların da arttığı görülmektedir (Şekil 4).

Şekil 4 incelendiğinde 15001-20000 ₺ arası yapılan sağlık harcamalarının daha çok 31-40 baş (%46,7) hayvana sahip işletmelerde olduğu tespit edilmiştir.

İşletmelerde sıklıkla karşılaşılan hastalıklar ve bunların tedavi masrafları ile ilgili Ohio'da yaptıkları bir çalışmada Miller ve ark., (1990) spesifik hastalık durumları ve bu hastalıkların önlenmesi için gerekli olan maliyetin inek başına yıllık toplam 172,40 \$ olduğunu rapor etmişlerdir. Kaliforniya Eyaletinde 1986-1987 yılları arasında süt sığırcılığı işletmelerinde inek başına sağlık harcamaları maliyeti 111,68 \$ olarak belirlemiştir (Sischo ve ark., 1990). Sischo ve ark. (1990) yıllık hastalıklardan korunma maliyetini 171,616 \$ ve hayvan başına düşen maliyeti ise 10,75 \$ olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar toplam süt üretiminin %6,6'sının hastalıklardan korunma maliyetlerini oluşturduğunu ifade etmişlerdir. Kossabati ve ark. (1997), İngiltere'de 1992-1993 yılları arasında

işletmelerde sağlık harcamalarını araştırdıkları çalışmada hayvan başına düşen yıllık direkt ve toplam maliyetleri sırasıyla, hafif mastitis vakalarında 28,9 ₺ ve 113,2 ₺, şiddetli mastitis vakalarında 122 ₺ ve 332,7 ₺ ve ölümcül vakalarda ise 435,8 ₺ olarak rapor etmişlerdir.

Ülkemizde yapılan çalışmalarda ise Yalçın (2000) işletmelerde inek başına düşen yıllık mastitis vakalarının maliyetini ortalama 140 ₺ olarak tahmin etmiştir. Ancak bu maliyetin, hafif subklinik mastitis vakalarında 69 ₺'a düşebileceği, şiddetli subklinik mastitis vakalarında ise 228 ₺'a kadar yükselebileceğini bildirmiştir. Can (2010) tarafından yapılan araştırmada ise, Brusella ile enfekte olan hayvanlarda oluşan finansal kaybın 577 ₺/baş, enfekte bir insanda ise işgücü ve tedavi kaynaklı ekonomik kayıpların 1.209 ₺/vaka olduğunu saptanmıştır. 87 süt sığırcılığı işletmesinde yaptıkları bir araştırmada Yalçın ve ark. (2010) ayak hastalıklarının enfekte hayvan başına hafif (interdigital dermatitis) vakalarda 271 ₺/vaka, orta şiddetli (tırnak problemi) vakalarda 343 ₺/vaka ve şiddetli (taban çürüğü) vakalarda 509 ₺/vaka olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca, tüm ayak hastalığı formları için ağırlıklı ortalamanın 382 ₺/vaka olduğu ifade edilmiştir. Özsaygın (2014) hayvan sağlığı koruma hizmetlerinden faydalanan Biga ilçesindeki süt sığırcılığı işletmelerin etkinliğini belirlemek amacıyla yaptıkları araştırmada mastitis aşısı yaptıran işletmelerin kısmi bütçe modeline göre brüt ekonomik faydasının 225,8 ₺/baş olarak hesaplamıştır.

Hayvancılık işletmelerinde gerek duyulan vitamin-mineral-tuz gibi iz düzeyde besin maddelerin istenilen miktarda hayvanlar tarafından alınmaması hem yaşamsal fonksiyonlarının hem de ekonomik değeri olan ürünlerin üretilmemesinden kaynaklı sağlık ve performansla ilgili sıkıntılara neden olabilmektedir. Bunun için rasyon hazırlanırken bu gibi etmenler göz önüne alınmalı, gerekli durumlarda ise vitamin-mineral-tuz takviyesi verilmelidir.

Mevcut araştırma sonuçlarına göre sığır sayısı ile Vitamin-mineral-tuz takviyesini yapan işletmeler arasında önemli ( $P<0,05$ ) bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Şekil 5). Vitamin-mineral-tuz veren yetiştiricilerin oranının %44,6 olduğu saptanmıştır. Söz konusu takviye yapan işletmelerde ise, vitamin takviyesi yapan yetiştiricilerin oranı %66,7 olurken, bunu sırasıyla yalama taşı (%30,8) ve tuz (%2,5) veren işletmeler takip etmiştir.

Yapılmış çalışmalarda; Bakır ve Kibar (2019) Muş ili genelinde işletmelerin %84,5 'inde yalama taşı kullanılırken, İşletmelerin %62,3 oranında vitamin+mineral şeklinde kullanıldığını ifade etmişlerdir. Diğer bir çalışmada ise, Uysal ve Olgun (2023) tarafından Konya bölgesi süt sığırları işletmelerinde Vitamin-mineral kaynağı olarak yalama taşı kullanan işletme sayısı 112 adet, vitamin mineral karışımları kullanan işletme sayısı 52 adet, tuz kullanan işletme sayısı ise 65 adet olarak tespit edilmiştir. Yetiştiriciler hayvanlara verilen tuzun, yemlere karıştırılan tuz şeklinde olmayıp daha ziyade hayvanların yalamaları için önüne bırakılan kaya tuzu blokları halinde olduğunu ifade etmişlerdir.

Yetiştiricilerin karşılaştıkları önemli hastalık veya problemler olarak işletmelerin %69,7'si öksürük, %68,8'si ise ishal gibi problemlerinin olduğunu belirtmişlerdir (Çizelge 1). Ayrıca yüksek oranda haşerat ile ilgili sıkıntılar, solunum ile ilgili sorunlar, burun akıntısı ve topallık gibi problemlerin de olduğu yetiştiriciler tarafından ifade edilmiştir.

Konu ile yapılmış çalışmalarda, Sezer ve ark. (2020) Nevşehir'deki süt sığırcılığı İşletmelerin %64,8'inde abomasum deplasmanı, %23,8'inde asidozis ve ketozis, %9,5'inde süt humması, %2,9'unda laminitis görüldüğünü belirtmişlerdir. Aydın ve Keskin (2019) Muğla ilinde en fazla görülen hastalıkların paraziter hastalıklar (%26,0) ile üst solunum yolu enfeksiyonları (%24,0) olduğunu ifade etmişlerdir. Bakır ve Kibar (2019) Muş ilinde işletmelerde

görülen problemler bakımından, tırnak problemi olan işletmelerin %55,2, brusellanın %21,4, şapın %61,2 ve hiçbir problemi olmayan işletmelerin %15,9 olduğunu rapor etmişlerdir.

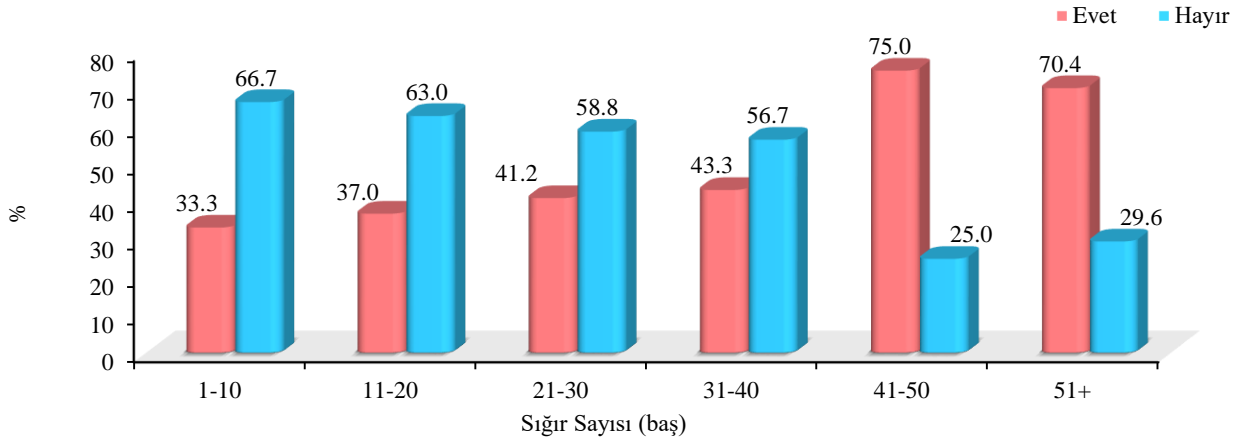
#### **Barınakların Hayvan Refahına Uygunluk Durumu**

Küresel ısınma nedeniyle iklim şartlarındaki değişim (aşırı derecede soğuk veya sıcak) özellikle çiftlik hayvanlarında refah, sağlık ve üretim performansları üzerine etkili olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Hill and Wall, 2015; Koç ve Uğurlu, 2019; Göncü ve Gökçe, 2021).

Süt sığırcılığında süt üretiminde istenilen düzeyde verim elde etmeye etki eden fiziksel faktörlerin başında, ahır iç-dış ortam sıcaklığı ve nem gelmektedir. Bu etmenlerinin kötüye doğru gitmesi durumunda, hayvanlarda oluşacak stres onları etkileyecektir. Bu etkinin şekline hem hayvanın ırkı ve verim düzeyi hem de mevcut sürü içerisindeki bireysel farklılıklar rol oynamaktadır (Alkoyak, 2016).

Çalışmada sıcak havalarda hayvanlarda oluşabilecek sıcaklık stresini gidermek amacıyla işletmelerin %92,2'si su ile serinletme, %7,8'i ise fan yardımıyla ahır içini serinletme yaptıklarını ifade etmişlerdir. Soğuk havalarda ise soğuk stresinin etkisini azaltmak amacıyla işletmelerin büyük bir çoğunluğu (%84,2) ahırın izolasyonunu yaparak soğuk stresin etkilerini azaltmaya çalıştıklarını belirtmişlerdir (Çizelge 2).

Sığır barınaklarında çatı izolasyonu ahırın iyi ısı yalıtımına yardımcı olmakla birlikte barınak ortamını fiziksel olarak değiştiren ve yüksek sıcaklığının olumsuz etkilerini azaltabilmektedir (Demir, 2023). Aynı zaman da çatı izolasyonu çok soğuk havalarda ahır içerisindeki sıcaklığın muhafazasını sağlayabilen bir faktördür (Calegari ve ark., 2012). Fournel ve ark. (2017) açık bir barınağın çatısının altına yalıtım eklenmesinin kuru termometre sıcaklığını 1,2°C ve SNI (Sıcaklık Nem İndeksi) değerini 1,3 birim azalttığı, yalıtılmış barınaklardaki hayvanların 0,2 kg günlük daha fazla yem tükettiklerini ve 0,6 kg günlük daha fazla süt ürettiklerini saptamışlardır. Başka bir çalışmada ise Harris (1992), Florida eyaletinde, sığırlar için yalnızca gölgelik yapımı sonucunda art arda 2 yılda hayvanların süt veriminde %10'luk bir artışın söz konusu olduğunu bildirmişlerdir. Ülkemizde bu konu ile ilgili Güneşli ve Özkütük (1993)



Şekil 5. İlave vitamin-mineral-tuz kullanım durumu ile işletme büyüklüğü arasındaki ilişki  
Figure 4. The relationship between supplementary vitamin-mineral-salt use and farm size

Çizelge 2. Barınakların hayvan refahına uygunluk durumu ile ilgili tanımlayıcı istatistikler  
Table 2. Data concerning animal welfare status

Özellikler	İşletme sayısı	%
Sıcak havalarda sıcaklık stresini gidermek için ne tür uygulama yapıyorsunuz?		
Fan çalıştırma	7	7,8
Su ile serinletme	82	92,2
Toplam	89	100,0
Ahır soğuk havalarda soğuk stresini gidermek için ne tür uygulama yapıyor?		
Yem artırma	17	10,3
Su kısıntısı	9	5,5
Ahır izolasyonu	139	84,2
Toplam	165	100,0
Günde kaç kez hayvanları kontrol ediyorsunuz?		
Kontrol etmiyorum	6	2,7
Günde 1 kez	5	2,3
Günde 2 kez	79	35,7
Günde 3 kez	94	42,5
Sürekli Kontrol Ederim	37	16,7
Toplam	221	100,0
Hayvan refahı ile ilgili konuları nasıl takip ediyorsunuz?		
İlgilenmiyorum	43	19,5
Yazılı ve görsel basın	58	26,2
İnternet	74	33,5
İl /İlçe Müdürlükleri	95	43,0
Diğer	32	14,5
Sizce hayvanların refahının sağlanması için hangisi daha önemlidir?		
Stres olmaması	130	59,4
Acı olmaması	46	21,0
Doğal ortam	43	19,6
Toplam	219	100,0
Sizce Hayvan refahı olmalı mı?		
Evet	210	95,0
Hayır	11	5,0
Toplam	221	100,0
Hayvanlarınızın refahını sağlayabiliyor musunuz?		
Evet	171	78,1
Hayır	48	21,9
Toplam	219	100,0
Hayvanlarınız sağlıklı mı?		
Evet	197	89,5
Hayır	23	10,5
Toplam	220	100,0

Çukurova’da yaptıkları çalışmada duş uygulamasının süt verimini %12,6 oranında artırdığı bildirmektedirler. Diğer bir çalışmada da Çukurova’da yaz aylarında duş uygulamasının ineklerin süt verimini %17,0 oranında arttırdığı bildirilirken, ineklerin %88,46’sının günde en az 1 en çok 11 kez olmak üzere ortalama  $3,28 \pm 0,23$  kez duşa gitmeyi tercih ettikleri ve ortalama  $9,60 \pm 0,34$  dakika duşta kaldıklarını tespit edilmiştir (Güneşli ve Özkütük, 1994).

Yetiştiricilerin büyük çoğunluğu günlük olarak hayvanlarını 3 kez (%42,5) veya 2 kez (%35,7) kontrol ettiklerini ifade etmişlerdir (Çizelge 2). İşletmelerde rutin olarak yapılan kontroller çiftlik sahibinin veya yetiştiricilerin işletme üzerindeki etkinliğini artırmada (olası sorunların tespitinde ve önlem almada) önemli bir rol oynayabilmektedir. Çizelge 2 incelendiğinde işletmecilerin hayvan refahı konusundaki bilgileri genel olarak Tarım il ve ilçe müdürlüklerinden (%43,0), internet yoluyla (%33,5) ve görsel basından (%26,2) takip ettikleri saptanmıştır.

Hayvan refahında yetiştiricilerin yarısından fazlası (%59,4) hayvanların stressiz bir ortamda olmaları durumunda hayvan refahının sağlanabileceğini bildirmişlerdir. “Hayvan refahı olmalı mı?” sorusuna işletmecilerin %95,0’i evet derken, işletmede hayvan refahını sağlayabildiklerini ifade edenlerin %78,1 oranında olduğu belirlenmiştir. Buna ilaveten yetiştiricilerin %89,5’i hayvanlarının sağlıklı olduğunu belirtmişlerdir (Çizelge 2).

Türkiye de hayvan refahı konusunda yapılması gerekenler bir yönetmelik çerçevesinde yayınlanmıştır. Yönetmeliğin 5, 6 ve 7. maddelerde hayvan refahına ait uygulama esasları belirtilmiştir (Anonim, 2023). Bu esaslarda hayvanların refahının sağlanması, gereksiz yere acı ve ızdırıp çekmelerine ya da yaralanmalarına neden olacak koşulların önlenmesinin gerekliliğine vurgu yapılmaktadır. Yine yönetmelik çerçevesinde çiftlik hayvanlarının gelişme evresi ile fizyolojik, etolojik ihtiyaçları ve davranışları dikkate alınarak yetiştirildikleri veya bakıldıkları koşulların sağlanması belirtilmektedir.

Ayrıca hayvan sahibi veya bakıcısı tarafından sıklıkla kontrolüne dikkat edilmesinin gerekli olduğu, yetiştirme sistemlerinde barındırılan çiftlik hayvanlarının refahlarının sağlanması için günde en az bir kere kontrol edilmesinin gerekliliğine vurgu yapılmıştır. Bunun dışındaki sistemlerde bakılan ve yetiştirilen çiftlik hayvanları ise herhangi bir mental veya fiziksel acıdan kaynaklanan olumsuzluğun önlenmesi için yeterli olacak aralıklarla kontrol edilir ibareleri mevcuttur (Anonim, 2023). Bu maddelerden işletme sahibi, yetiştirici veya bakıcı yetiştirdikleri hayvanların ihtiyaçları doğrultusunda bakım ve beslemenin yanında uygun barınak ve çevre koşullarını sağlamakla mükellef olduğu yönetmelikte belirtilmektedir.

## Sonuç

Bu araştırma Erzurum ili Aşkale ilçesi süt sığırcılığı işletmelerinde hayvan sağlığı uygulamalarının neler olduğunu ve yetiştiricilerin hayvan refahı konusunda görüşleri hakkında bilgi elde etmek amacıyla yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre yetiştiricilerin acil durumlar için ecza dolabı bulundurmaları, işletmelerin yarıya yakını vitamin-mineral kullandıkları, hayvanlarını sıcaklık stresinden korumak için serinletme yaptıkları, sığırlarını günde birkaç kez kontrol ettikleri, hayvanların refahını sağlamak için stres olmaması gerektiğini benimsemeleri ve hayvanların sağlıklı olduğunu ifade etmeleri olumlu özellikler olarak tespit edilmiştir.

İlçede gebe ineklere septisemi aşısı yaptırma oranının düşük olması, işletmelerde görülen hastalık veya problemlerden sırasıyla öksürük, ishal, solunum güçlüğü, haşeratlar, burun akıntısı ve topallık görülmesi işletmelerin zayıf yönleri olarak belirlenmiştir.

İşletme sahipleri, yetiştiriciler ve hayvan bakıcıları açısından hayvan refahı kavramının ve algısının iyice anlaşılabilir hale gelmesi gereklidir. Çünkü hayvancılıkla uğraşan kişilerin hayvan refahı konusunda etkin ve yeterli düzeyde bilgilerinin bulunmaması hayvancılık faaliyetinin daha etkin olarak yapılmasına ve hayvan refahına ilişkin düzenlemelerin tam anlamıyla uygulanmasına engel oluşturmaktadır. İşletmelerin tam anlamıyla ve daha etkin yönetilmesi hayvanların fizyolojik özellikleri doğrultusunda ihtiyaçlarının karşılanmasıyla mümkün olabilmektedir. Bu durum sadece hayvan refahını iyileştirmekle kalmamakta aynı zamanda hayvan başına verim miktarını ve ürün kalitesini de artırmaktadır.

Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde Erzurum ili Aşkale ilçesindeki sığırcılık işletmelerinde özellikle genel anlamda hayvan refahı konularında işletmecilerin verdiği cevaplar tatmin edici olarak değerlendirilebilir. Ancak hayvan sağlığı ve refahı konularında farklı bölge ve yörelerde işletmecilerin bu konu hakkında ki uygulama ve düşüncelerinin neler olduğu tam manasıyla bilinmemektedir. Bu nedenle hayvancılık işletmelerinde hayvan sağlığı ve refahı üzerine yapılacak çalışmaların yaygınlaştırılması gereklidir. Özellikle kamu kurumları, birlikler, girişimci sanayiciler ve üniversitelerin iş birliğiyle yürütülecek daha kapsamlı çalışmalar ile bu problemlerin nedenleri ve çözümleriyle ilgili bilgi ve eğitim verilerek uygulamadaki eksikliklerin giderilmesi gerekmektedir. Ayrıca hayvan refahı konusunda yetiştiricilerin bilgi düzeyini ve algılarını geliştirecek bilimsel çalışmalarında yapılmasına ihtiyaç olduğu görülmüştür.

## Kaynaklar

- Akkuş, Z. (2009). Konya ilinde süt sığırcılığı işletmelerinin yapısal özellikleri. (Tez No. 237226) [*Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi*]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Alkoyak, K. (2016). Süt sığırlarında sıcaklık stresi ve korunma yolları. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 5(1), 40-55.
- Anonim, (2023). Çiftlik hayvanlarının refahına ilişkin yönetmelik. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111223-3.htm> (14.09.2023)
- Arıkan, R. (2007). Araştırma teknikleri ve rapor hazırlama. *Asil Yayın Dağıtım Ltd.*, Ankara
- Aydın, M.K., & Keskin, M. (2019). Muğla ilinde süt sığırcılığı yetiştiriciliğinin mevcut durumu, bazı verim ve yapısal özellikleri. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 59(2), 57-63.
- Aydın, R., Bayram, B., Ergün, O.F., Özdemir, V.F., Diler, A., Yanar, M., & Koçyiğit, R. (2023). Sığırcılık işletmelerinde işletme büyüklüğü ve yetiştiricilerin eğitim durumlarının çiftlik uygulamaları üzerine etkileri: Erzurum ili Aşkale ilçesi örneği. *Palandöken Journal of Animal Sciences Technology and Economics*, 2(1), 29-37. <https://doi.org/10.5152/JASE.2023.1221295>
- Bakır, G., & Kibar, M. (2019). Muş ilinde büyükbaş süt sığırcılığı işletmelerinde kullanılan yem çeşitleri ve besleme özellikleri. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1(1), 61-68.
- Bakır, G., & Kibar, M. (2020). Muş ili süt sığırcılığı işletmelerinin barınak özelliklerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(4), 1085-1095. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.687242>
- Bezek, M. (2021). İstanbul İli Silivri İlçesinde Koyun Besiciliği Yapan İşletmelerin İyi Tarım Uygulamaları Açısından İncelenmesi. (Tez No. 687807) [*Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi*]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Calegari, F., Calamari, L., & Frazzi, E. (2012). Misting and fan cooling of the rest area in a dairy barn. *Int J Biometeorol*, 56(2), 287-95. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0432-7>
- Can, M.F. (2010). Türkiye’de *Brusella Abortus* ve *Brusella Melitensis* enfeksiyonlarından kaynaklanan finansal kayıplar ve alternatif *Brusella* kontrol stratejilerinin maliyet-fayda analizi. (Tez No. 2000398092) [*Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi*]. Ankara Üniversitesi Akademik Arşiv Sistemi.
- Ceco, A. (2022). Kars ili süt sığırcılığı işletmelerinde hayvan refahının barınak ve yetiştirme şartları açısından değerlendirilmesi. (Tez No. 730325) [*Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi*]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Demir, M. (2023). Süt Sığırlarında Sıcaklık Stresi ve Yönetimi. (Tez No. 778669) [*Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi*]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Doğanay, S., & Yanar, M. (2023). Şanlıurfa ili Eyyubiye ilçesi sığırcılık işletmelerinde sığır besleme alışkanlıkları ile işletme büyüklüğü arasındaki ilişkiler. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 33(1), 122-133. <https://doi.org/10.18615/anadolu.1308541>
- Ermetin, O., & Erkan, C.M. (2022). Yozgat ili süt sığırcılığı işletmelerinde barınakların yapısal ve teknik yönden değerlendirilmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 11(2), 421-436. <http://dx.doi.org/10.29278/azd.1141547>
- Fournel, S., Ouellet, V., & Charbonneau, E. 2017. Practices for alleviating heat stress of dairy cows in humid continental climates: A Literature Review. *Animals*, 7(5), 37. <https://doi.org/10.3390/ani7050037>

- Göncü, S., & Gökçe, G. (2021). Süt sığırcılığında sürdürülebilirlik için sıcak koşullarda alınacak önlemler. *International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research*, 4(1), 68-87. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijemar/issue/66250/943819>
- Güneşli, M., & Özkütük, K. (1993). Çukurova'da yaz aylarında duş olanağının Siyah-alaca ineklerinin süt verimine etkisi üzerine bir araştırma. *Tarım Bakanlığı Çukurova Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları*, Yayın, (12).
- Güneşli, M., & Özkütük, K. (1994). Çukurova'da yaz aylarında otomatik duş olanağı sağlanmasının ineklerin süt verimine ve duş yapma davranışına etkisi. *Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Çukurova Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü*. Yayın, (14).
- Harris, B. (1992). Feeding and managing cows in warm weather. Fact Sheet DS 48 of the Dairy Production Guide, Cooperative Extension Service, Florida
- Hill, D.L., & Wall, E. (2015). Dairy cattle in a temperate climate: the effects of weather on milk yield and composition depend on management. *Animal*, 9, 138-149. <https://doi.org/10.1017/S1751731114002456>
- Kaygısız, A., Aydın, R., & Özdemir, C.Y. (2023). Gümüşhane ili Torul ilçesi süt sığırcılığı işletmelerinde buzağı yetiştirme ile ilgili yönetimsel uygulamalar. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(1), 713-725. <https://doi.org/10.21597/jist.1188313>
- Kaygısız, A., & Özkan, İ. (2021). Samsun Tekkeköy ilçesindeki süt sığırcılık işletmelerinin yapısal özellikleri ve hijyen koşulları. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(2), 225-233. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.879606>
- Kılıç, O., & Eryılmaz, G.A. (2020). Samsun ilinde süt sığırcılığı yapan işletmelerin yapısal özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(3), 637-645. <https://doi.org/10.30910/turkjans.682932>
- Kibar, M., & Bakır, G. (2019). Muş ilinde süt sığırcılığı işletmelerinde sağlık yönetiminin belirlenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9 (4), 2409-2419. <https://doi.org/10.21597/jist.533230>
- Koç, H.U., & Uğurlu, M. (2019). Süt sığırlarında ısı stresinin verim özellikleri üzerine etkisi. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 59(1), 30-35.
- Koçyiğit, R. (2022). Süt sığır işletmelerinde sığır ve buzağı yetiştirme uygulamaları: Erzurum ili İspir ilçesi örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(Ek Sayı1), 279-289. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.1073396>
- Koçyiğit, R., Diler, A., Yanar, M., Güler, O., Aydın, R., & Avcı, M. (2016). Süt sığırcılığı işletmelerinde hayvan sağlığı, veteriner sağlık hizmetleri ve yetiştirici memnuniyeti: Erzurum ili Hınıs ilçesi örneği. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Science*, 3(1), 24-32.
- Koçyiğit, R., Yanar, M., Aydın, R., Özdemir, V.F., Ergün, O.F., Bayram, B., Diler, A., & Şat O. (2023). Erzurum ili Aşkale ilçesindeki süt sığır işletmelerinde mevcut barınak yapısal özellikleri ile işletme büyüklükleri arasındaki ilişkiler. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 12(1), 38-49.
- Kossabati, M.A., & Esslemont, R.J. (1997). The cost of production diseases in dairy herds in England. *The Veterinary Journal*, 154 (1), 41-51. [https://doi.org/10.1016/S1090-0233\(05\)80007-3](https://doi.org/10.1016/S1090-0233(05)80007-3)
- Miller, G.Y., & Dorn, C.R. (1990). Costs of dairy cattle diseases to producers in Ohio. *Preventive Veterinary Medicine*, 8(2-3), 171-182. [https://doi.org/10.1016/0167-5877\(90\)90009-7](https://doi.org/10.1016/0167-5877(90)90009-7)
- Mundan, D., Atalar, B., Meral, B.A., & Yakışan, M.M. (2018). Modern süt sığır işletmelerinin yapısal ve teknik özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 13(2), 201-210. <https://doi.org/10.17094/ataunivbd.331282>
- Öcal, G.O. (2020). Ankara ili süt sığırcılığı işletmelerinde hayvan refahının barınak ve yetiştirme şartları yönünden değerlendirilmesi. (Tez No. 621952) [*Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi*]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Özdemir, Y., Kınıklı, F., & Engindeniz, S. (2021). Süt sığırcılığı işletmelerinin yapısal özellikleri ve sorunları üzerine bir araştırma: Balıkesir'in Gönen ilçesi örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(4), 1001-1011. <https://doi.org/10.30910/turkjans.938077>
- Özsaygın, D. (2014). Süt sığırcılığı işletmelerinde hayvan sağlığı koruma hizmetlerinin ekonomik açıdan değerlendirilmesi (Biga ilçesi örneği). (Tez No. 379590) [*Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi*]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Öztürk, N. (2009). Mardin ilindeki Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Yapısal Özellikleri. (Tez No. 237224) [*Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi*]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Özyürek, S., Koçyiğit, R., & Tüzemen, N. (2014). Erzincan ilinde süt sığırcılığı yapan işletmelerin yapısal özellikleri: Çayırılı ilçesi örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(2), 19-26.
- Rahaman, I., Samanta, R., Ghosh, C.P., & Datta, S. (2021). Dairy cattle welfare assessment-importance and significance: A Review, *Pharmaceutical Innovation Journal Science*, 10(2), 226-23.
- Sezer, Y., Baytok, E., & Akçay, A. (2020). Nevşehir ili süt sığırcılığı işletmelerinin yapısı ve hayvan besleme uygulamaları yönünden değerlendirilmesi. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(3), 235-241. <https://doi.org/10.32707/ercivet.828408>
- Simitzis, P., Tzanidakis, C., Tzamaloukas, O., & Sossidou, E. (2022). Contribution of precision livestock farming systems to the improvement of welfare status and productivity of dairy animals. *Dairy*, 3(1), 12-28. <https://doi.org/10.3390/dairy3010002>
- Sischo, W.M., Hird, D.W., Gardner, I.A., Utterback, W.W., Christiansen, K.H., Carpenter, T.E., Danaye-Elmi, C., & Heron, B.R. (1990). Economics of disease occurrence and prevention on California of data collected for the national animal health monitoring system. *Preventive Veterinary Medicine*, 8(2-3), 141-156. [https://doi.org/10.1016/0167-5877\(90\)90007-5](https://doi.org/10.1016/0167-5877(90)90007-5)
- SPSS, (2011). SPSS for Windows Release 13.0. SPSS Inc, Chicago, IL.
- Şeker, İ., Tasalı, H., & Güler, H. (2012). Muş ilinde sığır yetiştiriciliği yapılan işletmelerin yapısal özellikleri. *Fırat Üniv. Sağ. Bil. Vet. Derg.*, 26(1), 09-16.
- Tatar, A.M. (2007). Ankara ve Aksaray damızlık sığır yetiştiricileri il birliklerine üye süt sığırcılığı işletmelerinin yapısı ve sorunları. (Tez No. 213797) [*Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi*]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Tüfenk, Ö. (2021). Hayvan refahına ilişkin tüketici algı ve tutumu. (Tez No. 666031) [*Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi*]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Uysal, E., & Olgun, O. (2023). Konya bölgesi süt sığır işletmeleri besleme uygulamalarının belirlenmesi. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 12(1), 1-12. <https://dergipark.org.tr/en/pub/bdhad/issue/78796/1224401>
- Ünal, A., Serbest, U., Çınar, M., Ceyhan, A., Akyol, E., Şekeroğlu, A., Erdem, T., & Yılmaz, S. (2013). Niğde ili süt sığırcılığı işletmelerinin mevcut durumu, başlıca sorunları ve çözüm önerileri. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(2), 67-72. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v1i2.67-72.34>
- Yalçın, C. (2000). Cost of mastitis in scottish dairy herds with low and high subclinical mastitis problems, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 24(5), 465-472. <https://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/vol24/iss5/8>
- Yalçın, C., Sarıözkan, S., Yıldız, A.Ş., & Günlü, A. (2010). Burdur, Kırklareli ve Konya illerindeki süt sığırcılığı işletmelerinde ayak hastalıklarından kaynaklanan finansal kayıplar. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 57(2), 99-104. [https://doi.org/10.1501/Vetfak\\_0000002318](https://doi.org/10.1501/Vetfak_0000002318)
- Yılmaz, İ., Kaylan, V., & Yanar, M. (2020). Iğdır ili büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinin yapısal analizi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(1), 684-693. <https://doi.org/10.21597/jist.567366>



## Investigation of the Kinetics of Ultrasound Pre-treatment Drying of Seeded and Seedless Pomegranate Arils Using Thin Layer Models Containing at Most Two Parameters

Salih Eroğlu<sup>1,a,\*</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

\*Corresponding author

### ARTICLE INFO

Research Article

Received : 05.04.2024

Accepted : 27.04.2024

Keywords:

Drying

Modelling

Pomegranate

Pre-treatment

Ultrasound

### ABSTRACT

In this study, seeded and seedless pomegranate arils (*Punica granatum* L.) were dried at 70 °C at an air velocity of 1,3 m/s after ultrasonic pre-treatment (US) for different durations in thin layers. To investigate the drying kinetics of pomegranate arils, two-parameter models were mostly used instead of multi-parameter models, which are widely used in the literature but are complex and require data transformation. These models are the Lewis (Newton), Page, Modified Page I, Weibull, Weibull I, and Modified Two Term III models. RMSE (Root mean square error) and coefficient of determination ( $R^2$ ) values were used to select the model that best explained the drying processes. According to the results, the Page model best explained the drying of seeded pomegranate arils under all process conditions. In seedless pomegranate arils, the Page model was found to be the best model to explain the drying of pomegranate arils without pre-treatment and with the 10-min of US pre-treatment, and the Weibull model was found to be the best model to explain the drying of pomegranate arils with the 20 and 30 min of US pre-treatment. However, US pre-treatments of different durations applied before drying significantly reduced the drying time of seeded and seedless pomegranate arils.

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(7): 1129-1136, 2024

## Çekirdekli ve Çekirdeksiz Nar Tanelerinin Ultrason Ön İşlemleri Kurutma Kinetiğinin En Çok İki Parametre İçeren İnce Tabaka Modelleri Kullanılarak İncelenmesi

### MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş : 05.04.2024

Kabul : 27.04.2024

Anahtar Kelimeler:

Kurutma

Modelleme

Nar

Ön işlem

Ultrason

### ÖZ

Bu çalışmada çekirdekli ve çekirdeksiz nar taneleri (*Punica granatum* L.) ince tabaka halinde farklı sürelerde ultrason ön işlemi (US) uygulandıktan sonra 70 °C'de 1,3 m/s hava hızında kurutulmuştur. Nar tanelerinin kuruma kinetiğinin incelenmesi amacıyla literatürde çok kullanılan ancak karmaşık ve verilerin dönüştürülmesini gerektiren çok parametrelili modeller yerine en çok iki parametrelili modeller kullanılmıştır. Bu modeller Lewis (Newton), Page, Modifiye Page I, Weibull, Weibull I ve Modifiye Çift Terimli III modelleridir. Kurutma işlemlerini en iyi açıklayan modelin seçilmesi amacıyla hata kareleri ortalamasının kare kökü (RMSE) ve belirleme katsayısı ( $R^2$ ) değerleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre çekirdekli nar tanelerinin kurutulmasını tüm işlem koşullarında en iyi Page modelinin açıkladığı belirlenmiştir. Çekirdeksiz nar tanelerinde ön işlemsiz ve 10 dakika US ön işlemleri nar tanelerinin kurutulmasını en iyi açıklayan modelin Page modeli, 20 ve 30 dakika US ön işlemleri nar tanelerinin kurutulmasını en iyi açıklayan modelin ise Weibull modeli olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, kurutma öncesinde uygulanan farklı sürelerdeki US ön işlemlerinin çekirdekli ve çekirdeksiz nar tanelerinin kuruma sürelerini önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir.

<sup>a</sup> [saliheroglu@sdu.edu.tr](mailto:saliheroglu@sdu.edu.tr)

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1489-9761>



## Giriş

Nar, (*Punica granatum* L.), Asya, Kuzey Afrika, Akdeniz ve Orta Doğu'nun bazı bölgelerinde yaygın olarak yetiştirilen önemli bir ticari meyvedir (Saxena ve ark., 1987). Meyvenin yenilebilir kısmı olan taneleri, toplam meyve ağırlığının yaklaşık %55-60'ını oluşturur. Taneler, önemli düzeyde, asitler, şekerler, vitaminler, polisakkaritler, polifenoller, ellagik asit, gallik asit, punikalagin, antosiyaninler ve tanenler gibi güçlü antioksidanlar ihtiva etmesi sebebiyle sağlık açısından oldukça faydalı bir besin kaynağıdır. Bu fitokimyasallar, hücreye zarar veren serbest radikalleri yok ederek insan sağlığını koruma ve desteklemede önemli rol oynar (Allahdad ve ark., 2019). Hasat mevsiminin kısa olması taze meyvenin değerlendirilmesindeki sorunlar arasında yer alır.

Kurutma, gıdaların muhafazasında kullanılan en eski ve hala popüler bir yöntemdir. Kurutma işleminde gıda materyali içindeki su, ürünün mikrobiyal stabilitesini sağlayan ve depolama sırasında malzemenin kimyasal ve fiziksel değişikliklerini en aza indiren nihai bir konsantrasyona düşürülür. Ancak kurutma işleminde kurutulmuş ürünün kalitesinde istenmeyen değişiklikler meydana gelebilir. Konveksiyonel kurutmada şeker içeren meyve materyallerinden suyun uzaklaştırılması için gereken yüksek sıcaklıklar ve uzun kuruma süreleri, kurutulmuş ürünün aromasında, renginde, besin maddelerinde ciddi hasara sebebiyet verebilmektedir (Horuz ve Maskan, 2015). Bu sebeple ısı olmayan kurutma işlemlerine olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır.

Ultrasonik ses, 20 kHz'den 100 MHz'e kadar frekanstaki hava titreşimleri olarak değerlendirilebilir ve ayrıca hava dışındaki katı, sıvı ve gazlarda yayılan mekanik dalgalardan da kaynaklanır (Nowacka ve ark., 2012). Su içeren malzemelerde insanın duymayacağı bir frekansta (18-500 kHz) titreşen akustik dalgalar, malzemenin sıkışmasına ve genişlemesine neden olur ve bu durum (sünger etkisi) gıda materyali içinde kavitasyon meydana getirir. Kavitasyon sırasında ultrasonik dalgalar küçük vakum baloncuklar meydana getirir ve bu baloncuklar daha fazla enerji absorbe ettikçe büyüyerek yüksek basınçlı dalga oluşturarak patlar. Patlayan kabarcıklar, hücre dokusuna zarar vererek hücre içerisinde mikroskobik kanalcıkların oluşmasına sebep olur. Bu durum ürün içindeki nemin dışarıya daha hızlı transferini sağlayarak kuruma süresinin kısalmasına katkıda bulunur (Kerboua ve Hamdaoui, 2018; Morton ve ark., 2023).

Bu çalışmada ultrasonik su banyosunda farklı sürelerde ultrason ön işlemine maruz bırakılmış çekirdekli ve çekirdeksiz nar tanelerinin zorlamalı konvektif bir kurutucuda kuruma süreleri hesaplanmış ve kuruma davranışlarına en uygun modeller belirlenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Kurutma için kullanılan çekirdekli ve çekirdeksiz nar taneleri (*Punica granatum* L.) Isparta'da yerel bir firmadan temin edilmiştir. Nar tanelerinin meyveden ayrılması işleminden sonra kurutma işlemi uygulanmıştır. Çekirdekli ve çekirdeksiz nar tanelerinin yaş bazda başlangıç nem içerikleri sırasıyla %77,54±1,26 ve %80,05±1,72 olarak tespit edilmiştir.

### Ultrason Ön İşlemi

Taneleri ayrılan nar meyvesi ultrasonik su banyosunda (WiseClean WUC-A06H, Güney Kore) 10, 20 ve 30 dakika boyunca 40 kHz frekansta US ön işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 1). Ultrason ön işlemi için hammadde/su oranı 1/4 olarak uygulanmıştır.

### Hava Kurutma

Kontrol ve US ile ön işleme tabi tutulmuş çekirdekli ve çekirdeksiz nar taneleri 30 x 30 cm kurutma tepsiğine yerleştirilmiş ve laboratuvar tipi kurutucuda (Mikrotest, MKD 250, Türkiye) 70°C'de 1,3 m/s sabit hava hızında yaş bazda yaklaşık %5 nem içeriğine kadar kurutulmuştur.

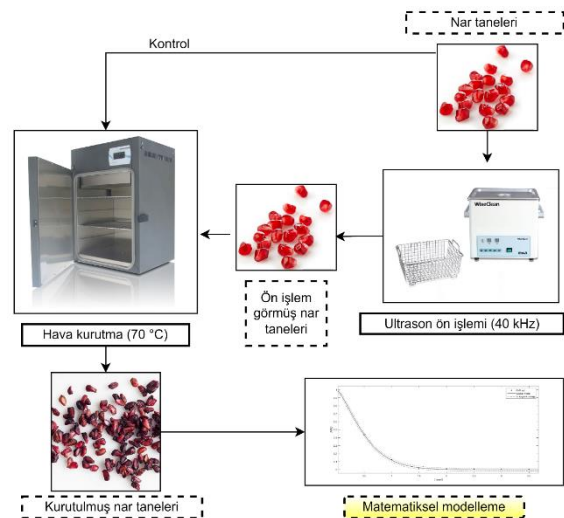
### Matematiksel Modelleme

Çekirdekli ve çekirdeksiz nar tanelerinin kuruma davranışını açıklamak amacıyla literatürde yaygın olarak kullanılan en çok iki parametre içeren ince tabaka modelleri kullanılmıştır (Çizelge 1). Buzrul, (2022) ince tabaka kurutma modellerinin keyfi kullanımından kaçınılması gerektiğini ve çok parametrelili ve karmaşık modellerin çoğu zaman önemsiz parametreler içerebildiğini belirtmiştir. Bu nedenle bu çalışmada çok parametrelili modeller tercih edilmemiştir.

Öncelikle nar tanelerinin zamana bağlı ayrılabilir nem oranı (ANO) değerleri Eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır.

$$ANO = \frac{M_1 - M_e}{M_0 - M_e} \quad (1)$$

Burada, ANO, boyutsuz ayrılabilir nem oranını  $M_1$ , kurutma prosesinin herhangi bir t zamanındaki nem değerini (g su/g kuru madde),  $M_0$ , kurutma başlangıcındaki ( $t=0$ ) nem değerini (g su/g kuru madde)  $M_e$ , denge nem içeriği değerini (g su/g kuru madde) ifade etmektedir.  $M_0$  ve  $M_1$  değerlerine göre denge nem içeriğinin ( $M_e$ ) oldukça düşük olmasından ve kurutma süresinin uzun olmasından dolayı  $M_e$  değeri 0 olarak kabul edilmiştir (Darvishi ve ark., 2014; Karacabey ve ark., 2016).



Şekil 1. Nar tanelerinin US ön işlemlili kurutulmasının şematik gösterimi

Figure 1. Schematic representation of US pretreated drying of pomegranate arils

Çizelge 1 Deneysel kurutma verilerini tanımlayan ince tabaka kurutma modelleri

Table 1 Thin layer drying models describing experimental drying data

Model	Denklem	Kaynak
Newton (Lewis)	ANO = exp (-b.t)	(Lewis, 1921)
Page	ANO = exp (-b.t <sup>n</sup> )	(Page, 1949)
Modifiye Page I	ANO = exp [(-b.t) <sup>n</sup> ]	(Overhults ve ark., 1973)
Weibull	ANO = exp [-(t/b) <sup>n</sup> ]	(Corzo ve ark., 2008)
Weibull I	ANO = 10 <sup>-n</sup> [-(t/b) <sup>n</sup> ]	(Karacabey & Buzrul, 2017)
Modifiye çift terimli III	ANO = a.exp (-b.t)+(1-a).exp (-b.a.t)	(Hutchinson & Otten, 1983)

ANO: Ayrılabilir nem oranı, t: Zaman (saat), a, b, n: Model parametreleri

Çizelge 2 Çekirdeksiz nar tanelerinin kurutulmasının ince tabaka modelleme sonuçları

Table 2 Thin layer modelling results of drying of seedless pomegranate arils

Model	Kurutma işlemi	Model parametreleri (%95 güven aralığı)	R <sup>2</sup>	RMSE
Newton (Lewis)	Çz-K	b=1,07(0,94,1,20)	0,9885	0,36960
	Çz-10US	b=1,13(1,01,1,25)	0,9923	0,03081
	Çz-20US	b=1,43(1,20,1,65)	0,9866	0,40670
	Çz-30US	b=1,88(1,64,2,12)	0,9940	0,02550
Page	Çz-K	b=0,96(0,94,0,99) n=1,47(1,41,1,52)	0,9997	0,06094
	Çz-10US	b=1,11(1,09,1,13) n=1,26(1,22,1,30)	0,9999	0,00434
	Çz-20US	b=1,51(1,47,1,56) n=1,46(1,40,1,52)	0,9998	0,00544
	Çz-30US	b=2,12(1,99,2,26) n=1,36(1,25,1,48)	0,9996	0,00774
Modifiye Page I	Çz-K	b=1,02(0,97,1,06) n=1,32(1,23,1,40)	0,9992	0,10370
	Çz-10US	b=1,09(1,07,1,13) n=1,26(1,19,1,32)	0,9926	0,00757
	Çz-20US	b=1,52(1,47,1,56) n=1,46(1,41,1,52)	0,9998	0,00502
	Çz-30US	b=2,12(2,00,2,25) n=1,37(1,26,1,47)	0,9997	0,00697
Weibull	Çz-K	a=0,99(0,96,1,02) n=1,32(1,23,1,40)	0,9992	0,10370
	Çz-10US	a=0,93(0,91,0,95) n=1,26(1,20,1,32)	0,9926	0,00757
	Çz-20US	a=0,75(0,74,0,77) n=1,46(1,41,1,52)	0,9998	0,00502
	Çz-30US	a=0,58(0,56,0,59) n=1,37(1,26,1,47)	0,9997	0,00697
Weibull I	Çz-K	b=0,14(-1,28e+05,1,28e+05) n=0,06(-5,98e+04,5,97e+04)	0,9885	0,03920
	Çz-10US	b=0,05(-1,28e+04,1,28e+04) n=0,02(-6302,6302)	0,9923	0,03294
	Çz-20US	b=0,027(-8045,8045) n=0,017(-4984,4984)	0,9866	0,04348
	Çz-30US	b=0,10(-1,10e+05,1,10e+05) n=0,08(-8,94e+04,8,94e+04)	0,9940	0,02975
Modifiye Çift Terimli III	Çz-K	a=1,868(1,70,2,04) b=1,525(1,37,1,68)	0,9983	0,01606
	Çz-10US	a=1,82(1,72,1,92) b=1,57(1,48,1,67)	0,9994	0,00903
	Çz-20US	a=2,09(1,98,2,20) b=2,24(2,11,2,36)	0,9996	0,00771
	Çz-30US	a=2,04(1,83,2,25) b=2,82(2,56,3,08)	0,9996	0,00799

Çz-K: Çekirdeksiz nar taneleri için kontrol grubu, Çz-10US: Çekirdeksiz nar taneleri için 10 dakika ultrason ön işlem uygulanmış, Çz-20US: Çekirdeksiz nar taneleri için 20 dakika ultrason ön işlem uygulanmış, Çz-30US: Çekirdeksiz nar taneleri için 30 dakika ultrason ön işlem uygulanmış

### İstatistiksel Analiz

Deneysel veriler ile kullanılan ince tabaka modelinin tahmin ettiği veriler arasındaki uyumun belirlenmesi amacıyla MATLAB R2015a programı kullanılarak RMSE ve R<sup>2</sup> değerleri incelenmiştir. Bu değerlerin hesaplanması Eşitlik 2 ve Eşitlik 3 olarak verilmiştir. Kuruma süreleri üzerine işlemlerin etkisinin belirlenmesi amacıyla varyans analizi (ANOVA) ve Tukey çoklu karşılaştırma testi Minitab 17.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (ANO_{tahmin,i} - ANO_{deneysel,i})^2} \quad (2)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (ANO_i - ANO_{tahmin,i}) \times \sum_{i=1}^N (ANO_i - ANO_{deneysel,i})}{\sqrt{[\sum_{i=1}^N (ANO_i - ANO_{tahmin,i})^2] \times [\sum_{i=1}^N (ANO_i - ANO_{deneysel,i})^2]}} \quad (3)$$

Burada,  $ANO_{tahmin,i}$ , tahmini ayrılabilir nem oranını,  $ANO_{deneysel,i}$ , deneysel ayrılabilir nem oranını,  $ANO_i$ , herhangi bir zamandaki ayrılabilir nem oranını,  $N$ , toplam ağırlık ölçüm sayısını ifade etmektedir.

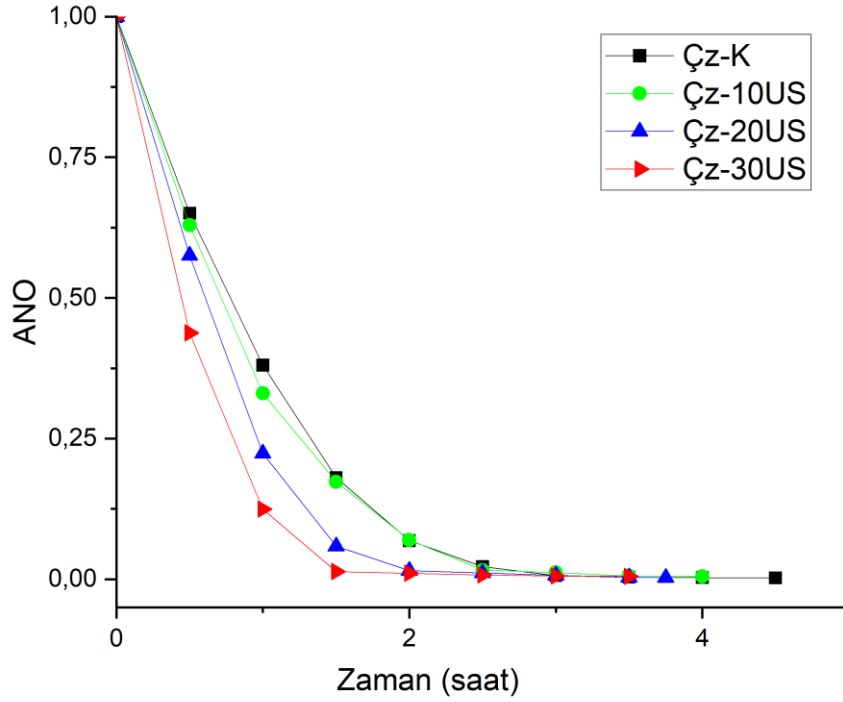
### Bulgular ve Tartışma

#### Matematiksel Modelleme

Araştırma kapsamındaki koşullar altında, çekirdekli ve çekirdeksiz nar tanelerinin kuruma davranışını açıklayacak en uygun modeli belirlemek için literatürde sıklıkla kullanılan ince tabaka kurutma modelleri Çizelge 1'de verilmiştir. Bu amaçla öncelikle çekirdeksiz nar tanelerinin kontrol (Çz-K), 10 dakika ultrason ön işlem uygulanmış (Çz-10US), 20 dakika ultrason ön işlem uygulanmış (Çz-20US) ve 30 dakika ultrason ön işlem uygulanmış (Çz-30US) nar taneleri için ANO (ayrılabilir nem oranı) değerleri hesaplanmış ve zamana karşı grafiğe aktararak belirtilen matematiksel modeller ile uyumu istatistiksel olarak belirlenmiştir (Şekil 2).

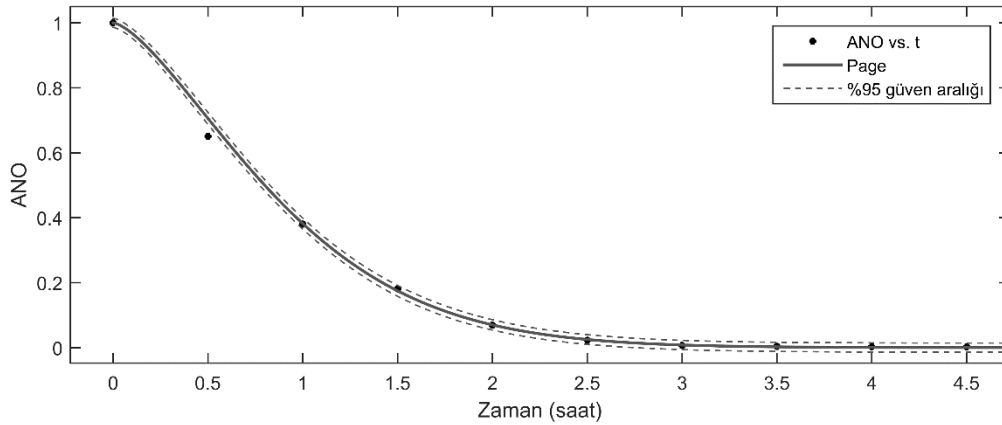
Çekirdeksiz nar taneleri için ince tabaka kurutma modelleme sonuçları, %95 güven aralığında model parametrelerinin değerleri ile RMSE ve R<sup>2</sup> değerlerini içerecek şekilde Çizelge 2'de verilmiştir.





Şekil 2. Çekirdeksiz nar tanelerinin kurutma işlemlerinde zamana bağlı olarak ANO değerleri değişimi  
 Figure 2. Changes in moisture ratio (ANO) values of seedless pomegranate arils during the drying processes as a function of time

Çz-K: Çekirdeksiz nar taneleri için kontrol grubu, Çz-10US: Çekirdeksiz nar taneleri için 10 dakika ultrason ön işlem uygulanmış, Çz-20US: Çekirdeksiz nar taneleri için 20 dakika ultrason ön işlem uygulanmış, Çz-30US: Çekirdeksiz nar taneleri için 30 dakika ultrason ön işlem uygulanmış



Şekil 3. Çekirdeksiz nar tanelerinin kontrol grubu için deneysel ANO ve Page modelinin tahmin ettiği ANO değerlerinin zamana bağlı olarak değişimi

Figure 3. Variation of experimental moisture ratio (ANO) and Page model predicted ANO values for the control group of seedless pomegranate arils depending on time

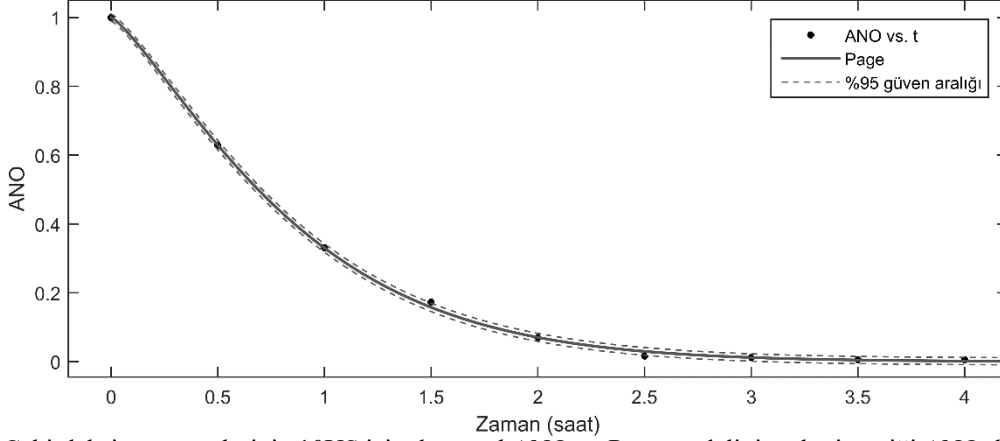
Çekirdeksiz nar tanelerinde ön işlemsiz ve 10 dakika US ön işlemi uygulanmış nar tanelerinin kuruma davranışını açıklayan en uygun modelin en düşük RMSE ve en yüksek  $R^2$  değerleri ile Page modeli olduğu belirlenmiştir. Buna karşın 20 ve 30 dakika US ön işlemi uygulanmış nar tanelerinde ise en uygun model en düşük düşük RMSE ve en yüksek  $R^2$  değerleri ile Weibull modeli olduğu belirlenmiştir. Her işlem için en uygun model ile deneysel verileri içeren grafikler Şekil 3-6'te verilmiştir. Benzer şekilde yapılan bir çalışmada 50, 55 ve 60°C'de kabin kurutucuda kurutulan nar taneleri için en uygun

modelin Page olduğu tespit edilmiştir (Kingsly ve Sign, 2006). Benzer bulgular literatürde nar tanelerinin kurutulması çalışmalarında mevcuttur (Adetoro ve ark., 2020; Mineai ve ark., 2012).

Aynı şekilde kontrol (Ç-K), 10 dakika ultrason ön işlem uygulanmış (Ç-10US), 20 dakika ultrason ön işlem uygulanmış (Ç-20US) ve 30 dakika ultrason ön işlem uygulanmış (Ç-30US) çekirdekli nar taneleri için ANO (ayrılabilir nem oranı) değerleri hesaplanmış ve zamana karşı grafiğe aktarılmıştır (Şekil 7).

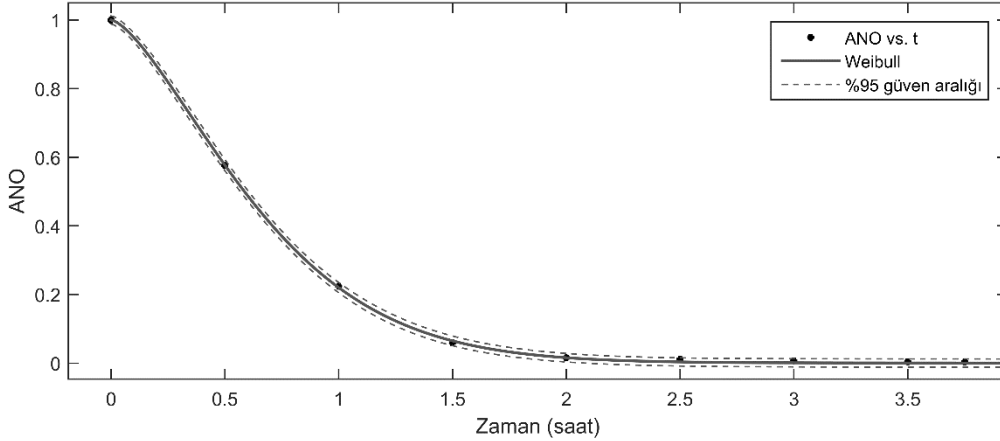
Çekirdekli nar taneleri için ince tabaka kurutma modelleme sonuçları, %95 güven aralığında model parametrelerinin değerleri ile RMSE ve  $R^2$  değerlerini içerecek şekilde Çizelge 3'te verilmiştir. Buna göre, çekirdekli nar tanelerinde en uygun kurutma modelinin tüm kurutma koşullarında en düşük RMSE değeri ile Page model olduğu tespit edilmiştir. Her işlem için en uygun

modelin Page olmasından dolayı sadece tek bir grafik seçilerek kontrol grubu için deneysel ANO değerleri ile Page modelinin tahmin değerlerini içeren grafik Şekil 8'de verilmiştir. Benzer şekilde Horuz ve Maskan, (2015) yaptıkları çalışmada nar tanelerinin sıcak hava ve mikrodalga yöntemleriyle kurutma davranışının Page modeli ile iyi açıklandığını belirtmişlerdir.



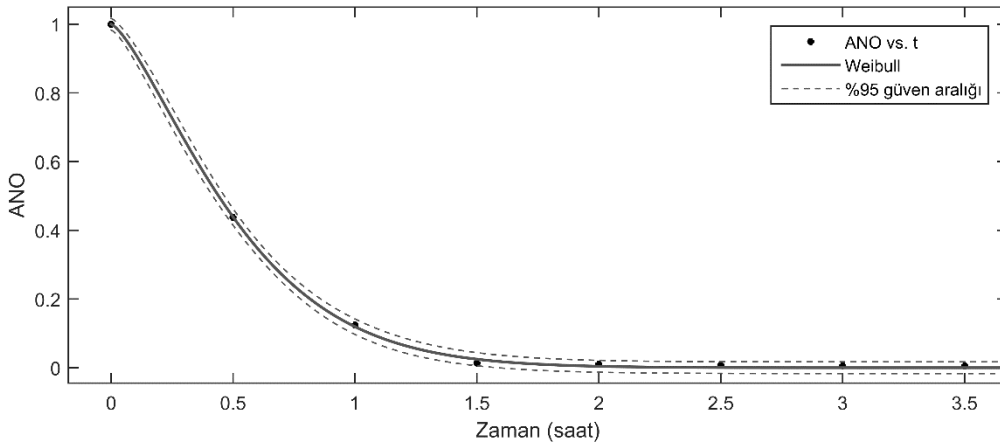
Şekil 4. Çekirdeksiz nar tanelerinin 10US için deneysel ANO ve Page modelinin tahmin ettiği ANO değerlerinin zamana bağlı olarak değişimi

Figure 4. Variation of experimental moisture ratio (ANO) and Page model predicted ANO values for the 10US of seedless pomegranate arils depending on time



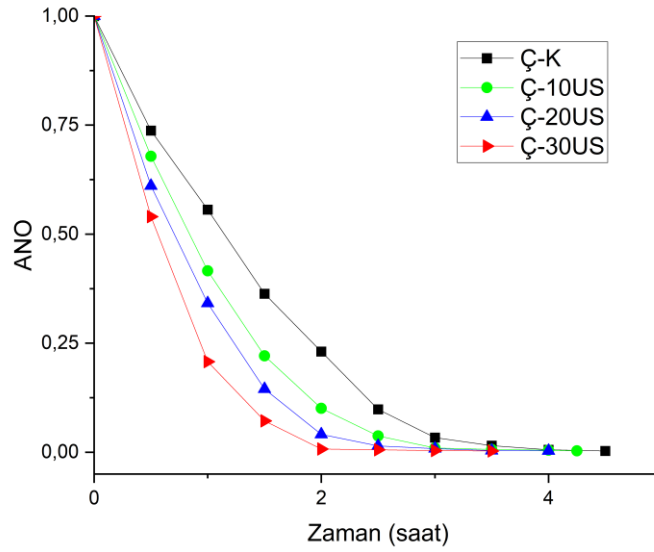
Şekil 5. Çekirdeksiz nar tanelerinin 20US için deneysel ANO ve Weibull modelinin tahmin ettiği ANO değerlerinin zamana bağlı olarak değişimi

Figure 5. Variation of experimental moisture ratio (ANO) and Weibull model predicted ANO values for the 20US of seedless pomegranate arils depending on time



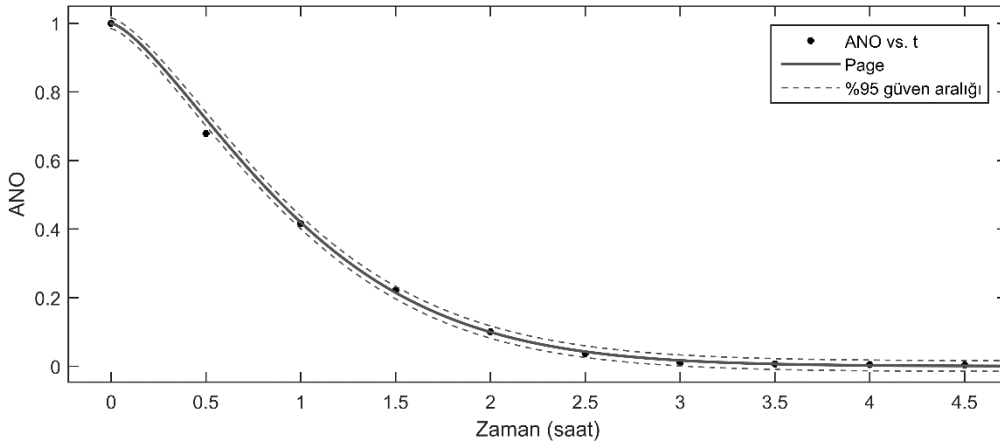
Şekil 6. Çekirdeksiz nar tanelerinin 30US için deneysel ANO ve Weibull modelinin tahmin ettiği ANO değerlerinin zamana bağlı olarak değişimi

Figure 6. Variation of experimental moisture ratio (ANO) and Weibull model predicted ANO values for the 30US of seedless pomegranate arils depending on time



Şekil 7. Çekirdekli nar tanelerinin kurutma işlemlerinde zamana bağlı olarak ANO değerleri değişimi

Figure 7. Changes in moisture ratio (ANO) values of pomegranate arils during the drying processes as a function of time  
 Ç-K: Çekirdekli nar taneleri için kontrol grubu, Ç-10US: Çekirdekli nar taneleri için 10 dakika ultrason ön işlem uygulanmış, Ç-20US: Çekirdekli nar taneleri için 20 dakika ultrason ön işlem uygulanmış, Ç-30US: Çekirdekli nar taneleri için 30 dakika ultrason ön işlem uygulanmış



Şekil 8. Çekirdekli nar tanelerinin kontrol grubu için deneysel ANO ve Page modelinin tahmin ettiği ANO değerlerinin zamana bağlı olarak değişimi

Figure 8. Variation of experimental moisture ratio (ANO) and Page model predicted ANO values for the control group of seeded pomegranate arils as a function of time

### Kuruma Süresi

Çekirdekli ve çekirdeksiz nar tanelerinin kuruma süreleri (dakika) Çizelge 4'te verilmiştir. Kuruma süreleri üzerine US ön işleminin etkili olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ). Çekirdekli ve çekirdeksiz nar tanelerine uygulanan US süresi arttıkça kuruma süresi azalmıştır ( $p < 0,05$ ). Bu durum US işleminin ürünün dokularında meydana getirdiği kavitasyon etkisi ile kurutma sırasındaki nem transferinin daha kolay ve hızlı gerçekleşmesinden meydana geldiği yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Guo vd., 2020). US işlem süresinin artması bu etkiyi daha da arttırmıştır. Benzer sonuçlar yapılan çalışmalarda kahverengi deniz yosunu, elma, havuç ve dut materyalleri için de elde edilmiştir (Kadam ve ark., 2015; Nowacka ve ark., 2012; Tao ve ark., 2016; Wang ve ark., 2018).

### Sonuç ve Öneriler

Çekirdekli ve çekirdeksiz nar tanelerinin US ön işlemleri sıcak havalı kurutucuda kurutulmasındaki kuruma davranışı incelenmiştir. Çekirdekli nar tanelerinin 70°C'de 1,3 m/s hava hızında kurutulmasını tüm işlem koşullarında en iyi Page modelinin açıkladığı belirlenmiştir. Çekirdeksiz nar tanelerinde de benzer şekilde ön işlemler ve 10 dakika US ön işlemlerli nar tanelerinin kurutulmasını en iyi açıklayan modelin Page modeli olduğu tespit edilmiştir. Çekirdeksiz nar tanelerinin 20 ve 30 dakika US ön işlemlerli kurutulmasını en iyi açıklayan modelin ise Weibull modeli olduğu belirlenmiştir. US ön işleminin çekirdekli ve çekirdeksiz nar tanelerinin kuruma sürelerini ultrason ön işlem süresi arttıkça önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir.

Çizelge 3 Çekirdekli nar tanelerinin kurutulmasının ince tabaka modelleme sonuçları

Table 3 Thin layer modelling results of drying of pomegranate arils

Model	Kurutma işlemi	Model parametreleri (%95 güven aralığı)	R <sup>2</sup>	RMSE
Newton (Lewis)	Ç-K	b=0,98(0,86,1,10)	0,9880	0,03788
	Ç-10US	b=0,98(0,86,1,10)	0,9880	0,03799
	Ç-20US	b=1,17(1,03,1,32)	0,9900	0,03520
	Ç-30US	b=1,49(1,28,1,70)	0,9912	0,03404
Page	Ç-K	b=0,87(0,85,0,89) n=1,41(1,35,1,46)	0,9997	0,00679
	Ç-10US	b=1,11(1,09,1,13) n=1,26(1,22,1,30)	0,9999	0,00440
	Ç-20US	b=1,07(1,03,1,11) n=1,50(1,42,1,58)	0,9995	0,00858
	Ç-30US	b=1,56(1,52,1,60) n=1,34(1,29,1,39)	0,9999	0,00470
Modifiye Page I	Ç-K	b=0,91(0,88,0,94) n=1,31(1,24,1,38)	0,9993	0,00969
	Ç-10US	b=1,10(1,07,1,13) n=1,26(1,19,1,32)	0,9996	0,00756
	Ç-20US	b=1,15(1,08,1,21) n=1,30(1,18,1,40)	0,9987	0,01348
	Ç-30US	b=1,57(1,53,1,62) n=1,35(1,29,1,41)	0,9998	0,00523
Weibull	Ç-K	a=1,08(1,05,1,11) n=1,31(1,24,1,38)	0,9993	0,00969
	Ç-10US	a=0,93(0,90,0,95) n=1,26(1,19,1,32)	0,9996	0,00757
	Ç-20US	a=0,90(0,86,0,94) n=1,29(1,18,1,40)	0,9987	0,01348
	Ç-30US	a=0,72(0,70,0,73) n=1,35(1,29,1,41)	0,9998	0,00523
Weibull I	Ç-K	b=0,09(-5,68e+04,5,68e+04) n=0,04(-2,42e+04,2,42e+04)	0,9880	0,04018
	Ç-10US	b=0,13(-1,1e+05,1,1e+05) n=0,05(-4,67e+04,4,66e+04)	0,9880	0,04029
	Ç-20US	b=0,06(-2,91e+04,2,91e+04) n=0,032(-1,49e+04,1,49e+04)	0,9900	0,03763
	Ç-30US	b=9,38(-7,59e+07,7,59e+07) n=6,07(-4,91e+07,4,91e+07)	0,9912	0,00368
Modifiye Çift Terimli III	Ç-K	a=1,86(1,74,1,98) b=1,40(1,29,1,50)	0,9987	0,01329
	Ç-10US	a=1,82(1,72,1,92) b=1,57(1,48,1,67)	0,9994	0,00903
	Ç-20US	a=1,84(1,66,2,02) b=1,64(1,47,1,82)	0,9987	0,01614
	Ç-30US	a=1,02(-494,6,496,6) b=1,49(-21,73,24,71)	0,9912	0,00368

Ç-K: Çekirdekli nar taneleri için kontrol grubu, Ç-10US: Çekirdekli nar taneleri için 10 dakika ultrason ön işlem uygulanmış, Ç-20US: Çekirdekli nar taneleri için 20 dakika ultrason ön işlem uygulanmış, Ç-30US: Çekirdekli nar taneleri için 30 dakika ultrason ön işlem uygulanmış

Çizelge 4 Çekirdekli ve çekirdeksiz nar tanelerinin farklı işlem koşullarındaki kuruma süreleri

Table 4 Drying times of seeded and seedless pomegranate arils under different processing conditions

Kurutma İşlemi	Kuruma süreleri (dakika)	
	Çekirdeksiz Nar	Çekirdekli Nar
Kontrol	270±10 <sup>a</sup>	272±13 <sup>a</sup>
10US	242±13 <sup>b</sup>	247±8 <sup>a, b</sup>
20US	225±10 <sup>b, c</sup>	227±13 <sup>b, c</sup>
30US	212±8 <sup>c</sup>	213±8 <sup>c</sup>

10US: 10 dakika ultrason ön işlem uygulanmış, 20US: 20 dakika ultrason ön işlem uygulanmış, 30US: 30 dakika ultrason ön işlem uygulanmış; a-c: Aynı sütundaki farklı harflere sahip ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistik açıdan önemlidir (P≤0,05); a-c: Differences between means with different letters in the same column are statistically significant (P≤0,05)

## Teşekkür

Bu çalışmada kullandığım programları öğrenmeme yardımcı olan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu ("TÜBİTAK 2237-A, Proses Analizi ve Optimizasyonu"; Proje Numarası: 1129B372300736) tarafından düzenlenen projenin koordinatörlerine teşekkür ederim.

## Kaynaklar

- Adetoro, A. O., Tsige, A. A., Opara, U. L., & Fawole, O. A. (2020). Mathematical modelling of blanch-assisted drying of pomegranate (*Punica granatum*) arils in a hot-air drier. *Processes*, 8(5), 611. <https://doi.org/10.3390/pr8050611>
- Allahdad, Z., Nasiri, M., Varidi, M., & Varidi, M. J. (2019). Effect of sonication on osmotic dehydration and subsequent air-drying of pomegranate arils. *Journal of Food Engineering*, 244, 202-21. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.09.017>
- Buzrul, S. (2022). Reassessment of thin-layer drying models for foods: A critical short communication. *Processes*, 10(1), 118. <https://doi.org/10.3390/pr10010118>
- Corzo, O., Bracho, N., Pereira, A., & Vásquez, A. (2008). Weibull distribution for modeling air drying of coroba slices. *LWT-Food Science and Technology*, 41(10), 2023-2028. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.01.002>
- Darvishi, H., Asl, A. R., Asghari, A., Azadbakht, M., Najafi, G., & Khodaei, J. (2014). Study of the drying kinetics of pepper. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 13(2), 130-138. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2013.03.002>
- Guo, Y., Wu, B., Guo, X., Ding, F., Pan, Z., & Ma, H. (2020). Effects of power ultrasound enhancement on infrared drying of carrot slices: Moisture migration and quality characterizations. *Food Science and Technology*, 126, 109312. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109312>
- Horuz, E., & Maskan, M. (2015). Hot air and microwave drying of pomegranate (*Punica granatum* L.) arils. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 285-293. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1032-9>
- Hutchinson, D., & Otten, L. (1983). Thin-layer air drying of soybeans and white beans. *International Journal of Food Science & Technology*, 18(4), 507-522. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1983.tb00292.x>

- Kadam, S. U., Tiwari, B. K., & O'Donnell, C. P. (2015). Effect of ultrasound pre-treatment on the drying kinetics of brown seaweed *Ascophyllum nodosum*. *Ultrasonics sonochemistry*, 23, 302-307. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2014.10.001>.
- Karacabey, E., & Buzrul, S. (2017). Modeling and predicting the drying kinetics of apple and pear: Application of the Weibull model. *Chemical Engineering Communications*, 204(5), 573-579. <https://doi.org/10.1080/00986445.2017.1291427>
- Karacabey, E., Baltacıoğlu, C., Cevik, M., & Kalkan, H. (2016). Optimization of microwave-assisted drying of Jerusalem Artichokes (*Helianthus tuberosus* L.) by Response Surface Methodology and Genetic Algorithm. *Italian Journal of Food Science*, 28(1), 121-130. <https://doi.org/10.14674/1120-1770/ijfs.v466>.
- Kerboua, K., & Hamdaoui, O. (2018). Ultrasonic waveform upshot on mass variation within single cavitation bubble: Investigation of physical and chemical transformations. *Ultrasonics Sonochemistry*, 42, 508-516. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.12.015>
- Kingsly, A. R. P., & Singh, D. B. (2007). Drying kinetics of pomegranate arils. *Journal of Food Engineering*, 79(2), 741-744. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.02.033>
- Lewis, W. K. (1921). The rate of drying of solid materials. *Industrial & Engineering Chemistry*, 13(5), 427-432. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ie50137a021>
- Minaei, S., Motevali, A., Ahmadi, E., & Azizi, M. H. (2012). Mathematical models of drying pomegranate arils in vacuum and microwave dryers. [http://jast.journals.modares.ac.ir/?\\_action=articleInfo&article=509](http://jast.journals.modares.ac.ir/?_action=articleInfo&article=509)
- Morton, J.A., Khavari, M., Priyadarshi, A., Kaur, A., Grobert, N., Mi, J., Porfyrakis, K., Prentice, P., Eskin, D. G., & Tzanaki, I. 2023. Dual frequency ultrasonic cavitation in various liquids: Highspeed imaging and acoustic pressure measurements Special Collection: Cavitation. *Physics of Fluids* 35, 017135 (2023) <https://doi.org/10.1063/5.0136469>.
- Nowacka, M., Wiktor, A., Śledź, M., Jurek, N., & Witrowa-Rajchert, D. (2012). Drying of ultrasound pretreated apple and its selected physical properties. *Journal of Food Engineering*, 113(3), 427-433. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.06.013>.
- Overhults, D. G., White, G. M., Hamilton, H. E., & Ross, I. J. (1973). Drying soybeans with heated air. *Transactions of the ASAE*, 16(1), 112. [https://uknowledge.uky.edu/bae\\_facpub/134](https://uknowledge.uky.edu/bae_facpub/134)
- Page, G. E. (1949). Factors Influencing the Maximum Rates of Air Drying Shelled Corn in Thin layers. Purdue University. <https://www.proquest.com/dissertations-theses/factors-influencing-maximum-rates-air-drying/docview/301817819/se-2?accountid=14141>
- Saxena, A. K., Mevah, J. K., & Berry, S. K. (1987). Pomegranate postharvest technology, chemistry and processing. *Indian Food Packer*, 41(718), 43. <http://ir.cftri.res.in/id/eprint/4882>
- Tao, Y., Wang, P., Wang, Y., Kadam, S. U., Han, Y., Wang, J., & Zhou, J. (2016). Power ultrasound as a pretreatment to convective drying of mulberry (*Morus alba* L.) leaves: Impact on drying kinetics and selected quality properties. *Ultrasonics Sonochemistry*, 31, 310-318. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.01.012>.
- Wang, L., Xu, B., Wei, B., & Zeng, R. (2018). Low frequency ultrasound pretreatment of carrot slices: Effect on the moisture migration and quality attributes by intermediate-wave infrared radiation drying. *Ultrasonics Sonochemistry*, 40, 619-628. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.08.005>.



## Evaluation of Cucumber Cultivation in Greenhouse under Farmer Conditions in Terms of Energy Use Efficiency

Nurcan Yavuz<sup>1,a,\*</sup>, Aslı Güleç<sup>2,b</sup>

<sup>1</sup>Selcuk University, Faculty of Agriculture, Department of Irrigation, Konya, Türkiye

<sup>2</sup>Selcuk University, Institute of Science, Department of Irrigation, Konya, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received: 07.12.2023 Accepted: 22.03.2024</p> <p><i>Keywords:</i> Energy use efficiency Cucumber cultivation Greenhouse cultivation Farmer Konya - Ereğli</p>	<p>The agricultural sector is an area where energy resources are used intensively. The fact that energy production in developing countries depends mostly on fossil fuels necessitates optimum energy use in every field. Sustainable production can only be achieved by using resources efficiently. Energy efficiency in agricultural production can be evaluated through output/input analyses. Especially greenhouses are agricultural production areas where energy input is much higher compared to open areas. Research in this field will make significant contributions to determining the most appropriate input use levels for different regions and products in greenhouse cultivation. This study was conducted to determine the energy use efficiency of cucumber production under farmer conditions in a greenhouse in Konya - Ereğli district in the 2022 summer season. All agricultural practices were followed and recorded throughout the season. Energy use efficiency (energy ratio) was calculated as 1.14. Among the total input, non-renewable resources cover 2/3 of production with a rate of 66%. Reducing this ratio will reduce the share of energy produced from fossil fuels in production, while also balancing the pressures the ecosystem faces due to lack of resources. After all, in Konya, cucumber cultivation in greenhouses; It has been determined that it is advantageous when evaluated in terms of energy use efficiency, in other words production efficiency.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(7): 1137-1143, 2024

## Çiftçi Koşullarında Serada Salatalık Yetiştiriciliğinin Enerji Kullanım Verimliliği Açısından Değerlendirilmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 07.12.2023 Kabul: 22.03.2024</p> <p><i>Anahtar Kelimeler:</i> Enerji kullanım etkinliği Salatalık yetiştiriciliği Seracılık Çiftçi Konya - Ereğli</p>	<p>Tarım sektörü, enerji kaynaklarının yoğun olarak kullanıldığı bir alandır. Gelişmekte olan ülkelerde enerji üretiminin daha çok fosil yakıtlara bağlı olması, her alanda, optimum enerji kullanımını zorunlu kılmaktadır. Sürdürülebilir bir üretim, ancak kaynakların verimli şekilde kullanımı ile sağlanabilir. Tarımsal üretimde enerji verimliliği çıktı/girdi analizleri ile değerlendirilebilmektedir. Özellikle seralar, açık alanlara kıyasla, enerji girdisinin çok daha yüksek olduğu tarımsal üretim alanlarıdır. Bu alanda yapılacak araştırmalar, seracılıkta farklı bölgelere ve ürünlere göre, en uygun girdi kullanım düzeylerinin saptanabilmesi açısından önemli katkılar sağlayacaktır. Bu çalışma, Konya – Ereğli ilçesinde bulunan bir serada, 2022 yaz sezonunda, çiftçi şartlarında yapılan salatalık üretiminin enerji kullanım verimliliğinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Sezon boyunca tüm tarımsal uygulamalar takip edilmiş ve kayıt altına alınmıştır. Enerji kullanım etkinliği (enerji oranı) 1,14 olarak hesaplanmıştır. Toplam girdi içerisinde yenilenemeyen kaynaklar %66'lık bir oranla üretimin 2/3'ünü kapsamaktadır. Bu oranın azaltılması, fosil yakıtlardan üretilen enerjinin üretimdeki payını azaltırken, ekosistemin kaynak yetersizliği sebebiyle karşılaştığı baskıları da dengeleyecektir. Sonuçta, Konya'da, serada salatalık yetiştiriciliğinin; enerji kullanım etkinliği, başka bir deyişle üretim verimliliği, açısından değerlendirildiğinde avantajlı olduğu belirlenmiştir.</p>

<sup>a</sup> [ncivicioglu@selcuk.edu.tr](mailto:ncivicioglu@selcuk.edu.tr)

<sup>ib</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1833-0668>

<sup>b</sup> [asliturkgulec@gmail.com](mailto:asliturkgulec@gmail.com)

<sup>ib</sup> <https://orcid.org/0009-0004-8435-7038>



## Giriş

Günümüzde tarımsal üretimde karşımıza çıkan en önemli soru, mevcut kuraklık senaryolarının gölgesinde, artan dünya nüfusuna yeterli miktarda gıda arzı sağlanıp sağlanamayacağıdır. Bu nedenle tüm dünyada üretimin her aşamasında sürdürülebilirlik kavramı ön plana çıkmaktadır. Her ne kadar tarımsal üretim uygulamalarında verimlilik öncelikli hedef olsa da; kaynakların doğru kullanımı ve uzun vadede çevresel etkileri iyi irdelenmelidir (Willett ve ark., 2019). Küresel ölçekte tatlı su kaynaklarımızın %70'inin kullanıldığı tarımda, daha kontrollü üretim yapılabilen seralar, sürdürülebilirlik ilkesi yolunda olası seçeneklerden biridir. Seralar, diğer tarımsal faaliyetlere göre yüksek tesis ve işletme giderleri gerektiren, teknik bilgi ve deneyimin önemli olduğu bir işletmecilik şekli olup, tarla tarımına kıyasla 2-5 kat daha fazla ürün ve 5-10 kat daha fazla gelir getirme özelliğine sahiptir (Yağanoğlu, 2008).

Dünya çapında sera üretimi için kullanılan arazi alanı 470 bin hektar civarındadır (Heuvelink ve ark., 2020) ve özellikle sebze üretimi yapılan seralar giderek artmaktadır (Marcelis ve Heuvelink, 2019). Türkiye'de ve dünyada sera tarımında, domatesten sonra en çok yetiştirilen sebze türü salatalıktır (Kurtar ve ark., 2017). Dünya sebze üretiminde ilk dört ülkeden biri olan Türkiye'de, TÜİK (2021) verilerine göre toplam sebze üretimi yaklaşık 29 milyon tondur.

Seralarda prensip, bitkinin ihtiyaç duyduğu yetişme koşullarını ve iklim isteklerini sağlamaya çalışarak, yıl boyu sürecek bir vejetasyon dönemine sahip olmaktır. Sürekli taze ürün alınabilen seralarda, bunun sağlanması; birçok tarımsal girdiye bağlıdır. Her bir uygulama enerji kullanımı gerektirmekte ve bu da üretimin maliyetini önemli derecede artırmaktadır (Taki ve ark., 2018). Entansif metotların yoğun olarak uygulandığı seracılıkta; etkin kaynak kullanımı kârlılık açısından önem taşımaktadır. Fosil enerji kaynaklarının giderek azalıyor olması insanları gelecekte enerji girdisi düşük ve verimi yüksek gıdalar üretmeye yönlendirecektir (Rohani ve ark., 2018). Bu nedenle enerji tasarrufu sağlayabilmek, çevresel etkileri ve üretim maliyetlerini azaltabilmek amacıyla üretim verimliliğini artırmak esastır (Soheili-Fard F. ve ark., 2020).

Tarımsal üretimin her aşamasında girdi olarak ihtiyaç duyulan enerjinin, hangi kaynaklardan, hangi yöntemlerle ve hangi koşullar altında sağlandığı, gelecekte yaşanabilecek kıtlık sorunsallarını anlamak açısından büyük önem taşımaktadır. Gelişmekte olan birçok ülkede olduğu gibi, Türkiye'de de enerji üretimi büyük oranda fosil yakıtlara bağlıdır. Fosil yakıtların çevre üzerinde yarattığı baskının yanında, ülkenin sınırlı fosil yakıt rezervlerine sahip olması, enerjide dışa bağımlılığı artırmakta; bu da enerji arz güvenliğinin temini için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bu çerçevede, tarımsal üretimde, yoğun bir enerji kullanım alanı olan seracılıkta, farklı bölgelere ve ürünlere göre en uygun girdi ve enerji kullanım düzeylerinin saptanabilmesi için yapılan çalışmalar, etkin enerji kullanımı ve karlılık açısından önemli katkılar sağlayacaktır. Tarımsal üretimde temel amacın, daha az girdi ve kaynak kullanımı ile daha yüksek verim almak olduğu düşünülürse; enerji bütçesinin hesaplanması gerekliliği kendiliğinden ortaya çıkmaktadır.

Seralarda enerji kullanım etkinliğini belirlemek amacıyla, farklı ürünler üzerine yapılmış çalışmalar (Mohammadi ve ark., 2008; Mohammadi ve Omid, 2010; Yousefi ve ark., 2012; Pishgar Komleh ve ark., 2013) yapılan uygulamaların değerlendirilebilmesi için olanak sağlamakta; ancak, farklı iklim koşullarında seraların girdi miktarları ve maliyetleri değişeceğinden, bölgesel ölçekte yeterli veri bulunmamaktadır.

Konya, Türkiye'nin en az yağış alan bölgesindedir ve kısıtlı su kaynaklarının doğru kullanımı büyük önem arz etmektedir. Bölgede mevsimlik bitki su tüketimi oldukça yüksek olan şeker pancarı, mısır gibi ürünlerin ekim alanlarının sınırlandırılarak, çiftçilerin, daha düşük su tüketimi olan ürünlere yönlendirilmesi gerekmektedir. Aynı şekilde daha küçük alanlarda daha kontrollü tarımsal üretim yapılmasını mümkün kılan seracılık faaliyetlerinin yaygınlaşması için teşvikler sağlanmalıdır. Bu bağlamda, bölgenin iklim koşulları altında, çiftçi şartlarında serada yapılan salatalık üretiminin enerji kullanım etkinliği hesaplanmıştır. Bu çalışmanın, kurak ve yarı-kurak bölgelerde yer alan seralarda yapılan tarımsal uygulamaların enerji bütçesindeki oranlarının belirlenmesinde ve küresel ölçekte vazgeçilmezlerimizden olan enerji kaynakları açısından değerlendirildiğinde, seracılığın bölge çiftçisine özendirilmesinde faydalı olacağı düşünülmektedir.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Bu çalışma, Konya Ovası Projeleri (KOP) yaz seracılığı destekleri kapsamında yapılmış, Konya - Ereğli ilçesinde (Şekil 1) bulunan 1000 m<sup>2</sup>'lik yüksek tünel plastik bir serada, 2022 yılı bitki yetiştirme döneminde, Nisan-Eylül ayları arasında yapılmıştır. Bitkisel materyal olarak Petek Çıtır F1 çeşidi salatalık kullanılmıştır (Şekil 2). Sulama suyu, seranın içinde yer alan derin kuyudan dalgıç pompa ile alınmıştır. Çapalama ve gübreleme işlemleri elle gerçekleştirilmiştir. Kimyasal ilaç uygulamaları ise benzinli ilaçlama makinası (pülverizatör) ile yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışma bölgesi konumu-Konya Ereğli'nin harita üzerindeki konumu (Anonymous, 2023)

Figure 1. Study region location-Konya Ereğli province map (Anonymous, 2023)



Şekil 2. Çalışmanın yürütüldüğü seradan görüntüler  
Figure 2. Images from the greenhouse where the study was conducted

Çizelge 1. Tarımsal üretimde farklı girdiler ve çıktılar için enerji eşdeğerleri

Table 1. Energy coefficients of inputs and output

Girdiler	Enerji Eşdeğerleri (MJ)	Referanslar
İşçilik (h)	1,96	Taki ve ark., 2013
Makine gücü (h)	64,80	Singh, 2002; Baran ve ark., 2016
Yakıt (l)	56,31	Singh, 2002; Demircan ve ark., 2006
Tohum (kg)	1,00	Mohammadi ve Omid, 2010
Çiftlik gübresi (t)	303,1	Yaldız ve ark., 1993
Azot (N) (kg)	66,14	Shrestha, 1998
Potasyum (K <sub>2</sub> O) (kg)	11,15	Nabavi-Pelesaraei A. ve ark., 2017
Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (kg)	11,10	Öztürk, 2011; Barut ve ark., 2011; Bayhan, 2016
Fungusit (kg)	216,00	Rafiee ve ark., 2010
İnsektisit (kg)	101,20	Rafiee ve ark., 2010
Elektrik (kWh)	11,93	Hatırlı ve ark., 2005; Mousavi-Avval ve ark., 2011
Sulama (m <sup>3</sup> )	1,02	Mohammadi ve Omid, 2010; Mousavi-Avval ve ark., 2011
Çıktılar		
Salatalık ürünü (kg)	0,8	Taki M. ve ark., 2012

Budama, hasat, sandıklama (nakliye için ürünlerin plastik kasalara yerleştirilmesi), yükleme ve boşaltma süreçlerinin tamamı elle gerçekleştirilmiştir.

Salatalık fideleri sıra üzeri 40 cm, sıra arası 150 cm olacak şekilde dikilmiştir. Damla sulama sistemi bir kontrol ünitesi, laterallerin bağlı olduğu bir PE ana boru ve 16 mm çapında 20 cm damlatıcı aralığı 1,6 L h<sup>-1</sup> debiye sahip damla sulama borularından oluşmaktadır.

Çalışma alanının, 2022 Nisan-Eylül dönemindeki aylık ortalama sıcaklıkları sırasıyla; 14,6°C, 14,7°C, 21°C, 22,2°C, 24,9°C ve 20,5°C olarak ölçülmüştür. Üretim sezonu süresince sera içi sıcaklığı 20°C ile 33,9°C arasında değişmiştir. Sera içi nem değerleri, havalandırma ile bitkinin yetişmesi için optimum değerler (%60-65 bağıl nem) arasında tutulmuştur.

Yaz serası (ısıtmasız sera) salatalık üretiminin enerji verimliliğinin hesaplanmasında kullanılan girdi verileri, üretim sürecinin takibi yapılarak elde edilmiştir. Bunların dışında bazı kurumların ve çeşitli araştırmacıların konu ile ilgili yapmış oldukları çalışmalardan yararlanılmıştır.

### Yöntem

Tarımsal üretim sistemlerinin enerji verimliliği, çıktı ve girdi arasındaki enerji oranı ile değerlendirilmiştir. Çalışmada enerji eşdeğerlerini hesaplayabilmek için salatalık üretiminde kullanılan girdi miktarları (insan gücü, makine, yakıt, tohum/fide, elektrik, sulama, gübreler, kimyasal ilaçlar) üretim sezonu boyunca kayıt altına alınmıştır.

Enerji oranını hesaplamak için üretim aşamasında kullanılan girdiler ile çıktı olarak elde edilen salatalık mahsullerinin verim değerleri kullanılmıştır. Çizelge 1'de gösterilen birim enerji eşdeğerleri kullanılarak girdi ve çıktılarının enerji değerleri birim alan için (ha) hesaplanmıştır. Toplam girdi enerjisi, tüm girdilerin enerji bileşenlerinin megajoule (MJ) cinsinden toplanmasıyla elde edilmiştir. Çalışmaya ait enerji endekslerine dayanarak enerji oranı (EO), enerji verimliliği (EV), spesifik enerji (SE) ve net enerji (NE) aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır (Mandal ve ark., 2002; Mohammadi ve ark., 2008; Mohammadi ve ark., 2010).

- EO = EÇ/EG
- EV (kg MJ<sup>-1</sup>) = SÜM/EG
- SE (Mj kg<sup>-1</sup>) = EG/SÜM
- Net Enerji (Mj ha<sup>-1</sup>) = EÇ – EG

EÇ : Enerji çıktısı (Mj ha<sup>-1</sup>)

EG : Enerji girdisi (Mj ha<sup>-1</sup>)

SÜM: Salatalık üretim mik (kg ha<sup>-1</sup>)

Diğer bir yandan enerji girdileri; doğrudan/dolaylı veya yenilenebilir/yenilenemeyen olarak incelenmektedir. Doğrudan enerji; işgücü, yakıt, su ve elektrik gücünü, dolaylı enerji; gübreler, kimyasal ilaçlar, makina gücü ve tohumu kapsamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları; işgücü, tohum ve su, yenilenemeyen enerji kaynakları ise yakıt, gübreler, kimyasal ilaçlar, makina ve elektrik gücünden oluşmaktadır (Yılmaz ve ark., 2010).



## Bulgular ve Tartışma

Serada salatalık yetiştiriciliği için birim alanda (ha) gerekli girdilerin enerji eşdeğerleri hesaplanarak Çizelge 2'de paylaşılmıştır. Birim alan için, sezonluk 12000 saat işçilik gerektiren uygulamaların enerji eşdeğeri 23520 MJ olarak hesaplanmıştır. Toplam girdi içindeki payı ise %14,61'dir. Makine kullanımını 972 MJ ile %0,6'lık paya sahipken; yakıt kullanımının toplam enerji eşdeğeri 2252,4 MJ olarak belirlenmiştir. Sezon boyunca uygulanan toplam sulama suyunun enerji eşdeğeri 6579 MJ (%4,09) olarak hesaplanmıştır. Girdiler arasında elektrik kullanımından sonra en büyük payı %18,83 ile gübreler almaktadır. Çiftlik gübresi %15,06 ile en fazla kullanım oranına sahip gübre iken; Azot (%2,27), Potasyum (%0,42) ve Fosfor (%1,08) çok daha düşük oranlarda kullanılmaktadır. Kimyasal ilaçların toplam enerji eşdeğerlerinin oranı ise toplam (Fungusit + İnsektisit) %0,76'dır.

Yapılan çalışmada girdiler arasındaki en büyük payı, 96130,75 MJ (%59,71) enerji eşdeğeri ile elektrik kullanımını almaktadır (Şekil 3). Elektrik tüketiminin azaltılması, enerji oranının ve üretim sonunda ortaya çıkacak net enerjinin artmasını sağlayacak en önemli parametredir. Ülkemizde tüketilen brüt elektrik miktarı içerisinde, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin payının %41,9 olduğu düşünülürse (Erdem ve Şenel, 2013); daha az elektrik kullanımının mecburiyeti oldukça net anlaşılabilir. Elde edilen sonuçların

aksine, Heidari ve Omid (2011), İran'ın Tahran bölgesinde serada yaptıkları çalışmada; salatalık üretiminde toplam enerji girdisi içerisindeki en büyük payın dizel yakıtı (%54,17) ait olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Özkan ve ark. (2004), %49,63'lük pay ile en yüksek enerji tüketiminin dizel yakıttan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Farklı sonuçlara ulaşılmasının sebebi, yapılan çalışmaların ısıtmalı ya da ısıtmasız seralarda yürütülmüş olması ve tarımsal uygulamaların farklılığından kaynaklanmaktadır.

Salatalık üretimi sırasında tarımsal faaliyetlerde kullanılan toplam enerji girdisi 161004 MJ ha<sup>-1</sup>; enerji çıktısı ise 184000 MJ ha<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde, Yelmen ve ark. (2021) serada salatalık üretimi için yaptıkları çalışmada, toplam enerji girişi ve çıkışı sırasıyla, 125612,51 MJ ha<sup>-1</sup> ve 73280,32 MJ ha<sup>-1</sup> olarak bildirmişlerdir. Yine farklı bir çalışmada; serada yetiştirilen, domates, salatalık, patlıcan ve biber üretimi için toplam enerji girdilerini sırasıyla 127324,9 – 134771,3 – 98682,5 ve 80253,4 MJ ha<sup>-1</sup> olarak hesaplamışlardır (Özkan ve ark., 2004).

Enerji verimliliğinin hesaplanması, yapılan üretimin kârlılığının değerlendirilmesinde, sonuçta sağlanan faydanın daha net anlaşılabilirdiği, oldukça reel bir yaklaşımdır. Yapılan çalışmadan elde edilen verilerle, seracılıkta salatalık üretiminin enerji endeksleri hesaplanmış ve Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 2. Serada Salatalık Üretimi Girdilerinin ve Çıktılarının Toplam Enerji Değerleri (MJ.ha<sup>-1</sup>)

Table 2. Energy inputs and output for greenhouse cucumber production

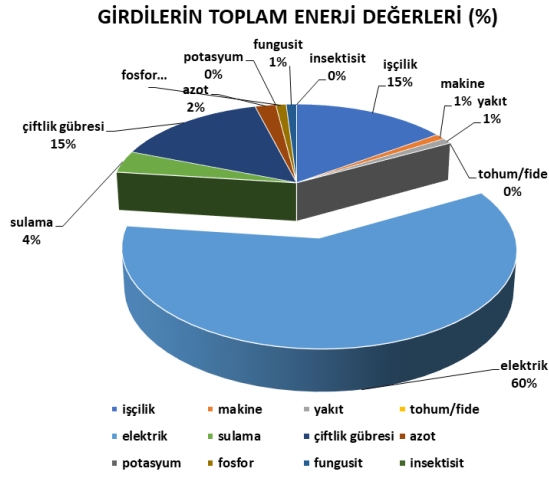
Girdiler	Birim Alan Başına Miktar	Toplam Enerji Eşdeğeri	Pay %
İşçilik (h)	12000	23520,00	14,61
Makine (h)	15	972,00	0,6
Yakıt (l)	40	2252,40	1,4
Tohum (kg)	0,95	0,95	0
Elektrik (kWh)	8058	96130,75	59,71
Sulama (m <sup>3</sup> )	6450	6579,00	4,09
Gübreler			
Çiftlik gübresi (t)	80	24248,00	15,06
Azot (N) (kg)	55	3650,93	2,27
Potasyum (K <sub>2</sub> O) (kg)	60	669,00	0,42
Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (kg)	158	1754,91	1,08
Kimyasal İlaçlar			
Fungusit (kg)	5	1080,00	0,67
İnsektisit (kg)	1	146,74	0,09
<b>Toplam Girdi</b>		161004	100
Çıktılar			
Salatalık ürünü (kg)	230000	184000	
<b>Toplam Çıktı</b>	230000	184000	100

Çizelge 3. Serada salatalık üretiminin enerji endeksleri

Table 3. Energy indicators and forms for greenhouse cucumber production

Enerji Endeksleri	Birim	Miktar
Enerji (çıktı/girdi) oranı		1,14
Enerji verimliliği	kg MJ <sup>-1</sup>	1,43
Spesifik enerji	MJ kg <sup>-1</sup>	0,87
Net enerji	MJ ha <sup>-1</sup>	22995,32
Doğrudan enerji <sup>1</sup>	MJ ha <sup>-1</sup>	128482,15
Dolaylı enerji <sup>2</sup>	MJ ha <sup>-1</sup>	32522,53
Yenilenebilir enerji <sup>3</sup>	MJ ha <sup>-1</sup>	54347,95
Yenilenemeyen enerji <sup>4</sup>	MJ ha <sup>-1</sup>	106656,73

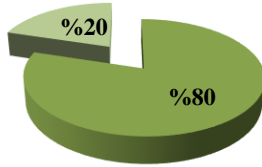
1 Elektrik, İşçilik, Sulama, Yakıt; 2 Kimyasal gübreler, Çiftlik gübresi, Kimyasal ilaçlar, Makine, Tohum/Fide; 3 İşçilik, Sulama, Çiftlik gübresi, Tohum/Fide; 4 Elektrik, Kimyasal gübreler, Kimyasal ilaçlar, Makine, Yakıt



Şekil 3. Serada salatalık üretimi için gerekli enerji girdilerinin oranları  
Figure 3. The shares of energy inputs for greenhouse cucumber production

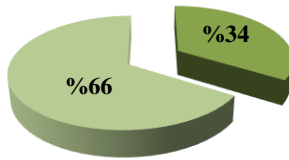
#### Toplam enerji girdileri (%)

■ Doğrudan ■ Dolaylı



#### Toplam enerji girdileri (%)

■ Yenilenebilir ■ Yenilenemez



Şekil 4. Konya-Ereğli'de serada salatalık üretiminde enerji formlarının payları  
Figure 4. The shares of energy forms for greenhouse cucumber production in Konya-Ereğli

Enerji kullanım etkinliği (enerji oranı) 1,14 olarak hesaplanmıştır. Bu yapılan üretimde enerjinin verimli olarak kullanıldığını, enerji girişinin üretimin sonunda %14 yükselişle çıktığını göstermektedir. Yapılan başka bir çalışmada, serada salatalık üretiminin enerji oranı 0,58 olarak belirlenmiştir (Yelmen ve ark., 2021). Elde edilen verilere göre yapılan değerlendirmelerde, birim alandan birim enerji kullanımını karşılığında alınan ürün miktarını ifade eden enerji verimliliği 1,43 kg MJ<sup>-1</sup>, 1 kg'lık ürün alınabilmesi için gerekli enerji miktarını ifade eden spesifik enerji ise 0,87 MJ kg<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Yelmen ve ark. (2021) Mersin'de sera koşullarında yaptıkları çalışmada, salatalık üretiminde enerji

verimliliğini 0,73 kg MJ<sup>-1</sup>, spesifik enerjiyi ise 1,37 MJ kg<sup>-1</sup> olarak bildirmişlerdir. Razavinia ve ark. (2015), marul üretiminde enerji verimliliğini 1,67 kg MJ<sup>-1</sup> ve spesifik enerjiyi 0,595 MJ kg<sup>-1</sup> olarak bulmuşlardır. Uygulamalar arasındaki farklılıklar, girdi miktarlarındaki değişim, kullanılan makine ve teknolojinin nasıl çalıştığı enerji kullanımını değiştireceğinden; sonuçlar bazen örtüşürken, bazen farklılaşabilmektedir. Ortaya çıkan net enerji 22995,32 MJ ha<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Bu değer pozitif olması üretimin verimli olduğunun kanıtıdır. Kamburoğlu Çebi ve ark. (2017), örtü altı baş salata üretiminin enerji kullanım etkinliğini araştırdıkları çalışmalarında, net enerjiyi 34251,05 olarak hesaplamışlardır.

Enerji kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı, enerji üretiminin sürekliliğinin sağlanması ve doğal dengenin korunması, ancak optimal enerji yönetimi ile mümkün olabilecektir (Gencer ve Beşli, 2022). Bu noktadan çıkışla, kullanılan girdilerin yenilenebilir ya da yenilenemeyen olarak değerlendirilmesi sürdürülebilir bir üretim için doğru yaklaşımdır. Yapılan çalışmada, yenilenebilir enerji girişi 54347,95 MJ iken, yenilenemeyen enerji girişi 106656,73 MJ olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 3). Toplam girdi içerisinde yenilenemeyen kaynaklar %66'lık bir oranla üretimin 2/3 ünü kapsamaktadır (Şekil 4). Bu oranın azaltılması, fosil yakıtlardan üretilen enerjinin üretimdeki payını azaltırken, ekosistemin kaynak yetersizliği sebebiyle karşılaştığı baskıları da dengeleyecektir. Bu alanda yapılan birçok çalışmada (Özkan ve ark., 2007; Kızılaslan, 2009; Mohammedi ve Omid, 2010; Banaeian ve ark., 2011; Zarini ve ark., 2013) benzer sonuçlar elde edilmiştir. Serada salatalık üretiminde kullanılan girdiler; doğrudan enerji (elektrik, işçilik, sulama, yakıt) ve dolaylı enerji (Kimyasal gübreler, Çiftlik gübresi, Kimyasal ilaçlar, Makine, Tohum/Fide) olarak gruplandırıldığında; dolaylı enerji girişi, doğrudan enerji girişinin neredeyse 4 katıdır. Kamburoğlu Çebi ve ark. (2017) benzer şekilde; toplam enerji girişi içinde dolaylı enerjinin payının daha fazla olduğunu bildirmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda, dolaylı enerji içerisinde, sera malzemesine ve boyutlarına bağlı olarak, sera yapım enerjisi de eklenmektedir. Farklı sera tiplerine göre yapılan bu çalışmalarda (Çanakçı ve ark., 2006; Djevic ve Dimitrijevic, 2009) benzer yapıya sahip seraların enerji girdisi hakkında daha gerçekçi bir yaklaşım sunmaktadır. Ancak sadece üretim üzerine yapılan incelemelerde (Özkan ve ark., 2004; Pishgar-Komleh ve ark., 2013), enerji verimliliği sera yapım enerjisi dikkate alınmadan yapılabilmektedir.

#### Sonuç

Araştırmada, Konya ilinde yaz seracılığı ile salatalık üretiminin enerji kullanım etkinliği incelenmiştir. Elde edilen verilere göre, serada salatalık üretiminde toplam enerji çıktısı 184000MJ ha<sup>-1</sup>, toplam enerji girdisi ise 161004 MJ ha<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Bölgede yaz seracılığı ile salatalık üretiminin çıktı/girdi analizleri, enerjinin etkin olarak kullanıldığını göstermektedir. Üretim sonunda ortaya çıkan net enerjinin pozitif olması, bu alanda seracılığı teşvik edecek, boş bırakılan küçük tarım alanları gıda arzına önemli bir katkı sağlayacaktır.

Konya ve çevresinde yıllık yağış miktarı toplamının 300 mm'nin altında olması, çiftçileri sulu tarıma mecbur bırakmaktadır. Yetersiz yüzey suyu kaynakları, çok sınırlı

bir alanı sulamaya açarken, geriye kalan araziler ancak yeraltı suyu ile sulanabilmektedir. Yeraltı suyuna olan yönelim günden güne artmakta ve kuyulardaki su seviyeleri (100m<) hızla düşmektedir. Bu da daha güçlü pompaların kullanılmasına ve daha çok enerji harcanmasına sebep olmaktadır. Bu çalışmada da yenilenemeyen enerji kaynaklarından olan elektrik enerjisinin (toplam enerji girdisinin %59,71'i) tamamı derin kuyudan su temini amacıyla kullanılmıştır. Konya ili yıllık toplam 2902,5 saatlik güneşlenme süresi ile Türkiye ortalamasının üzerindedir. Bu konumlanma elektrik enerjisinin güçlü alternatiflerinden biri olan güneş enerjisi sistemlerinin elverişli şekilde kullanılabilmesinin göstergesidir. Dolayısıyla güneş enerjisi sistemlerinin doğru sulama sistemleri ile birleştirilerek kullanılması, enerji kullanım etkinliğini artırmasının yanı sıra üretimi daha ekonomik hale getirecektir.

## Kaynaklar

- Anonymous. (2023). Konya Ereğli ilçesi haritası
- Baran M. F. & Gokdogan O. (2016). "Determination of energy balance of sugar beet production in Turkey: A case study of Kırklareli Province, Energy Efficiency, 9, 487-494.
- Barut, Z.B., C., Ertekin, H.A., Karaağaç, H. A. (2011). Tillage Effects on Energy Use for Corn Silage in Mediterranean Coastal of Turkey. Magazine of Energy. Volume 36, Issue 9, s: 5466-5475
- Banaeian, N., Omid, M., & Ahmadi, H. (2011). Energy and economic analysis of greenhouse strawberry production in Tehran province of Iran. Energy Conversion and management, 52(2), 1020-1025
- Bayhan, Y. (2016). İkinci Ürün Ayçiçeği Üretiminde Farklı Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim Yöntemlerinin Enerji Kullanım Etkinliğinin Karşılaştırılması. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2016: 13 (02) 102
- Çanakçı M., Topakçı M., Akıncı, İ., Özmerzi, A. (2005). Energy use pattern of some field crops and vegetable production: case study for Antalya region, Turkey. Energy and Conversion Management, 46(4): 655-666
- Çanakçı M., Akıncı, İ. (2006). Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. Energy; 31: 1243-1256
- Çebi, Ü. K., Aydın, B., Çakır, R., & Altıntaş, S. (2017). Örtü altı baş salata (*Lactuca sativa* cv *Salinas*) üretiminin enerji kullanım etkinliği ve ekonomik analizi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 4(4), 426-433
- Demircan V., Ekinci K., Keener H.M., Akbolat D., Ekinci Ç. (2006). Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: A case study from Isparta province. Energy Conversion and Management, 47(13-14), 1761-1769
- Djevic, M., & Dimitrijevic, A. (2009). Energy consumption for different greenhouse constructions. Energy, 34(9), 1325-1331
- Dimitrijevic, A., Devic, M., Blažin, S., Blažin, D. (2010). Energy efficiency of the lettuce greenhouse production.
- Erdem, K. O. Ç., & Şenel, M. C. (2013). Dünyada ve Türkiye'de enerji durumu-genel değerlendirme. Mühendis ve Makina, 32-44.
- Gencer, S., & Beşli, N. (2022). Investigation and Development of Renewable Energy Supported Greenhouse Design Methods. In 2022 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU) (pp. 1-5). IEEE
- Hatırlı S. A., Ozkan, B., Fert, C. (2006). Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. Renewable Energy, 31: 427-438
- Heidari M, Omid M. (2011). Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable productions in iran. Energy. 36(1): 220-225
- Heuvelink, E., Okello, R. C. O., Peet, M., Giovannoni, J. J., & Dorais, M. (2020). Tomato. In H. C. Wien, & H. Stutzel (Eds.), *The physiology of vegetable crops* (2nd ed., pp. 138-178). CABI. <https://doi.org/10.1079/9781786393777.0138>
- Kizilaslan H. (2009). Input-output energy analysis of cherries production in tokat province of turkey. Applied Energy. 86(7): 1354-1358
- Kurtar E.S., Balkaya A., Göçmen M., Karaağaç O. (2017). Hıyara (*Cucumis sativus* L.) anaç olabilecek kabak (*Cucurbita* spp.) genotiplerinde ışınlanmış polen tekniği ile dihaploidizasyon. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 31(1): 34-41
- Marcelis, L.F.M., Heuvelink, E. (Eds.). (2019). *Achieving Sustainable Greenhouse Cultivation*. Burleigh Dodds Science Publishing Limited. <https://doi.org/10.19103/AS.2019.0052>
- Anonymous. (2022). MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) <https://www.mgm.gov.tr>
- Mohammadi A., Tabatabaeefar A., Shahin, S., Rafiee, S., Keyhani, A. (2008). Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. Energy Conversion and Management, 49(12): 3566- 3570
- Mohammadi A., Omid M. (2010). Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. Applied Energy, 87(1):191-196
- Mousavi-Avval, S., H., Rafiee, S., Jafari, A., and Mohammadi, A. (2011). Energy flow modeling and sensitivity analysis of inputs for canola production in iran. Journal of Cleaner Production, 19(2011)-1464-1470 [www.elsevier.com/locate/biombio](http://www.elsevier.com/locate/biombio)
- Nabavi-Pelesaraei, A., Bayat, R., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Afrasyabi, H., & Chau, K. W. (2017). Modeling of energy consumption and environmental life cycle assessment for incineration and landfill systems of municipal solid waste management-A case study in Tehran Metropolis of Iran. Journal of cleaner production, 148, 427-440
- Özkan B, Fert C, Karadeniz CF. (2007). Energy and cost analysis for greenhouse and open-field grape production. Energy. 32(8): 1500-1504
- Özkan, B., Kürklü, A., Akçaöz, H. (2004). An inputoutput energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. Biomass Bioenergy, 26(1): 189-195
- Öztürk, H. H. (2011). Bitkisel üretimde enerji yönetimi. Hasad Yayıncılık.
- Pishgar-Komleh, S. H., Omid, M., & Heidari, M. D. (2013). On the study of energy use and GHG (greenhouse gas) emissions in greenhouse cucumber production in Yazd province. Energy, 59, 63-71
- Rafiee S, Seyed H, Mousavi A, Ali M. (2010). Modeling and sensitivity analysis of energy inputs for apple production in Iran. Energy, 35: 3301-3306
- Razavina, B., Fallah, H., Niknejad, Y. (2015). Energy efficiency and economic analysis of winter cultivation (lettuce, borsini clover, broad bean) in Mazandaran province of Iran. Biological Forum, 7(1): 1452-1460
- Rohani A., Taki M., Abdollahpour M.A. (2018). Novel soft computing model (Gaussian process regression with K- fold cross validation) for daily and monthly solar radiation forecasting (Part: I). Renewable Energy 115 :411-422
- Shrestha, D. S. (1998). Energy use efficiency indicator for agriculture.
- Singh, H., Mishra, D., & Nahar, N. M. (2002). Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone, India—part I. Energy conversion and management, 43(16), 2275-2286
- Taki, M., Ajabshirchi, Y., Mobtaker, H. G., & Abdi, R. (2012). Energy consumption, input-output relationship and cost analysis for greenhouse productions in Esfahan province of Iran. American Journal of Experimental Agriculture, 2(3), 485-501.

- Taki, M., Abdi, R., Akbarpour, M., & Mobtaker, H. G. (2013). Energy inputs–yield relationship and sensitivity analysis for tomato greenhouse production in Iran. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 15(1), 59-67
- TÜİK (2021). <https://data.tuik.gov.tr>, <https://data.tuik.gov.tr/Search/Search?text=tarim>
- Yağanoğlu, A. V. (2008). Organik Tarım İçin Seraların Planlanması. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları.
- Yelmen, B., Çakır, M. T., Şahin, H. H., & Kurt, C. (2021). Yapay sinir ağı (YSA) kullanarak sera sistemlerinde enerji verimliliğinin modellenmesi. *Politeknik Dergisi*, 24(1), 151-160
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., ... & Murray, C. J. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447-492
- Yılmaz, F. Unakitan, G., Hurma, H. (2010). An analysis of energy use efficiency of canola production in Turkey. *Energy*, 35(9), 3623-3627
- Yousefi, M., Darijani, F., & Jahangiri, A. A. (2012). Comparing energy flow of greenhouse and open-field cucumber production systems in Iran. *African Journal of Agricultural Research*, 7(4), 624-628
- Zarini, R. L., Ghasempour, A., & Mostafavi, S. M. (2013). A comparative study on energy use of greenhouse and open-field cucumber production systems in Iran.



## Evaluation The Effects on Bioactive, Physicochemical and Sensory Properties of *Araujia sericifera* (Moth vine) Cooked by Different Methods: Multi-Criteria Decision-Making Analysis

Cansu Çeviker<sup>1,a</sup>, Tuğba Dedebaş<sup>2,b,\*</sup>, Tuğba Dursun Çapar<sup>1,c</sup>

<sup>1</sup>Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye

<sup>2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Bolvadin Meslek Yüksekokulu, Gıda Teknolojisi Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Research Article</p> <p>Received : 02.11.2023 Accepted : 26.01.2024</p> <p>Keywords: Araujia sericifera Cooking methods Decision techniques Bioactivity Sensory analysis</p>	<p><i>Araujia sericifera</i> (moth vine), known as tree okra in our country, is an invasive, evergreen silky plant native to South America. Many vegetables have positive effects on health with their bioactive components. Bioactive components contained in vegetables are negatively affected during the cooking process. This study aimed to determine the effect of different cooking techniques on the bioactive properties of <i>Araujia sericifera</i> plant and to determine the cooking method with the best bioactive properties and general acceptability by multi-criteria decision making method. While the total phenolic substance amounts of okra samples applied with different cooking methods varied between 4.75-15.15 mg GAE/g, it was determined that sautéed samples had higher phenolic substance content than other cooking methods. According to the results of multi-criteria decision-making techniques, it was determined that the sauté method for cooking okra was the best method in terms of bioactivity and general acceptability.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(7): 1144-1155, 2024

## Farklı Yöntemlerle Pişirilen *Araujia Sericifera*'nın (Ağaç bamyası) Biyoaktif, Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi: Çok Kriterli Karar Verme Analizi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 02.11.2023 Kabul : 26.01.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: Araujia sericifera Pişirme yöntemleri Karar verme teknikleri Biyoaktivite Duyusal analiz</p>	<p>Ülkemizde ağaç bamyası olarak bilinen <i>Araujia sericifera</i> Güney Amerika'ya özgü istilacı, yaprak dökme-yenipeksi bir bitkidir. . Birçok sebze sahip olduğu biyoaktif bileşenleri ile sağlık üzerinde olumlu etkiler göstermektedir. Sebzelerin içermiş olduğu biyoaktif bileşenler pişirilme işlemi sırasında olumsuz etkilenmektedir. Çalışmada farklı pişirme tekniklerinin <i>Araujia sericifera</i> bitkisinin biyoaktif özellikleri üzerine etkisini belirlemek ve çok kriterli karar verme yöntemiyle en iyi biyoaktif özelliğe ve genel kabul edilebilirliğe sahip pişirme yöntemini tespit etmeyi amaçlamıştır. Farklı pişirme yöntemleri uygulanan ağaç bamyası örneklerinin toplam fenolik madde miktarları 4,75-15,15 mg GAE/g aralığında değişim gösterirken sotelemiş örneklerin diğer pişirme yöntemlerine göre daha yüksek fenolik madde içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Çok kriterli karar verme teknikleri sonuçlarına göre ağaç bamyayı pişirmek için yapılan soteleme yönteminin biyoaktivite ve genel kabul edilebilirlik açısından en iyi yöntem olduğu belirlenmiştir.</p>

<sup>a</sup> [inanircansu0@gmail.com](mailto:inanircansu0@gmail.com)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-4748-954X>

<sup>c</sup> [tugbadedebas@gmail.com](mailto:tugbadedebas@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0003-1663-0165>

<sup>c</sup> [tugbadursun@erciyes.edu.tr](mailto:tugbadursun@erciyes.edu.tr)

<https://orcid.org/0000-0002-1075-0054>



## Giriş

*Araujia sericifera*, sıklıkla Amerika, Brezilya, Paraguay ve Uruguay'da yetişen, *Apocynaceae* familyasına ait istilacı, çok yıllık sarmaşık formu bir bitkidir. Yaygın olarak güve bitkisi, beyaz mesane çiçeği ve zalim asma gibi isimlerle bilinen bitki Türkiye'de ağaç bamyası olarak adlandırılmaktadır. *A. sericifera*, yüzlerce kabarık beyaz tohum içeren, büyük gri-yeşil armut biçimli meyvesiyle tanınır ve meyveler açıldığında rüzgarla kolayca dağılmaktadır. Ayrıca olgun meyveler, sanat eserlerinde kullanılan ve İtalya'da "ipek bitkisi" olarak bilinen özel bir ipeksi tüye sahiptir. İtalya ve Güney Amerika'da *Araujia sericifera* dünya çapında genellikle tıpta uygulamalarda, dekorasyonda, tekstil bitkisi ve yenilebilir bitki olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde Ağaç bamyası bitkisi genellikle bitkisel yağ kullanılarak soteleme tekniği ile hazırlanarak tüketilmektedir (Bellache ve ark., 2022; Anonim, 2020; Landi ve ark., 2019; Cruz ve Cordero 2018; Gaig ve ark., 2005).

Sebzeler salatalarda çiğ olarak tüketildiği gibi genellikle çoğu sebze, tüketilmeden önce genellikle buharda pişirme, haşlama, soteleme, mikrodalgada pişirme vb. farklı yöntemlerle pişirilerek kullanılmaktadır (Danowska-Oziewicz ve ark., 2020). Bu teknikler arasından yağ ile yapılan soteleme işleminin sebzelerin renginde ve dokusunda diğer tekniklere göre birçok avantajı bulunmaktadır. Bununla birlikte yapılan bir çalışmada araştırmacılar, soteleme tekniği ile gıdanın in vitro safra asidi bağlanmasını önemli ölçüde iyileştirdiği ve karalahana, brokoli, lahanası ve yeşil biber için en sağlıklı yöntemin soteleme olduğunu bildirmiştir (Kahlon ve ark., 2012).

Sebzelerin duyuusal ve fiziksel nitelikleri pişirme işleminden büyük ölçüde etkilenmektedir (Danowska-Oziewicz ve ark., 2020). Duyusal analiz türündeki değişikliklere ilişkin insanların algısını değerlendirmek için önemli bir yöntemdir (Buratti ve ark., 2020). Son yıllarda tüketiciler biyoaktif özelliği yüksek olan gıdaları tercih etmek istemektedirler. Çok kriterli teknikler kullanılarak duyuusal analiz verileri ile en yüksek biyoaktif özellik veren en iyi örneğin seçilmesi sağlanabilmektedir. Çok kriterli karar verme teknikleri (MCDM), karar vermenin en bilinen tekniklerinden biridir. Bir problemdeki birçok seçeneğin diğerlerine göre mutlak bir önceliği olmadığından, en uygun seçeneği daha objektif bir şekilde seçmek zordur (Pohekar ve Ramachandran, 2004). MCDM, seçeneklerin performanslarına ilişkin daha nesnel matematiksel bir hesaplama kullanarak net puanlar ve sıralamalar geliştirerek öneride bulunur. MCDM teknikleri arasında birleştirilebilir uzaklık tabanlı değerlendirme (CODAS-COmbinative Distance-based ASsessment), gerçeği yansıtan eleme ve seçim (ELECTRE-ELimination Et Choix Traduisant la REalité) ve uzlaşma sıralaması yöntemi (VIKOR-VİseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) gibi farklı metotlar bulunmaktadır.

Literatürde farklı pişirme tekniklerinin kullanıldığı sebze pişirme çalışmaları bulunmaktadır (Danowska-Oziewicz ve ark., 2020; Lee ve ark., 2018; Mehmood ve Zeb, 2020; Sun ve ark., 2014; Türkmen ve ark., 2006; Türkmen ve ark., 2005). Fakat çok kriterli karar verme tekniklerinin sebze pişirmede kullanımına ilişkin herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ayrıca literatürde *Araujia sericifera* ağaç bamyası için farklı pişirme yöntemlerinin

karşılaştırılması üzerine çalışılmamış ve çok kriterli karar verme yaklaşımıyla en iyi pişirme yöntemi seçilmemiştir. Bu araştırmanın amacı, farklı pişirme tekniklerinin ağaç bamyasının fiziksel, biyoaktif ve duyuusal özelliklerine etkisini araştırmaktır. Ayrıca bu çalışmada, *Araujia sericifera* ağaç bamyası için MCDM teknikleri ile en yüksek biyoaktif özelliğe ve duyuusal kabul edilebilirliğe sahip en iyi pişirme yönteminin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Çalışmada kullanılan ağaç bamyalar 2020 yılı Haziran ayında Balıkesir ilinden temin edilmiştir. Analizde kullanılan tüm kimyasallar Sigma Aldrich ve Merck'ten satın alınmıştır. Analizlerde kullanılan çözücüler ve reaktifler analitik derecelerde kullanılmıştır.

### Sebze Örneklerinin Hazırlanması

Ağaç bamyası örnekleri musluk suyuyla yıkandıktan sonra yenmeyen kısımları bıçakla çıkarılmış ve her bir pişirme için 150 g örnek çiğ olarak ayrılmıştır. Ön denemeler ile de örneklerin pişirme koşulları sebzelerin pişme hızına göre belirlenmiştir. Ağaç bamyası örneklerinin pişirilmesi için aşağıda verilen 5 farklı pişirme tekniği kullanılmıştır.

**Kaynatma:** Ağaç bamyası örnekleri kapaklı bir tencerede 1:10 oranında su ile karıştırılarak 95°C'de 12 dakika boyunca kaynatılmıştır.

**Buharda pişirme:** Numuneler buharda pişirme aparatı olan bir tencere içerisinde 12 dakika (son sıcaklık 95°C) pişirilmiştir.

**Mikrodalga:** Örnekler mikrodalga fırına konularak 6 dakika pişirilmiştir.

**Sous vide:** Numuneler kalın plastik torbalara (20 × 32 cm) yerleştirilerek vakumlu paketleme cihazıyla paketlenmiştir. Daha sonra içi su dolu alüminyum bir tavaya daldırılarak 12 dakika boyunca 95°C'de pişirilmiştir.

**Soteleme:** Ağaç bamyası örnekleri bir miktar zeytinyağı ile sotelenmiştir. Oran olarak 7,5 g örneğe 1 mL yağ konmuş olup tavada sürekli karıştırılarak pişirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Numuneler 10 dakika süreyle pişirilmiştir.

### Fizikokimyasal Analizler

Taze ve pişmiş numunelerin toplam kuru madde (AACC 44-19) ve toplam kül (AACC 08-01), miktarı pişirme teknikleri uygulandıktan hemen sonra belirlenmiştir. Protein değeri ise (AACC 46-12) numuneler 45°C'lik fırında kurutulup öğütüldükten sonra ölçülmüştür. Fizikokimyasal analizler AACC'ye (2003) göre gerçekleştirilmiştir.

### Klorofil İçeriğinin Belirlenmesi

Klorofil içeriği Mounir ve ark., (2020)'nin yönteminde bazı değişikliklerle sonucunda belirlenmiştir. Klorofil içeriği aşağıda verilen denkleme göre hesaplanmıştır (1).

$$\text{Klorofil a} = \text{Abs } 663 \times 12,7 - \text{Abs } 645 \times 2,69$$

$$\text{Klorofil b} = \text{Abs } 645 \times 22,9 - \text{Abs } 663 \times 4,68 \quad (1)$$

$$\text{Toplam klorofil} = \text{Klorofil a} + \text{Klorofil b}$$

### Askorbik Asit Tayini

Askorbik asit, Zhong ve ark., (2015) tarafından açıklanan yöntemde bazı modifikasyonlar sonucunda belirlenmiştir. 10 g pişmemiş veya pişmiş (farklı pişirme teknikleri uygulandıktan hemen sonra) ağaç bamyaya örnekleri 60 saniye boyunca 50 mL ekstraksiyon çözeltisi (%6 meta-fosforik asit, v/v) ile karıştırılarak ölçüm için hazırlanmıştır. Örneklerin sonuçları mg askorbik asit/100 g olarak ifade edilmiştir.

### Renk Ölçümü

Hunter Lab Color Quest II Minolta CR-300 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japonya) renk ölçüm cihazı kullanılarak çiğ ve pişmiş numunelerin yüzeyinde renk tespiti yapılmıştır. Örneklerin  $L^*$  (açıklık),  $a^*$  (kırmızılık) ve  $b^*$  (sarılık) renk parametre değerleri kaydedilmiştir (Zhong ve ark., 2015).

### Tekstür Analizi

Doku profili analizi (TPA), numuneler pişirildikten hemen sonra tekstür analiz cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (TA-TX plus, Stable Microsystems Ltd., İngiltere-land). Test, dört doku profili analiz parametresi olan sertlik (N), çiğnenebilirlik (N. mm), yapışkanlık ve yayılma değerleri hesaplanacak şekilde yapılmıştır (Rossi ve ark., 2017).

### Biyoaktivite Özelliklerinin Belirlenmesi

Toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde, DPPH (1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil) radikal süpürme aktivitesi ve Trolox eşdeğer antioksidan kapasitesinin (TEAC) belirlenmesi için örnek ekstraktları hazırlanmıştır (Türkmen ve ark., 2005). Hazırlanan ekstraktlar biyoaktivite analizleri için kullanılmıştır. Toplam fenolik madde Folin-Ciocalteu yöntemi ile analiz edilmiş ve Azizah ve ark., (2009) tarafından açıklanan yöntemde küçük modifikasyonlar yapılması sonucunda toplam fenolik madde analizi gerçekleştirilmiştir. Toplam fenolik madde içeriği mg gallik asit eşdeğeri (mg GAE/g) olarak ifade edilmiştir. Pişmiş örneklerin toplam flavonoid içeriği Kim ve ark., (2003) yöntemi izlenerek ölçülmüştür. Toplam flavonoid içeriği mg kateşin/g olarak ifade edilmiştir. DPPH radikal süpürme aktivitesi bir mikropilaka okuyucu (Multiscan FC, Thermo Fisher, ABD) kullanılarak daha önce Gunenc ve ark., (2017) tarafından belirtilen yöntemde hafif modifikasyonlarla gerçekleştirilmiştir. Antioksidan aktivitede sonuçlar  $IC_{50}$  (mg/mL) değeri olarak verilmiştir. TEAC değeri mavi-yeşil ABTS+ radikal katyonunun temizlenmesine dayanan yöntemle göre belirlenmiştir. Analiz, Song ve ark., (2010) tarafından tanımlanan yöntemde küçük değişiklikler sonucunda gerçekleştirilmiştir. Örneklerin TEAC değerleri  $\mu\text{mol Trolox/mg}$  olarak ifade edilmiştir.

### Duyusal Analiz

Duyusal analiz 18 yarı eğitimli panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Test, Erciyes Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde uygulanmıştır. Herhangi bir önyargıyı önlemek amacıyla numuneler, rastgele kodlanmış üç basamaklı kodların bulunduğu beyaz tabaklarda servis edilmiştir. Sonuçların değerlendirilmesinde 1-9 arası derecelendirme ölçeğine sahip hedonik duyusal analiz formu (1=beğenmedim, 5=ne beğendim ne beğenmedim, 9=çok beğendim) kullanılmıştır. Pişmiş örneklerin rengi, tadı, dokusu, lezzeti ve genel kabul edilebilirliği panelistler tarafından değerlendirilmiştir (Gutierrez ve ark., 2008).

### Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımının Duyusal ve Biyoaktif Özelliklere Uygulanması

Bu çalışmada hangi pişirme yönteminin en iyi duyusal ve biyoaktif özelliklere sahip olduğunu belirlemek için 3 farklı MCDM tekniği (CODAS, ELECTRE ve VIKOR) kullanılmıştır. Çok kriterli karar verme teknikleri Wang ve ark., (2020) tarafından geliştirilen yöntemle göre uygulanmıştır.

### Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımının Duyusal ve Biyoaktif Özelliklere Uygulanması

#### CODAS Yöntemi;

Alternatiflerin istenilirliği Öklid ve Taksikab olmak üzere iki ölçü kullanılarak belirlenir. Bir alternatifin istenilirliğini belirlemek için Öklid ve Taksikab mesafeleri negatif ideal noktaya göre ölçülür; bu, mesafe ne kadar büyükse, en yüksek istenirlik anlamına gelir.

CODAS'ın adımları şu şekilde sunulmaktadır:

1. Matrisin (X) oluşturulması:

$$X = [X_{ij}]_{n \times m} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{1m} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{nm} \end{bmatrix}$$

burada,  $X_{ij}$  ( $\geq 0$ ), i. alternatifin j. kritere göre performans değerini ifade etmektedir ( $i \in \{1, 2, \dots, n\}$  ve  $j \in \{1, 2, \dots, m\}$ ).

2. Normalleştirilmiş karar matrisinin hesaplanması. Doğrusal normalizasyon şu şekilde kullanıldı:

$$n_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}} & \text{if } j \in N_b \\ \frac{\min x_{ij}}{x_{ij}} & \text{if } j \in N_c \end{cases}$$

burada  $N_b$  ve  $N_c$  sırasıyla fayda ve maliyet kriterlerini temsil eder.

3. Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinin hesaplanması

$$r_{ij} = w_j n_{ij}$$

$$w_j (0 < w_j < 1), j. \text{ Kriterinin ağırlığını}$$

belirtir ve;

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1$$

4. Negatif ideal çözümü belirlenmesi

$$ns = [ns_j]_{1 \times m}$$

$$ns_j = \min_i r_{ij}$$

5. Negatif-ideal çözüme Öklid ve Taksikab uzaklıklarının hesaplanması.

$$E_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - ns_j)^2}$$

$$T_i = \sum_{j=1}^m |r_{ij} - ns_j|$$

6. Göreceli değerlendirme matrisinin oluşturulması

$$R_a = [h_{ik}]_{n \times n}$$

$$h_{ik} = (E_i - E_k) + (\psi(E_i - E_k) \times (T_i - T_k)),$$

$k \in \{1, 2, \dots, n\}$ , ve  $\psi$  aşağıdaki gibi tanımlanır,  
 $\psi(x) = 1$  if  $|x| \geq c$  and  $\psi(x) = 0$  if  $|x| < c$ . Bu

fonksiyonda  $c$ 'nin 0,01 ile 0,05 arasında ayarlanması önerilir.

7. Her alternatifin değerlendirme puanının hesaplanması

$$H_i = \sum_{k=1}^n h_{ik}$$

8. Alternatiflerin değerlendirmenin azalan değerine göre sıralanması

En yüksek  $H_i$  değeri alternatifler arasında en iyisidir.

#### ELECTRE Yöntemi

ELECTRE, ilk olarak Roy (1968) tarafından sunulan bir MCDM yöntemleri ailesidir. Bu yöntem, kriterlerin göreceli önemini belirlemek için ağırlıkları kullanan alternatifleri en iyiden en kötüye doğru sıralamayı amaçlamaktadır. Uyum ve uyumsuzluk endeksleri, alternatifler arasındaki üstünlük ilişkilerini analiz etmek için kullanılır.

ELECTRE'nin adımları aşağıdaki gibidir

1. Uyum endekslerinin hesaplanması

$$C(a_i, a_k) = \sum_{j=1}^n w_j c_j(a_i, a_k)$$

$$c_j(a_i, a_k) = \begin{cases} 0 & g_j(a_i) - g_j(a_k) \leq -p_j \\ 1 & g_j(a_i) - g_j(a_k) \geq -v_j \\ \text{otherwise } g_j(a_i) - g_j(a_k) + \frac{p_j}{p_j - q_j} \end{cases}$$

$w_j$  kriterin ağırlığıdır,  $g_j$  ve  $C(a_i, a_k)$  kapsamlı uyum indeksidir.

2. Uyumsuzluk indeksinin hesaplanması

$$d_j(a_i, a_k) = \begin{cases} 0 & g_j(a_k) - g_j(a_i) \leq p_j \\ 1 & g_j(a_k) - g_j(a_i) \geq v_j \\ \text{otherwise } g_j(a_k) - g_j(a_i) - \frac{p_j}{v_j - p_j} \end{cases}$$

3. Sıralama ilişkisi indeksinin hesaplanması

$$S(a_i, a_k) = C(a_i, a_k) \cdot \prod_{j=1}^n ND_j(a_i, a_k)$$

Burada,

$$ND_j(a_i, a_k) = \min\left(1, \frac{1 - d_j(a_i, a_k)}{1 - C(a_i, a_k)}\right)$$

$p_j$ = tercihi,  $q_j$  =kayıtsızlığı, ve  $v_j$  =veto eşliğini göstermektedir; burada  $j=1, 2, \dots, n$ . Bir  $a_i$  alternatifinin  $g_j$  kriterine göre değerlendirilmesi  $g_j(a_i)$  gösterilir.

4. Geçiş ilişkisi indeksinin eşliği  $\epsilon \in [0.5, 1]$ 'dir. Geçiş ilişkisi endeksi, geçiş ilişkisi eşliğinden büyükse, " $a_i$   $a_k$ 'yi geride bırakır" iddiası doğrudur.

#### VIKOR Yöntemi

Vikor yöntemi, bir dizi alternatif arasından sıralama ve seçim yapmaya odaklanmakta ve birbiriyle çelişen kriterlerin olduğu bir problem için karar vericilerin nihai çözüme ulaşmalarına yardımcı olabilecek uzlaşık çözümü belirlemektedir. (Sayadi ve ark., 2009).

VIKOR'un ana prosedürü aşağıda açıklanmıştır:

1. Hedefi belirleyin ve ilgili değerlendirme kriterlerini belirleyin. Ayrıca herbir kriterin maksimum  $(m_{ij})_{max}$  ve minimum  $(m_{ij})_{min}$  değerleri belirlendi.

2.  $S_i$  ve  $R_i$ 'nin değerleri hesaplandı

$$S_i = \sum_{j=1}^M w_j [(m_{ij})_{max} - (m_{ij})] / [(m_{ij})_{max} - (m_{ij})_{min}]$$

$$R_i = \max\{w_j [(m_{ij})_{max} - (m_{ij})] / [(m_{ij})_{max} - (m_{ij})_{min}] \mid j = 1, 2, \dots, M\}$$

3.  $P_i$ 'nin değeri hesaplandı.

$$Q_i = v ((S_i - S_{i-min}) / (S_{i-max} - S_{i-min})) + (1 - v)((R_i - R_{i-min}) / (R_{i-max} - R_{i-min}))$$

burada,  $S_{i-max} = S_i$ 'nin maksimum değeri ve  $S_{i-min} = S_i$ 'nin minimum değeri;  $R_{i-max} = R_i$ 'nin maksimum değeri ve  $R_{i-min} = R_i$ 'nin minimum değeri ;  $v$ , 'kriterlerin çoğunluğu' stratejisinin ağırlığıdır ve genellikle 0'dan 1'e kadar değer alır.

4. Alternatifleri  $Q_i$  değerlerine göre artan şekilde sıralayın. Ayrıca alternatifleri  $S_i$  ve  $R_i$  değerlerine göre ayrı ayrı düzenleyiniz. Üç sıralama listesi elde edilebilir. Belirli bir  $v$  için uzlaşma sıralama listesi,  $Q_i$  ölçüleriyle sıralama yapılarak elde edilir.  $Q_i$ 'ye göre sıralanan en iyi alternatif, minimum  $Q_i$  değerine sahip olmalıdır.
5. Verilen kriter ağırlıkları için,  $Q$  ölçüsüne göre en iyi sıralanan uzlaşık çözümü önerin.

Verilerin normalliği Shapiro-Wilk kullanılarak test edilmiş ve normalliğin grafiksel olarak belirlenmesi için q-q grafikleri yayınlanmıştır. Numuneler arasındaki farklar ANOVA ile belirlendi. İkili karşılaştırmalar Tukey testi kullanılarak %95 güven düzeyi test edilmiştir. Analizler Minitab 17.0.E programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

#### Sonuç ve Tartışma

##### Fizikokimyasal Analizler

A. *sericifera* örneklerinin fizikokimyasal içeriğine ait veriler Çizelge 1'de gösterilmiştir. Taze ağaç bamyaya örneğinin kül içeriği %1,91 olarak belirlenirken soteleme yöntemiyle pişirilen ağaç bamyaya örneğinin kül içeriği(%4,47) diğer örneklerle göre önemli ölçüde artış göstermiştir ( $p < 0,05$ ). Buharda (%1,19), kaynatılarak (%0,52), mikrodalgada (0,72) ve sous-vide (%1,22) yöntemiyle pişirilen ağaç bamyaya örneklerinin kül içeriği pişirmeyle azaldığı bulunmuştur.



Tablo 1. Ağaç bamyaya örneklerinin fizikokimyasal özellikleri, klorofil ve askorbik asit içerikleri  
 Table 1. Physicochemical values, chlorophyll and ascorbic acid content of moth vine samples

Piştirme cinsi	Kurumadde içeriği (%)	Kül (%)	Protein (%)	Klorofil içeriği (mg/L)	Askorbik asit miktarı (mg/100 g)
Taze	18,34 <sup>b</sup>	1,91 <sup>b</sup>	17,19 <sup>a</sup>	2,85 <sup>a</sup>	7,62 <sup>a</sup>
Buharda	10,12 <sup>d</sup>	1,19 <sup>d</sup>	15,66 <sup>bc</sup>	1,35 <sup>e</sup>	1,29 <sup>d</sup>
Kaynatma	7,03 <sup>f</sup>	0,52 <sup>f</sup>	14,04 <sup>d</sup>	1,51 <sup>d</sup>	0,74 <sup>d</sup>
Mikroalgada	7,87 <sup>e</sup>	0,72 <sup>e</sup>	14,61 <sup>cd</sup>	1,91 <sup>c</sup>	0,94 <sup>d</sup>
Sous-vide	13,94 <sup>c</sup>	1,22 <sup>c</sup>	16,58 <sup>ab</sup>	0,97 <sup>f</sup>	2,20 <sup>c</sup>
Soteleme	57,45 <sup>a</sup>	4,47 <sup>a</sup>	16,67 <sup>ab</sup>	2,08 <sup>b</sup>	5,67 <sup>b</sup>

Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel anlamlılığı temsil etmektedir (p<0,05).

Çizelge 1'de görüldüğü gibi buharda, kaynatarak, mikrodalgada, sous-vide ve sotelenecek pişirilen ağaç bamyaya örneklerinin % kurumadde içeriği sırasıyla %10,12, %7,03, %7,87, %13,94 ve %57,45 olarak belirlenirken en düşük % kurumadde içeriğine kaynatarak pişirilen örneklerde olduğu tespit edilmiştir. Tian ve ark., (2016), mor patateslerde yapmış oldukları çalışmada kül içeriğinin, kaynatma, buharda piştirme, mikrodalgada piştirme ve tavada kızartma gibi farklı piştirme tekniklerinden sonra ya azaldığını ya da önemli ölçüde değişmediğini bildirmişlerdir.

Çizelge 1'de görüldüğü gibi taze ağaç bamyaya örneklerinin protein içeriği %17,19 olarak belirlenirken sous vide ve soteleme işlemi uygulanan örneklerde protein içeriğinin azaldığı görüldüğü de bu azalma istatistiksel olarak anlamlı değildir (p>0,05). Tian ve ark., (2016) yapmış oldukları çalışma sonucunda farklı kızartma tekniklerinin mor renkli patates örneklerinin protein içeriğini önemli ölçüde arttırdığını belirtmişlerdir. Ayrıca kaynatma, buharda piştirme ve mikrodalgada piştirme gibi diğer piştirme yöntemlerinin de protein içeriğinde önemli bir fark yaratmadığını ifade etmişlerdir.

*A.sericifera* örneklerinin kuru madde içeriği Çizelge 1'de verilmiştir. Taze örneğin kuru madde içeriği %18,34 iken sotelendiğinde bu oran anlamlı bir şekilde %57,45'e yükselmiştir (p<0,05). Diğer piştirme teknikleri, taze örneklerle karşılaştırıldığında kuru madde içeriğinde azalmaya yol açmıştır. Kala ve Prakash (2006) farklı piştirme yöntemlerinin fasulye, brinjal, knol-khol ve turp gibi sebzelerin nem içeriğini değiştirmedığını bildirmiştir.

### Klorofil İçeriği

Klorofiller, oksijen, sıcaklık ve ışığın etkisiyle kolaylıkla yapıları bozulabilen hassas bileşiklerdir. (Cubas ve ark., 2008). Farklı piştirme şekilleri uygulanan ağaç bamyaya örneklerinin klorofil içerikleri Çizelge 1'de sunulmaktadır. Taze ağaç bamyaya örneklerinin klorofil içeriği 2,85 mg/L olarak belirlenirken buharda, kaynatarak, mikrodalgada, vakum altında ve soteleme teknikleri kullanılarak pişirilen ağaç bamyaya örneklerinin klorofil içeriği sırasıyla 1,35, 1,51, 1,91, 0,97 ve 2,08 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yapılan piştirme işlemleri sonucunda tüm pişmiş örneklerin klorofil içeriği taze örneklerle karşılaştırıldığında önemli ölçüde azalırken (p<0,05) klorofili en fazla korunmuş ve taze numuneye (2,85 mg/L) yakın örnek soteleme (2,08mg/L) işlemi uygulanan ağaç bamyalarda belirlenmiştir. Türkmen ve ark. (2006) farklı piştirme yöntemlerinin sebzelerde klorofil a ve b kaybına neden olduğunu bildirmiştir. Guillén ve ark. (2017) yaptıkları çalışma sonucunda tüm sebzelerde (brokoli, yeşil fasulye, enginar ve havuç) kaynatma ve vakumda

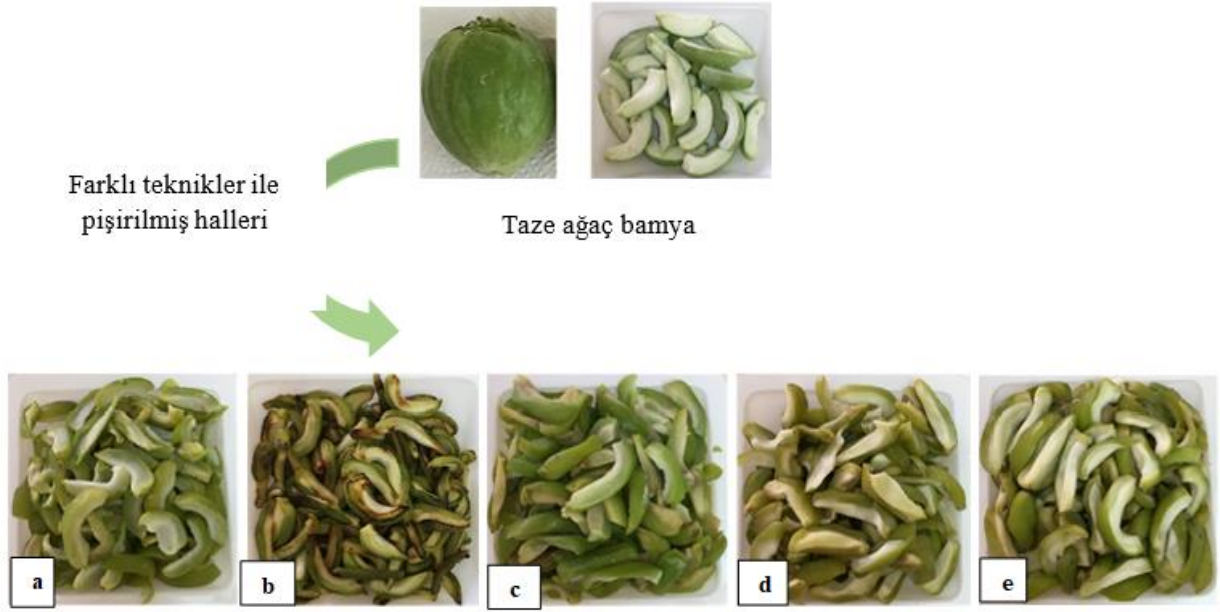
piştirme ile toplam klorofil içeriğinin azaldığını bulmuşlardır. Mitik ve ark. (2013) brokoli, beyaz lahanaya, lahanaya, pazı, ıspanak ve bahçe sabrı gibi haşlanmış sebzelerde taze sebzelerle göre daha düşük klorofil içeriği olduğunu bildirmiştir.

### Askorbik Asit İçeriği

Askorbik asit, biyolojik fonksiyonları nedeniyle taze sebzelerde bulunan önemli bir vitamindir. Ancak konserveleme ve piştirme gibi işlemlerde büyük ölçüde kararsız bir yapı göstermektedir (Rickman ve ark., 2007). Taze ağaç bamyaya örneğinde askorbik asit içeriği 7,62 mg/100 g iken, kaynatma tekniği ile pişirildiğinde bu değer 0,74 mg/100 g'a düşmüş ve diğer piştirme tekniklerine göre en düşük askorbik asit içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Çizelge 1'de görüldüğü gibi askorbik asidin en fazla korunduğu ve taze numuneye yakın olan numune sotelenecek numunedir. Razzak ve ark. (2023) tarafından yapılan benzer bir çalışmada kaynatarak, buharda ve mikrodalgaya yöntemiyle kullanılarak pişirilen havuç, kabak ve ıspanak örneklerinde kaynatılarak pişirilme sonucunda askorbik asit içeriğinin azaldığını bildirmişlerdir. Yapılan diğer bir çalışma sonucunda farklı piştirme teknikleri (buharda, kaynatma, mikrodalgada, sous-vide ve soteleme) ile pişirilen numunelerin tamamında taze numuneye göre askorbik asit içeriğinde önemli bir azalma gözlemlendi (p<0,05). Dört sebzenin farklı yöntemlerle pişirildiği bir çalışmada, taze sebzelerle karşılaştırıldığında tüm örneklerde askorbik asit içeriğinin azaldığı görülmüştür (Kala ve Prakash, 2006). Mazzeo ve ark., (2011) her iki piştirme işleminin de (kaynatma ve buharda piştirme) karnabahar örneklerinde askorbik asit içeriğinde önemli kayıplara yol açtığını bulmuşlardır. Pelle-grini ve ark., (2010) Brassica sebzelerinin askorbik asit içeriğinin kaynatma, mikrodalgada piştirme, sepet ve fırında buharda piştirme gibi farklı piştirme yöntemleriyle azaldığını belirlemişlerdir. Askorbik asitte meydana gelen azalmanın termal işlem sırasında askorbik asidin yapısında meydana gelen polimerizasyondan kaynaklandığı düşünülmektedir (Razzak ve ark., 2023).

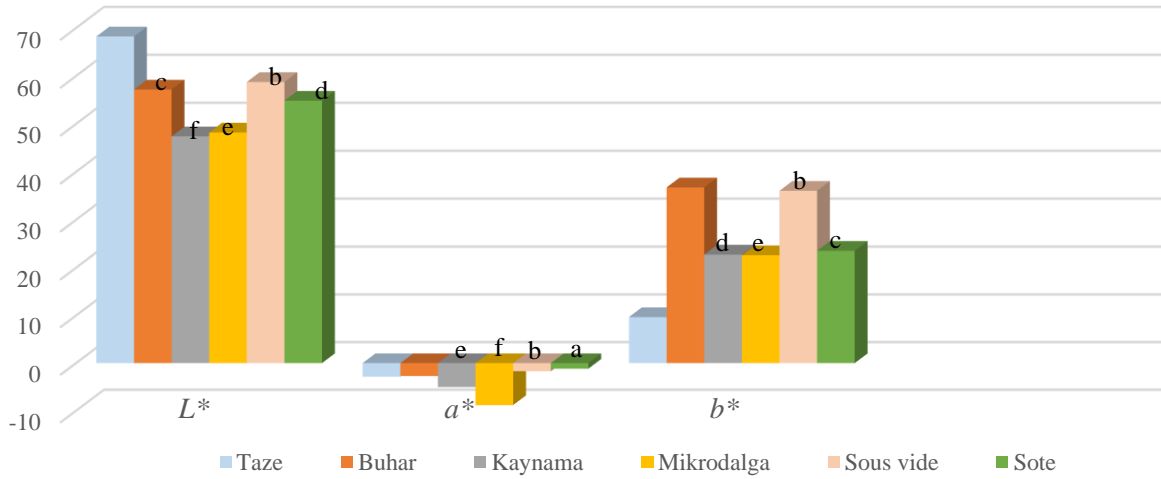
### Renk

Renk, tüketicilerin taze ve pişmiş sebze meyvelerin algısını etkileyen en önemli fiziksel özelliklerden biridir. Farklı piştirme teknikleri uygulanan ağaç bamyaya örneklerinin renk değişimleri  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değeri ile ifade edilmiş ve piştirme işlemiyle birlikte örneklerde gözle görülür bir değişiklik gözlemlenmiştir (Şekil 1). Şekil 2'de taze ve pişmiş numunelerin farklı yöntemlerle resimleri de gösterilmektedir.



Şekil 1. Pişmiş numunelerin renkleri (a:kaynama, b:sote, c:mikrodalga, d:sous vide ve e:buhar)  
Figure 1. Colors of cooked samples (a: boiling, b: sautéed, c: microwave, d: sous vide and e: steam)

#### Ağaç bamyası örneklerinin renk değerleri



Şekil 2. Örneklerin renk değerleri  
Figure 2. Color values of the samples

Örneklerin açıklık ve koyuluğunu ifade eden  $L^*$  değeri taze ağaç bamyası örneğinde en yüksek bulunurken (68,24), pişirildikten sonra tüm örneklerde anlamlı düzeyde azalma meydana gelmiştir ( $p < 0,05$ ). Ağaç bamyası numunelerine uygulanan buharda, sous-vide ve soteleme işlemlerinden sonra örneklerin  $L^*$  değerleri taze örneğe en yakın bulunurken buharda ve mikrodalga pişirme işlemi uygulanan örneklerde  $L^*$  değeri azalarak bir koyulaşma meydana gelmiştir. Razzak ve ark., Bangadeşte bulunan 6 farklı sebzenin kaynatılarak, buharda ve mikrodalgada pişirilmesi sonucunda parlaklığı gösteren  $L^*$  değerinin ısı işlemi nedeniyle azaldığını bildirmişlerdir. Negatif  $a^*$  renk değeri yeşilliği ifade etmektedir. Şekil 2’de görüldüğü gibi tüm numunelerin  $a^*$  değeri negatif bulunmuştur.

Dolayısıyla örneklerin negatif renk değerleri yeşil olarak algılandıklarını göstermektedir. Taze örneklerle karşılaştırıldığında buharda pişirilmiş, sous-vide ve sotelene örnekler daha az yeşil hale geldi ( $-a^*$  artış). Tam tersine, kaynatılmış ve mikrodalgaya alınmış örneklerde yeşillikte önemli bir artış ( $-a^*$  azalma) görülmüştür. Sarılığı temsil eden  $b^*$  değeri taze örnek ile karşılaştırıldığında tüm örneklerde artış göstermiştir. En yüksek  $b^*$  değeri Sous vide ve buharda pişirilen ağaç bamyası örneklerinde belirlenmiştir. Şekil 1’de görüldüğü gibi sous vide ve buhar numuneleri daha sarı olarak algılanmaktadır. Taze numunenin değerinin düşük olması renginin yeşil-beyaz olarak algılanmasından kaynaklanıyor olabilir (Şekil 1).

Martínez-Hernández ve ark. (2013) derin yağda kızartma ile brokoli örneklerinin  $L^*$  değerinin çiğ örneklerle göre arttığını bulmuşlardır. Kaynatma, buhar basınçlı pişirme, sous vide ve mikrodalga gibi diğer işlemler, pişmemiş örneklerle karşılaştırıldığında  $L^*$  değerlerini düşürmüştür. Miglio ve arkadaşlarına göre. (2008) brokoli çiçeklerinin tüm pişirme işlemlerinde (Kaynatma, buğulama ve kızartma)  $L^*$  değerlerinin önemli ölçüde azaldığını belirlemişlerdir. Ayrıca aynı çalışmadaki örneklerin  $a^*$  değerleri karşılaştırıldığında, buharda pişirilmiş ve kızartılmış brokoli çiçeklerinin yeşilliği daha az olurken, haşlanmış çiçeklerinin yeşilliğinde önemli bir artış görülmüştür. Guillén ve ark. (2017) yeşil fasulye örneklerinde  $L^*$  değerinin, Kaynatma ve sous vide pişirme yöntemleriyle taze olanlarla karşılaştırıldığında azaldığını bildirmişlerdir. Sonuçlarımız literatürdeki önceki bulgularla tutarlıdır. Brokolinin  $b^*$  değeri açısından sap değerleri ham maddeye göre tüm pişirme yöntemlerinde azalmıştır (Miglio ve ark., 2008). Guillén ve ark. (2017), yeşil sebzelerin pişirme sırasında renklerinde meydana gelen değişikliklerin ana nedeninin klorofil bozulması olduğunu bildirmiştir.

### Tekstür Özellikleri

Farklı pişirme şekilleri uygulanan ağaç banya örneklerinin tekstür değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Taze ağaç banya, buharda, Kaynatma, mikrodalga vakumda ve soteleme teknikleri kullanılarak pişirilen ağaç banya örneklerinin sertlik değerleri sırasıyla 19,58, 2,25, 1,48, 1,69, 2,24 ve 20,77 N olarak tespit edilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi, soteleme dışındaki tüm pişirme yöntemlerinde sertlik, taze örneklerle karşılaştırıldığında önemli ölçüde ( $p<0,05$ ) azalma göstermiştir. Guillén ve ark. (2017) yapmış oldukları çalışma sonucunda brokoli, enginar, havuç ve yeşil fasulyenin sertliğinin Kaynatma ve sous vide gibi pişirme yöntemlerine bağlı olarak azaldığını bildirmişlerdir. Martínez Hernández ve ark., göre (2013) basınçlı pişirme, buharda pişirme ve kaynatma, brokolinin en yüksek yumuşamasına neden olmuştur.

Esneklik, yapışkanlık ve çiğnenabilirlik (N. mm), ikinci sıkıştırma sırasındaki kuvvet giriş süresinin birinci sıkıştırma sırasındaki zamana oranı, ikinci sıkıştırma sırasındaki pozitif kuvvet alanının birinci sıkıştırma sırasındaki pozitif kuvvet alanına oranı olarak tanımlanır ve sıkıştırma alanı ve numunenin yutulmasını sağlamak için gereken toplam çaba miktarı olarak ifade edilmektedir (Chiavaro ve ark., 2006). Çizelge 3’te görüldüğü gibi, taze numune ile karşılaştırıldığında esneklik değerleri, farklı tekniklerle pişirilen tüm numunelerde önemli ölçüde azalma göstermiş ( $p<0,05$ ) ve en büyük azalma soteleme numunede gözlemlendi. Kaynayan-mikrodalga ve buhar-vakumda pişirilen ağaç banya örneklerinin değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Chiavaro ve ark. (2006), farklı şekilde pişirilmiş patates örneklerinin esneklik değerinin taze örneklerle karşılaştırıldığında çok fazla değişmediğini bulmuşlardır. Taze örneklerin yapışkanlık değeri 0,76 iken, *A. sericifera* örneklerinin farklı tekniklerle pişirilmesiyle bu değer önemli ölçüde azaldığı görüldü. Esneklik değerine benzer şekilde en yüksek azalmanın soteleme örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Da-omukda ve ark., (2011) yapmış oldukları çalışma sonucunda farklı pişirme teknikleri uygulandığında esmer pirinç örneklerinin yapışkanlık değerlerinde farklılık olmadığını belirtmişlerdir. Farklı pişirme teknikleri uygulanan ağaç banya örneklerinin çiğnenabilirlik değerlerine bakıldığında buhar, kaynatma ve mikrodalga ile pişirilen örneklerde azaldığı görüldü. Tam tersine taze örneklerde vakum pişirme ve soteleme teknikleri uygulandığında bu değer arttığı görüldü. En düşük çiğnenabilirlik değeri ise kaynayan numunede gözlemlendi. Kaynatılarak pişirilen numune, tüm pişmiş *A. sericifera* numuneleri arasında hem en yumuşak hem de daha az çiğnenen numune olduğu için daha kolay yutulabilmekteyken soteleme örneklerinin çiğnenebilirliğinin ve yutulabilirliğinin daha zor olduğu belirlenmiştir. Chiavaro ve ark. (2006), buharda pişirilmiş numunenin çiğnenabilirlik değerinin tüm pişmiş patatesler arasında en düşük olduğunu bildirmiştir.

Tablo 2. Ağaç banya örneklerinin tekstürel özellikleri

Table 2. Texture values of tree okra samples

Pişirme cinsi	Sertlik (N)	Esneklik	Yapışkanlık	Çiğnenbilirlik (N.mm)
Taze	19,58 <sup>b</sup>	0,85 <sup>a</sup>	0,76 <sup>a</sup>	747,5 <sup>c</sup>
Buharda	2,25 <sup>c</sup>	0,67 <sup>d</sup>	0,61 <sup>d</sup>	685,1 <sup>d</sup>
Kaynatma	1,48 <sup>f</sup>	0,79 <sup>c</sup>	0,67 <sup>c</sup>	281,2 <sup>f</sup>
Mikrodalga	1,69 <sup>e</sup>	0,82 <sup>b</sup>	0,71 <sup>b</sup>	344,8 <sup>e</sup>
Sous-vide	2,24 <sup>d</sup>	0,64 <sup>e</sup>	0,57 <sup>d</sup>	1219 <sup>b</sup>
Soteleme	20,77 <sup>a</sup>	0,45 <sup>f</sup>	0,52 <sup>f</sup>	4356 <sup>a</sup>

Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel anlamlılığı temsil etmektedir ( $p<0,05$ ).

Tablo 3. Ağaç banya örneklerinin toplam fenolik, flavonoid içeriği ve antioksidan özellikleri

Table 3. Total phenolic, flavonoid content and antioxidant properties of tree okra samples

Pişirme cinsi	Toplam fenolik içeriği (mg GAE/g)	Toplam flavonoid içeriği (mg CE/g)	DPPH (IC <sub>50</sub> ) (mg/mL)	TEAC (µmol Trolox/mg)
Taze	13,40 <sup>b</sup>	1,18 <sup>a</sup>	0,30 <sup>d</sup>	2,02 <sup>b</sup>
Buharda	8,36 <sup>d</sup>	1,11 <sup>a</sup>	0,72 <sup>a</sup>	1,29 <sup>e</sup>
Kaynatma	4,75 <sup>f</sup>	0,82 <sup>c</sup>	0,55 <sup>b</sup>	0,67 <sup>f</sup>
Mikrodalga	7,22 <sup>e</sup>	1,02 <sup>b</sup>	0,52 <sup>b</sup>	1,65 <sup>c</sup>
Sous-vide	10,13 <sup>c</sup>	1,12 <sup>a</sup>	0,49 <sup>c</sup>	1,36 <sup>d</sup>
Soteleme	15,15 <sup>a</sup>	1,18 <sup>a</sup>	0,27 <sup>d</sup>	3,20 <sup>a</sup>

Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel anlamlılığı temsil etmektedir ( $p<0,05$ ).

Tablo 4. Göreceli değerlendirme matrisi ve örnek alternatiflerinin değerlendirme puanları  
 Table 4. The relative assessment matrix and the assessment scores of alternatives of samples

Pişirme cinsi	S1	S2	S3	S4	S5	H <sub>i</sub>	E <sub>i</sub>	T <sub>i</sub>
S1	0,00	0,12	-0,07	-0,02	-0,62	-0,59	0,07	0,15
S2	-0,12	0,00	-0,18	-0,16	-0,74	-1,20	0,04	0,06
S3	0,07	0,18	0,00	0,01	-0,56	-0,30	0,09	0,19
S4	0,02	0,16	-0,01	0,00	-0,58	-0,41	0,08	0,18
S5	0,62	0,74	0,55	0,58	0,00	2,49	0,24	0,60

### Toplam Fenolik Madde İçeriği (TF)

Pişişmiş örneklerin toplam fenolik madde içeriğine ait verileri Çizelge 3'te sunulmaktadır. Taze ve farklı pişişirme teknikleri uygulanan ağaç bamyaya örneklerinin toplam fenolik madde değerleri 4,75 ile 15,15 mg GAE/g arasında değişmektedir. Taze numunelerde toplam fenolik madde içeriği 13,4 mg GAE/g iken sotelemiş numunede 15,15 mg GAE/g'a yükseldiği belirlenirken diğer pişişirme tekniklerinde taze numuneye göre daha düşük olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlar soteleme, mikrodalgada ve buhar yöntemleri açısından literatürle benzerlik göstermektedir (Subudhi ve Bhoi, 2014).

Wachtel-Galor ve ark. (2008), taze brokoli ile karşılaştırıldığında haşlanmış ve mikrodalgada pişirilmiş brokoli numunelerinde daha düşük bir TF bildirmiştir. Lafarga ve ark. (2018), brokoli numunesinin TF'sinin taze sebzelerle karşılaştırıldığında buharda ve vakumda pişişirme yöntemlerinde azaldığını tespit etmişlerdir. Ortamda suyun varlığı, suda çözünebilir fenolik bileşiklerin kaybını ve kaynatma, mikrodalgada yöntemleri gibi suyla işlem gören pişişirme yöntemlerinde toplam fenolik içeriğin azalmasını açıklayabilir. Lima ve ark., (2017) su, sebzelerin yapısının bozulmasına neden olarak çözünebilir fenolik bileşiklerin matristen çıkarılmasına olanak tanıyabilir ve süzme yoluyla kaybolabileceğini belirtmiştir. Literatürdeki önceki bulgular, kaynatma ve mikrodalgada gibi su kullanılarak yapılan pişişirme işlemlerinin TF'nin azalmasına neden olabileceğini, tavada kızartmanın ise fenolik bileşiklerin artışı destekleyebileceğini göstermektedir (Minatel ve ark., 2017). İsmail ve ark. (2004) kaynar suda 1 dakika kaynatmanın lahanaya, ıspanak, arpacık soğanı ve lahanada TF'yi (%12-26) azalttığını bildirmiştir. Bembem ve Sadana (2014)'ya göre çiğ havuç örneğinin TF değeri 32,60 mg GAE/100 g iken sotelendiğinde 37,34 mg GAE/100 g'a yükselmektedir. Şengül ve ark. (2014), tavada kızartmanın kırmızı lahanaya hariç sebzelerin (pancar, kara turp, lahanaya, brokoli, beyaz lahanaya, şalgam, kırmızı turp) toplam polifenolik içeriğini arttırdığını bulmuştur. Czarnowska- Kujawska ve ark., (2022) brokoli ve ıspanak örneklerinin toplam fenolik madde üzerine kaynatma, buharda pişişirme, mikrodalgada pişişirme ve sous vide yöntemlerinin etkisini değerlendirdikleri çalışma sonucunda bizimkine benzer şekilde sous-vide koşullarında yapılan pişişirmenin, hem ıspanak hem de brokoli numuneleri için fenolik bileşiklerin en iyi şekilde önlediği bildirmişlerdir. Bunun sebebinin sous-vide pişişirmede kullanılan ambalajın sızıntıdan kaynaklanan kayıpları önlemesi nedeniyle fenolik tutulumunu desteklediğini düşünülmektedir.

### Toplam Flavonoid İçeriği

*A. sericifera* örneklerinin toplam flavonoid değerleri 0,82-1,18 mg CE/g arasında değişmiştir (Çizelge 3).

Analiz edilen örneklerin toplam flavonoid değerlerinin kaynatma ve mikrodalgada yöntemleriyle pişişirme dışında istatistiksel olarak değişmediği belirlendi ( $p < 0,05$ ). Toplam flavonoid değerleri kaybında en etkili yöntem kaynatmadır. Flavonoidler suda çözünebilir bileşikler olduğundan pişişirme sırasında süzülerek suda kaybolabilirler (Armesto ve ark., 2019). Dolayısıyla literatürdeki önceki bulgular, kaynatma ve mikrodalgada tekniğiyle toplam flavonoid değerleri 'de bir azalma olduğunu doğrulamaktadır. Subudhi ve Bhoi (2014)'e göre Brassica juncea yapraklarının toplam flavonoid içeriği buharda ve mikrodalgada pişişirme teknikleriyle azalmıştır. Farklı pişişirme tekniklerinin karalahana üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; kaynatma, buharda ve mikrodalgada pişişirme işlemleri sırasında farklı flavonoid bileşiklerinin ısıya karşı farklı düzeylerde duyarlılık gösterdiğinden dolayı toplam flavonoid değerlerinde önemli bir azalmaya neden olmuştur (Armesto ve diğerleri, 2019).

### DPPH Radikal Temizleme Aktivitesi

Taze ve pişişmiş numunelerin DPPH temizleme aktivitesi IC50 değeri olarak ifade edildi. IC50 değerinin düşük olması numunelerin antioksidan aktivitesinin yüksek olduğunu göstergesidir (Jadid ve ark., 2017). Çizelge 4'te görüldüğü gibi taze ve sotelemiş örnekler arasında anlamlı bir fark bulunmazken, diğer örneklerin DPPH temizleme aktivitesi bu örneklere göre arttı ( $p < 0,05$ ). Literatürde yapılan araştırmalar sonucunda, fenolik bileşikler gibi biyoaktif bileşikler ile bunlara karşılık gelen antioksidan kapasiteleri arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermiştir (Barakat ve Rohn, 2014). Bölüm 3.4'te bahsettiğimiz gibi yağda soteleme, toplam fenolik madde miktarının artırılması gibi teknikler sonucunda sotelemiş numunede antioksidan aktivitesi tazeye göre korunmuştur. Guillén ve ark. (2017) hem enginar hem de havuç örneklerinin kaynatma tekniğiyle pişirildikten sonra antioksidan aktivitelerinde kayıplar olduğunu bulmuşlardır. Armesto ve ark., (2019) buharda pişişirme dışındaki tüm pişişirme yöntemlerinin (kaynatma, mikrodalgada pişişirme ve vakumda pişişirme), %DPPH inhibisyonunu önemli ölçüde azalttığını ortaya koymuştur. Shamsuri ve Ahmad (2019), taze balkabağına kıyasla tüm pişişirme tekniklerinde (Kaynatma, buharda pişişirme ve tavada kızartma) DPPH inhibisyon yüzdesinin değerinin azaldığını göstermiştir.

### Trolox Eşdeğer Antioksidan Kapasitesi (TEAC)

Örneklerin TEAC değerleri Çizelge 3'te gösterilmiştir. Taze ağaç bamyaya, buharda, kaynatma, mikrodalgada vakumda ve soteleme teknikleri kullanılarak pişirilen ağaç bamyaya örneklerinin TEAC değerleri sırasıyla 2,02, 1,29, 0,67, 1,65, 1,36 ve 3,20  $\mu\text{mol}$  Trolox/mg olarak belirlenmiştir. Pişirilme işlemi sonucunda sotelemiş

örnekte anlamlı düzeyde yükseldiği tespit edildiği görülürken ( $p<0,05$ ) diğer pişirme tekniklerine bakıldığında hepsinin TEAC değerinin taze numuneye göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. TEAC değerini en çok etkileyen pişirme tekniğinin buharda haşlanarak olduğu görülmektedir. Kaynatma, buharda pişirme ve karıştırarak kızartmanın kırmızı lahanadaki biyoaktif bileşik düzeyleri üzerindeki etkisini araştıran bir çalışmada, tavada kızartılmış lahana örneğinde antioksidan içeriğinde önemli artışlar bulunmuştur (Murador ve ark., 2016). Ramírez-Anaya ve ark. (2015) derin yağda kızartılmış ve sotelenmiş domates, patates ve patlıcanın ABTS değerlerinde taze olanlarla karşılaştırıldığında artış olduğunu bildirmişlerdir. ABTS yöntemi kullanılarak antioksidan aktivitenin ölçüldüğü diğer bir çalışmada, taze domates ve yeşil fasulyede AA'nın kaynatılmasıyla azaldığı rapor edilmiştir (Danesi ve Bordoni, 2008). Miglio ve ark., (2008) çığ havuç örneğinin TEAC değerini 0,40 mmol Trolox/100 g iken kızartma sonrasında 1,05 mmol Trolox/100 g'a yükselmiştir. Ayrıca kızartma sırasında antioksidan aktivite değerlerindeki artışların, antioksidan aktiviteye sahip Maillard reaksiyon ürünlerinin oluşmasından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

### Duyusal Özellikler

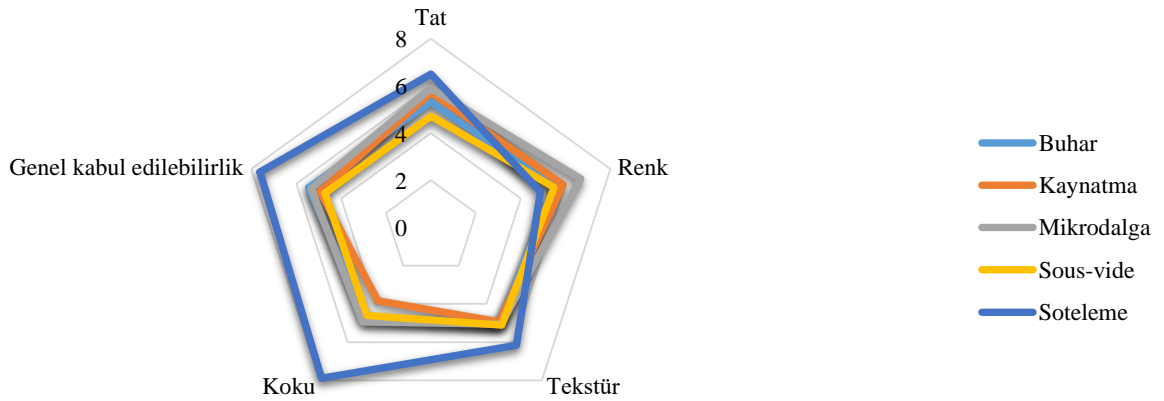
Bir ürünün duyu analizi, ürünün tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğinin belirlenmesi açısından önemlidir. *A. sericifera* örneklerinin duyu puanları Şekil 3'te gösterilmiştir. Panelistlerden *A. sericifera*'nın kritik özelliklerini (renk, doku, tat, tat ve genel kabul edilebilirlik) 1 ile 9 arasında değişen bir ölçek kullanarak değerlendirmeleri istenir. 9 (beğenmemekten aşırı derecede beğenmeye). Uygulanan farklı pişirme yöntemleri arasında renk, doku, tat, lezzet ve genel kabul edilebilirlik açısından önemli farklılıklar bulunmuştur. Sotelenme sırasında bazı aroma bileşenlerinin oluşması ve buharlaşması nedeniyle sotelenme *A. sericifera*'nın tat ve aromasını iyileştirmiştir. Genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek puan (7,61) sotelenmiş örnekte bulunmuştur. Ayrıca sotelenen numunenin doku, tat ve tat puanları diğer pişirme yöntemlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Ancak en iyi renk puanı mikrodalgada pişirmede elde edilmiştir. Bu durum en yüksek  $a^*$  değerinin görüldüğü numunenin renginin daha yeşil olmasıyla ilişkili olabilir. Mikrodalgada pişirmenin sebzelerde renk tutma oranının daha iyi olduğu rapor edilmiştir (Akdaş ve Bakkalbaşı, 2017; Chandrasekaran ve ark., 2013).

Tablo 5. ELECTRE yaklaşımının uyum ve uyumsuzluk matrisleri  
Table 5. The concordance and discordance matrixes of ELECTRE approach

Örnekler	Uyum matrisi					Uyumsuzluk matrisi				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
S1	1,00	0,72	0,58	0,30	0,00	0,00	0,02	0,06	0,17	0,65
S2	0,28	1,00	0,00	0,30	0,00	0,35	0,00	0,24	0,52	1,00
S3	0,42	1,00	1,00	0,43	0,00	0,11	0,00	0,00	0,28	0,76
S4	0,70	0,70	0,57	1,00	0,00	0,07	0,05	0,10	0,00	0,49
S5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tablo 6. VIKOR yaklaşımıyla elde edilen  $S_i$ ,  $R_i$  ve  $Q_i$  değerleri  
Table 6. Values of  $S_i$ ,  $R_i$ , and  $Q_i$  obtained by VIKOR approach

Örnekler	$S_i$	$R_i$	$Q_i$
S1	0,70	0,85	0,14
S2	0,15	1,00	0,15
S3	0,61	0,83	0,15
S4	0,66	0,87	0,15
S5	0,00	0,00	0,00



Şekil 3. *A. sericifera* örneklerinin duyu sonuçları  
Figure 3. Sensory results of *A. sericifera* samples

### Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımının Duyusal ve Biyoaktif Özelliklere Uygulanması

Bu çalışmada hangi pişirme yönteminin en iyi duyusal ve biyoaktif özelliklere sahip olduğunu belirlemek için üç farklı çok kriterli karar verme tekniği (MCDM) (CODAS, ELEC-TRE (2) ve VIKOR) kullanılmıştır. Örnekler şu şekildedir: S1: buhar, S2: kaynatma, S3: mikrodalga, S4: sous-vide, S5: soteleme.

Alternatiflerin göreceli değerlendirme matrisi (Ra) ve değerlendirme puanları (Hi), CODAS denklemi kullanılarak hesaplanabilir. Çizelge 4, sıralama alternatiflerinin  $S2 < S1 < S4 < S3 < S5$  olarak bulunduğu sonuçları göstermektedir. Bu nedenle CODAS yönteminin değerlendirilmesine göre S5 (soteleme) en iyi pişirme yöntemidir.

Bu çalışmada kullanılan bir diğer MCDM yöntemi ELECTRE'dir. Duyusal skorlar ve biyoaktif özellik sonuçları ELECTRE yöntemine ait denklemlere göre normleştirildi. Çizelge 5'te gösterilen alternatifler arasındaki sıralama ilişkilerini analiz etmek için uyum ve uyumsuzluk indeksleri kullanıldı. En yüksek uyum ve en düşük uyumsuzluk S5 örneğinde elde edildi. ELECTRE yaklaşımına göre  $S5 > S1 > S4 > S3 > S2$  olarak sıralanmıştır.

VIKOR yaklaşımı için karşılık gelen Si, Ri ve Qi değerleri Çizelge 6'da verilmiştir. Alternatif pişirme yöntemlerinin sıralaması  $S5 > S3 > S4 > S1 > S2$  şeklinde görülmektedir. Bu nedenle S5 alternatifi en çok tercih edilen pişirme yöntemidir.

CODAS, ELECTRE ve VIKOR tarafından elde edilen alternatiflerin sıralamasına göre *A. sericifera* için en uygun alternatif, tüm MCDM yaklaşımlarına göre sotelenecek pişirilen numune (S5) iken, kaynatma yöntemi (S2) en kötü alternatif olarak belirlenmiştir. MCDM'nin elde ettiği bu bulgular, genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek puana sahip numunenin en iyi numune olarak kabul edilebileceğini doğrulamaktadır.

### Tartışma

Sebzelerin çoğu haşlanarak, buharda, mikrodalgada, sous-vide veya sotelenecek pişirildikten sonra tüketilir. Bu işlemler sebzelerin kimyasal bileşimini değiştirebilir. Ancak en iyi pişirme yöntemine karar vermek, pişirme sırasındaki besin kayıplarını azaltabilir. Mevcut çalışmada, en yüksek biyoaktif özelliğe ve genel kabul edilebilirliğe sahip *Araujia sericifera* meyvesinin en iyi pişirme yöntemini belirlemek için çok kriterli karar verme yöntemleri uygulanmıştır. En yüksek protein, askorbik asit ve klorofil içeriği taze örnekte ve ardından sotelenecek örnekte belirlenmiştir. Sotelenecek numunenin TEAC ve IC50 değerleri 3,20  $\mu\text{mol Trolox/mg}$  ve 0,27  $\text{mg/mL}$  olarak, taze ve diğer pişirme yöntemlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca *Araujia sericifera* meyvesinin toplam fenolik madde içeriği, toplam flavonoid miktarı ve duyusal skorları sotelenecek örnekte daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada sonucunda elde edilen veriler sotelemenin biyoaktifite, duyusal ve antioksidan özellikler açısından en iyi pişirme yöntemi olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte farklı pişirme yöntemlerinin *Araujia sericifera* meyvesinin biyoaktif, duyusal ve dokusal özellikleri üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

### Kaynaklar

- AACC (2003). American association of cereal chemists. Approved methods of the AACC
- Akdaş, Z.Z., Bakkalbaşı, E., (2017). Influence of different cooking methods on color, bioactive compounds, and antioxidant activity of kale. *International Journal of Food Properties*, 20, 877–887. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1188308>
- Anonymous, [https://en.wikipedia.org/wiki/Araujia\\_sericifera](https://en.wikipedia.org/wiki/Araujia_sericifera) (Access Date: December, 2023).
- Armesto, J., Gómez-Limia, L., Carballo, J., Martínez, S., (2019). Effects of different cooking methods on the antioxidant capacity and flavonoid, organic acid and mineral contents of Galega Kale (*Brassica oleracea var. acephala cv. Galega*). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 70, 136–149. <https://doi.org/10.1080/09637486.2018.1482530>.
- Ashour, M.M.S., El-hamzy, E.M.A., (2017). Influence of different cooking methods on physicochemical characteristics, phytochemical profile, antioxidant capacity and chromatic parameters of selected vegetables. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 07, 1127–1147.
- Azizah, A.H., Wee, K.C., Azizah, O., Azizah, M., (2009). Effect of boiling and stir frying on total phenolics, carotenoids and radical scavenging activity of pumpkin (*Cucurbita moschato*). *International Food Research Journal*, 16, 45–51.
- Barakat, H., Rohn, S., (2014). Effect of different cooking methods on bioactive compounds in vegetarian, broccoli-based bars. *Journal of Functional Foods*, 11, 407–416. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.10.009>
- Bellache, M., Torres-Pagan, N., Verdeguer, M., Benfekih, L.A., Vicente, O., Sestras, R.E., Sestras, A.F., Boscaiu, M., (2022). Essential Oils of Three Aromatic Plant Species as Natural Herbicides for Environmentally Friendly Agriculture. *Sustainability*, 14,3596. <https://doi.org/10.3390/su14063596>.
- Bembem, K., Sadana, B., (2014). Effect of different cooking methods on the antioxidant components of carrot. *Bioscience Discovery*, 5, 112–116.
- Buratti, S., Cappa, C., Benedetti, S., Giovanelli, G., (2020). Influence of cooking conditions on nutritional properties and sensory characteristics interpreted by e-senses: case-study on selected vegetables. *Foods*, 9,607. [doi:10.3390/foods9050607](https://doi.org/10.3390/foods9050607).
- Chandrasekaran, S., Ramanathan, S., Basak, T., (2013). Microwave food processing-A review. *Food Research International*, 52, 243–261. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.033>.
- Chiavaro E, Barbanti D, Vittadini E, Massini R. 2006. The effect of different cooking methods on the instrumental quality of potatoes (cv. Agata). *J. Food Eng*, 77:169–178. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.06.060>.
- Cruz, J.S., Cordero, S., (2018). First record of *Araujia sericifera* (Apocynaceae: asclepiadoideae) For chile, a new Alien climbing species From South America, *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 53, 313–317.
- Cubas, C., Lobo, M.G., Gonzalez, M., (2008). Optimization of the extraction of chlorophylls in green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) by N,N-dimethylformamide using response surface methodology. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.07.007>.
- Czarnowska-Kujawska, M., Draszanowska, A., Starowicz, M., (2022). Effect of different cooking methods on the folate content, organoleptic and functional properties of broccoli and spinach. *LWT- Food Science and Technology*, 167, 113825. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113825>.
- Danesi, F., Bordoni, A., (2008). Effect of home freezing and italian style of cooking on antioxidant activity of edible vegetables. *Journal of Food Science*, 73, 109–112. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00826.x>

- Danowska-Oziewicz, M., Narwojsz, A., Draszanowska, A., Marat, N., (2020). The effects of cooking method on selected quality traits of broccoli and green asparagus. *International Journal of Food Science & Technology*, 55, 127–135. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14269>.
- Daomukda, N., Moongngarm, A., Payakapol, L., Noisuwan, A., (2011). Effect of Cooking Methods on Physicochemical Properties of Brown Rice, in: 2nd International Conference on Environmental Science and Technology LACSIT Press, Singapore. pp. 1–4.
- Fabbri, A.D.T., Crosby, G.A., (2016). A review of the impact of preparation and cooking on the nutritional quality of vegetables and legumes. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 3, 2–11. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2015.11.001>.
- Gaig, P., Gazquez, V., Lombardero, M., Botey, E., Garcia-Ortega, P., (2005). Moth plant (*Araujia sericifera*) allergy. *Allergy*, 60, 1091–1092. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2005.00859.x>
- Guillén, S., Mir-Bel, J., Oria, R., Salvador, M.L., (2017). Influence of cooking conditions on organoleptic and health-related properties of artichokes, green beans, broccoli and carrots. *Food Chemistry*, 217, 209–216. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.067>
- Gunenc, A., Yeung, M.H., Lavergne, C., Bertinato, J., Hosseinian, F., (2017). Enhancements of antioxidant activity and mineral solubility of germinated wrinkled lentils during fermentation in kefir. *Journal of Functional Foods*, 32, 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.02.016>.
- Gutierrez, J., Rodriguez, G., Barry-Ryan, C., Bourke, P., (2008). Efficacy of plant essential oils against foodborne pathogens and spoilage bacteria associated with ready-to-eat vegetables: Antimicrobial and sensory screening. *Journal of Food Protection*, 71, 1846–1854. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-71.9.1846>.
- Ismail, A., Marjan, Z.M., Foong, C.W., (2004). Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. *Food Chemistry*, 87, 581–586. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.010>.
- Jadid, N., Hidayati, D., Hartanti, S.R., Arraniry, B.A., Rachman, R.Y., Wikanta, W., (2017). Antioxidant activities of different solvent extracts of *Piper retrofractum* Vahl. using DPPH assay, in: AIP Conference Proceedings. p. 020019
- Kahlon, T.S., Milczarek, R.R., Chiu, M.C.M., (2012). In vitro bile acid binding of kale, mustard greens, broccoli, cabbage and green bell pepper improves with microwave cooking. *Food Science & Nutrition*, 3, 951–958.
- Kala, A., Prakash, J., (2006). The comparative evaluation of the nutrient composition and sensory attributes of four vegetables cooked by different methods. *International Journal of Food Science & Technology*, 41, 163–171. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01043.x>.
- Kim D.O., Jeong, S.W., Lee, C.Y., (2003). Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chemistry*, 81, 321–326. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00423-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00423-5).
- Lafarga, T., Viñas, I., Bobo, G., Simó, J., Aguiló-Aguayo, I., (2018). Effect of steaming and sous vide processing on the total phenolic content, vitamin C and antioxidant potential of the genus Brassica. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 47, 412–420. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.04.008>.
- Landi N, Ragucci S, Letizia F, Fuggi A, Russo R, Pedone PV, Di Maro A. 2019. A haem-peroxidase from the seeds of *Araujia sericifera*: Characterization and use as bio-tool to remove phenol from aqueous solutions. *Biocatal. Agric. Biotechnol*, 20: 101215. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101215>.
- Lee, S., Choi, Y., Jeong, H.S., Lee, J., Sung, J., (2018). Effect of different cooking methods on the content of vitamins and true retention in selected vegetables. *Food Science and Biotechnology*, 27, 333–342. <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0281-1>.
- Lima, A.C.S., Viana, J.D., da R Sabino L.B., de S, da Silva L.M.R., da Silva N.K.V., de Sousa P.H.M., (2017). Processing of three different cooking methods of cassava: Effects on in vitro bioaccessibility of phenolic compounds and antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 76, 253–258. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.023>.
- Martínez-Hernández, G.B., Artés-Hernández, F., Colares-Souza, F., Gómez, P.A., García-Gómez, P., Artés, F., (2013). Innovative cooking techniques for improving the overall quality of a kailan-hybrid broccoli. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 2135–2149. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0871-0>.
- Mazzeo, T., N'Dri, D., Chiavaro, E., Visconti, A., Fogliano, V., Pellegrini, N., (2011). Effect of two cooking procedures on phytochemical compounds, total antioxidant capacity and colour of selected frozen vegetables. *Food Chemistry*, 128, 627–633. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.070>.
- Mehmood, A., Zeb, A., (2020). Effects of different cooking techniques on bioactive contents of leafy vegetables. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 22, 100246. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.10.0246>.
- Miglio, C., Chiavaro, E., Visconti, A., Fogliano, V., Pellegrini, N., (2008). Effects of different cooking methods on nutritional and physicochemical characteristics of selected vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 139–147. <https://doi.org/10.1021/jf072304b>.
- Minatel, I.O., Borges, C.V., Ferreira, M.I., Gomez, H.A.G., Chen, C.Y.O., Lima, G.P.P. (2017). Phenolic compounds: functional properties, impact of processing and bioavailability, InTech: Rijeka, Croatia.
- Mitic, V., Jovanovic, V.S., Dimitrijevic, M., Cvetkovic, J., Stojanovic, G., (2013). Effect of food preparation technique on antioxidant activity and plant pigment content in some vegetables species. *Journal of Food and Nutrition Research*, 1, 121–127. <https://doi.org/10.12691/jfnr-1-6-2>.
- Mounir, S., Ghandour, A., Téllez-Pérez, C., Aly, A.A., Mujumdar, A.S., Allaf, K., (2020). Phytochemicals, chlorophyll pigments, antioxidant activity, relative expansion ratio, and microstructure of dried okra pods: swell-drying by instant controlled pressure drop versus conventional shade drying. *Drying Technology*, 10.1080/07, 1–15. <https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1756843>.
- Murador, C.D., Mercadante, Z.A., Rosso, V.V., (2016). Cooking techniques improve the levels of bioactive compounds and antioxidant activity in kale and red cabbage. *Food Chemistry*, 196, 1101–1107. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.10.037>
- Pohekar, S.D., Ramachandran, M., (2004) Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning--A review. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 8, 365–381.
- Pellegrini, N., Chiavaro, E., Gardana, C., Mazzeo, T., Contino, D., Gallo, M., Riso, P., Fogliano, V., Porrini, M., (2010). Effect of Different Cooking Methods on Color, Phytochemical Concentration, and Antioxidant Capacity of Raw and Frozen Brassica Vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 4310–4321. <https://doi.org/10.1021/jf904306r>
- Ramírez-Anaya JDP, Samaniego-Sánchez C, Castañeda-Saucedo MC, Villalón-Mir M, De La Serrana HLG. 2015. Phenols and the antioxidant capacity of Mediterranean vegetables prepared with extra virgin olive oil using different domestic cooking techniques. *Food Chem*, 188:430–438. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.124>.
- Razzak, A., Khan, R.M., Hossain, M., Sadia, U., (2023). Effect of Various Cooking Methods on the Nutritional Quality and Safety of Selected Vegetables from Bangladesh's North-Eastern Area. Doi: 10.2139/ssrn.4335397.

- Rickman, J.C., Barrett, D.M., Bruhn, C.M., (2007). Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part I. Vitamins C and B and phenolic compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 930–944. <https://doi.org/10.1002/jsfa>.
- Rossi Marquez, G., Di Pierro, P., Mariniello, L., Esposito, M., Giosafatto, C.V.L., Porta, R., (2017). Fresh-cut fruit and vegetable coatings by transglutaminase-crosslinked whey protein/pectin edible films. *LWT - Food Science and Technology*, 75, 124–130. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.017>.
- Roy, B., (1968). Classement et choix en présence de points de vue multiples. *Revue Française D'informatique Et De Recherche Opérationnelle*, 2(8): 57–75
- Shamsuri, N.M., Ahmad, F.T., (2019). Effects of different cooking methods and time intervals on physico-chemical and antioxidant properties of golden pumpkin (*Cucurbita maxima*). *Malaysian Society of Applied Biology* 48, 221–227.
- Song, F.L., Gan, R.Y., Zhang, Y., Xiao, Q., Kuang, L., Li, H.B., (2010). Total phenolic contents and antioxidant capacities of selected chinese medicinal plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 11, 2362–2372. <https://doi.org/10.3390/ijms11062362>
- Subudhi, B.B., Bhoi, A., (2014). Antioxidative effects of Brassica juncea and Moringa oliefera prepared by different processing methods. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 790–794. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0542-6>.
- Sun, L., Bai, X., Zhuang, Y., (2014). Effect of different cooking methods on total phenolic contents and antioxidant activities of four Boletus mushrooms. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 3362–3368. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0827-4>
- Şengül, M., Yildiz, H., Kavaz, A., (2014). The effect of cooking on total polyphenolic content and antioxidant activity of selected vegetables. *International Journal of Food Properties*, 17, 481–490. <https://doi.org/10.1080/10942912.2011.619292>.
- Tian, J., Chen, J., Lv, F., Chen, S., Chen, J., Liu, D., Ye, X., (2016). Domestic cooking methods affect the phytochemical composition and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes. *Food Chemistry*, 197, 1264–1270. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.049>
- Turkmen, N., Poyrazoglu, E.S., Sari, F., Velioglu, Y.S., (2006). Effects of cooking methods on chlorophylls, pheophytins and colour of selected green vegetables. *International Journal of Food Science & Technology*, 41, 281–288. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01061.x>.
- Turkmen, N., Sari, F., Velioglu, Y.S., (2005). The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry*, 93, 713–718. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.12.038>.
- Wachtel-Galor, S., Wong, K.W., Benzie, I.F.F., (2008). The effect of cooking on Brassica vegetables. *Food Chemistry*, 110:706–710. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.056>
- Wang, C-N., Tsai, H-T., Ho, T-P., Nguyen, V-T., Huang, Y-F., (2020). Multi-Criteria decision making (MCDM) model for supplier evaluation and selection for oil production projects in Vietnam. *Processes*, 8,134. <https://doi.org/10.3390/pr8020134>.
- Zhong, X., Dolan, K.D., Almenar, E., (2015). Effect of steamable bag microwaving versus traditional cooking methods on nutritional preservation and physical properties of frozen vegetables: A case study on broccoli (*Brassica oleracea*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 31, 116–122. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.07.002>.





## Production Habits and Problems in Taşköprü Garlic

Hüseyin Güran Ünal<sup>1,a,\*</sup>

<sup>1</sup>Kastamonu Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Kastamonu, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 12.10.2023 Accepted : 03.05.2024</p> <p><b>Keywords:</b> Garlic Taşköprü Geographical indication Sustainable agriculture Resource efficiency</p>	<p>Garlic production and consumption are increasing in the world and in Turkey. However, Turkey's share in world garlic production has decreased from 4% to 0.4% in the last 30 years. Similarly, the share of Kastamonu garlic, which has geographical indication, in Turkey's production decreased from 25% to 20%. In this study, production techniques and problems were examined by conducting face-to-face surveys with garlic producers in Kastamonu. In the light of the data obtained, the producer profile and application habits were discussed. Although the level of mechanization in production is increasing, the need for high labor force continues at every stage of production. There is unconscious production on small parcels with high chemical inputs. Garlic is stored in primitive storage conditions and losses occur. There is no production planning in the region and there is no common formation regarding production and sales.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(7): 1156-1161, 2024

## Taşköprü Sarımsağında Üretim Alışkanlıkları ve Sorunları

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 12.10.2023 Kabul : 03.05.2024</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Sarımsak Taşköprü Coğrafi işaret Sürdürülebilir tarım Kaynak verimliliği</p>	<p>Dünya'da ve Türkiye'de sarımsak üretimi ve tüketimi artmaktadır. Fakat Türkiye'nin dünya sarımsak üretimi içindeki payı geçtiğimiz 30 yılda %4 den %0.4 seviyesine gerilemiştir. Benzer şekilde coğrafi işaret sahibi Kastamonu sarımsağının Türkiye üretimindeki payı da %25 seviyesinden %20 seviyesine gerilemiştir. Bu çalışmada Kastamonu'daki sarımsak üreticileri ile yüz yüze anket çalışması yapılarak üretim teknikleri ve sorunları incelenmiştir. Elde edilen veriler ışığında üretici profili ve uygulama alışkanlıkları masaya yatırılmıştır. Üretimde mekanizasyon düzeyi artmakla birlikte, üretimin her safhasında yüksek işgücü gereksinimi devam etmektedir. Küçük parsellerde, yüksek kimyasal girdilerle bilinçsiz üretim söz konusudur. Sarımsaklar ilkel depolama koşullarında saklanmakta ve kayıplar oluşmaktadır. Bölgede herhangi bir üretim planlaması olmayıp, üretim ve satışa dair ortak bir oluşum bulunmamaktadır.</p>

<sup>a</sup> [guranunal@gmail.com](mailto:guranunal@gmail.com)

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2891-3488>



## Giriş

Sarımsak zambakgiller familyasından olan iki yıllık keskin kokulu bir bitkidir. Sarımsak tarıma alındığı için tohumdan değil dış sarımsaktan üretilmektedir (Kutevin ve Turkeş, 1987). Tedavi edici özelliklerinden dolayı hemen hemen bütün dünyaya yayılan sarımsak, eski çağlardan beri mutfağın dışında ilaç olarak da kullanılmıştır (Taşkaya, 2003). Sarımsak, tıbbi etkisinin yanı sıra çeşni verme özelliği nedeniyle de üretilmektedir. Kurutulmuş sarımsak, sarımsak tozu, sarımsak ekstre, sarımsak püresi, uçucu sarımsak yağı ile daha çok yurt dışında rastlanan sarımsaklı salça sosu, sarımsaklı pişirme ve kızartma sosları ve sarımsaklı hardal, gıda sanayiinde sarımsağın işlenmesiyle elde edilen ürünlerin başlıcalarıdır (Unutmaz 1997).

Keskin aroması ve uzun süre muhafaza edilebilmesi nedeniyle Türkiye'de en yaygın olarak yetiştirilen sarımsak çeşidi olan Taşköprü sarımsağı, beyaz altın olarak da bilinir (İpek ve ark., 2008). Taşköprü (Kastamonu) yöresinde yetiştirilen sarımsağın selenyum içeriğinin yüksek olması (15 µg kg-1) (Artık ve Poyrazoğlu, 1994) bu sarımsağın özellikle tercih edilmesine ve piyasalarda aranmasına neden olmaktadır.

Taşköprü sarımsağının farklı kimyasal bileşimi, besin değerini gösteren bazı çalışmalar bulunmaktadır (Haciseferoğulları ve ark., 2005; Turfan ve ark., 2016). Turfan, (2020), Taşköprü Sarımsağının kimyasal maddelerindeki değişim ve büyüme parametrelerini incelemiş, dikimde büyük dişlerin kullanılmasının daha uygun olduğunu vurgulamıştır. Taşköprü sarımsağının

farklı saklama koşullarında muhafaza edilmesinin içerdiği radyonüklit konsantrasyonları ve element içerikleri bakımından insan sağlığı açısından herhangi bir tehdit oluşturmadığı saptanmıştır. (Kurnaz ve Turfan, 2017)

Son 10 yıllık veriler incelendiğinde, Dünya sarımsak üretimi artmaktadır. Çin üretim miktarı konusunda açık ara lider konumundadır. Türkiye'de de üretim miktarı artmasına rağmen günümüzde Dünya sarımsak üretiminde ancak %0,4 lük bir paya sahiptir (Çizelge 1).

Oysa Artık ve Poyrazoğlu (1994) yaptıkları araştırmada Türkiye'nin dünya sarımsak üretiminde %3,97 lik pay ile 7. sırada olduğunu vurgulamışlardır. Türkiye'nin üretim miktarındaki artışa rağmen dünya genelindeki payının geçen 30 yıl içerisinde bu denli azalmış olması diğer ülkelerin sarımsak üretim alanlarındaki kayda değer artışından kaynaklanmaktadır.

Türkiye'de sarımsak üretilen iller yıllara göre değişkenlik göstermektedir. 2022 yılında 56 ilde sarımsak üretimi yapılmıştır (TUİK,2023). İlk 5 il Kastamonu, Gaziantep, Kahramanmaraş, Aksaray ve Tokat olarak sıralanmıştır (Çizelge 2).

Yıllara göre değişim ve Türkiye üretimi içindeki % payları dikkate alındığında Gaziantep, Aksaray ve Tokat'ın üretimdeki paylarını artırdıkları, Kahramanmaraş'ın payını koruduğu ve Kastamonu'nun azalttığı görülmektedir. Kastamonu ve Gaziantep sarımsak üretimin miktarlarında baş başa noktasına gelmesine karşın yıllık artış miktarı göz önüne alındığında Gaziantep'in ileriki yıllarda Kastamonu'nun önüne geçeceği öngörülmektedir.

Çizelge 1. Dünyada ve Türkiye'de sarımsak üretimi (FAO, TUİK 2023)

Table 1. Garlic production in the world and in Turkey (FAO, TUİK 2023)

Yıl	Dünya (ton)	Çin (ton)	Çin (%)	Türkiye (ton)	Türkiye (%)
2011	23087090	18507634	80,2	79203	0,3
2012	23406961	18491574	79,0	79433	0,3
2013	24248747	19227341	79,3	87037	0,4
2014	24993843	20046603	80,2	91000	0,4
2015	26967470	21765966	80,7	94867	0,4
2016	25853217	20326156	78,6	109161	0,4
2017	26473354	20696350	78,2	121805	0,5
2018	26989598	20939244	76,0	117688	0,4
2019	28042647	20651944	73,6	103096	0,4
2020	28054318	20757034	74,0	116840	0,4
2021	28204854	20513385	72,7	132617	0,4

Çizelge 2. Türkiye'de en çok sarımsak üretilen 5 il (TUİK,2023)

Table 2. The 5 provinces where the most garlic is produced in Turkey (TUİK, 2023)

Yıl	Aksaray (ton)	%	Gaziantep (ton)	%	K. Maraş (ton)	%	Kastamonu (ton)	%	Tokat (ton)	%
2011	2325	2,9	4676	5,9	9613	12,1	19937	25,2	3610	4,6
2012	3374	4,2	5363	6,8	12388	15,6	14311	18,0	3832	4,8
2013	4490	5,2	10414	12,0	11978	13,8	14408	16,6	3882	4,5
2014	5628	6,2	10683	11,7	11682	12,8	19871	21,8	3640	4,0
2015	6545	6,9	11007	11,6	12324	13,0	23328	24,6	4985	5,3
2016	8141	7,5	14048	12,9	12646	11,6	24024	22,0	6108	5,6
2017	9705	8,0	20626	16,9	13683	11,2	25968	21,3	7460	6,1
2018	12128	10,3	20726	17,6	15848	13,5	20540	17,5	7477	6,4
2019	8758	8,5	21530	20,9	9744	9,5	17405	16,9	7177	7,0
2020	9245	7,9	22136	18,9	14264	12,2	22995	19,7	9121	7,8
2021	9940	7,5	23413	17,6	16034	12,1	33122	25,0	9956	7,5
2022	10315	7,3	30674	21,8	11573	8,2	33168	23,6	7998	5,7

Çizelge 3. Ankete katılan üreticilerin genel durumları

Table 3. General situation of the producers participating in the survey

	Taşköprü		Alatarla		Ortalama	
	Ortalama	SD	Ortalama	SD	Ortalama	SD
Hane halkı sayısı	5,49	2,88	5,70	2,88	5,59	2,88
Hanedeki erkek sayısı	2,54	1,26	2,87	1,53	2,70	1,39
Hanedeki kadın sayısı	2,94	1,83	2,81	1,50	2,88	1,67
Üreticinin eğitim durumu (yıl)	9,69	2,78	7,88	2,35	8,79	2,57
Üreticinin yaşı	40,33	12,52	48,57	12,88	44,45	12,70
Toplam arazi sahipliği (da)	78,60	53,36	80,58	54,89	79,59	54,12
Toplam parsel sayısı	13,33	10,10	11,76	8,29	12,55	9,20
Sulanabilir arazi miktarı (da)	64,43	48,34	63,93	59,67	64,18	54,00
Sulanabilir parsel sayısı	9,93	6,49	11,44	14,55	10,68	10,52
Sarımsak dikilen arazi miktarı (da)	14,12	12,25	12,11	6,86	13,11	9,55
Sarımsak dikilen parsel sayısı	5,09	3,21	1,92	1,52	3,51	2,36
Traktör sayısı	1,54	0,64	1,67	1,02	1,60	0,83
Traktör gücü (BG)	68,86	21,59	67,78	27,66	68,32	24,62
Traktör yaşı	14,84	14,24	8,55	9,88	11,69	12,06

Coğrafi işaretli ve marka değeri olan Kastamonu sarımsağının avantajını koruyamayıp gerilediği, diğer illerin atak yaptığı düşünüldüğünde Kastamonu sarımsak üretimi ve pazarlanmasının masaya yatırılması gerekmektedir. Bu konuda yapılmış çalışmalar çok sınırlı olup, Kastamonu'da sarımsak üretim alışkanlıklarını ve bundan kaynaklı sorunları tespit edecek yeterli çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmada Kastamonu sarımsak üreticileri ile yüz yüze anket yapılarak üretim, satış gibi konulardaki alışkanlıkları ve değişimleri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda ortaya konacak veriler yardımı ile Kastamonu sarımsak üretiminin artıları ve eksileri tespit edilip, konuya ışık tutulması ve çözüm önerileri oluşturulması amaçlanmaktadır.

## Materyal ve Yöntem

Kastamonu'da salı günleri Taşköprü'de, perşembe günleri Alatarla'da olmak üzere haftada 2 kez sarımsak pazarı kurulmaktadır. Bölgedeki sarımsak üreticileri çoğunlukla ürünlerini burada pazarlamaktadır. Üreticilere toplu bir şekilde ulaşabilmek için çalışmanın burada yapılması uygun bulunmuştur. Bu çalışma Ağustos 2023 tarihinde birer kez bu pazarlarda üreticilerle yüz yüze anket çalışması yapılarak gerçekleştirilmiştir (ETİK K.K.-7/1-28.04.2023). Önceden hazırlanmış anket formları ile Taşköprü sarımsak pazarında 38 farklı köyden 75 kişi, Alatarla sarımsak pazarında 47 farklı köyden 91 üretici ile görüşülmüştür. Anket hacminin belirlenmesinde aşağıdaki basit tesadüf örnekleme yöntemi kullanılmıştır. (Çiçek ve Erkan, 1996)

$$n = \frac{N \times s^2 \times t^2}{(N-1) \times d^2 + s^2 \times t^2} \quad (1)$$

Eşitlik 1 'de

n: Örnek hacmi

s: standart sapma

t: %95 güven sınırındaki t değerini (1,96)

N: Örnekleme çerçevesine ait toplam işletme sayısını

d: Kabul edilebilir hatayı (%5 sapma) temsil etmektedir.

Sonuçlar bölgesel farklılıkların tespiti için ayrı ayrı ve bütün olarak değerlendirilmiştir.

## Bulgular ve Tartışma

Anket sonuçlarının derlenmesi sonucunda sarımsak üreticilerin genel profilleri ve üretim ve satış alışkanlıkları ile ilgili birçok veriye ulaşılmıştır. Bu veriler benzer konularda tablolatırılmış ve yorumlanmıştır. Anket yapılan üreticilerin genel özellikleri Çizelge 3. de verilmiştir.

Ünal ve ark (2010)' nın 2008 yılında sarımsak üreticileri ile yaptıkları anket çalışması ile karşılaştırıldığında, geçen 14 yıl içerisinde hane halkı sayısının 7,33'den 5,59 kişiye düştüğü, eğitim düzeyinin 7,11 yıldan 8,79 yıla çıktığı, sulanabilir arazinin 46,4'dan 64,18'de çıktığı, traktör gücünün 59,29 BG'den 68,32 BG'ye çıktığı, traktör yaşının 21,16'dan 11,69'a düştüğü görülmektedir. Bu sonuçları sırasıyla, köyde yaşayan nüfusun kentlere göçerek azalması, zorunlu eğitim süresinin uzaması ile eğitim yılının artması, bölgede kurulan sulama kanalları ve sulama birliklerinin faaliyete başlaması, yeni teşvik programları ile yeni ve daha güçlü traktör satın alındığı ile açıklamak mümkündür. Bunun dışında Taşköprü deki üreticilerin daha genç ve eğitilmiş oldukları, ayrıca daha çok parselde daha büyük miktarda sarımsak diktikleri görülmektedir.

Üreticilerin dikim ve hasat uygulamaları ile ilgili durumları Çizelge 4. de verilmiştir.

Ünal ve ark (2010)' nın çalışması ile karşılaştırıldığında, üreticiler 2008 yılında en çok %53,70 orta boy diş kullanırken bu oran günümüzde %60,3 iri diş olarak değişmiştir. Yapılan çalışmalar iri boy sarımsak kullanımının daha iri ürün elde edilmesini sağladığı göstermektedir (Beşirli ve ark., 1999). Üreticilerin %41,9'u tohumluk sarımsaklarını makine ile dişletip sınıflandırırken, %62,7'si elle dişleme yapsa bile tohumluğunu ebat olarak sınıflandırdığı tespit edilmiştir. Bölgede sayıları artan sarımsak soyum tesisleri, dikim sezonunda ücret karşılığında tohumluk sarımsak dişlemeye başlamışlardır. Hem gerekli işgücü azalmış hem de makine dişleme sırasında boylama da yapıldığından daha kaliteli tohumluk elde edilebilmiştir. İri diş kullanımının artması ile beraber doğal olarak kullanılan tohumluk miktarı da 122,96 kg/da dan 139,4 kg/da a çıkmıştır. Verim ise 885,19 kg/da dan, 926,3 kg/da a çıkmıştır. Son yıllarda kırsal

kalkınmanın desteklenmesi yatırımları çerçevesinde sarımsak üreticilerinin %8,9'unun proje desteği aldığı ve üretim için gerekli tarımsal ekipman edindiği görülmektedir. Üreticilerin %9,8'inde dikim makinası, %93,1'inde söküm makinası mevcuttur. Üreticilerin makine ile söküm oranı %74,07'den %90,9'a çıkmıştır. Makinalı dikim oranı sıfırdan %27,8'e çıkmıştır. Dikim makinası olmayan bir kısım üretici de dikim makinası kiralayarak dikim yapmaktadır. Demir ve Günay (1996), sarımsakta farklı dikim şekillerinin verim ve baş oluşumuna etkilerini inceledikleri araştırmalarında, Kastamonu sarımsağının 1,5-2 cm boyunda ve 1-1,5 cm çapa sahip olan dişlerini kullanarak normal dikim, ters dikim, rasgele dikim ve yatık dikim olmak üzere 4 farklı dikim şekli denemişlerdir. Denemeler sonucunda, ters dikim hariç diğer dikim sistemlerinin kendi aralarında verim, baş ağırlığı, baş çapı, diş sayısı yönünden önemli düzeyde farklılıklar oluşturmadığı tespit edilmiş, böylece yatık dikimin normal dikim gibi rahatlıkla kullanılabilirliği ve makinalı bir sistemle de uygulanabilirliği vurgulanmıştır. 2008 yılındaki çalışmada üreticilerin en fazla mekanizasyon eksikliği ihtiyaçları

sorulduğunda %61,61'i dikim, %16,67'si tohum dişleme yanıtını vermişlerdir.

Üreticilerin %79,6'sı gerekli işgücünü yevmiyeli işçi ile karşılamaya çalışmaktadır fakat %81,8'i gerektiğinde işçi bulmakta zorlanmaktadır. Tüm üreticiler yakın tarihlerde dikim, çapalama, söküm yaptırdığından kısa dönem içerisinde sınırlı sayıdaki tarım işçisinin temini zor olmaktadır. Bu sebeple sarımsak üretiminde mekanizasyon artmaktadır. Tohumluk sarımsağın dişlenmesi, dikimi ve hasadı her geçen gün daha fazla makinalar ile yapılmaya başlanmıştır. İşgücü temininin zorluğu yanı sıra yüksek işçilik maliyeti de üreticiyi buna yönlendirmektedir. 2008 yılındaki çalışmada (Ünal ve ark. 2010) üreticilere daha fazla sarımsak dikime sebepleri sorulduğunda %50'si gerekli işgücünü karşılayamadıklarını dile getirmişlerdir.

Çiftçilerin üretim sırasında kimyasal kullanımı ile ilgili davranışları Çizelge 5. de verilmiştir.

Üreticilerin büyük çoğunluğu kimyasal madde kullanmaktadır. Herbisit kullanımı %98,7, pestisit kullanımı %83,9, suni gübre kullanımı %79,1, yaprak gübresi kullanımı %77,7 seviyesindedir. Alatarla çiftçisinin bir miktar daha az kimyasal kullandığı görülmektedir.

Çizelge 4. Üreticilerin dikim ve hasat ile ilgili uygulamaları

Table 4. Producers' practices regarding planting and harvesting

	Taşköprü	Alatarla	Ortalama
Kullanılan tohum miktarı (kg/da)	140,9	137,9	139,4
İri tohumluk kullananlar (%)	54,7	65,9	60,3
Makine ile tohumluk sarımsak dişletenler (%)	39,8	44,0	41,9
Elle dişleyenlerden boyutlama yapanlar (%)	63,9	61,5	62,7
Makine ile sarımsak dikimi yapanlar (%)	24,8	30,8	27,8
Makine ile sarımsak sökümü yapanlar (%)	88,4	93,4	90,9
Sarımsak üretimi ile ilgili proje desteği alanlar (%)	8,0	9,9	8,9
Sarımsak dikim makinası olanlar (%)	17,3	2,2	9,8
Sarımsak söküm makinası olanlar (%)	90,7	95,6	93,1
Verim (kg/da)	986,5	866,1	926,3
Yevmiye ile iş gücü temin edenler (%)	74,7	84,6	79,6
İş gücü temininde zorlananlar (%)	80,1	83,5	81,8

Çizelge 5. Üreticilerin kimyasal kullanma durumları

Table 5. Chemical usage status of producers

	Taşköprü	Alatarla	Ortalama
Ot ilacı kullananlar (%)	97,3	100	98,7
Nematod ilacı kullananlar (%)	92	75,8	83,9
Suni gübre kullananlar (%)	81,3	76,9	79,1
Yaprak gübresi kullananlar (%)	84	71,4	77,7
Kendi tecrübesi ile seçim yapanlar (%)	84,7	38,5	61,6

Çizelge 6. Üreticilerin satış ve pazarlama uygulamaları

Table 6. Sales and marketing practices of producers

	Taşköprü	Alatarla	Ortalama
Sarımsağını boylanmış el bağı olarak satanlar (%)	97,3	93,4	95,4
Taşköprü pazarında sarımsak satanlar (%)	97,3	61,5	79,4
Alatarla pazarında sarımsak satanlar (%)	29,3	91,2	60,3
İnternette sarımsak satanlar (%)	5,3	1,1	3,2
Hasat öncesi tarladan satış yapanlar (%)	9,3	11,0	10,2
Hasat akabinde tarladan satış yapanlar (%)	18,7	13,2	15,9
Haftada 1 gün pazar kurulmasını yeterli bulanlar (%)	84,0	85,7	84,9
Yeterli bulmayanların gün talebi	2,3	2,8	2,6
Sarımsağını evin alt katında depolayanlar (%)	50,7	45,1	49,9

Çizelge 7. Üreticilerin sulama, sigorta ve diğer davranışları  
Table 7. Irrigation, insurance and other behaviors of producers

	Taşköprü	Alatarla	Ortalama
Sarımsak sulama sayısı	3,8	4,8	4,3
Sulama birliğinden su kullananlar (%)	57,3	48,4	52,8
İhtiyacı olduğunda su bulabilenler (%)	42,7	56,0	49,4
Sulama birliği hizmetlerinden memnun olanlar (%)	41,3	41,8	41,5
Ürünü sigortalatanlar (%)	52,0	59,3	55,7
Afet durumunda zararınızın telafi edildiğini düşünenler (%)	48,0	70,3	59,2
Toprak analizi yaptıranlar (%)	18,7	14,3	16,5
Bölgede sarımsak ile ilgili STK ihtiyacı duyanlar (%)	73,3	81,3	77,3

Kullandığı kimyasalları büyük ölçüde kendi tecrübelerine göre seçmektedirler fakat Alatarla çiftçisi zirai ilaç satıcısı ve çevre tavsiyesini daha fazla göz önünde bulundurmaktadır. Bölge topraklarında yaygın olan kök kurdu zararlısına karşı pestisit kullanımı ve bol suyu seven sarımsak tarlalarındaki ot ile mücadele için herbisit kullanımı yaygındır. Sarımsak bitkisinin yüksek toprak içeriği ihtiyacı karşılamaya çiftlik gübresi yetmemektedir. Üreticilerin yetiştirdikleri hayvan sayısındaki azalmayla orantılı olarak hanedeki çiftlik gübresi miktarları da azalmıştır ve zorunlu olarak suni gübre kullanımı yaygınlaşmıştır.

Üreticilerin sarımsaklarını pazarlamalarıyla ilgili uygulamaları Çizelge 6. da verilmiştir.

Üreticilerin tamamına yakını tarladan kaldırdıkları sarımsaklarını boylayıp, sınıflandırıp, temizleyip depolamakta ve bu şekilde satışa sunmaktadır. Bu işlem için de yüksek işgücü gerekmektedir. Taşköprülü üreticilerin %97,3'ü Taşköprü pazarında ve %29,3'ü Alatarla pazarında sarımsaklarını satarken, Alatarla üreticilerinin %91,2'si Alatarla pazarında %61,5'i Taşköprü pazarında sarımsaklarını satmaktadır. Alatarla üreticilerin Taşköprü pazarına da fazlasıyla ürün götürdükleri görülmektedir. Taşköprülü üreticilerin %5,09 u internetten sarımsak satmaktadır. Taşköprülü üreticilerin yaşının daha küçük oluşu ve daha tahsilli oluşları göz önüne alındığında teknoloji kullanımını açısından olağan bir durumdur. Hasat sonrası ihtiyaç duyulan işgücü temininde zorluk yaşamak istemeyen üreticilerin %10,2 ürününü hasat öncesi tarladan, %15,9 u hasat sonrası tarladan satmaktadır. Bu tercihte hasat sonrası oluşacak piyasa fiyatı riskinden kaçınmaları da etkilidir. Üreticilerin %84,9'u bölgelerinde haftada bir kez sarımsak pazarı kurulmasını yeterli bulurken, diğerleri haftada 2-3 gün pazar kurulmasının kendilerine daha faydalı olacağı görüşündedir. Üreticiler sarımsaklarını %49,9 evlerinin altında mağaza ismini verdikleri serin yerde depolamaktadırlar. Bölgede üreticilerin kullanabileceği soğuk hava deposu mevcut değildir.

Üreticilerin sulama, sigorta ve diğer konulardaki düşünceleri Çizelge 7. de verilmiştir.

Kastamonu'daki sarımsak üreticileri mart ayında dikim, temmuzda söküm yaptığından sulama ihtiyaçları daha fazladır. Diğer yörelerdeki üreticiler ekim ayında dikim, mayıs ayında söküm yaptığından bahar yağmurlarından daha fazla yararlanmaktadır. Ortalama 4,3 sefer sulama yapılmaktadır ve %52,8'i sulama birliklerinden ücret karşılığı hizmet almaktadır. Fakat sulama birlikleri mayıs ayından önce su salmadığı için özellikle dikim akabinde can suyu verme konusunda üretici

büyük mağduriyet yaşamaktadır. Sulama ihtiyacı olduğunda su bulabilenlerin oranı %49,4 dür. Taşköprü üreticisi sulama birliklerine daha bağımlı olduğundan (%57,3) ihtiyacı olduğunda su bulabilenler daha azdır (%42,7). Yaşanan mağduriyetler sebebiyle sulama birliklerinin hizmetinden memnun olanların oranı %41,5 dir. İklim değişiklikleri ile beraber kuraklık, sel, dolu, yangın gibi afetlerle daha sık karşılaşılır olmuştur. Üreticilerin %55,7'si bilinçli davranmakta ve ürününü sigortalatmaktadır. Fakat afetle karşılaşanların zararlarının tam olarak karşılanması konusundaki memnuniyetleri %59,2'dir. Oldukça masraflı olan sarımsak yetiştiriciliğinde ürün alınmaması üretici için ciddi maddi yıkım olmaktadır. Üreticilerin %16,5 i toprak analiz yaptırmaktadır. Bu oran Ünal ve ark (2010) çalışmasında %16,67 seviyesindedir. Geçen 14 senede üreticimiz bu konuda bilinçlendirilememiş veya toprak analizi yapan kuruluşların düzeyi ve hizmet kalitesi artırılmamıştır. Oldukça yüksek gübre masrafına rağmen üreticinin bu konuda geri kalması düşündürücüdür. Üreticiler kendilerini sahihsiz hissetmektedirler. Sarımsak ile ilgili dayanışmayı, bilgilendirmeyi, organizasyonu sağlayacak bir STK ihtiyacı duyanların oranı %77,3 dür.

Sarımsak hem lezzeti hem de sağlık açısından önemiyle tüm dünya sofralarında kendine yer edinmiş bir gıdadır. Dünyada ve Türkiye'de sarımsak tüketimi ve üretimi artmaktadır. Fakat Türkiye, 1994 de dünya sarımsak üretiminin %3,97'si, 2008'de %0,8'i ve 2020 de %0,4 ünü karşılayabilmiştir. Ülkece sınırlı miktardaki üretim artışımız dünya genelindeki artışın yanında çok önemsiz kalmıştır ve sıralamada çok gerilere düşmemize sebep olmuştur. Dünyaca ünlü sarımsağıyla markalaşan Kastamonu'da yıllara göre değişkenlik göstermekle beraber coğrafi işaret ve marka avantajını değerlendirememiş ve yerinde saymıştır. Gaziantep, Kahramanmaraş, Tokat, Aksaray, Konya gibi iller geçtiğimiz on yıl içerisinde üretimlerini %100-500 seviyesinde artırmışlardır (Akan ve Ünüvar, 2020).

Araştırma sonucunda görülmektedir ki, Kastamonu sarımsak üreticilerinin sorunları oldukça fazladır. Küçük parsellerde, iş gücü temin zorluğu, sulama sıkıntısı, yüksek kimyasal ve işçilik girdileri ile üretim yapmaya çalışmaktadırlar. Her ne kadar son yıllarda dikim, söküm, tohum dişleme konularında mekanizasyona yönelerek işçilik maliyetlerinde azalma sağlansa da diğer bölgelerdeki üreticilere göre maliyet dezavantajı bulunmaktadır. Eğitim düzeyi artmakla beraber toprak analizi, tarım sigortası, kimyasal kullanımı gibi konularda yeterli bilinç oluşmamıştır. Üretici ilkel şartlarda sarımsağını depolamakta, bu da ürün kayıplarına sebep

olmaktadır. Bölgede büyük soğuk hava depolarına ihtiyaç vardır. Satış konusunda bölgesindeki pazarlara ve burada oluşan piyasa fiyatlarına bağımlıdır. Üreticiler her konuda bağımsız hareket etmekte, her hangi planlama ve organizasyon yapılmamaktadır. Bölgede üreticileri bilinçlendirecek, ortak girdilerini ekonomik şekilde temin edecek, yeni satış bölgeleri ve ihracat olanaklarını oluşturacak yeni oluşumlara ihtiyaç vardır.

## Bilgi

### *Etik Kurul İzni*

Bu çalışma için etik kurul izni Kastamonu Üniversitesi Etik Kurulunun 28/04/2023 tarihli ve 2023/07-01 numaralı kararı ile alınmıştır.

## Kaynaklar

- Akan, S., Ünüvar, F.İ. 2020. Sarımsak Üretiminin Ekonomik Durumu ve Taşköprü İlçesi Açısından Değerlendirilmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 7(3): 627-636, 2020
- Artık, N. ve Poyrazoğlu, E. S. 1994. Kastamonu sarımsağının bileşim unsurları ve sarımsak ürünleri üretimi üzerine araştırma (basılmamış). Ankara Üniv. Ziraat Fak., Ankara.
- Artık N, Poyrazoğlu ES. 1994. Kastamonu sarımsağının (Allium sativum L.) kimyasal bileşiminin belirlenmesi üzerine araştırma. Gıda, 19(1): 3-9.
- Beşirli, G., Yanmaz, R., Güçlü, D. 1999. Sarımsak yetiştiriciliğinde diş iriliğinin baş iriliği ve verime etkisi. Türkiye 3. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi. 715-719
- Çiçek, A. Ve Erkan, O. 1996. Tarım Ekonomisinde Araştırma ve Örneklem Yöntemleri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:12, Ders Notları Serisi No:6, Tokat
- Demir, K. ve A. Günay. 1996. Sarımsakta farklı dikim şekillerinin verim ve baş oluşunun üzerine etkileri. Gap, 1. Sebze Tarımı Sempozyumu, s.64-68, Şanlıurfa.
- FAO. 2023. Dünya Sarımsak Üretim İstatistikleri. <https://www.fao.org/faostat/en/#data> (10.10.2023)
- Haciseferogullari H, Ozcan M, Demir F, Calisir S. 2005. Some nutritional and technological properties of garlic (Allium sativum L.). J. Food Eng, 68: 463-469.
- Ipek M, Ipek A, Simon PW. 2008. Molecular characterization of Kastamonu garlic: An economically important garlic clone in Turkey. Scientia Horticulturae, 115(2): 203-208.
- Kurnaz, A., Turfan, N. 2017. Farklı Saklama Koşullarının Taşköprü Sarımsağının (Allium sativum L.) Radyometrik ve Element İçeriği Üzerine Etkileri. Türk Tarım –Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi,5(4):373-379, 2017
- Kütevin, Z., Türkeş, T., 1987. Sebzeçilik, İnkılap Kitapevi, İstanbul.
- Taşkaya, B., 2003. Sarımsak. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Yayını, Sayı: 4, Ankara.
- Turfan N, Kurnaz A, Alay M, Sarıyıldız T. 2016. Determining of Some Chemical Properties in Taşköprü Gralic Stored in Different Conditions. Kastamonu Univ., Journal of Forestry Faculty, 16 (2):427-437.
- Turfan, N. 2020. Variation in Chemicals and Growth Parameters of Taşköprü Garlic. Turkish Journal of Agriculture -Food Science and Technology,8(4): 847-854, 2020
- TÜİK. 2023. Bitkisel üretim istatistikleri, sarımsak üretim verileri, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (10.10.2023)
- Unutmaz, İ. 1997. Sarımsak. Focus, (10); 38-43.
- Ünal H. G., Saçılık K., Yurtlu Y. B. (2010). Taşköprü sarımsağında tarımsal uygulamaların ve yaklaşımların belirlenmesi üzerine bir araştırma. 26. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, 263-271.



## Artificial Intelligence and Unmanned Aerial Vehicles in Digital Livestock Farming: Hair Goat Detection, Tracking and Counting in Mountainous and Rough Terrain Using Deep Learning and Computer Vision

Cihan Çakmakçı<sup>1,a,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, Van Yüzüncü Yıl University, Van, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 02.02.2024 Accepted : 18.03.2024</p> <p><b>Keywords:</b> Deep Learning Unmanned Aerial Vehicles (UAV) Goat Detection YOLOv8 Precision Livestock Farming</p>	<p>The need to increase the production of high-quality animal products due to the rapid increase in global food demand has brought about the need for the use of technology in modern animal husbandry practices. Automatic monitoring and management of animals is of great importance in increasing productivity, especially in small ruminant farming under extensive conditions. At this point, combining high-resolution images obtained from unmanned aerial vehicles (UAV) and deep learning algorithms has the potential to provide effective solutions in remote monitoring of flocks. In this study, it was aimed to automatically detecting, tracking and counting hair goats using deep learning algorithms on high-resolution images obtained from UAV. In this context, five different models, namely YOLOv8n, YOLOv8s, YOLOv8m, YOLOv8l and YOLOv8x, which are among the most current state-of-the-art You Only Look Once (YOLOv8) architecture, were trained on UAV images obtained from real animal monitoring flights. According to the findings, the YOLOv8s architecture showed the highest performance in terms of both bounding box detection and segmentation performance, with an F1 score of 0.95 and mAP50 value of 0.99. Consequently, it has been revealed that the proposed deep learning-based approach can be an effective, low-cost and sustainable solution for UAV-supported precision livestock farming applications.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(7): 1162-1173, 2024

## Dijital Hayvancılıkta Yapay Zekâ ve İnsansız Hava Araçları: Derin Öğrenme ve Bilgisayarlı Görme İle Dağlık ve Engbeli Arazide Kıl Keçisi Tespiti, Takibi ve Sayımı

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 02.02.2024 Kabul : 18.03.2024</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Derin Öğrenme İnsansız Hava Araçları (İHA) Keçi Tespiti YOLOv8 Hassas Hayvancılık</p>	<p>Küresel gıda talebindeki hızlı artış nedeniyle yüksek kaliteli hayvansal ürün üretiminin artırılması gerekliliği, modern hayvancılık uygulamalarında teknoloji kullanımı ihtiyacını beraberinde getirmiştir. Özellikle ekstansif koşullarda küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinde hayvanların otomatik olarak izlenmesi ve yönetilmesi, verimliliğin artırılmasından büyük öneme sahiptir. Bu noktada, insansız hava araçlarından elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntüler ile derin öğrenme algoritmalarının birleştirilmesi, sürülerin uzaktan takip edilmesinde etkili çözümler sunma potansiyeli taşımaktadır. Bu çalışmada, insansız hava araçlarından (İHA) elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntüler üzerinde derin öğrenme algoritmaları kullanılarak kıl keçilerinin otomatik olarak tespit edilmesi, takip edilmesi ve sayılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, en güncel You Only Look Once (YOLOv8) mimari varyasyonlarından YOLOv8n, YOLOv8s, YOLOv8m, YOLOv8l ve YOLOv8x olmak üzere beş farklı model gerçek hayvan izleme uçuşlarından elde edilen İHA görüntüleri üzerinde eğitilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, 0,95 F1 skoru ve 0,99 mAP50 değeri ile hem sınırlayıcı kutu tespiti hem de segmentasyon performansı açısından en yüksek başarıyı YOLOv8s mimarisi göstermiştir. Sonuç olarak, önerilen derin öğrenme tabanlı yaklaşımın, İHA destekli hassas hayvancılık uygulamalarında etkili, düşük maliyetli ve sürdürülebilir bir çözüm olabileceği öngörülmektedir.</p>

<sup>a</sup> [cakmakcicihan@gmail.com](mailto:cakmakcicihan@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-6512-9268>



## Giriş

Dünya nüfusunun 2030 yılına kadar 8,5 milyara ulaşması beklenirken, bu artışın sadece genel gıda talebini değil, aynı zamanda yüksek kaliteli hayvansal protein talebini de önemli ölçüde artırması beklenmektedir (Çakmakçı ve ark., 2023; OECD ve ark., 2022). Küresel gıda talebinin 2050 yılına kadar %56 oranında artması beklenirken, bu artışın büyük bir kısmının hayvansal proteinlere yönelik olacağı tahmin edilmektedir (Daszkiewicz, 2022; Henchion ve ark., 2017; van Dijk ve ark., 2021). Önümüzdeki on yıl içinde küresel et kaynaklı protein tüketiminin, gelir ve nüfus artışına bağlı olarak 2018-2020 dönemi ortalamasına göre %14 artması beklenmektedir (OECD ve ark., 2022). Artan hayvansal ürün talebi, hayvancılık sektörü üzerinde baskı oluşturarak çiftçileri faaliyetlerini genişletmeye ve büyümeye yönlendirmektedir (Morrone ve ark., 2022). Bu durum, ölçek ekonomilerinin etkisiyle daha büyük çiftliklerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Morrone ve ark., 2022). Ancak, büyük ölçekli çiftliklerin ortaya çıkmasıyla birlikte, geleneksel gözlem ve deneyimlere dayalı sürü yönetimi zorlaşmaktadır (Gezici ve ark., 2023).

Tarım sektöründe dijitalleşme ve hassas tarım uygulamalarının kullanımı, verimliliği ve sürdürülebilirliği artırmak için giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Yapay zekâ ve derin öğrenme yöntemleri, tarımsal faaliyetlerin izlenmesi, analizi ve otomasyonu için güçlü araçlar sunmaktadır (Beyaz ve Gül, 2023; Yu ve ark., 2022). Modern hayvancılık, yapay zekâ (AI) ve insansız hava aracı (İHA) teknolojilerindeki gelişmelerin etkisiyle hızlı bir dönüşüm geçirmektedir. Bu bağlamda, hassas hayvancılık teknoloji ve uygulamaları sürü izleme, takip ve yönetimi uygulamalarının optimize edilmesi için çok önemli bir alan olarak karşımızda durmaktadır (Halachmi, 2015). Hassas hayvancılık, sensör tabanlı bireysel olarak hayvanları ele alan yaklaşım olarak da bilinen yönetilebilir en küçük üretim birimini yönetmeyi amaçlayan gerçek zamanlı izleme teknolojileri olarak tanımlanmaktadır (Halachmi ve ark., 2019). Hassas hayvancılık teknolojileri arasında otomatik tartım sistemleri (Brown ve ark., 2015; Song ve ark., 2018), bilgisayarlı görme ile bireysel hayvan tespiti ve tanıma (Billah ve ark., 2022; Kumar ve Singh, 2019), davranışların izlenmesi ve takibi (Cheng ve ark., 2022; Fuentes ve ark., 2020), mizaç özelliklerinin tespiti (Çakmakçı ve ark., 2023), duyu durumu (Neethirajan ve ark., 2021) ve ağrı seviyelerinin belirlenmesi (Lencioni ve ark., 2021), vücut sıcaklığının izlenmesi (Sellier ve ark., 2014; Shu ve ark., 2022), sürü yönetimi için İHA'ların kullanımı (Porto ve ark., 2021; Sarwar ve ark., 2021) ve otlatma yönetimi için sanal çitlerin kullanımı (Campbell ve ark., 2019) gibi bir çok uygulama yer almaktadır.

Çiftlik hayvanlarında sürü yönetimi ve izlenmesi çiftçiler için kritik öneme sahiptir ancak manuel gözlem, takip veya sayım gibi işlemler, özellikle kırsal ve dağlık arazilerde son derece zaman alıcı ve zordur. Özellikle ekonomik ve işgücü kısıtlamaları, üreticilerin ekstansif koşullarda yetiştirilen sürülerde her hayvanı ayrı ayrı değerlendirmesini zorlaştırmaktadır. Özellikle, kırsal ve dağlık arazilerin yarattığı yapısal zorluklar, kıl keçileri gibi bu gibi engebeli arazilerde otlayan hayvanların tespitini, takibini ve sayımını karmaşık bir görev haline getirmektedir. İHA teknolojileri ve derin öğrenme

algoritmalarındaki son gelişmeler, otomatik hayvan izleme sistemleri için yeni fırsatlar sunmaktadır (Akyuzlu ve ark., 2023; Borges ve ark., 2021; Moradeyo ve ark., 2023; Xu ve ark., 2020).

Bu çalışma, İHA ile elde edilen görüntüleri kullanarak, derin öğrenme tabanlı yapay zekâ yöntemlerinden biri olan, nesnelerin otomatik tespiti ve segmentasyonu için hızı ve doğruluğuyla bilinen You Only Look Once (YOLO) (Joseph ve ark., 2016) algoritmalarından biri olan Ultralytics tarafından geliştirilen YOLOv8 (You Only Look Once version 8) (Glenn ve ark., 2023) ile mera ortamındaki kıl keçilerinin otomatik olarak tespitini, takibini ve sayımını yaparak bu alana katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Ultralytics YOLOv8, önceki YOLO versiyonlarının başarısını temel alan ve performansı daha da artırmak için yeni özellikler ve iyileştirmeler sunan en gelişmiş ve en güncel derin öğrenme tabanlı gerçek zamanlı nesne tespiti ve takibi, görüntü segmentasyonu (bölütleme), görüntü sınıflandırma ve poz tahmini gibi görevlerde üst düzey performans sağlamak amacıyla geliştirilmiş ve 2023 yılında kullanıma sunulmuş modellerden biridir (Glenn ve ark., 2023). Yaygın bilgisayarlı görme uygulamalarında iyi sonuçlar vermesine rağmen, YOLOv8, küçük, çok sayıda hedefler ve karmaşık arka planlar gibi ek zorlukları barındıran İHA ile elde edilmiş çiftlik hayvanı görüntüleri üzerinde henüz kapsamlı bir şekilde değerlendirilmemiştir.

Bu bağlamda, bu çalışmanın temel araştırma sorusu, YOLOv8 algoritması kırsal dağlık ve engebeli alanlarda İHA ile elde edilen görüntülerden kıl keçilerini etkili bir şekilde tespit ederek takip ve sayımını başarılı bir şekilde gerçekleştirip gerçekleştiremeyeceğini değerlendirmektir. Temel hedef, kıl keçi tespiti, takibi ve sayımı için en uygun YOLOv8 algoritmasının belirlenmesi ve İHA ile kıl keçilerinin izlenmesi ve yönetimi için daha etkili bir araç sağlanmasıdır. Bu amaçla, bu çalışmada gerçek sürü izleme uçuşlarından elde edilen İHA kıl keçisi görüntüleri üzerinde çeşitli YOLOv8 nesne tespiti ve görüntü bölütleme mimarileri eğitilmiş ve bunların kıl keçisi tespit, takip ve sayım performansları değerlendirilmiştir.

## Materyal ve Yöntem

### *Verilerin Elde Edilmesi ve Ön İşlenmesi*

Bu çalışmanın verileri, Van İli'nin Gevaç ilçesine bağlı Altınış Koyunda (38° 24' 24.4764'' K, 42° 53' 30.1236'' D) yetiştiriciliği yapılan yaklaşık 1500 başlık kıl keçi sürüsünün otlatıldığı meralarda İHA kullanılarak elde edilen görüntülerden oluşmaktadır. Görüntüler, 20-30 metre irtifadan, 4K (3840×2160 piksel) çözünürlükte ve saniyede 30 kare (fps) hızında görüntü yakalama kapasitesine sahip bir İHA (DJI Mini 2 Fly More Combo, Çin) ile elde edilmiştir. Video görüntüleri, keçilerin havadan farklı konumlardan başarılı bir tespit yapabilmek amacıyla merada farklı açılardan çekilmiştir. Etkili bir neste tespiti ve sınıflandırması için veri kümesi hazırlama ve verilerin etiketlenmesi önemli faktörlerdir (Ravi ve El-Sharkawy, 2022). Bu çalışmada, yüksek oranda benzerlik gösteren ardışık kareler ayıklanıp yalnızca daha az benzerlik gösteren kareler seçilerek kaydedilmiştir. Bu amaçla, OpenCV kütüphanesi ile birlikte skimage



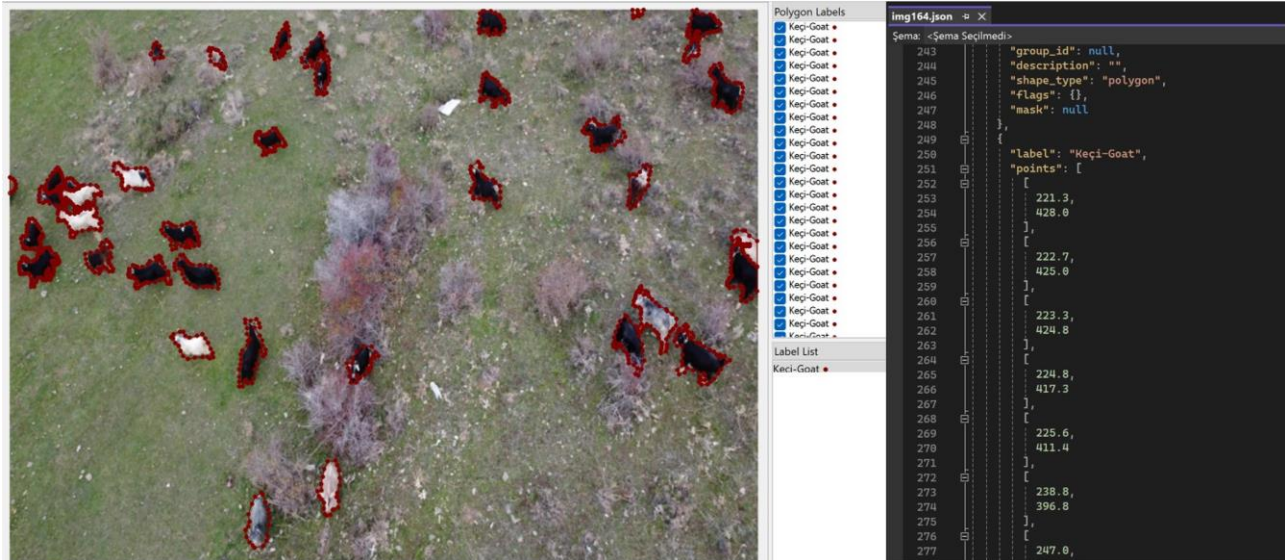
kütüphanesinde bulunan yapısal benzerlik indeksi fonksiyonu kullanılarak %50 benzerlik gösteren kareler ayıklanmıştır. Ayrıca belirli sayıda kare atlanarak (30 karede bir) hesaplama yükü azaltılmıştır. Böylelikle etiketleme için gereken zaman ve iş yükünün önemli ölçüde azaltılması amaçlanmıştır. Elde edilen kareler Tagged Image File Format (TIFF) formatında kaydedilerek etiketlenme işlemi için dosyalanmıştır. Bu çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Hayvan Deneyleeri Yerel Etik Kurulu'nun 30/11/2023 tarih ve 2023/13-11 sayılı kararı ile yürütülmüştür.

### Verilerin Etiketlenmesi (Labeling)

Etiketleme, görüntülerde nesnelerin sınırlarının çizilerek belirli sınıf isimleri ile tanımlanması işlemi ifade eder. Bu çalışmada, görüntüler üzerindeki ilgili bölgeleri seçmek ve etiketlemek için açık kaynaklı bir grafiksel görüntü etiketleme aracı olan Labelme (Wada, 2018) kullanılmıştır. Etiketleme için, Labelme'nin poligon özelliği kullanılarak görüntülerdeki her bir kıl keçisinin vücudunun dış kenarı boyunca, başlangıç noktasına bağlanana kadar noktalar seçilmiştir (Şekil 1). Her poligon "Keçi-Goat" sınıf etiketiyle işaretlenmiştir. Labelme ile etiketlenen her bir görüntü karesinde nesnelerin (keçilerin) yerini bildiren koordinatlar JSON dosya formatında kaydedilmiştir. Daha sonra labelme2yolo kütüphanesi kullanılarak bu etiketleme bilgileri YOLO formatına dönüştürülerek, YOLO modelinin eğitilmesi için gerekli olan veri formatı oluşturulmuştur. Her birinde birden fazla nesne (keçi) içeren 107 etiketli görüntü (1139 keçi) YOLO modellerini eğitmek için kullanılmıştır. Bu veri setindeki görüntülerin 81 görüntü (803 keçi) eğitim, 26 görüntü (336 keçi) ise test veri seti olarak kullanılmıştır. Görüntülerin işleme sürecini adım adım açıklayan bir iş akışı diyagramı Şekil 2'de verilmiştir.

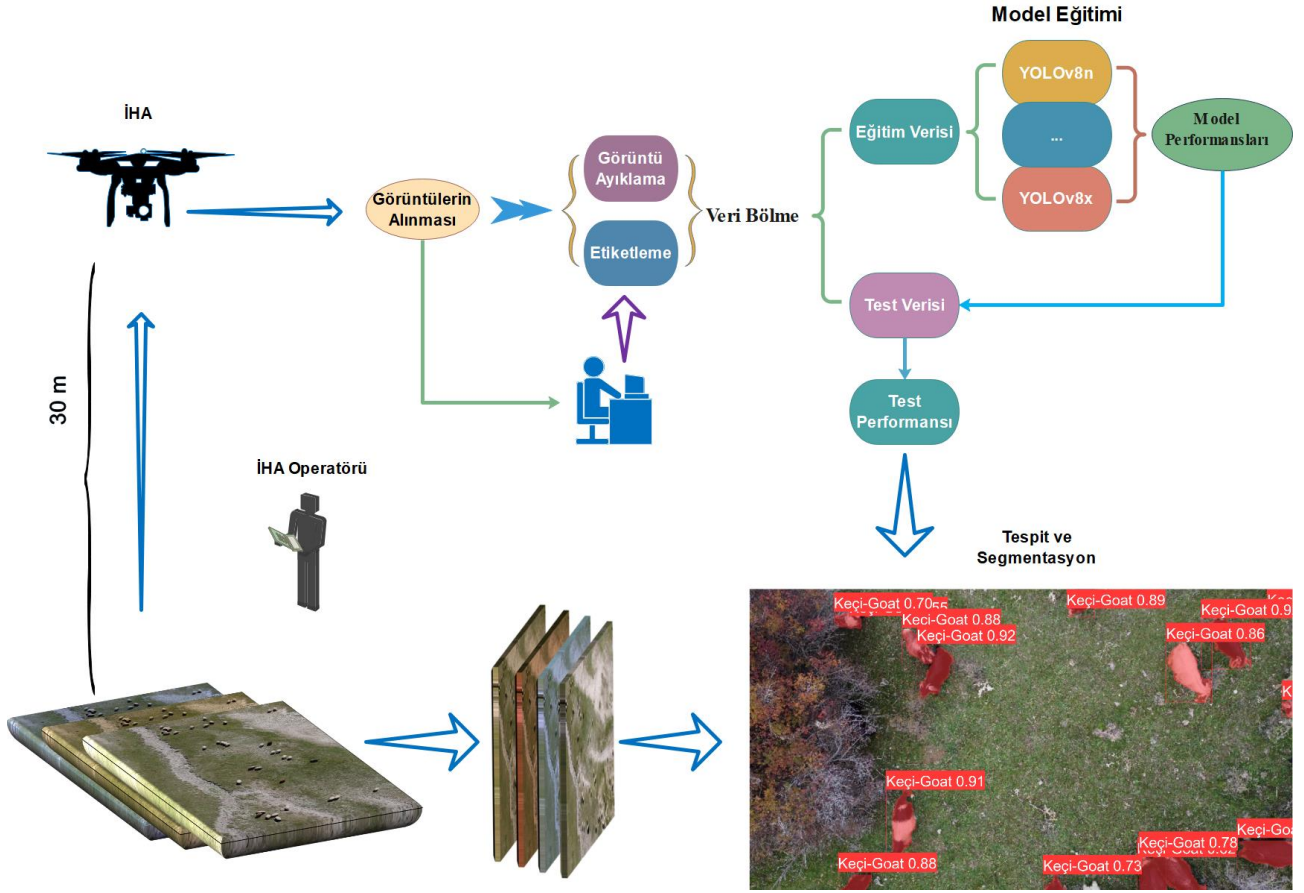
### YOLOv8 modellerinin eğitimi

Nesne tespiti için geliştirilmiş popüler bir derin öğrenme algoritması olan YOLO, tek aşamalı bir mimariye sahiptir ve nesnelerin sınırlayıcı kutularını doğrudan tahmin ederek gerçek zamanlı nesne tespiti için oldukça uygundur (Redmon ve ark., 2015). YOLOv8, önceki YOLO sürümlerine göre performansı ve esnekliği daha da artırmak için yeni özellikler ve iyileştirmeler sunan ve nesne tespit ve takibi, segmentasyon, görüntü sınıflandırma ve poz tahmini gibi görevleri daha hızlı ve etkili bir şekilde gerçekleştirebilen bir modeldir (Glenn ve ark., 2023). YOLOv8 mimarisinin detayları için resmi websitesi (<https://github.com/ultralytics/ultralytics>) incelenebilir (Glenn ve ark., 2023). Bu çalışmada, YOLOv8 modellerinin eğitimi, aktarım öğrenmesi yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Pan ve Yang, 2010). Bu yöntemle, COCO veri seti (Lin ve ark., 2014) üzerinde önceden eğitilmiş beş farklı YOLOv8 mimarisine ait ağırlıklar (YOLOv8n, YOLOv8s, YOLOv8m, YOLOv8l ve YOLOv8x) kullanılmıştır. Bu sayede, modelin belirli bir görevdeki performansı artırılmış ve önceki öğrenmelerden elde edilen bilgiler transfer edilmiştir. Eğitim ve doğrulama aşamalarında, görüntüler 640x640 boyutunda kullanılmıştır. Modellerin eğitimi için 100 epok (epoch) değeri ve model güncellemede kullanılan örnek sayısı (batch size) 8 olarak belirlenmiştir (daha büyük değerler, model mimarilerinden dolayı bellek sorunlarına neden olduklarından bu değer düşük tutulmuştur). Modellerin nesne tespiti ve segmentasyon performansını değerlendirmek için kesinlik (precision), duyarlılık (recall), F1 skoru ve genel ortalama kesinlik (mAP50, mAP50-95) ölçütleri kullanılmıştır (Tablo 1). Ayrıca, sistem tarafından gerçekleştirilen sayım sonuçları, manuel sayım sonuçları ile karşılaştırılmış ve sayım hatası hesaplanmıştır.



Şekil 1. Görüntülerin etiketlenmesi ve JSON formatında kaydedilmesi. Burada, "label" etiketin adını, "points" ise etiketin köşelerinin koordinatlarını içerir.

Figure 1. Labeling the images and saving them in JSON format. Here, "label" contains the name of the object, and "points" contains the coordinates of the corners of the label.



Şekil 2. Görüntülerin işleme sürecini adım adım açıklayan bir iş akışı diyagramı.  
Figure 2. A workflow diagram explaining the step-by-step image processing pipeline.

Tablo 1. Derin öğrenme modellerinde kullanılan performans ölçütleri.  
Table 1. Performance metrics used in deep learning models.

Ölçütler	Hesaplama
Kesinlik (Precision - P)	$\frac{\text{Doğru Pozitif}}{\text{Doğru Pozitif} + \text{Yanlış Pozitif}}$
Duyarlılık (Recall - R)	$\frac{\text{Doğru Pozitif}}{\text{Doğru Pozitif} + \text{Yanlış Negatif}}$
F1 Skoru	$\frac{2 \times \text{Kesinlik} \times \text{Duyarlılık}}{\text{Kesinlik} + \text{Duyarlılık}}$
mAP: Genel Ortalama Kesinlik (Mean Average Precision)	$\frac{\sum_{i=1}^n AP}{n}$ n: toplam sınıf sayısı
AP: Ortalama Kesinlik (Average Precision)	$\int_0^1 P(R) dR$
Doğru Pozitif	Modelin doğru bir şekilde pozitif olarak tahmin ettiği örnek sayısı.
Yanlış Pozitif	Modelin yanlış bir şekilde pozitif olarak tahmin ettiği örnek sayısı.
Yanlış Negatif	Modelin pozitif olarak tahmin etmesi gereken ancak yanlış bir şekilde negatif tahmin ettiği örnek sayısı.

Çalışma için PyTorch ve torchvision kütüphanelerinin GPU sürümü Python ortamına kurularak model eğitimleri gerçekleştirilmiştir. YOLOv8 modellerinin eğitimi, NVIDIA GeForce RTX3050 ekran kartı, 12. Nesil Intel(R)

Core(TM) i7-12700H 2.30 GHz işlemci ve 16 GB RAM'e sahip bir Windows bilgisayarda Python 3.10 kullanılarak yapılmıştır.

## Bulgular

Beş farklı YOLOv8 mimarisinin kıl keçisi tespiti ve segmentasyonunda karşılaştırmalı performans analiz sonuçları Tablo 2’de verilmiştir. Eğitim süresi bakımından en hızlı model YOLOv8n modeli sınırlayıcı kutular açısından en yüksek kesinliğine (0,98) sahip olurken duyarlılık değeri en düşük model olmuştur. Buna karşın büyük model olan YOLOv8x ise hem sınırlayıcı kutular hemde segmentasyon maskeleri açısından yüksek performans gösterirken hesaplama süresi bakımından (6,305 saat) en yavaş model olmuştur. Bununla birlikte, genel performansı değerlendiren F1 skorunda 0,95 ile YOLOv8s modeli öne çıkmaktadır. Bu, hem yüksek kesinlik hem de yüksek duyarlılık sağlayarak dengeli bir performans gösterdiğine işaret etmektedir. YOLOv8s aynı zamanda 0,99 mAP50 ile sınırlayıcı kutu tespiti için diğer modellere kıyasla daha yüksek bir ortalama kesinliğe sahip olmuştur. Özellikle 0,78’lik mAP50-95 skoru, zorlu durumlarda bile tutarlı bir performans gösterdiğine işaret etmektedir. Benzer şekilde 0,98 mAP50 ve 0,70 mAP50-95 değerleri ile segmentasyon işleminde de yüksek performans göstermiştir. Ayrıca, oldukça hızlı bir eğitim süresine (0,357 saat) sahip olması, YOLOv8s’in verimli bir mimariye sahip olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar,

hem sınırlayıcı kutu hem de piksel düzeyindeki segmentasyon tahmininde modelin yüksek başarı elde ettiğine göstermektedir.

Şekil 3A YOLOv8s modelinin eğitimi sırasında kullanılan mozaiklenmiş veri setine ilişkin örnekleri göstermektedir. Mozaikleme tekniği, birden fazla görüntüyü birleştirerek tek bir görüntü oluşturur. Bu yöntem, her bir eğitim grubundaki (model güncellemede kullanılan örnek sayısı - batch size) nesne ve sahne çeşitliliğini artırarak modelin genel performansını artırmayı sağlamaktadır. Şekil 3B doğrulama veri setinden seçilmiş örnek görüntülere ait tahmin edilen segmentasyon maskelerini gösterir. Şekil 3B’de YOLOv8s modelinin görüntülerdeki nesnelere başarılı bir şekilde tespit ettiğini ve bu nesnelere ait segmentasyon maskelerini başarılı bir şekilde tahmin ettiği görülmektedir.

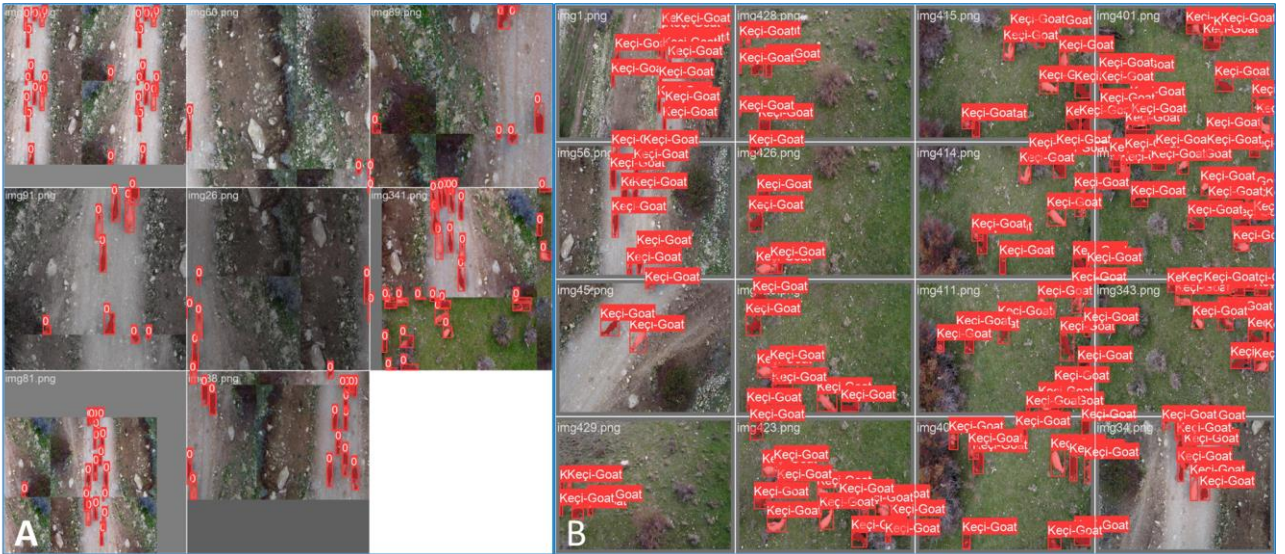
Modelin karmaşık ortamlardaki keçileri tespit yeterliliğini değerlendirmek için test veri seti sonuçlarına dayalı olarak karmaşıklık matrisi oluşturulmuştur (Şekil 4A). Bu karmaşıklık matrisi Kesinlik-Duyarlılık eğrisi (Şekil 4B) ile birlikte keçi tespiti için modelin fizibilitesini doğrulamaktadır.

Tablo 2. Kıl keçisi tespiti ve segmentasyonu için farklı yolov8 modellerinin karşılaştırmalı performans analizi.

Table 2. Comparative performance analysis of different YOLOv8 models for hair goat detection and segmentation.

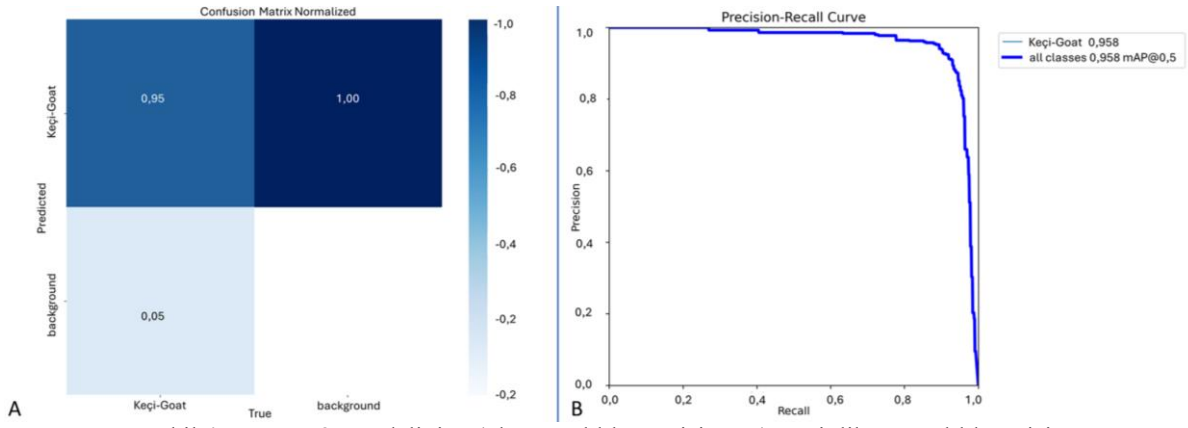
Model	Kesinlik	Sınırlayıcı Kutular				Kesinlik	Segmentasyon Maskeleri				Eğitim Süresi (saat)
		Duyarlılık	F1	mAP50*	mAP50-95		Duyarlılık	F1	mAP50*	mAP50-95	
YOLOv8n	0,98	0,92	0,95	0,97	0,72	0,95	0,93	0,94	0,97	0,66	0,185
YOLOv8s	0,95	0,95	0,95	0,99	0,78	0,97	0,93	0,95	0,98	0,70	0,357
YOLOv8m	0,94	0,95	0,94	0,98	0,80	0,95	0,93	0,94	0,97	0,69	1,145
YOLOv8l	0,97	0,94	0,95	0,98	0,79	0,97	0,92	0,94	0,96	0,68	3,029
YOLOv8x	0,96	0,93	0,94	0,97	0,78	0,95	0,93	0,94	0,96	0,69	6,305

\*mAP: genel ortalama kesinlik (mean average precision).

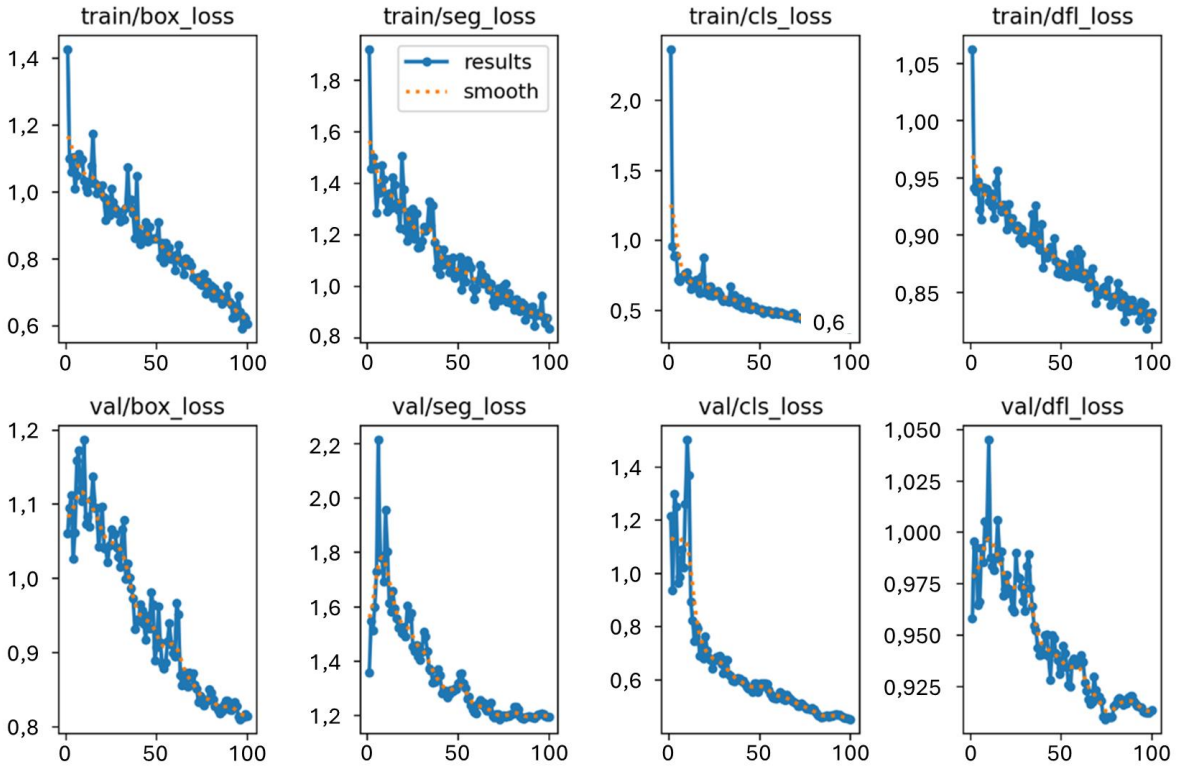


Şekil 3. YOLOv8s modelinin eğitimi sürecinde kullanılan mozaiklenmiş veri setini (A) ve doğrulama veri setinden seçilmiş örnek görüntüleri ile bu görüntülere ait tahmin edilen segmentasyon maskelerini (B) göstermektedir.

Figure 3. The mosaic dataset (A) used during the training process of the YOLOv8s model, along with example images selected from the validation dataset and their corresponding predicted segmentation masks (B).



Şekil 4. YOLOv8s modelinin A) karmaşıklık matrisi ve B) Kesinlik-Duyarlılık eğrisi.  
Figure 4. A) Confusion matrix and B) Precision-Recall curve of the YOLOv8s model.

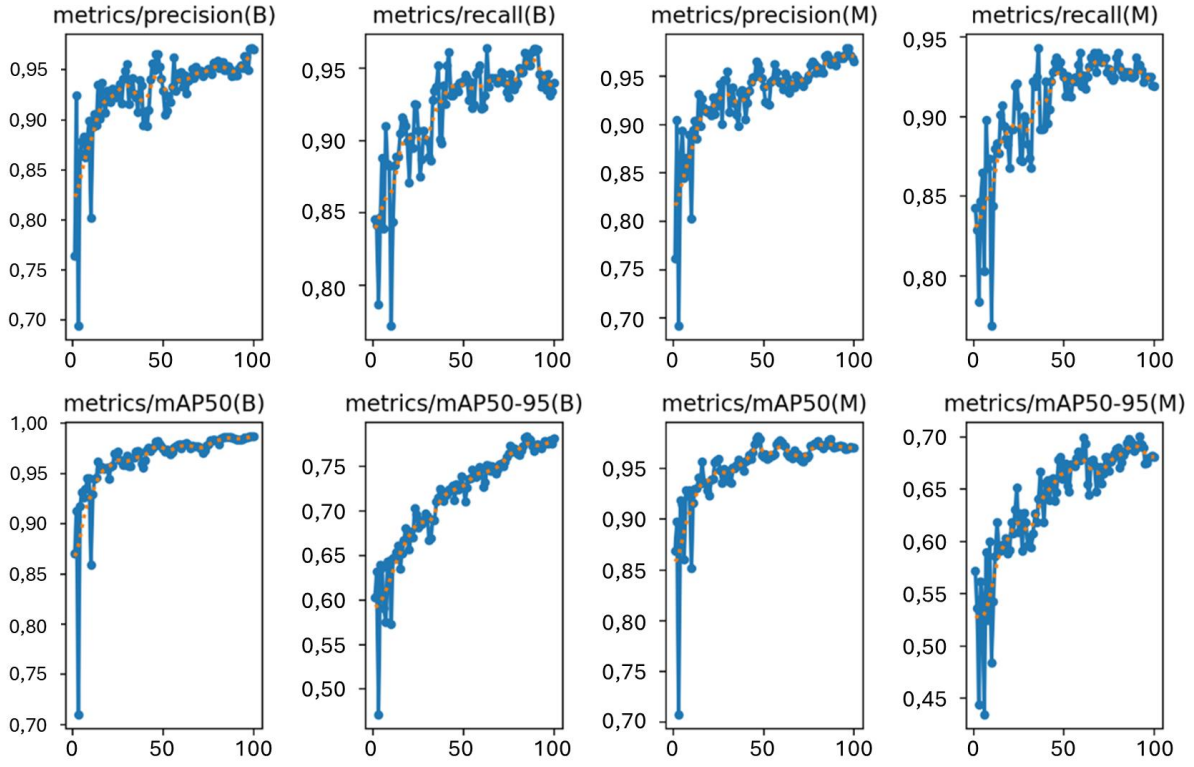


Şekil 5. YOLOv8s modelinin sınır kutusu tespiti ve segmentasyon performansına ilişkin elde edilen kayıpların (loss) epoklar boyunca seyrini gösteren grafikler.

Figure 5. Figure illustrates the graphs depicting the loss trends of YOLOv8s model's bounding box detection and segmentation performance across epochs.

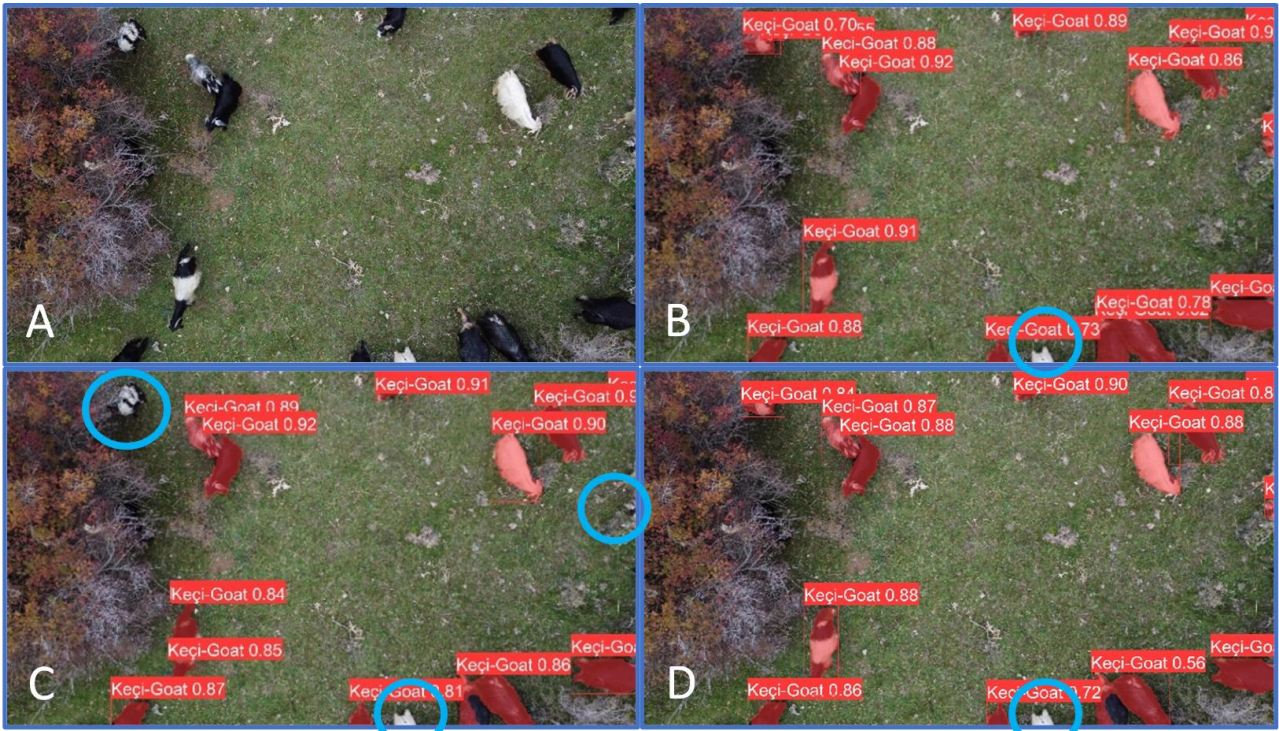
YOLOv8s modelinin eğitim sırasında sınırlayıcı kutu tespiti ve segmentasyon tahminine ilişkin elde edilen eğitim ve doğrulama kayıp (loss) değerleri epok sayısı artıkça azalış göstermiştir (Şekil 5). Toplam kayıp özellikle ilk epoklarda 1'in üzerinde seyrederken, sonraki epoklarda istikrarlı bir düşüşle 1'in altına inmiştir. Modelin sınırlayıcı kutu tespiti ve segmentasyon performansına ilişkin kesinlik, duyarlılık ve mAP değerlerinde de epok ilerledikçe belirgin artışlar gözlenmiştir (Şekil 6). Tüm bu bulgular ışığında, YOLOv8s modelinin kıl keçisi tespit ve segmentasyon görevleri için etkili şekilde çalıştığı söylenebilir.

Şekil 7, farklı YOLOv8 modellerinin belirli bir nesneyi tahmin etme başarılarını karşılaştıran örnekleri göstermektedir. YOLOv8s modelinin kıl keçilerini tespit etme ve segmentasyon maskelerini tahmin etme konusundaki üstünlüğü göze çarpmaktadır (Şekil 7B). Buna karşın, YOLOv8m modeli aynı görüntüdeki iki kıl keçisini tespit edememiştir (Şekil 7C). Öte yandan, YOLOv8x modeli, sınırlayıcı kutu tahmininde YOLOv8s ile benzer sayıda tahmin yapabilmişken piksel düzeyinde segmentasyon maskelerini tahmin etme konusunda YOLOv8s kadar başarılı olamamıştır (Şekil 7D).



Şekil 6. YOLOv8s modelinin sınır kutusu tespiti ve segmentasyon performansına ilişkin hesaplanan ölçütleri (kesinlik, duyarlılık ve mAP) epoklar boyunca seyrini gösteren grafikler.

Figure 6. Figure illustrates the graphs depicting the trends of calculated metrics (precision, recall, and mAP) for bounding box detection and segmentation performance of the YOLOv8s model across epochs.



Şekil 7. Modellerin tahmin başarılarına ilişkin örnekler, A) Orijinal görüntü, B) YOLOv8s, C) YOLOv8m ve D) YOLOv8x.

Figure 7. Examples of prediction successes of the models: A) Original image, B) YOLOv8s, C) YOLOv8m, and D) YOLOv8x.

Şekil 8'de, YOLOv8s modelinin gerçek bir uçuş videosundan alınan bir kare örneği görülmektedir. Bu kare, modelin keçileri tespit ve takip etme yeteneğini göstermektedir. Model, yüksek doğruluk ve güvenilirlikle keçileri tanımlayabilmekte ve hareketlerini takip edebilmektedir. Bu sonuçlar, YOLOv8s modelinin gerçek dünya uygulamalarında etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir, özellikle de hayvanların izleme ve takibinde hassas ve hızlı bir çözüm arayışına yönelik olarak çiftçiler için önemli bir gelişme sunmaktadır.

Şekil 9, keçi sayım işlemi için gerçek keçi izleme uçuşlarından elde edilen İHA görüntülerine ait video akışını göstermektedir. Uçuş esnasında elde edilen video akışı üzerinde, YOLOv8s modeli aracılığıyla keçiler başarılı bir şekilde tespit edilmekte ve her bir tespit edilen keçiye benzersiz bir takip numarası atanmaktadır. Keçilerin segmentasyon maske çerçeveleri, görüntü üzerinde renkli konturlarla işaretlenmekte ve bu sayede takip edilebilmektedir. Bu görüntü, keçi sayım işleminin video akışı üzerinden başarılı bir şekilde gerçekleştirilebildiğini göstermektedir. YOLOv8s modelinin keçi tespiti ve takibindeki başarısı, yatay çizgi kullanımıyla birlikte, keçilerin ilgi alanını geçip geçmediğinin doğru bir şekilde belirlenmesini ve sayılmasını mümkün kılmaktadır.

Modelin sayım performansı bağımsız bir test veri kümesi üzerinde değerlendirilmiştir. Test veri kümesi, mera koşullarında, İHA ile gerçek keçi izleme uçuşlarından elde edilen 4 farklı video görüntüsünden oluşmaktadır. Her video için, manuel olarak sayılan keçi sayıları referans alınmış ve otomatik sistemin tahminleri bu referanslarla karşılaştırılmıştır. Elde edilen sayım hatası ve doğruluk kriterlerine ilişkin sonuçlar Tablo 3'te sunulmuştur. Sonuçlar, sistemin gerçek dünya koşullarında oldukça iyi bir performans sergilediğini görmektedir. Video 2 için %100 doğruluk elde edilmiştir. Diğer videolarda da yüksek doğruluk oranları (%84,2 ile %92,3 arasında) gözlemlenmiştir. Sayım hatalarının çoğunlukla 1-3 aralığında olduğu görülmektedir. Ancak, modelin geneleme potansiyelini artırmak için daha fazla sayıda görüntü üzerinde ve farklı koşullar altında performansının test edilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

## Tartışma

Derin öğrenme algoritmaları, hayvancılıkta kullanılan bilgisayarlı görme sistemlerinde başarıyla uygulanmakta ve bu sayede hayvan düzeyinde gerçek zamanlı ve doğru bilgiler elde edilebilmektedir (Borges ve ark., 2021). Bu uygulamalar, çiftlik hayvanlarının otomatik takibi, davranış analizi, hastalık ve stres belirtilerinin erken tespiti gibi çeşitli alanlarda önemli bir rol oynamaktadır (Jiang ve ark., 2022; Kang ve ark., 2021; Lencioni ve ark., 2021; Morrone ve ark., 2022; Okinda ve ark., 2020). Ancak, bu uygulamalarda ilk ve en kritik adım, hedef nesnelerin doğru bir şekilde tespit edilmesidir (Kaur ve Singh, 2022). Hedef nesnelerin diğer nesnelere ayırtılması, sonraki analizlerin doğruluğunu etkileyebilmektedir (Wu ve ark., 2020).

Çalışmamızda, kıl keçilerinin İHA görüntülerinden tespiti ve segmentasyonu için çeşitli YOLOv8 mimarileri eğitilmiş ve karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, en yüksek performansı gösteren mimarinin YOLOv8s olduğunu göstermektedir. Bu mimari, özellikle sınırlayıcı kutu tespiti konusunda 0,95 kesinlik ve 0,95 duyarlılık değerleriyle yüksek bir başarı elde etmiştir. Ayrıca, segmentasyon başarımı da 0,97 kesinlik ve 0,93 duyarlılık ile yine yüksek düzeydedir. YOLOv8s modelinin eğitim süresi açısından da daha derin mimarilere göre avantajlı olduğu tespit edilmiştir.

Diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, YOLO tabanlı yöntemlerin Fast R-CNN ve Mask R-CNN yöntemlerine kıyasla hız bakımından gerçek zamanlı uygulamalara daha uygun olduğu bilinmektedir (Jiang ve ark., 2019; Qiao ve ark., 2023). Ayrıca, hem nesne tespiti hem de segmentasyon konusunda yüksek performans gösterdiği görülmüştür (Moradeyo ve ark., 2023). Örneğin, Song ve ark. (2022), koyunlarda yüz tespiti için YOLOv3 algoritmasını kullanarak %96,84'lük bir mAP değeri elde etmişlerdir. Evangelista ve ark. (2022), YOLOv7 kullanarak bıldırcınların tespiti ve takibinde %85,28 mAP'ye ve test verisinde ise %90,49'luk bir doğruluk elde etmişlerdir. Zhang ve ark. (2022) ise keçilerde yüz tanıma için YOLOv4 tabanlı modellerinde %96,7 mAP değerine ulaşmışlardır.



Şekil 8. Yolov8s modelinin keçileri A) tespit ve B) takip başarısına ilişkin gerçek bir uçuş videosu kare örneği.

Figure 8. A frame example from a real flight video demonstrating the success of the YOLOv8s model in detecting and tracking goats.



Şekil 9. Keçi sayım işleminde gerçek uçuş esnasında çekilen video akışındaki keçiler tespit edilir, takip edilir ve belirlenen bir alanı geçen bu keçilerin sayımı yapılır. Görüntünün alt kısmında yer alan yatay kırmızı çizgi, ilgi alanını tanımlamakta ve keçilerin bu bölgeyi geçip geçmediğini belirlemek için bir eşik görevi görmektedir. Bir keçinin segmentasyon maske çerçevesi bu çizgiyi geçtiğinde, sayaç artırılmakta ve daha önce sayılmamış keçiler toplam geçiş sayısına eklenmektedir. Bu yaklaşım, belirlenen alanı geçen keçi sayısının doğru bir şekilde hesaplanmasını sağlamaktadır. Ekranın sol üst köşesinde, o anki tespit edilen keçi sayısı ve toplam geçen keçi sayısı kümülatif olarak görüntülenmektedir. Ekranın sağ üst köşesi saniyedeki kare sayısını (Frames Per Second - FPS), yani uygulamanın ne kadar hızlı çalıştığını göstermektedir. Ekranın sol alt köşesi ise her karenin işleme süresini ve karenin boyutunu göstermektedir. Bu sayaçlar, her video karesi için gerçek zamanlı olarak güncellenmektedir. Böylece kullanıcı, işlemin ilerleyişini anlık olarak takip edebilmektedir.

Figure 9. Illustrates the process of goat counting during real-flight video streams, where goats are identified, tracked, and counted as they traverse a predefined area. A horizontal red line at the bottom delineates the region of interest and acts as a threshold to ascertain whether goats have crossed this area. When a goat's segmentation mask frame intersects this line, the counter increments, and previously uncounted goats contribute to the overall passage count. This methodology ensures precise counting of goats passing through the designated area. In the upper-left corner of the screen, the current count of detected goats and the cumulative count of goats passing through are displayed. The top-right corner indicates the Frames Per Second (FPS), reflecting the application's processing speed. The bottom-left corner provides information on processing time per frame and frame dimensions. These counters are continuously updated in real-time for each video frame, allowing the user to monitor the progress of the process in real-time.

Tablo 3. Test veri kümesi 4 adet görüntüden oluşmaktadır ve her görüntüdeki keçilerin manuel sayım ve otomatik sayım sonuçlarını aşağıdaki şekilde tespit edilmiştir.

Table 3. The test dataset consists of 4 videos, and the results of the manual and automatic counting of goats in each video have been determined as follows.

Görüntü No	Manuel Sayım	Otomatik Sayım	Sayım Hatası	Doğruluk (%)	Genel Ortalama Doğruluk (%)
Video 1	18	16	2	88,9	91,4
Video 2	14	14	0	100,0	
Video 3	16	19	3	84,2	
Video 4	12	13	1	92,3	

Buna ek olarak, Guo ve ark. (2023) tarafından önerilen YOLOv5 mimarisinin, büyük ve doğruluğu yüksek ancak yavaş sürümünden (YOLOv5x) edinilen bilgilerin, daha hızlı çalışan küçük modele (YOLOv5s) aktarılmasıyla elde edilen yeni bir model önerilmiştir. Bu model, yüksek mAP 50-95 (%94,67) ve hızlı çıkarım (12,63 ms) sağlayarak gerçek zamanlı ve kesintisiz koyun ırkı tanıma için güçlü bir çözüm sunmaktadır.

İHA'lerden elde edilen görüntüler de bu tür sistemlerde sıklıkla kullanılmaktadır (Alanezi ve ark., 2022; Barbedo ve ark., 2019; Mücher ve ark., 2022). İHA'lar, büyük çiftlik alanlarının hayvanların uzaktan takibi ve sayımı gibi işlemleri otonom olarak gerçekleştirebilmektedir. Örneğin, Xu ve ark. (2020) İHA görüntülerinde Mask R-CNN modelini kullanarak hayvanları %96 doğrulukla sınıflandırırken, sığır ve koyun sayısını %92'lik bir oranla

başarılı bir şekilde tahmin edebilmişlerdir. Barbedo ve ark. (2020), derin öğrenme kullanarak İHA görüntülerinden çeşitli koşullar ve arka planlar altında sığırları sayma işlemini %90'ın üzerinde bir doğruluk oranıyla başarılı bir şekilde gerçekleştirmişlerdir. Benzer şekilde de Lima Weber ve ark. (2023), YOLOv4 ve YOLOv5 mimarilerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, İHA görüntülerinden Nelore ırkı sığırların tespit ve sayımında her iki mimarinin de yüksek başarı gösterdiğini belirtmişlerdir. YOLOv4 mimarisini %90 kesinlik değeri elde ederken, YOLOv5'in farklı varyasyonları %90'ın üzerinde kesinlik değerleri ile Nelore sığırları başarılı bir şekilde tespit edebilmiş ve sayımları gerçekleştirebilmiştir.

Çalışmamızda kullandığımız yöntem, gerçek keçi izleme uçuşlarından elde edilen İHA görüntüleri üzerinde test edildi ve elde edilen sonuçlar, YOLOv8s modelinin keçilerin tespit ve sayımında yüksek doğruluk oranlarına sahip olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, İHA görüntüleri kullanarak YOLO gibi derin öğrenme tabanlı bilgisayarlı görme uygulamalarının çiftlik hayvanlarının tespit, tanıma, takip ve sayma işlemlerini başarılı bir şekilde gerçekleştirebileceğini ortaya koymaktadır.

Elde edilen sonuçlar, çalışmada kullanılan YOLOv8 mimarisinin en güncel sürümlerinden olan YOLOv8s'in İHA tabanlı otomatik kıl keçisi izleme, takip ve sayım sistemlerinin geliştirilmesine etkili olabileceğini göstermektedir. Bu model, yüksek doğruluk ve hızlı çıkarım avantajları sunarak gerçek zamanlı hayvancılık uygulamalarında etkili bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Derin öğrenme yöntemlerinin hayvancılık uygulamalarındaki başarısı göz önüne alındığında, bu alanlardaki kullanımlarının gelecekte daha da artması beklenmektedir.

Her ne kadar umut verici sonuçlar elde edilmiş olsa da, sistemin bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Gelecekteki çalışmalarda, daha geniş ve çeşitli veri kümeleri, farklı hayvan türleri ve zorlu çevre koşullarının dikkate alınması, modelin genelleştirme kabiliyetini artıracaktır. Ayrıca, gerçek zamanlı video işlemeye entegrasyon ve maliyet analizleri yapılarak, sistemin uygulanabilirliği daha da ileriye taşınabilir. Ancak, büyük veri ve yüksek hesaplama gücü gereksinimi gibi bazı zorlukların aşılması için veri toplama, etiketleme ve model eğitimi gibi işlemler için gereken altyapı maliyetlerinin azaltılması önemlidir.

## Sonuç

Çalışmamızda, İHA görüntülerinden YOLOv8 derin öğrenme mimarileri kullanılarak kıl keçilerinin otomatik tespit ve segmentasyonu başarıyla gerçekleştirilmiştir. Özellikle YOLOv8s mimarisinin yüksek doğruluk, hızlı çıkarım ve gerçek zamanlı performansı, bu yöntemin İHA tabanlı hayvan tespiti, takibi, sayımı ve yönetim sistemleri için etkili bir çözüm olduğunu göstermektedir. Engeli ve dağlık arazi, keçi tespiti ve segmentasyonu için önemli zorluklar oluşturmaktadır. Bu bağlamda, gerçek dünya görüntülerine nesne tespiti için başarılı bir şekilde entegre edilebilen modellerin belirlenmesi oldukça önemlidir. Dolayısıyla, keçilerin farklı pozisyonlarda, boyutlarda ve aydınlatma koşullarında görünebileceği bu karmaşık ortamlarda en uygun derin öğrenme modelinin seçilmesi kritik bir öneme sahiptir. Ayrıca, modellerin genelleme performansını artırmak için farklı aydınlatma düzeylerinde ve arka plan koşullarında elde edilen görüntüler üzerinde

test edilmesi önemlidir. Gelecekte, daha büyük ve çeşitli veri setleri ile farklı ırklar ve türler üzerinde yapılan çalışmalar, bu yöntemin hayvancılıkta uygulanabilirlik alanlarını genişletebilir. Bu, modelin çeşitli senaryo ve koşullara ne kadar iyi adapte olduğunun daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlayacaktır.

## Teşekkür

Yazar, Van İli'nin Gevaş ilçesine bağlı Altınca Köyü'ndeki kıl keçisi yetiştiricilerine, keçi sürülerinden görüntü alınması konusunda yardımlarından dolayı şükranlarını sunar.

## Kaynaklar

- Akyuzlu, M., Ozmen, N. E., Saygili, A., & Cihan, P. (2023). Identification and Recognition of Animals from Biometric Markers Using Computer Vision Approaches: A Review. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2023.30265>
- Alanezi, M. A., Shahriar, M. S., Hasan, M. B., Ahmed, S., Sha'aban, Y. A., & Bouckekara, H. R. E. H. (2022). Livestock Management With Unmanned Aerial Vehicles: A Review. *IEEE Access*, 10, 45001-45028. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3168295>
- Barbedo, J. G. A., Koenigkan, L. V., Santos, P. M., & Ribeiro, A. R. B. (2020). Counting Cattle in UAV Images—Dealing with Clustered Animals and Animal/Background Contrast Changes. *Sensors*, 20(7), 2126. <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/7/2126>
- Barbedo, J. G. A., Koenigkan, L. V., Santos, T. T., & Santos, P. M. (2019). A Study on the Detection of Cattle in UAV Images Using Deep Learning. *Sensors (Basel)*, 19(24). <https://doi.org/10.3390/s19245436>
- Beyaz, A., & Gül, V. (2023). YOLOv4 and Tiny YOLOv4 Based Forage Crop Detection with an Artificial Intelligence Board. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 66. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2023220803>
- Billah, M., Wang, X., Yu, J., & Jiang, Y. (2022). Real-time goat face recognition using convolutional neural network. *Computers and Electronics in Agriculture*, 194, 106730. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106730>
- Borges Oliveira, D. A., Ribeiro Pereira, L. G., Bresolin, T., Pontes Ferreira, R. E., & Rebouças Dorea, J. R. (2021). A review of deep learning algorithms for computer vision systems in livestock. *Livestock Science*, 253, 104700. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104700>
- Brown, D. J., Savage, D. B., Hinch, G. N., & Hatcher, S. (2015). Monitoring liveweight in sheep is a valuable management strategy: a review of available technologies. *Animal Production Science*, 55(4), 427. <https://doi.org/10.1071/an13274>
- Campbell, D. L. M., Lea, J. M., Keshavarzi, H., & Lee, C. (2019). Virtual Fencing Is Comparable to Electric Tape Fencing for Cattle Behavior and Welfare. *Front Vet Sci*, 6, 445. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00445>
- Cheng, M., Yuan, H., Wang, Q., Cai, Z., Liu, Y., & Zhang, Y. (2022). Application of deep learning in sheep behaviors recognition and influence analysis of training data characteristics on the recognition effect. *Computers and Electronics in Agriculture*, 198, 107010. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107010>
- Çakmakçı, C., Magalhaes, D. R., Pacor, V. R., Almeida, D. H. S. d., Çakmakçı, Y., Dalga, S., Szabo, C., Maria, G. A., & Titto, C. G. (2023). Discovering the hidden personality of lambs: Harnessing the power of Deep Convolutional Neural Networks (DCNNs) to predict temperament from facial images. *Applied Animal Behaviour Science*, 267, 106060. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2023.106060>



- Çakmakçı, C., Turan, M., Çakmakçı, Y., Assis Ferraz, P., Bülbüller, F., Dalga, S., Olcar, B., & Şireli, H. D. (2023). Akıllı Hayvancılık Teknolojileri: Yapay Zekâ Destekli Hayvan İzleme Çözümleri. In A. F. DEMİREL, O. YILMAZ, & Ö. ORUNÇ KILINÇ (Eds.), *Uygulamalı Bilimlerde Güncel Çalışmalar -I* (pp. 23-35). İKSAD. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10413426>
- Daszkiewicz, T. (2022). Food Production in the Context of Global Developmental Challenges. *Agriculture*, 12(6), 832. <https://www.mdpi.com/2077-0472/12/6/832>
- de Lima Weber, F., de Moraes Weber, V. A., de Moraes, P. H., Matsubara, E. T., Paiva, D. M. B., de Nadai Bonin Gomes, M., de Oliveira, L. O. F., de Medeiros, S. R., & Cagnin, M. I. (2023). Counting cattle in UAV images using convolutional neural network. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 29, 100900. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100900>
- Evangelista, I. R. S., Concepcion, R., Palconit, M. G. B., Bandala, A. A., & Dadios, E. P. (2022). YOLOv7 and DeepSORT for Intelligent Quail Behavioral Activities Monitoring. 1-5. <https://doi.org/10.1109/hnicem57413.2022.10109608>
- Fuentes, A., Yoon, S., Park, J., & Park, D. S. (2020). Deep learning-based hierarchical cattle behavior recognition with spatio-temporal information. *Computers and Electronics in Agriculture*, 177, 105627. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105627>
- Gezici, M., Ünay, E., Üstün, K., & Coşkun, M. İ. (2023). Hayvancılık İşletmelerinde Teknoloji Kullanımı ve Ekonomik Verimlilik. *Ziraat Mühendisliği*(377), 26-32. <https://doi.org/10.33724/zm.1281613>
- Glenn, J., Ayush, C., & Jing, Q. (2023). Ultralytics YOLOv8. <https://github.com/ultralytics/ultralytics>.
- Guo, Y., Yu, Z., Hou, Z., Zhang, W., & Qi, G. (2023). Sheep face image dataset and DT-YOLOv5s for sheep breed recognition. *Computers and Electronics in Agriculture*, 211, 108027. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108027>
- Halachmi, I. (2015). *Precision livestock farming applications*. Wageningen Academic Publisher <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-815-5>
- Halachmi, I., Guarino, M., Bewley, J., & Pastell, M. (2019). Smart Animal Agriculture: Application of Real-Time Sensors to Improve Animal Well-Being and Production. *Annu Rev Anim Biosci*, 7, 403-425. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-020518-114851>
- Henchion, M., Hayes, M., Mullen, A. M., Fenelon, M., & Tiwari, B. (2017). Future Protein Supply and Demand: Strategies and Factors Influencing a Sustainable Equilibrium. *Foods*, 6(7), 53. <https://www.mdpi.com/2304-8158/6/7/53>
- Jiang, B., Song, H., Wang, H., & Li, C. (2022). Dairy cow lameness detection using a back curvature feature. *Computers and Electronics in Agriculture*, 194, 106729. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106729>
- Jiang, B., Wu, Q., Yin, X., Wu, D., Song, H., & He, D. (2019). FLYOLOv3 deep learning for key parts of dairy cow body detection. *Computers and Electronics in Agriculture*, 166, 104982. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104982>
- Joseph, R., Santosh, D., Ross, G., & Ali, F. (2016). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. arXiv:1506.02640. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1506.02640>
- Kang, X., Zhang, X. D., & Liu, G. (2021). A Review: Development of Computer Vision-Based Lameness Detection for Dairy Cows and Discussion of the Practical Applications. *Sensors (Basel)*, 21(3). <https://doi.org/10.3390/s21030753>
- Kaur, J., & Singh, W. (2022). Tools, techniques, datasets and application areas for object detection in an image: a review. *Multimed Tools Appl*, 81(27), 38297-38351. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13153-y>
- Kumar, S., & Singh, S. K. (2019). Cattle Recognition: A New Frontier in Visual Animal Biometrics Research. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section A: Physical Sciences*, 90(4), 689-708. <https://doi.org/10.1007/s40010-019-00610-x>
- Lencioni, G. C., de Sousa, R. V., de Souza Sardinha, E. J., Correa, R. R., & Zanella, A. J. (2021). Pain assessment in horses using automatic facial expression recognition through deep learning-based modeling. *PLoS One*, 16(10), e0258672. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258672>
- Lin, T.-Y., Maire, M., Belongie, S., Hays, J., Perona, P., Ramanan, D., Dollár, P., & Zitnick, C. L. (2014, 2014/). Microsoft COCO: Common Objects in Context. Computer Vision – ECCV 2014, Cham.
- Moradeyo, O. M., Olaniyan, A. S., Ojoawo, A. O., Olawale, J. A., & Bello, R. W. (2023). YOLOv7 Applied to Livestock Image Detection and Segmentation Tasks in Cattle Grazing Behavior, Monitor and Intrusions. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 27(5), 953-958. <https://doi.org/10.4314/jasem.v27i5.10>
- Morrone, S., Dimauro, C., Gambella, F., & Cappai, M. G. (2022). Industry 4.0 and Precision Livestock Farming (PLF): An up to Date Overview across Animal Productions. *Sensors (Basel)*, 22(12). <https://doi.org/10.3390/s22124319>
- Mücher, C. A., Los, S., Franke, G. J., & Kamphuis, C. (2022). Detection, identification and posture recognition of cattle with satellites, aerial photography and UAVs using deep learning techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 43(7), 2377-2392. <https://doi.org/10.1080/01431161.2022.2051634>
- Neethirajan, S., Reimert, I., & Kemp, B. (2021). Measuring Farm Animal Emotions-Sensor-Based Approaches. *Sensors (Basel)*, 21(2). <https://doi.org/10.3390/s21020553>
- OECD, Food, & Nations, A. O. o. t. U. (2022). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031*. <https://doi.org/doi:https://doi.org/10.1787/flb0b29c-en>
- Okinda, C., Nyalala, I., Korohou, T., Okinda, C., Wang, J., Achieng, T., Wamalwa, P., Mang, T., & Shen, M. (2020). A review on computer vision systems in monitoring of poultry: A welfare perspective. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 4, 184-208. <https://doi.org/10.1016/j.aiaa.2020.09.002>
- Pan, S. J., & Yang, Q. (2010). A Survey on Transfer Learning. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 22(10), 1345-1359. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2009.191>
- Porto, J. V. d. A., Rezende, F. P. C., Astolfi, G., Weber, V. A. d. M., Pache, M. C. B., & Pistori, H. (2021). Automatic counting of cattle with Faster R-CNN on UAV images. 1-6. <https://doi.org/10.5753/wvc.2021.18880>
- Qiao, Y., Guo, Y., & He, D. (2023). Cattle body detection based on YOLOv5-ASFF for precision livestock farming. *Computers and Electronics in Agriculture*, 204, 107579. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107579>
- Ravi, N., & El-Sharkawy, M. (2022). Real-Time Embedded Implementation of Improved Object Detector for Resource-Constrained Devices. *Journal of Low Power Electronics and Applications*, 12(2), 21. <https://www.mdpi.com/2079-9268/12/2/21>
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2015). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. arXiv:1506.02640v5. <https://doi.org/https://doi.org/10.48550/arXiv.1506.02640>
- Sarwar, F., Griffin, A., Rehman, S. U., & Pasang, T. (2021). Detecting sheep in UAV images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 187, 106219. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106219>
- Sellier, N., Guettier, E., & Staub, C. (2014). A Review of Methods to Measure Animal Body Temperature in Precision Farming. *American Journal of Agricultural Science and Technology*. <https://doi.org/10.7726/ajast.2014.1008>

- Shu, H., Li, Y., Fang, T., Xing, M., Sun, F., Chen, X., Bindelle, J., Wang, W., & Guo, L. (2022). Evaluation of the Best Region for Measuring Eye Temperature in Dairy Cows Exposed to Heat Stress. *Front Vet Sci*, 9, 857777. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.857777>
- Song, S., Liu, T., Wang, H., Hasi, B., Yuan, C., Gao, F., & Shi, H. (2022). Using Pruning-Based YOLOv3 Deep Learning Algorithm for Accurate Detection of Sheep Face. *Animals (Basel)*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/ani12111465>
- Song, X., Bokkers, E. A. M., van der Tol, P. P. J., Groot Koerkamp, P. W. G., & van Mourik, S. (2018). Automated body weight prediction of dairy cows using 3-dimensional vision. *J Dairy Sci*, 101(5), 4448-4459. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13094>
- van Dijk, M., Morley, T., Rau, M. L., & Saghai, Y. (2021). A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050. *Nature Food*, 2(7), 494-501. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00322-9>
- Wada, K. (2018). Labelme: Image Polygonal Annotation with Python. <https://github.com/labelmeai/labelme>.
- Wu, X., Sahoo, D., & Hoi, S. C. H. (2020). Recent advances in deep learning for object detection. *Neurocomputing*, 396, 39-64. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2020.01.085>
- Xu, B. B., Wang, W. S., Falzon, G., Kwan, P., Guo, L. F., Sun, Z. G., & Li, C. L. (2020). Livestock classification and counting in quadcopter aerial images using Mask R-CNN. *International Journal of Remote Sensing*, 41(21), 8121-8142. <https://doi.org/10.1080/01431161.2020.1734245>
- Yu, Z., Liu, Y., Yu, S., Wang, R., Song, Z., Yan, Y., Li, F., Wang, Z., & Tian, F. (2022). Automatic Detection Method of Dairy Cow Feeding Behaviour Based on YOLO Improved Model and Edge Computing. *Sensors (Basel)*, 22(9). <https://doi.org/10.3390/s22093271>
- Zhang, F., Wang, S., Cui, X., Wang, X., Cao, W., Yu, H., Fu, S., & Pan, X. (2022). Goat-Face Recognition in Natural Environments Using the Improved YOLOv4 Algorithm. *Agriculture*, 12(10), 1668. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101668>



## PCR Detection and Molecular Characterization of *Coxiella burnetii* from *Rhipicephalus sanguineus* Ticks Collected from Dogs

Ali Bilgin Yılmaz<sup>1,a,\*</sup>, Adnan Ayan<sup>2,b</sup>, Ezgi Sababoğlu<sup>3,c</sup>, Yaşar Göz<sup>1,d</sup>, Burçak Aslan Çelik<sup>4,e</sup>,  
Özgür Çelik<sup>4,f</sup>, Özge Oktay Ayan<sup>5,g</sup>

<sup>1</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Van, Türkiye

<sup>2</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Van, Türkiye

<sup>3</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Burdur, Türkiye

<sup>4</sup>Siirt Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Van, Türkiye

<sup>5</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Van, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Research Article</p> <p>Received : 28.11.2023 Accepted : 25.04.2024</p> <p>Keywords: Transposase gene Coxiella burnetii Rhipicephalus sanguineus Van Türkiye</p>	<p><i>Coxiella burnetii</i>, the obligate intracellular bacterium, is the causative agent of Q fever, a zoonotic disease of vertebrates including humans. Common ways of infection are breathing in contaminated barn dust and contact with waste from infected animals. The material of this study consists of 200 ticks which were collected from 70 stray dogs in Van province in east of Turkey between June to September of 2019. The collected ticks were transferred to the parasitology laboratory by taking them into tubes containing 70% alcohol and on which labels were affixed. Ticks were placed in tubes and crushed by freezing with liquid nitrogen. DNA was isolated according to the protocol of the kit manufacturer. To detect the DNA of <i>Coxiella burnetii</i>, a Trans 1, Trans 2 primer pair specific for the IS1111 repetitive transposase gene region was used. Bidirectional sequence analysis of the purified amplicons was performed with the DNA Sequencer. As a result of PCR targeting the IS1111 transposase gene, a positive result for <i>Coxiella burnetii</i> was obtained in 2 (1%) of 200 ticks. Potential risk factors and the importance of ticks in the epidemiology of Q fever in free-roaming dogs in Van province were emphasized by identifying the parasitic tick species and the prevalence of <i>C. burnetii</i> positive ticks in dogs.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(7): 1174-1177, 2024

## Köpeklerden Toplanan *Rhipicephalus sanguineus* Türü Kenelerden *Coxiella brunetii*'nin PCR ile Tespiti ve Moleküler Karakterizasyonu

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 28.11.2023 Kabul : 25.04.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: Transpozaz geni Coxiella Burnetii Rhipicephalus sanguineus Van Türkiye</p>	<p>Zorunlu hücre içi bakteri olan <i>Coxiella burnetii</i>, insanlar da dahil olmak üzere omurgalıların zoonotik bir hastalığı olan Q ateşinin etkenidir. Yaygın enfeksiyon yolları kontamine ahır tozunu solumak ve enfekte hayvanların atıklarıyla temastır. Bu çalışmanın materyalini Haziran-Eylül 2019 tarihleri arasında Türkiye'nin doğusundaki Van ilinde bulunan 70 sokak köpeğinden toplanan 200 adet kene oluşturmuştur. Toplanan keneler %70'lik alkol içeren tüplere alınarak parazitoloji laboratuvarına nakledilmiştir. hangi etiketlerin yapıştırıldığı. Keneler tüplere yerleştirildi ve sıvı nitrojen ile dondurularak ezildi. DNA, kit üreticisinin protokolüne göre izole edildi. <i>Coxiella burnetii</i>'nin DNA'sını tespit etmek için IS1111 tekrarlayan transpozaz gen bölgesine özel bir Trans 1, Trans 2 primer çifti kullanıldı. Safaştırılmış ampliconların çift yönlü dizi analizi, DNA dizileyici ile gerçekleştirildi. IS1111 transpozaz genini hedef alan PCR sonucunda 200 kenenin 2'sinde (%1) <i>Coxiella burnetii</i> pozitif sonuç elde edildi. Van ilinde serbest dolaşan köpeklerde Q ateşi epidemiyolojisinde potansiyel risk faktörleri ve kenelerin önemi, parazit kene türleri ve köpeklerde <i>C. burnetii</i> pozitif kenelerin prevalansı belirlenerek vurgulanmıştır.</p>

<sup>a</sup> [alibilginilyilmaz@yyu.edu.tr](mailto:alibilginilyilmaz@yyu.edu.tr)

<sup>c</sup> [ezgisababoglu@mehmetakif.edu.tr](mailto:ezgisababoglu@mehmetakif.edu.tr)

<sup>e</sup> [eburcakaslan@siirt.edu.tr](mailto:eburcakaslan@siirt.edu.tr)

<sup>g</sup> [ozgeokty09@gmail.com](mailto:ozgeokty09@gmail.com)

<sup>id</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0749-2418>

<sup>id</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3566-5443>

<sup>id</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0130-970X>

<sup>id</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2577-3774>

<sup>b</sup> [adnanayan@yyu.edu.tr](mailto:adnanayan@yyu.edu.tr)

<sup>d</sup> [yasargoz@yyu.edu.tr](mailto:yasargoz@yyu.edu.tr)

<sup>f</sup> [oyc@siirt.edu.tr](mailto:oyc@siirt.edu.tr)

<sup>id</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6564-3416>

<sup>id</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1040-9964>

<sup>id</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6365-2688>

## Giriş

Q humması (query (Q) fever), kahverengi köpek kenesi (brown dog tick), *Rhipicephalus sanguineus* da dahil olmak üzere Dünya çapında çok sayıda kene türünde tespit edilen ve küresel bir dağılıma sahip hücre içi bir bakteri olan *Coxiella burnetii*'nin neden olduğu zoonoz bir hastalıktır (Duron ve ark., 2015). Q ateşinin Yeni Zelanda dışında Dünya çapında endemik olarak seyreden bir hastalık olduğu bildirilmektedir (OIE, 2018).

İnsanlarda Q ateşi vakaları, çoğunlukla *C. burnetii* ile kontamine olmuş havanın solunması, insanlar ve evcil ruminantlar arasındaki yakın etkileşimlerle ilişkilendirilmiştir (Duron ve ark., 2015; OIE, 2018). Ayrıca çalışmalar (Buhariwalla ve ark.,1996; Komiyu ve ark., 2003), Q ateşinin epidemiyolojisinde evcil hayvanların rolünün giderek arttığını göstermiştir. Ancak *C. burnetii*'nin insanlara bulaşmasında kenelerin oynayabileceği rol büyük ölçüde araştırılmamıştır (Duron ve ark., 2015) Keneler (Acari: Ixodidae) haematophagous ektoparazitlerdir ve *C. burnetii* enfeksiyonunun doğal döngüsünü sürdürürebilmek için gerekli bir vektör olarak kabul edilir. Bugüne kadar 40'tan fazla kene türü *C. burnetii* ve diğer *Coxiella* türleri ile ilişkilendirilmiştir (Duron ve ark., 2015).

*R. sanguineus* kenesinin konakçısı evcil köpek (*Canis lupus familiaris*) olsa da, oportunistik olarak birçok memeli konakçıdan da beslenebilmektedir. Bu özellik muhtemelen *R. sanguineus*'un zoonotik bulaşmadaki rolünü arttırmaktadır. *R. sanguineus*, sırasıyla Avrupa ve ABD'de Akdeniz Benekli Ateşi ve Kayalık Dağ Benekli Ateşi (Mediterranean Spotted Fever and Rocky Mountain Spotted Fever) epidemiyolojisinde rol oynamaktadır ve anaplazmoz, babesiosis ve ehrlichiosis'in çeşitli kanidlere bulaşmasından sorumludur (Dantas-Torres, 2008). Ek olarak, *R. sanguineus*'un *Coxiella* da dahil olmak üzere çeşitli endosimiyonlara (endosymbionts) konakçılık (host) yaptığı bilinmektedir (Ahantarig ve ark., 2013; Duron ve ark., 2015; Watanabe ve ark., 2015)

Türkiye'de yürütülen bir çalışmada (Altay Çapın ve ark., 2013) *C. burnetii* bazı kene türlerinde tespit edilmiştir, ancak *R. sanguineus*'ta *C. burnetii* ve diğer *Coxiella* türlerinin varlığının tanımlandığına dair bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmanın amacı, sokak köpeklerinden toplanan kenelerde *C. burnetii* varlığını ve yaygınlığını araştırmak ve Van ilinde köpeklerde parazitlik yapan kene türlerinin dağılımını incelemektir.

## Materyal ve Metod

### Kenelerin Toplanması

Bu çalışma materyal olarak kullanılan keneler Haziran–Eylül 2019 tarihleri arasında Türkiye'nin doğusunda bulunan Van ilindeki 70 sokak köpeğinden 200 adet kene toplandı. Her köpekten toplanan keneler ayrı ayrı içinde %70 alkol bulunan ve üzerine etiket yapıştırılmış tüplere alınarak parazitoloji laboratuvarına transfer edildi. Keneler steromikroskop ile ilgili kaynaklar (Walker ve ark., 2003; Estrada-Peña ve ark.,2017) kullanılarak teşhis edildi.

### DNA Ekstaraksiyonu

Köpeklerden toplanan kenelerden tek tek DNA izolasyonu yapıldı. Her bir kene %70 etil alkol ile

yıkandıktan sonra distile su ile yıkandıktan sonra steril kağıt üzerinde kurutuldu. Keneler ayrı ayrı tüplere alındı ve sıvı azot ile dondurularak ezildi. DNA'lar Invitrogen PureLink™ Genomik DNA Mini Kiti (ABD, K182002) üreticinin protokolüne göre izole edildi, DNA içeriği NanoDrop 2000c ile ölçüldü, ardından PCR analizine kadar -20°C'de saklandı.

### IS1111a Transposase Geninin Ampifikasyonu

Kenelerde *C. burnetii* DNA'sının saptanması için IS1111 tekrarlayan transposase gen bölgesine spesifik olan Trans 1 (5' TATGTATCCACCGTAGCCAGTC 3') ve Trans 2 (5'CCCAACAACACCTCCTTATTC 3') (Hoover ve ark.,1992) içeren primer çifti kullanıldı. Son reaksiyon karışımı için, her bir primerden 6 pmol, 200uM dNTP (her bir deoksiniüksit trifosfattan 20 mM), 1,5 mM MgCl<sub>2</sub>, 0,1U Taq DNA polimeraz ve nükleaz içermeyen su kullanılarak mastermix hazırlandı. Hazırlanan mastermixe her örnek için 3 µl gDNA eklenerek toplam reaksiyon hacmi moleküler kullanıma uygun su ile 25 µl ye tamamlandı ve Thermal cycler'e (Bio Rad T 100) yerleştirildi. PCR amplifikasyonu için, 95°C'de 5 dakika süreyle başlangıç denatürasyonunu takiben 40 döngü olmak üzere 95°C'de 30 saniye denaturasyon, 60° C'de 30 saniye annealing ve 72°C'de 1 dakika süreyle extansiyon ve 72°C'de 7 dakika final extansiyon protokolü uygulandı. PCR sonucunda elde edilen ürünlerden 5µl, 0,5µg/ml ethidyum bromid içeren %1'lik agaroz jelde 80 Volt'da 60 dakika yatay elektroforezde yürütüldü. PCR reaksiyonu sonucu elde edilen ampliconların büyüklüğünü tespit edebilmek için 100bp DNA Ladder (Fermentas) kullanıldı. Elde edilen ampliconlar UV transillimünatör kullanılarak görüntüldü ve fotoğrafları çekildi.

### Sekans ve Filogenetik Analiz

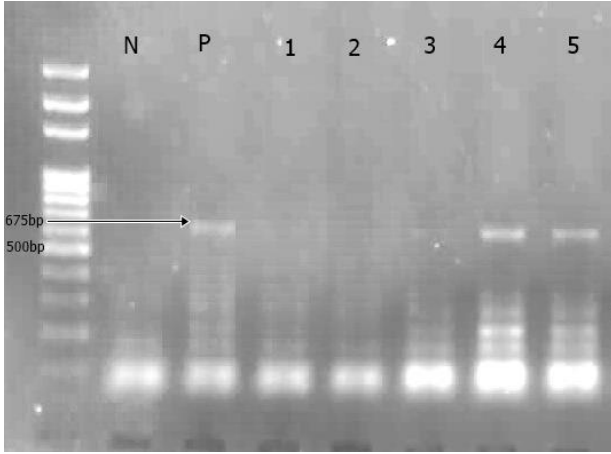
PCR ürünlerinden 30 µl PCR tüplerine yerleştirildi ve her numune için 3 µl primer (10 pmol) kullanıldı, saflaştırılan ampliconlar, Applied Biosystems 377 DNA Sıralayıcı cihazı ile çift yönlü dizi analizi yapıldı. Tüm izolatlar için IS1111 tekrarlayan transposase gen sekansları MW584232.1, MW584233.1 erişim numaraları ile GenBank'a kayıt edildi. GenBank'tan alınan MN094854.1, DQ379976.1, MK416227.1, MK028341.1, EF413062.1 kayıt numaralı diziler Clustal W algoritması ile MEGA 7 programında sıralandı. Filogenetik ağaç, Negihbor Joining modeli ve Bootstrap testi (100 tekrar) ile oluşturuldu ve elde edilen *C. brunetii* izolatlarının dizileri arasındaki evrimsel yakınlık, MEGA 7 programı ve Negihbor - Joining modeli kullanılarak belirlendi (Şekil 2).

## Sonuç

Van ilindeki 70 sokak köpeğinden toplanan 200 adet kenenin *Rhipicephalus sanguineus* türü kene olduğu teşhis edildi. Kenelerin 114 tanesinin dişi 86 tanesinin erkek olduğu görüldü. IS1111 transposaz genini hedefleyen PCR sonucu 200 kenenin 2'sinde (%1) *C. burnetii* açısından pozitif sonuç elde edildi (Figure 1).

*C. burnetii*'in amplifiye edilmiş IS1111 transposaz gen bölgesinin sekanslarının MN094854.1, MK416227.1, MH394636.1, DQ379976.1, MK028341.1, KT345175.1,

KT345176.1, KT345179.1, KT345183.1, EF413062.1 ile karşılaştırılarak elde edilen filogenetik ağaç Şekil 2'de gösterildi. Çalışmada *Rhipicephalus sanguineus* türü kenelerden izole edilen *C.brunetii* ile *Hyalomma excavatum*, *Argas persicus*, *Rhipicephalus sanguineus*, *Ornithodoros maritimus*, *Ornithodoros amblus*, *Haemaphysalis punctata* türü kenelerden izole edilen *C. brunetii* sekansları ile arasındaki evrimsel yakınlık filogenetik ağaç ile gösterildi. Dış grup olarak *Coxiella cheraxi* kullanıldı (EF413062.1).

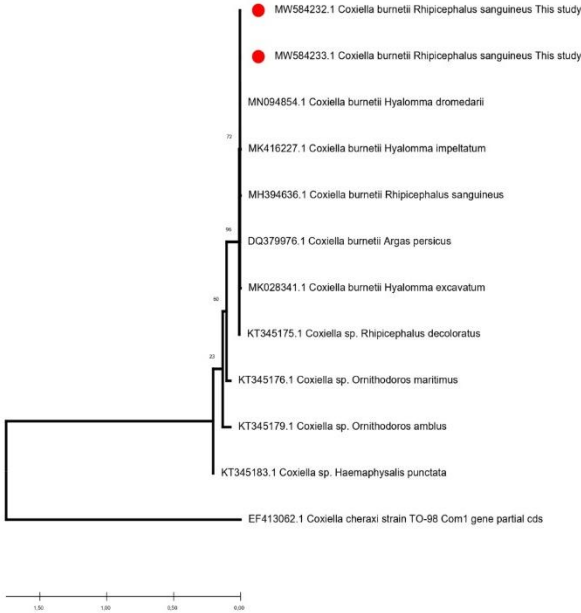


Şekil 1. *C. brunetii* PCR sonuçları

(M: Marker, N: Negatif kontrol, P: Pozitif kontrol, 1,2,3 negatif kene örneği, 4,5 pozitif kene örneği)

Figure 1. *C. brunetii* PCR results

(M: Marker, N: Negative control, P: Positive control, 1,2,3 negative tick samples, 4,5 positive tick samples)



Şekil 2. Mevcut çalışmada elde edilen izolatların GenBank'tan elde edilen dizilerle filogenetik ilişkisi. Ağaç, genetik mesafesi 0.50 olan Neighbor - Joining analizi (NJ) ile yapılmıştır.

Figure 2. Phylogenetic relationship of the isolates obtained in the present study with sequences obtained from GenBank. The tree was constructed by Neighbor - Joining analysis (NJ) with a genetic distance of 0.50.

## Tartışma

Zorunlu hücre içi bakteri olan *Coxiella burnetii*, insanlar dahil omurgalıların zoonotik bir hastalığı olan Q hummasının nedensel ajanıdır (Madariaga ve ark. 2003; Raoult, Marrie ve Mege 2005; van Schaik ve ark. 2013; Vanderburg ve ark. 2014). Yaygın enfeksiyon yolları, kontamine ahır tozunun solunması ve enfekte hayvanların atıkları ile temastır.

Andoh ve ark., (2013) kentsel ortamlarda evcil köpeklerden toplanan kenelerde *C. burnetii* tespit etmediklerini rapor etmiştir. Benzer şekilde Avustralya'da köpeklerden toplanan *Rhipicephalus sanguineus* kenelerinde *C. burnetii* varlığının araştırıldığı bir çalışmada da kenelerde *C. burnetii*'nin tespit edilmediği bildirilmiştir (Oskam ve ark., 2017). Diğer taraftan Machado-Ferreira ve ark., (2016) tarafından Brezilya, Kolombiya, Kenya ve Çin de dahil olmak üzere dünya çapında örneklenmiş 15 farklı türden 293 kene örneğinde 16S ribozomal DNA (rDNA) gen analizleri ile *Coxiella* enfeksiyonu taraması yapılmış ve *Rhipicephalus sanguineus*'un yaklaşık%61'i ve *Rhipicephalus microplus* DNA örneklerinin %37'si *Coxiella* yönünden pozitif bulunduğu rapor edilmiştir.

İran'ın güneydoğusunda Kerman'daki köpeklerden toplanan kenelerde *C. burnetii* varlığının araştırıldığı bir çalışmada köpeklerden toplanan toplam 375 kene örneğinin tümünün *Rhipicephalus sanguineus* olarak tanımlandığı, 8 kene havuzu örneğinden birinde (%12,5) *Coxiella burnetii* saptandığı rapor edilmiştir (Khalili ve ark., 2018). Belgrad'ta 51 sokak köpeğinden 316 kene toplanmış ve türlerinin *Rhipicephalus sanguineus* (%72,15), *Ixodes ricinus* (%27,53) ve *Dermacentor reticulatus* (%0,32) olduğu tespit edilmiş, *C. burnetii* DNA'sının ise incelenen kene türlerinden sadece *R. sanguineus*'ta tespit edildiği ve prevalansının %10,53 (24/228) olduğu bildirilmiştir (Bogunović ve ark., 2018). Malezya'dan 23 köpekten toplanan toplam 44 *Rhipicephalus sanguineus* kenesi *Rickettsia*, *Anaplasmataceae* ve *Coxiella burnetii* açısından tarandığı bir çalışmada kenelerin %59'unda (26/44) *Coxiella burnetii* saptandığı, ancak hiçbirinde *Rickettsia* ve *Anaplasmataceae* saptanmadı bildirilmiştir (Watanabe ve ark., 2015). Saha çalışmalarında gözlenen *C. burnetii* pozitif kenelerin yüzdesinin tipik olarak düşük olduğu (<%5), ancak %5'ten hatta %10'dan fazla prevalans seviyeleri de rapor edildiği açıklanmıştır (Duron ve ark., 2015). Türkiye'nin Çorum ilinde yerel hastanelere kene ısırtığı şikayeti ile başvuran hastalardan toplanan kenelerde en yaygın *Rickettsia spp.* *R. aeschlimannii* (%19,5), *R. slovacica* (%4,5), *R. raoultii* (%2,2), *R. hoogstraalii* (%1,9), *R. sibirica subsp mongolitimon* (%1,2), *R. monasensis* (%0,31) ve *Rickettsia spp* (%1,2)'nin tespit edildiği bildirilmiş. Ek olarak, aşağıdaki patojenler tanımlanmıştır: *Borrelia afzelii* (%0,31), *Anaplazma spp* (%0,31), *Ehrlichia spp* (%0,93), *Babesia microti* (%0,93), *Babesia ovis* (%0,31), *Babesia occultans* (%3,4), *Theileria spp.* (%1,6), *Hepatozoon felis* (%0,31), *Hepatozoon canis* (%0,31) ve *Hemolivia mauritanica* (%2,1). Ancak tüm numunelerin *Francisella tularensis*, *Coxiella burnetii*, *Bartonella* türleri, *Toxoplasma gondii* ve *Leishmania* türleri yönünden negatif bulunduğu rapor edilmiştir (Karasartova ve ark., 2018).

Sonuç olarak köpeklerde parazitlik yapan kene türlerini ve *C burnetii* pozitif kenelerin yaygınlığını belirleyerek, Van'daki sokak köpeklerinde Q ateşinin epidemiyolojisindeki potansiyel risk faktörlerini ve kenelerin önemi bu çalışma ile vurgulanmıştır. Enfekte köpekler üzerinde bulunan kenelerin *C. burnetii* tarafından enfekte olabileceğini ve bu durumun halk sağlığı açısından zoonotik önemini göstermektedir. Ayrıca kenelerde *C. burnetii*'nin varlığı veya yokluğunun Van ilinde *C. burnetii*'nin surveillansı ile keneler aracılığı ile bu hastalığın bulaşma potansiyeline ilişkin bilgiler sağlayabilir.

## Kaynaklar

- Ahantariğ, A., Trinchartvanit, W., Baimai, V., Grubhoffer, L., 2013. Hard ticks and their bacterial endosymbionts (or would be pathogens). *Folia Microbiol.* (Praha). 58, 419–428. doi:10.1007/s12223-013-0222-1
- Altay Çapın, G., Emre, Z., Canpolat, S., Vatanserver, Y., Düzgün, A., 2013. Detection of *Coxiella burnetii* from ticks by polymerase chain reaction and restriction fragment length polymorphism. *Ankara Univ. Vet. Fak. Derg.* 60, 263–268. doi:10.1501/vetfak\_0000002590
- Andoh, M., Andoh, R., Teramoto, K., Komiya, T., Kaneshima, T., Takano, A., Hayashidani, H., Ando, S., 2013. Survey of coxiella burnetii in ticks collected from dogs in Japan. *J. Vet. Med. Sci.* 75, 1115–1117. doi:10.1292/jvms.12-0570
- Bogunović, D., Stević, N., Sidi-Boumedine, K., Mišić, D., Tomanović, S., Kulišić, Z., Magaš, V., Radojičić, S., 2018. Molecular evidence of q fever agent coxiella burnetii in ixodid ticks collected from stray dogs in belgrade (Serbia). *Acta Vet. Brno.* 68, 257–268. doi:10.2478/acve-2018-0023
- Buhariwalla F, Cann B, Marrie TJ (1996). A dog-related outbreak of Q fever. *Clin Infect Dis* 23:753–5.
- Dantas-Torres, F., 2008. The brown dog tick, *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae): From taxonomy to control. *Vet. Parasitol.* 152, 173–185. doi:10.1016/j.vetpar.2007.12.030
- Duron, O., Sidi-Boumedine, K., Rousset, E., Moutailler, S., Jourdain, E., 2015. The Importance of Ticks in Q Fever Transmission: What Has (and Has Not) Been Demonstrated? *Trends Parasitol.* 31, 536–552. doi:10.1016/j.pt.2015.06.014
- Estrada-Peña, A., Mihalca, A.D., Petney, T.N. (2017). Ticks of Europe and North Africa: A guide to species identification. Springer, Cham, Switzerland, 404 pp
- Hoover T., Vodkin M.H., William J.C. (1992). A *Coxiella burnetii* repeated DNA element resembling a bacterial insertion sequence. *J. Bacteriol.* 174:5540-5548.
- Karasartova, D., Gureser, A.S., Gokce, T., Celebi, B., Yapar, D., Keskin, A., Celik, S., Ece, Y., Erenler, A.K., Usluca, S., Mumcuoglu, K.Y., Taylan-Ozkan, A., 2018. Bacterial and protozoal pathogens found in ticks collected from humans in Corum province of Turkey. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 12, 1–19. doi:10.1371/journal.pntd.0006395
- Khalili, M., Rezaei, M., Akhtardanesh, B., Abiri, Z., Shahheidaripour, S., 2018. Detection of *Coxiella burnetii* (Gammaproteobacteria: Coxiellaceae) in ticks collected from infested dogs in Kerman, Southeast of Iran. *Persian J. Acarol.* 7, 93–100. doi:10.22073/pja.v1i1.30699
- Komiya, T., Sadamasu, K., Toriniwa, H., Kato, K., Arashima, Y., Fukushi, H., Hirai, K., Arakawa, Y., 2003. Epidemiological survey on the route of *Coxiella burnetii* infection in an animal hospital. *J. Infect. Chemother.* 9, 151–155. doi:10.1007/s10156-003-0237-7
- Machado-Ferreira, E., Vizzoni, V.F., Balsemão-Pires, E., Moerbeck, L., Gazeta, G.S., Piesman, J., Voloch, C.M., Soares, C.A.G., 2016. *Coxiella* symbionts are widespread into hard ticks. *Parasitol. Res.* 115, 4691–4699. doi:10.1007/s00436-016-5230-z
- Madariaga M.G., Rezai K., Trenholme G.M., Weinstein R.A. (2003). Q fever: a biological weapon in your backyard. *Lancet Infect Dis* 3: 709-721
- Oskam, C.L., Gofton, A.W., Greay, T.L., Yang, R., Doggett, S., Ryan, U.M., Irwin, P.J., 2017. Molecular investigation into the presence of a *Coxiella* sp. in *Rhipicephalus sanguineus* ticks in Australia. *Vet. Microbiol.* 201, 141–145. doi:10.1016/j.vetmic.2017.01.021.
- Raoult D., Marrie T., Mege J. (2005). Natural history and pathophysiology of Q fever. *Lancet Infect Dis.* 5: 219-226.
- Vanderburg S., Rubach M.P., Halliday J.E.B., Cleaveland S., Reddy E.A., Crump J.A. (2014). Epidemiology of *Coxiella burnetii* infection in Africa: a OneHealth systematic review. *PLoS Neglect Trop D.* 8- e2787.
- Walker, A.R., Bouattour, A., Camicas, J.L., Estrada-Pena, A., Horak, I.G., Latif, A.A., Pegram, R.G. and Preston, P.M. 2003. Ticks of domestic animals in Africa: a guide to identification of species. *Bioscience Reports*, Edinburgh Scotland, UK, 221 pp.
- Watanabe, M., Nakao, R., Amin-Babjee, S.M., Maizatul, A.M., Youn, J.H., Qiu, Y., Sugimoto, C., Watanabe, M., 2015. Molecular screening for *Rickettsia*, *Anaplasmataceae* and *Coxiella burnetii* in *Rhipicephalus sanguineus* ticks from Malaysia. *Trop. Biomed.* 32, 390–398.
- World Organisation for Animal Health (OIE). *Terrestrial Manual*, Chapter 2.1.16. Q fever. Paris, 2018.



## The Effect of Olive Oil Industry By-Product Wastewater on the Quality and Microbiological Characteristics of Hungarian-triticale Silages

Asuman Arslan Duru<sup>1,a,\*</sup>, Dilek Aksu Elmalı<sup>2,b</sup>, Osman Yüksel<sup>3,c</sup>, Metin Duru<sup>1,d</sup>

<sup>1</sup>Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Uşak University, Uşak, Türkiye

<sup>2</sup>Department of Animal Nutrition and Nutritional Diseases, Faculty of Veterinary, Hatay Mustafa Kemal University, Hatay, Türkiye

<sup>3</sup>Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Uşak University, Uşak, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Research Article</p> <p>Received : 19.01.2024 Accepted : 27.02.2024</p> <p>Keywords: Hungarian vetch Olive wastewater Silage Fermentation Microbiology</p>	<p>The aim of this study was to investigate the effect of the addition of olive wastewater, a by-product of olive oil industry, to Hungarian vetch-triticale silages at different doses on their chemical composition, fermentation, physical, microbiological properties and <i>in vitro</i> digestibility. The experiment silages were prepared as follows: (i) 100% Hungarian vetch-triticale silage (control); (ii) 95% Hungarian vetch-triticale + 5% olive wastewater; (iii) 90% Hungarian vetch-triticale + 10% olive wastewater; (iv) 85% Hungarian vetch-triticale + 15% olive wastewater; (v) 80% Hungarian vetch-triticale + 20% olive wastewater. The ensiling period continued for 56 days. As a result, odor, organic matter, pH and water-soluble carbohydrate contents of silages decreased; dry matter, crude ash, ADF, ether extract and Fleig Score increased by olive wastewater addition. Differences in crude protein, crude fiber, NDF, ammonia nitrogen, lactic acid bacteria, <i>in vitro</i> dry matter and organic matter digestibility were not significant. Sulfite reducing anaerobes, <i>Listeria</i> spp., Enterobacteriaceae and yeasts were not found in the experiment silages. Mold content was found in one sample in the group containing 15% olive wastewater. At the end of the study, it was concluded that the addition of up to 20% olive wastewater to Hungarian vetch-triticale mixtures did not have any negative effect.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(7): 1178-1184, 2024

## Zeytinyağı Sanayii Yan Ürünü Karasuyun Macar Fiğ- tritikale Silajlarının Kalitesi ve Mikrobiyolojik Özelliklerine Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 19.01.2024 Kabul : 27.02.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: Macar fiğ Karasu Silaj Fermentasyon Mikrobiyoloji</p>	<p>Bu çalışmada amaç, zeytinyağı sanayii yan ürünü olan karasuyun Macar fiğ-tritikale silajlarına farklı dozlarda ilavesinin kimyasal kompozisyon, fermentasyon, fiziksel, mikrobiyolojik özellikleri ve <i>in vitro</i> sindirilebilirlikleri üzerine etkisini incelemektir. Araştırma silajları belirtilen şekilde oluşturulmuştur: (i) %100 Macar fiğ-tritikale silajı (kontrol); (ii) %95 Macar fiğ-tritikale + %5 karasu; (iii) %90 Macar fiğ-tritikale + %10 karasu; (iv) %85 Macar fiğ-tritikale + %15 karasu; (v) %80 Macar fiğ-tritikale + %20 karasu. Silolama dönemi 56 gün devam etmiştir. Sonuç olarak, karasu ilavesiyle silajların koku, organik madde, pH ve suda çözünebilir karbonhidrat içerikleri azalmış; kuru madde, ham kül, ADF, ham yağ ve Fleig puanı artmıştır. Ham protein, ham selüloz, NDF, amonyak azot, laktik asit bakterileri, <i>in vitro</i> kuru madde ve organik madde sindirilebilirlikleri bakımından görülen farklılıklar önemli bulunmamıştır. Araştırma silajlarında sülfid indirgeyen anaeroblar, <i>Listeria</i> spp., Enterobacteriaceae ve maya içeriğine rastlanmamıştır. Küf içeriği, %15 karasu içeren grupta bir örnekte saptanmıştır. Araştırma sonunda, Macar fiğ-tritikale karışımlarından oluşan silajlara %20 düzeyine kadar karasu ilavesinin herhangi bir olumsuz etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.</p>

<sup>a</sup> [duru.asuman@gmail.com](mailto:duru.asuman@gmail.com)  
<sup>c</sup> [osman.yuksel@usak.edu.tr](mailto:osman.yuksel@usak.edu.tr)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7290-1719>  
<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5972-4885>

<sup>b</sup> [daksuelmali@hotmail.com](mailto:daksuelmali@hotmail.com)  
<sup>d</sup> [durumet@gmail.com](mailto:durumet@gmail.com)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0001-9209-7676>  
<sup>d</sup> <https://orcid.org/0009-0007-7312-5719>



## Giriş

Eski çağlardan beri Akdeniz ülkelerinde gerçekleştirilen zeytin (*Olea europaea* L.) yetiştiriciliği günümüzde de oldukça önemli ve geleneksel bir agro-endüstriyel faaliyet konumundadır. Ülkemizde 2023 yılında 1520.000 ton zeytin üretimi gerçekleşmiştir (Anonim, 2024). Zeytinin işlenmesiyle elde edilen yağ ve diğer yan ürünlerden zeytin yaprağı ve zeytin karasuyunun fenolik bileşiklerce zengin olması ve ayrıca hipokolesterolemik, antioksidan, antimikrobiyal ve antiinflamasyon gibi çok yönlü biyolojik aktivitesi olduğu bilinmektedir. Zeytinyağı eldesi, presleme, santrifüjleme veya seçici filtrasyon (perkolasyon) metotlarıyla gerçekleştirilmektedir (Gümüşkesen, 1999). Bu metotlardan en modern, hızlı ve en çok kullanılan yöntemi santrifüjlemedir. Santrifüjlemede, iki ve üç aşamalı iki farklı metot mevcuttur. Bu metotlardan, 3 aşamalı metotta zeytinyağı, zeytin posası ve karasu elde edilirken, 2 aşamalı metotta zeytinyağı ile zeytin posası elde edilmektedir. Su ilavesini ve atık olarak açığa çıkan karasu miktarını azaltmak için iki aşamalı sistem geliştirilmiştir. Bu metotlardan, iki aşamalı sistemde 1 ton zeytinden 200 kg zeytinyağı ve 800 kg zeytin posası elde edilirken (Albuquerque ve ark., 2004; Molina-Alcaide & Yanez-Ruiz, 2008), üç aşamalı sistemde ise, 1 ton zeytinden 214 kg zeytinyağı, 496 kg zeytin posası ve 1633 kg zeytin karasuyu (yıkama suyu dahil) elde edilmektedir (Vlyssides ve ark., 2004).

Karasu, zeytinlerin yağa işlenmesinden elde edilen koyu kırmızı renkli, organik ve mineral maddeler bakımından zengin asidik nitelikte, miktarı kullanılan yağ çıkarma sistemine bağlı olarak değişen sıvı alt üründür. Karasu, kuvvetli antioksidan özelliğine sahip olan polifenoller içermektedir. Karasuyun bileşiminde taninler, şekerler, polifenoller, pektinler, polialkoller ve lipidler yer almaktadır. Zeytin karasuyunda bulunan polifenolik maddeler antioksidan, antimikrobiyal ve fitotoksik özellikler kazandırmaktadır (Yeşilada ve ark., 1998). Karasuyun 3-5,9 pH, %2-8, ham protein, %0,03 ham yağ ve %1,5-2 ham kül içerdiği belirtilmiştir (Sansoucy, 1985; İkizoğlu, 2009). Karasuyun hayvan beslemede kullanımına yönelik çalışmalar oldukça az sayıdadır. Kimyasal kompozisyonu, ekstraksiyona göre değişen karasu, Martillotti (1983) tarafından geliştirilen çift aşamalı evaporasyon, sterilizasyon, alkol ve sodyum fenolatların ayrıştırılması aşamalarından oluşan Dalmolive yöntemiyle hayvan beslemede kullanılabilecek yaklaşık %49 kuru maddeye sahip pelet yem haline getirilmiştir. Martillotti (1983) tarafından silaj ve karma yem verilen buzağuların performanslarının, karasu ve kurutulmuş zeytin posası içeren yemleri tüketenlere oranla daha düşük olduğu belirlenmiş ve karasuyun protein ile desteklenerek enerji kaynağı olarak belirli oranlarda rasyonlara ilave edilmesinin faydalı olacağını bildirmiştir. Yine, Verna ve ark. (1988), rasyonlara karasu ilavesinin *in vivo* kuru madde ve organik madde sindirilebilirliğini artırdığını ifade etmişlerdir. Bir başka çalışmada ise, 18 aylık koyunlara %20 protein ilavesi ile desteklenen, %0, 20, 40 ve 60 düzeylerinde karasuyla muamele edilmiş saman ve aynı oranlarda karasu katkılı parçalanmış zeytin dalları verilmiş; kuru ot, saman veya zeytin dalları vb. kaba yemlerle gereksinim duyulan protein ilavesi yapıldığında,

toplam karışımda %60 düzeyine kadar karasu konsantrisi kullanılabileceği belirtilmiştir (Bufano ve ark., 1982). Durgut (2008), karma yemlerine karasu ve vitamin E katkısının, etlik piliçlerin performansını önemli düzeyde etkilemediğini ancak uygun dozlarda kullanılması durumunda karasuyun piliç etinin raf ömrünü uzatabileceğini belirtmiştir. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, zeytin yan ürünü olan karasuyun hayvan beslemede kullanımı olumsuz bir etki yapmamıştır.

Çalışmada, bölgede en çok yetiştiriciliği yapılması nedeniyle tercih edilen fiğ-tritikale karışımının karasu ile silolanmasının mümkün olup olmayacağı ve silolanabilirliği durumunda karasuyun hangi düzeylerde ilavesinin uygun olacağı, karasuyun silajlarda mevcut olumlu ya da olumsuz etkileri ile bazı kimyasal kompozisyon, fermentasyon, duyuşal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### *Silo Materyali ve Silolama Dönemi*

Uşak Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Arazisinde çalışmanın ana materyalini oluşturan olan Macar fiğ-tritikale karışımı (%50 Macar fiğ ve %50 tritikale) yetiştirilmiştir. Silajlık materyal, Macar fiği alt baklaların dolduğu dönemde akşam hasat edilmiş ve ertesi sabah laboratuvar koşullarında silolama gerçekleştirilmiştir. Macar fiğ-tritikale karışımına ilave edilen karasu, Aydın İlinde faaliyet gösteren bir zeytin sıkma işletmesine ait atık biriktirme havuzlarından katı formda temin edilerek kullanılmıştır.

Silolama ve açım sonrası analizler Uşak Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Yemler ve Hayvan Besleme Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar koşullarında yapılan silolamada 1 litrelik anaerob plastik kavanozlar kullanılmış ve kavanoz kapakları PVC ile sıkıca kapatılarak silolama, 4 paralel olarak 56 gün devam etmiştir. Deneme modeli şu şekildedir; (i) %100 Macar fiğ-tritikale silajı (kontrol); (ii) %95 Macar fiğ-tritikale + %5 karasu silajı; (iii) %90 Macar fiğ-tritikale + %10 karasu silajı; (iv) %85 Macar fiğ-tritikale + %15 karasu silajı; (v) %80 Macar fiğ-tritikale + %20 karasu silajı.

Silajlar, 56 gün süren silolama dönemi sonunda açılmıştır. Açım gününde, silajların koku, renk ve strüktür özellikleri, Alman Tarım Örgütü (DLG, 1987) silaj değerlendirme cetveline göre deneyim sahibi altı panelistle belirlenmiştir.

### *Kimyasal Analizler*

Silajlar açıldıkları anda, 25 g silaj örneği tartılmış, 100 ml saf su eklenmiş ve çalkalayıcı yardımıyla karıştırılarak örneklerin pH'sı dijital pH metreyle ölçülmüştür (Polan ve ark., 1998). Açımdan hemen sonra 40 g örnek tartılmış, 360 ml saf su eklenmiş ve 5 dak. çalkalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen karışım, filtre kağıdından (Whatman no:1) süzülüş ve elde edilen süzükten 100 ml alınarak NH<sub>3</sub>-N tayininde kullanılmıştır. NH<sub>3</sub>-N tayini Kjeldahl distilasyon yöntemiyle yapılmıştır (Broderick & Kang, 1980). Aynı süzükten 10 ml alınmış, araştırma silajlarının laktik asit, asetik asit, propiyonik asit ve bütirik



asit içeriklerini belirlemek için 30 dak. 14.000 rpm/dak santrifüj edilmiş ve analiz gününe kadar – 18°C’de derin dondurucuda bekletilmiştir. Analiz gününde çözdürülen örneklerin organik asit içerikleri HPLC cihazında belirlenmiştir. Silajlara ait suda çözünebilir karbonhidrat değerleri ise, fenol-sülfirik asit metoduyla saptanmıştır (Dubois ve ark., 1956). Ayrıca silaj örneklerine ait *in vitro* kuru madde ve organik madde sindirilebilirlikleri enzim tekniği ile tespit edilmiştir (D’orleans ve ark., 1980).

Silajların besin maddelerinin belirlenmesi amacıyla, kitleyi temsil edecek şekilde silaj her kavanozundan 3 paralel örnek alınmış ve hava sirkülasyonlu etüvde 60°C’de 48 saatte kurutulmuştur (AOAC, 1999). Kurutma sonrası, örnekler 1 mm elek çapında öğütülerek ham selüloz, Kjeldahl yöntemiyle ham protein, petrol eteri ile ekstraksiyon yöntemine göre ham yağ, 550°C’de 3-5 saat kül fırınında yakılarak ham kül içerikleri tespit edilmiş ve aşağıda belirtilen formülle organik madde düzeyleri % kuru madde esasına göre hesaplanmıştır (AOAC, 1999).

Organik Madde=Kuru Madde-Ham Kül

Araştırma silajlarının asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) düzeyleri Van Soest (1982)’nin bildirdiği prosedüre göre fiber analiz cihazında gerçekleştirilmiştir. Silajların Fleig puanları ve kalite sınıfları Kılıç (1986)’ın bildirdiği aşağıda belirtilen formülle hesaplanmıştır:

$$\text{Fleig Puanı} = 220 + (2 \times \% \text{KM} - 15) - 40 \times \text{pH}$$

#### **Mikrobiyolojik Analizler**

Araştırmada elde edilen silajların her birinde laktik asit bakteri sayısı, *Enterobacteriaceae*, sülfid indirgeyen anaeroblar, *Listeria* spp, küf ve maya içerikleri belirlenmiştir (Harrigan, 1998). Analizler, aseptik koşullarda yapılmıştır. Steril polietilen poşetlere hassas teraziyile 10 g numune tartılmıştır. Bu işlemi takiben, hazırlanan bu örneklerin üzerine, 90 ml peptonlu su (%0,1) ilave edilerek stomacherde homojenize edilmiştir. Ardından, analizi yapılan mikroorganizmalar için dilüsyonlar yapılmıştır. Ekimler spesifik besi yerlerine yapılarak, optimum üreme koşullarında inkübasyona bırakılmıştır.

*Listeria* spp. analizi; Örneklerin her biri 25 g steril polietilen poşetlere tartılarak, üzerine 225 ml One Broth-*Listeria* (Oxoid) katılmıştır. Hazırlanan numuneler stomacherde homojenize edilmiş, zenginleştirme amacıyla 30°C’de 24 saat aerob koşullarda inkübasyona bırakılmıştır. Zenginleştirme işleminin tamamlanmasıyla, homojenizattan 0.1 ml alınmış Brilliance *Listeria* (Oxoid) Agar’a çizme plak yöntemiyle ekilmiştir. Takiben, inkübatörde 37°C’de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon işlemi sonunda, besi yeri üzerinde yeşil-mavi koloniler, *Listeria* spp. şüpheli koloniler olarak kabul edilmiştir.

#### **İstatistik Analizler**

Araştırma sonunda veriler, SPSS paket programında One-Way ANOVA prosedürüne göre analiz edilmiştir. Gruplar arasındaki farklılıkların belirlenmesinde ise Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır.

## **Bulgular ve Tartışma**

### **Fiğ-Tritikale Silajlarında Fiziksel – Duyusal Analizler**

Araştırmada karasuyun Macar fiğ-tritikale silajlarında farklı düzeylerde kullanılmasının fiziksel özellikler üzerine etkisi olup, olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır. Farklı düzeylerde ilave edilen karasuyun Macar fiğ-tritikale silajlarının fiziksel özelliklerine etkisi Çizelge 1’de sunulmuştur.

Bu çalışmada, farklı oranlarda karasu ilavesiyle yapı ve renk bakımından gruplar arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır ( $P>0,05$ ). Fakat koku özelliği bakımından karasu ilavesi bulunmayan kontrol grubunun en yüksek puanı aldığı belirlenmiştir ( $P<0,05$ ). Silaj kalitesini belirlemede basit ve ucuz olması nedeniyle tercih edilebilen fiziksel özellikler, duyu organlarıyla yapılmaktadır. Silajlarda renk açısından açık yeşilden siyaha kadar değişik renk tonları bulunmaktadır. Renk tonunun siyaha doğru yaklaşması protein parçalanmasına işaret etmektedir (Ergün ve ark., 2013). Benzer şekilde, iyi kalitede bir silajın ana materyalini oluşturan taze yeşil yemin aksamının bozulmaması ve yapışkan bir yapıda olmaması istenir. Araştırma silajlarında, renk açısından gruplar arasında önemli bir fark bulunmamıştır.

Silajlardan kendilerine özgü hafif asidik olması ve istenmeyen bütirik asit, küf ve amonyak kokusuna hakim olmaması beklenmektedir (Ergün ve ark., 2013). Karasu ilave edilen Macar-fiğ-tritikale silajlarının kokusu kontrol grubuna göre düşük bulunsun da kalite sınıfı açısından iyi durumda olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak araştırma silajları fiziksel özellikleri açısından değerlendirildiğinde, farklı dozlarda karasu ilavesinin silajların kalitesine olumsuz etkisinin olmadığı anlaşılmıştır. Baklagillerle yapılan silajlarda, katkı maddeleri kullanıldığında silajların fiziksel özellikleri üzerine katkı maddelerinin olumlu etkileri olduğu bildirilmektedir (Dumlu & Tan, 2009; Aksu Elmalı & Duru, 2012).

### **Fiğ-Tritikale Silajlarının Kimyasal Kompozisyonu**

Araştırmadaki silo ana materyalinin Macar fiğ-tritikale karışımlarının oluşturduğu silajlara farklı düzeylerde karasu ilavesine ait kimyasal analiz sonuçlarına ait değerler Çizelge 2’de verilmiştir.

Macar fiğ - tritikale silajlarına %15 ve %20 düzeylerinde karasu ilavesiyle kuru madde oranı kontrol grubu, %5 ve %10 karasu ilave edilen gruplara göre önemli düzeyde yüksek ( $P<0,001$ ), %20 karasu ilave edilen grubun organik madde oranı kontrol grubuna nazaran önemli düzeyde düşük bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Yemin kuru madde içeriği silaj kalitesini etkileyen en önemli kriterlerden biridir. Kuru madde yüksek ise silaj iyi sıkıştırılmamaktadır. Ancak silajların kuru madde içeriği düşük olduğunda, fermentasyon sırasında önemli miktarda dehidrasyon meydana gelmekte ve silajlarda önemli düzeylerde besin madde kayıpları şekillenmektedir. Araştırma silajlarında yeterli düzeyde suda çözünebilir karbonhidrat (Çizelge 3) bulunması nedeniyle silajlarda organik madde ve kuru madde kaybının olmadığı anlaşılmaktadır. Demirci ve ark. (2011), balyalanmış Macar fiğ-buğday silajlarının kuru madde içeriğinin %44.1 olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 1. Macar fiğ – tritikale silajlarının fiziksel özellikleri

Table 1. Physical properties of Hungarian vetch – triticale silages

Gruplar	Koku*	Strüktür	Renk
Kontrol	13,8±0,2 <sup>a</sup>	3,8±0,2	1,8±0,2
% 5 Karasu	11,1±0,4 <sup>b</sup>	3,7±0,2	1,8±0,2
% 10 Karasu	11,5±0,9 <sup>b</sup>	3,8±0,2	1,8±0,1
% 15 Karasu	10,7±0,7 <sup>b</sup>	4,0±0,0	1,8±0,3
% 20 Karasu	10,8±0,7 <sup>b</sup>	3,7±0,2	1,8±0,1

\* P&lt;0,05: Farklı harfle belirtilen gruplar arasında önemli farklılık vardır.

Çizelge 2. Macar fiğ – tritikale silajlarının kimyasal kompozisyonları

Table 2. Chemical compositions of Hungarian vetch – triticale silages

Parametreler	Karasu Düzeyleri, %				
	Kontrol	%5	%10	%15	%20
Kuru Madde*, %	34,25 <sup>c</sup>	35,45 <sup>c</sup>	37,90 <sup>b</sup>	41,27 <sup>a</sup>	42,70 <sup>a</sup>
Ham Kül*, % KM	8,53 <sup>e</sup>	9,64 <sup>d</sup>	10,16 <sup>c</sup>	11,19 <sup>b</sup>	12,14 <sup>a</sup>
Organik Madde**, % KM	75,08 <sup>a</sup>	72,80 <sup>b</sup>	73,11 <sup>ab</sup>	72,90 <sup>ab</sup>	71,42 <sup>b</sup>
Ham Protein, % KM	12,51	12,43	11,72	11,88	11,43
Ham Yağ*, % KM	0,43 <sup>e</sup>	1,22 <sup>d</sup>	2,27 <sup>c</sup>	3,54 <sup>b</sup>	4,22 <sup>a</sup>
Ham Selüloz, % KM	24,56	23,50	23,80	23,98	22,36
NDF, % KM	42,31	43,49	44,14	43,95	43,75
ADF**, % KM	28,34 <sup>c</sup>	29,15 <sup>bc</sup>	30,37 <sup>ab</sup>	30,82 <sup>ab</sup>	31,26 <sup>a</sup>

\*P&lt;0,001 Aynı satırda farklı harflerle belirtilen gruplar arasındaki fark önemlidir; \*\*P&lt;0,05 Aynı satırda farklı harflerle belirtilen gruplar arasındaki fark önemlidir.

Çizelge 3. Macar fiğ-tritikale silajlarının fermentasyon özellikleri ve *in vitro* sindirilebilirlikleriTable 3. Fermentation characteristics and *in vitro* digestibility of Hungarian vetch-triticale silages

Parametreler	Karasu Düzeyleri, %				
	Kontrol	%5	%10	%15	%20
pH*	4,12 <sup>ab</sup>	4,04 <sup>c</sup>	4,10 <sup>b</sup>	4,17 <sup>a</sup>	4,16 <sup>a</sup>
Fleig Puanı*	108,58 <sup>d</sup>	114,49 <sup>c</sup>	116,87 <sup>bc</sup>	120,94 <sup>ab</sup>	124,06 <sup>a</sup>
SÇK, %*	6,32 <sup>a</sup>	6,14 <sup>a</sup>	5,71 <sup>b</sup>	3,50 <sup>c</sup>	3,59 <sup>c</sup>
NH <sub>3</sub> -N	0,003	0,000	0,000	0,005	0,000
IVS <sub>KM</sub> , % KM	16,40	15,27	14,80	13,07	12,87
IVS <sub>OM</sub> , % KM	65,61	66,06	65,30	65,62	65,49

\*P&lt;0,001 Aynı satırda farklı harflerle belirtilen gruplar arasındaki fark önemlidir.

Bu çalışmaya benzer olarak, Arıcan & Arslan Duru (2020) Macar fiğ-buğday silajlarına çörekotu yağı ilavesiyle kuru madde düzeyinin arttığını; Kılıçalp ve ark. (2022) Macar fiğ-tritikale silajlarına enzim+inokulant ilavesiyle kuru maddenin değişmediğini ifade etmişlerdir. Ayrıca silajlara ilave edilen katı formdaki karasuyun bulunduğu düzeylere bağlı olarak silajların kuru madde içeriğini artırdığını ve düşük organik madde içeriği nedeniyle de organik madde içeriğini azalttığı söylenebilir.

Karasu ilavesiyle ham protein ve ham selüloz düzeyleri bakımından silaj grupları arasında önemli bir farklılık görülmemiştir (P>0,05). Yapılan bir çalışmada, %50 fiğ-%50 arpa ve %50 fiğ-%50 yulaf silajlarında ham protein sırasıyla %9,80 ile %12,40 olarak belirtilmektedir (Karakozak & Ayaşan, 2010). Bu çalışmada da ham protein %50 fiğ-%50 tritikale silajlarında %12,51 olarak belirlenmiştir. Karasu ilavesi ham protein düzeylerinde önemli bir farklılığa neden olmamıştır (P>0,05). Bu bulguya, karasuyun ham protein içeriğinin düşük olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Silajlarda kullanılan bazı katkı maddelerinin ise, ham protein düzeylerinde önemli farklılıklara neden olmadıkları bildirilmektedir (Koç ve ark., 2010; Kanengoni ve ark., 2016).

Fiğ-tritikale silajlarına artan karasu ilave edilen her düzeyde ham kül miktarının da önemli düzeyde yükseldiği belirlenmiştir (P<0,001). Yine Karakozak & Ayaşan (2010) çalışmalarında %50 fiğ-%50 arpa ve %50 fiğ-%50 yulaf silajlarında ham külü sırasıyla %11,28 ile %15,97 olarak belirlemişler ayrıca kullanılan katkı maddesiyle silajlarda ham kül düzeylerinin arttığını ifade etmişlerdir. Benzer olarak bu çalışmada da karasu miktarı arttıkça silajların ham kül düzeylerinin de arttığı görülmektedir (P<0,001). Ham kül, silajların kirliliğini tespit etmek ve silajlardaki fermentasyon sürecini nasıl geliştiğini belirlemek adına önemli bir kriterdir. Fermentasyonun iyi bir şekilde gelişmemesinin en önemli nedenlerinden biri de silajlara oksijen girişidir. Oksijen girişi olduğunda aerobik dönem ve bitki solunumu sonlanmamış anlamına gelmektedir. Bu durum silajlarda istenmeyen bir durumdur (McDonald ve ark., 1991). Silajlarda karasuyun içeriğine bağlı bir ham kül artışına rastlansa da silajların kimyasal kompozisyonu (Çizelge 1), fermentasyon özellikleri (Çizelge 2) ve mikrobiyolojik özellikleri (Çizelge 4) bakımından kirlilik bulunmadığına işaret etmektedir.

Çizelge 4. Karasu ilave edilen Macar fiğ – tritikale silajlarının mikrobiyolojik özellikleri (log cfu/g)

Table 4. Microbiological properties of Hungarian vetch – triticale silages (log cfu/g)

Parametreler	Karasu Düzeyleri, %				
	Kontrol	%5	%10	%15	%20
LAB	4,24±0,27	3,87±0,02	4,34±0,83	4,00±0,32	3,36±0,06
Sülfid indirgeyen anaeroblar	-	-	-	-	-
Listeria spp	-	-	-	-	-
Enterobacteriaceae	-	-	-	-	-
Maya	-	-	-	-	-
Küf	-	-	-	2,3 (1 örnekte)	-

Mevcut çalışmaya ait silajların NDF içeriklerinde önemli bir değişim bulunmamış ( $P>0,05$ ) bununla birlikte, ADF içerikleri %10 ve daha yüksek miktarlarında karasu ilavesiyle önemli düzeyde artmıştır ( $P<0,05$ ). Silajların NDF ve ADF içerikleri, baklagil silajlarında görülmesi beklenen yavaş şekillenen fermentasyonu sürecinde karasuyun silaj ortamındaki laktik asit bakterilerinin NDF ve ADF parçalanabilirliğini hızlandıramamasının neden olduğu düşünülmektedir. Bingöl ve ark. (2008) baklagil silajlarında kullanılan katkıının NDF ve ADF içeriklerinde düşüşe neden olduğunu bildirmişlerdir. Arslan Duru ve ark. (2021), fiğ-buğday silajlarına farklı katkı maddeleri ilavesinin NDF ve ADF içeriklerini etkilemediğini belirtmişlerdir. Kılıçalp ve ark. (2023) Macar fiğ-tritikale karışımına enzim+inokulant ilavesiyle silajların NDF ve ADF içeriğinin değişmediğini tespit etmişlerdir. Bu farklılıkların nedeni, kullanılan ilave materyallerin içerik ve özelliklerinden kaynaklanmış olabilir.

#### **Fiğ-Tritikale Silajlarının Fermentasyon Özellikleri Ve İn Vitro Sindirilebilirlikleri**

Silajların fermentasyon özellikleri ve *in vitro* sindirilebilirliklerine ait değerler Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3'e göre, %5 karasu ilavesinin fiğ-tritikale silajlarının pH içeriğini önemli düzeyde düşürdüğü saptanmıştır ( $P<0,001$ ). Silajların fermentasyon periyodunda katkı maddelerinin kullanılma nedeni, özellikle zor silolanan taze materyalle hazırlanan silo yeminde zararlı mikroorganizmaların gelişimini engellemek ve silajın pH' sını çok kısa bir süre içerisinde düşürerek fermentasyon son ürünlerinin miktarını düşürmek ve ayrıca bu yemleri tüketen hayvanların ve dolayısıyla insanların sağlıklarına zarar vermemektir. Yonca gibi baklagiller yeşil yemlerinin zor silolandığı da bilinmektedir. Buna rağmen lavanta ilavesiyle silajların kuru maddesinin arttığı ve pH değerinin düştüğü belirlenmiştir. İkizoğlu (2009), karasuyun pH değerini 3-5,9 aralığında olduğunu bildirmektedir. Bu çalışmada da karasu ilavesi önemli düzeyde pH değerini etkilemiştir. Arslan Duru ve ark. (2021) peynir altı suyu ilavesiyle fiğ-buğday silajlarının pH değerinin düştüğünü ifade etmişlerdir.

Fiğ-tritikale silajlarının SÇK, amonyak azot,  $IVS_{KM}$  ve  $IVS_{OM}$  değerleri bakımından gruplar arasında önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ( $P>0,05$ ). Sindirilebilirlik, yem tüketimini etkileyen en önemli faktörlerden biridir ve büyük ölçüde yemlerin kimyasal bileşimlerine, özellikle de hücre duvarı bileşenlerine bağlıdır. Bu çalışmada karasu ilavesi silajların sindirilebilirliğini etkilememiştir. Yapılan çalışmalarda, silaj katkı maddelerinin uygulanmasıyla sindirilebilirliğin iyileştirilmesinde etkili olabilecekleri bildirilmiştir (Ellis ve ark., 2016). Nkosi ve ark. (2013),

yaptıkları çalışmada silajlara katkı maddesi ilavesi ile suda çözünebilir karbonhidratların önemli düzeyde azaldığını bildirmektedirler. Fiğ silajlarına çörekotu yağı katkısının sindirilebilirlik parametreleri üzerine etkili olmadığı belirtilmiştir (Arıcan & Arslan Duru, 2020). Bu farklılığın nedeni, kullanılan katkıların ve silajlık materyallerin farklılığından kaynaklanmış olabilir.

Araştırma silajlarının kalite sınıfının değerlendirilmesinde kullanılan Fleig puanı kriteri bakımından incelendiğinde ise, en düşük puanı kontrol grubunun aldığı görülmüştür ( $P<0,001$ ). Baklagillerle yapılan silajlarda, Fleig puanının çok düşük olabileceği (Demirel ve ark., 2001), kullanılan katkı maddelerinin silajların kalitesi üzerine olumlu etkileri bulunabileceği ifade edilmektedir (Dumlu & Tan, 2009; Kılıçalp ve ark., 2022). Demirel ve ark. (2001) ile Dumlu ve Tan (2009)'un bildirdikleri bu çalışmadaki bulguları destekler niteliktedir.

#### **Fiğ-Tritikale Silajlarında Mikrobiyolojik Analizler**

Çalışmada tüm örneklerde mikrobiyolojik ekimler yapılmıştır. Yapılan mikrobiyolojik ekimler sonucunda, silajlarda bulunması istenmeyen sülfid indirgeyen anaeroblar, *Enterobacteriaceae* ve *Listeria* spp. örneklerin tamamında tespit edilmemiştir (Çizelge 4).

Araştırma silajları mikrobiyolojik açıdan incelendiğinde, laktik asit bakteri içerikleri bakımından görülen farklılıklar önemsiz bulunmuştur ( $P>0,05$ ). Araştırma gruplarının tamamında sülfid indirgeyen anaeroblar, *Listeria* spp, *Enterobacteriaceae* ve maya tespit edilememiştir. Küf içeriği ise, %15 karasu ilave edilen grupta sadece bir örnekte saptanmıştır. Silajlarda yem materyalinin türünün maya ve küf düzeyini etkilediği, baklagilin önemli düzeyde maya ve küf sayısını artırdığı ifade edilmektedir (Arslan ve ark., 2016). Silajlık materyallere katkı kullanılmasıyla, küf ve bakteri sayılarının önemli düzeyde azaldığı belirtilmiştir (Şahin ve ark., 1999). Koç ve ark. (2010) organik asit katkısı fiğ-tahıl silajlarında laktik asit bakteri sayısının arttığını ve küf gelişiminin azaldığını ifade etmişlerdir. Arslan Duru ve ark. (2021), fiğ silajlarına malik asit ve peynir altı suyu katkısının laktik asit bakteri sayısını değiştirmediklerini bildirmişlerdir. Şahin ve ark. (1999) ise, asit ilavesinin total küf sayısını ve yine total bakteri sayılarını önemli düzeyde azalttığını bildirmektedirler. Yine organik asit temeline dayanan bir koruyucu ilavesinin silajlarda, maya, küf, *Enterobacteriaceae*, *Clostridia* ve *Laktobacilli* gelişimini engellediği bildirilmektedir (Filya & Sucu, 2005).

Zeytincilikte, zeytinyağı elde edilirken atık ürün olarak arta kalan karasuyun çevre üzerine sebep olabileceği problemler bulunmaktadır. Bu problemlerin azaltılması açısından karasudan farklı alanlarda faydalanabilmek ve

karasuyu ekonomik anlamda da değerlendirmek gerekmektedir. Bu bağlamda mevcut çalışmada, fiğ-tritikale hasıllarının silolanmasında farklı düzeylerde karasu kullanılmış ve silajların fiziksel, bazı kimyasal, mikrobiyolojik ve fermentasyon özellikleri incelenmiştir.

Sonuç olarak, %50 fiğ-%50 tritikaleden oluşan silajlık ana materyallere ilave olarak %20 düzeyine kadar karasu katılabileceği, bu düzeylerin ilave edilmesinde silajların yem kalite sınıflarında Fleig puanlarında olumlu etkiler yaptığı belirlenmiştir. Karasuyu silajlarda kullanılma olanaklarının daha da artırılması, ruminantlarda tüketim denemelerinin yapılarak karasuyun kullanım olanaklarının araştırılmasının hayvan besleme açısından yarar sağlayacağı kanısına varılmıştır.

## Teşekkür

Bu çalışma, Uşak Üniversitesi Bilimsel Projeler Birimi tarafından desteklenmiştir.

## Kaynaklar

- Aksu Elmalı, D. & Duru M. (2012). Effects of different levels of malic acid on the some quality and micro flora of vetch (*Vicia sativa* L.) Silage. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11 (10): 1651-1655.
- Albuquerque, J.A., Gonzalez, J., Garcia, D. & Cegarra, J. (2004). Agrochemical characterisation of "alperujo", a solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction. *Bioresource Technology*. 91 (2): 195-200.
- Anonim, 2024. Zeytin. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> (Erişim tarihi: 26.02.2024)
- AOAC (1999). Official Methods of analysis, 16<sup>th</sup> ed., 4th revision, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- Arıcan, G. & Arslan Duru, A. (2020). The effect of black seed oil (*Nigella sativa*) on chemical, fermentation and *in vitro* digestibility of hungarian vetch-wheat silage. *Pakistan Journal of Botany*. 52(2): 723-727.
- Arslan M., Erdurmuş, C., Öten, M., Aydınoglu, B. & Çakmakçı S. (2016). Mısır ile soyanın farklı oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen silajlarda besin değerinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31 (3): 417-422.
- Arslan Duru, A., Aksu Elmalı, D., Yüksel, O. & Kutay, H. (2021). The effects of addition malic acid and whey on some parameters of vetch-wheat silages. *Fresenius Environmental Bulletin* 30 (09):10435-10440.
- Bingol, N.T., Karşlı, M.A., Bolat, D. & Akca, I. (2008) The effects of molasses and formic acid addition in sainfoin silage harvested at different maturities on silage quality and digestibility. *Van Veterinary Journal*. 19(2): 61-66.
- Broderick, G.A. & Kang, J.H. (1980). Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and *in vitro* media. *J. Dairy Sci.*, 63: 64-75. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82888-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82888-8)
- Bufano, G., Cianci, D., Montemurro, O., Palermo, D. & Tasca, M.L. (1982). Prove di razionamento degli ovini con paste di vegetazione dei frantoi oleari. *Scienza e tecnica Agraria*, 1-2: 1-10.
- Demirci, U., Gülşen, N. & Keleş, G. (2011). Effects of bacterial inoculants on fermentation and aerobic stability of baled triticale-hungarian vetch silage and lamb performance. *Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.*, 17(2): 297-302.
- Demirel, M., Cengiz, F., Çelik, S. & Erdoğan, S. (2001). Van ekolojik koşullarında yetiştirilen mısır ve macar fiği karışımlarının silaj kaliteleri ve besin maddelerinin rumende parçalanabilirlikleri üzerine bir araştırma, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 11 (1): 69-78.
- DLG. (1987). Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. 4. Schweine. DLG-Verlag GmbH, Frankfurt, Germany.
- D'Orleans, M., Giger, S. & Sauvant, D. (1980). Mise au point d'une methode enzymatique de prevision de la digestibilite de la matiere organique des aliments concentres. Institut National Agronomique. Paris. Grignon. 1980.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebbers, P.A. & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*. 28: 350-356.
- Dumlu, Z. & Tan, M. (2009). Erzurum şartlarında yetişen bazı baklagil yem bitkileri ve karışımlarının silaj değerlerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 40 (2): 15-21.
- Durgut, G. (2008). Etlik piliç yemlerine karıştırılan zeytin karasuyunun piliçlerin bazı verim özellikleri ile et kalite özelliklerine etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 57 s. Aydın.
- Ellis, J. L., Bannink, A., Hindrichsen, I. K., Kinley, R. D., Pellikaan, W. F., Milora, N. & Dijkstra, J. (2016). The effect of lactic acid bacteria included as a probiotic or silage inoculant on *in vitro* rumen digestibility, total gas and methane production. *Animal Feed Science and Technology*, 211: 61-74. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2015.10.016>
- Ergün A., Tuncer Ş. D., Çolpan İ., Yalçın S., Yıldız G., Küçükersan M. K., Küçükersan S., Şehu A. & Saçaklı P. (2013). Yemler Yem Hijyeni ve Teknolojisi. Pozitif matbaacılık, Ankara, Türkiye.
- Filya, İ. & Sucu, E. (2005). Silaj fermentasyonunda organik asit kullanımı üzerinde araştırmalar 1. Formik asit temeline dayalı bir koruyucunun laboratuvar koşullarında yapılan mısır silajlarının fermentasyon, mikrobiyal flora, aerobik stabilite ve *in situ* rumen parçalanabilirlik özellikleri üzerine etkisi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11 (1): 51-56. DOI: 10.1501/Tarimbil\_0000000487
- Gümüşkesen, A.S. (1999). Bitkisel Yağ Teknolojisi. Asya Tıp Yayıncılık Ltd., 182s, İzmir.
- Harrigan, W.F. (1998). Laboratory Methods in Food Microbiology, Third Ed., Academic Pres. London.
- İkizoğlu, E. (2009). Zeytinyağı işletmesi atık suyu (karasu) bertarafı, artırılması ve değerlendirilmesi. *Zeytinyağı*. Eflatun Yayınevi. 139-155, Ankara.
- Kanengoni, A.T., Nkosi, B.D., Chimonyo, M., Ndimba, B. & Dzama, K. (2016). Effects of whey, molasses and exogenous enzymes on the ensiling characteristics, nutrient composition and aerobic stability of maize cobs. *South African Journal of Animal Science*, 46 (2): 113-120. <https://doi.org/10.4314/sajas.v46i2.1>
- Karakozak, E. & Ayaşan, T. (2010). Değişik yem bitkileri ve karışımlarından hazırlanan silajlarda inokulant kullanımının flieg puanı ve ham besin maddeleri üzerine etkileri. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 16 (6): 987-994. DOI: 10.9775/kvfd.2010.2197
- Kılıç, A. (1986). Silo yemi (öğretim, öğrenim ve uygulama önerileri). Bilgehan Basımevi, İzmir, 357.
- Kılıçalp, N., Özkurt, M., Karadağ, Y., & Hızlı, H. (2022). Hungarian vetch (*Vicia pannonica*) and triticale (*Xtriticosecale wittmack*) silages, sowed in different seed rates, treated with lactic acid bacteria+ enzyme mixture inoculant: I. Chemical composition and silage Fleig score. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 32(3): 680-687.
- Koç, F., Coşkuntuna, L., Özdüven M.L. & Coşkuntuna, A. (2010). Farklı ortam sıcaklıklarında organik asit kullanımının fiğ-tahıl silajlarında fermentasyon gelişimi ve aerobik stabilite üzerine etkileri, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(2): 159-165.
- Martillotti, F. (1983). Use of olive by-products in animal feeding in Italy. Int. Seminar on olive oil technology and valorization of by-products. 20 - 24 October 1986. Izmir - Turkey.

- McDonald, P., Henderson, A. R. & Herson, S. J. E. (1991). The Biochemistry of Silage. 16th ed., Chalcombe Publication, Marlow, UK.
- Menke, K.H. & Steingass, H. (1998). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim Res Dev.* 28: 7-55.
- Molina-Alcaide, E. & Yanez-Ruiz, D. (2008). Potential use of olive by-products in ruminant feeding: A Review. *Animal Feed Science and Technology.* 147 (1): 247-264. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2007.09.021>
- Nkosi, B.D., Groenewald, I.B., Meeske, R., Motiang, M.D. & Langa, T. (2013). Effects of inoculating citrus (*Citrus sinensis*) tree leaves with either bacterial or whey on the fermentation and aerobic stability of silage. *African Journal of Agricultural,* 8(9): 792-796. <https://doi.org/10.5897/AJAR12.999>
- Polan, C.E., Stive, D.E. & Garrett, J.L. (1998). Protein preservation and ruminal degradation of ensiled forage treated with heat, formic acid, ammonia, or microbial inoculant, *Journal of Dairy Science,* 81: 765-776. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75633-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75633-4)
- Sansoucy, R. (1985). Olive by-products for animal feed. FAO: Food and Agriculture Organization, Animal Production and Health, Paper 43.pp Rome.
- Şahin K., Çerçi, İ.H., Güler, T., Şahin, N., Kalander, H. & Çelik, S. (1999). Farklı silaj katkı maddelerinin yas şeker pancarı posası silajı kalitesine etkileri, *Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences,* 23: 285-292.
- Verna, M., Martillotti, F. & Puppo, S. (1988). Composizione e valore nutritivo del residuo concentrato delle acque di vegetazione dei frantoi oleari. *Ann. Ist. Sper. Zoot.,* 21: 147-156.
- Van Soest, P. J. (1982). Analytical systems for evaluation of feeds. In: P. J. Van Soest (Editor), *Nutritional Ecology of the Ruminant.* Cornell University Press. Chapter 6: 75-94. Ithaca, NY.
- Vlyssides, A.G., Loizides, M. & Karlis, P.K. (2004). Integrated strategic approach for reusing olive oil extraction by-products. *Journal of Cleaner Production.* 12: 603-611. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(03\)00078-7](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(03)00078-7)
- Yeşilada, Ö., Şık, S. & Sam, M. (1998). Biodegradation of olive oil mill wastewater by *coriolus versicolor* and *funalia trogii*: Effects of Agitation, initial cod concentration, inoculum size and immobilization, *Worl J. Microbiol. Biotechnol.,* 14: 37-42. <https://doi.org/10.1023/A:1008816231563>



## Determination of Some Quality Parameters in the *Salicornia europaea* Population Collected from Geyikli Town of Ezine District of Çanakkale Province

Tolga Sarıyer<sup>1,a,\*</sup>, Murat Şeker<sup>1,b</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Çanakkale, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Research Article</p> <p>Received : 25.12.2023 Accepted : 28.03.2024</p> <p>Keywords: Glasswort Water-soluble dry matter Apigenin Naringin Catechin</p>	<p>Geyikli town of Çanakkale Ezine District is located in the west of Çanakkale. Glasswort (<i>Salicornia europaea</i>), one of the many plants collected from nature and consumed in the region; It is collected and used as a vegetable in different regions of Türkiye. Although it has not been actively cultivated in Türkiye, it has taken part in some scientific experiments and is an important halophyte. Glasswort is frequently consumed and traded because it is believed to have many nutritional properties. Collecting this plant from the region and evaluating its important features is an important issue in terms of agricultural development of the region and guiding other agricultural studies that can be done with the plant. The aim of the study is to examine the <i>S. europaea</i> plant collected from its natural environment in Geyikli town of Çanakkale Ezine District in terms of ascorbic acid, total carotenoids, water-soluble dry matter, pH, titratable acidity parameters and luteolin, apigenin, naringin, catechin flavonoids. Thus, to contribute to the agriculture of the region and to guide the various studies that can be done with this plant. As a result of the study, it was determined that the flavonoid contents of the <i>S. europaea</i> population evaluated were listed as apigenin (649.461 mg/kg), naringin (117.51 mg/kg), catechin (13.574 mg/kg) and luteolin (0.984 mg/kg), respectively. In addition, it was determined that it had a high water-soluble dry matter (°Brix) content (11.7 %).</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(7): 1185-1189, 2024

## Çanakkale İli Ezine İlçesi Geyikli Beldesinden Toplanan *Salicornia europaea* Popülasyonunda Bazı Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 25.12.2023 Kabul : 28.03.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: Deniz börülcesi Suda çözünen kuru madde Apigenin Naringin Kateşin</p>	<p>Çanakkale Ezine İlçesine bağlı olan Geyikli beldesi Çanakkale'nin batısında bulunmaktadır. Yörede, doğadan toplanarak tüketilen pek çok bitkiden birisi olan Deniz Börülcesi (<i>Salicornia europaea</i>); Türkiye'de farklı bölgelerde de toplanıp sebze olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de aktif olarak kültüre alınmamış olmakla birlikte bazı bilimsel denemelerde yer almıştır ve önemli bir halofittir. Deniz börülcesi pek çok besleyici özelliği olduğuna inanıldığından dolayı sık olarak tüketilmekte ve ticarete konu olmaktadır. Bu bitkinin yöreden toplanıp önemli özelliklerinin değerlendirilmesi bölgenin tarımsal anlamda gelişimi ve bitki ile yapılabilecek diğer tarımsal çalışmalara yol göstermesi açısından önemli bir konudur. Çalışmanın amacı Çanakkale Ezine İlçesi, Geyikli beldesinde doğal ortamından toplanan <i>S. europaea</i> bitkisini askorbik asit, toplam karotenoid, suda çözünen kuru madde, pH, titre edilebilir asitlik parametreleri ve luteolin, apigenin, naringin, kateşin flavonoidleri açısından incelemektir. Böylece bölge tarımına katkıda bulunmak ve bu bitki ile yapılabilecek çeşitli çalışmalara yol göstermektir. Çalışma sonucunda değerlendirilen <i>S. europaea</i> popülasyonunun flavonoid içeriklerinin çoktan aza sırasıyla apigenin (649,461 mg/kg), naringin (117,51 mg/kg), kateşin (13,574 mg/kg) ve luteolin (0,984 mg/kg) olarak sıralandığı belirlenmiştir. Bunun yanı sıra yüksek bir suda çözünen kuru madde (°Briks) içeriğine (%11,7) sahip olduğu belirlenmiştir.</p>

<sup>a</sup> [tolgasariyer@comu.edu.tr](mailto:tolgasariyer@comu.edu.tr)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1844-2996>

<sup>c</sup> [mseker@comu.edu.tr](mailto:mseker@comu.edu.tr)

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6886-0547>



## Giriş

Doğal ortamında yetişen ve yenebilen bitkiler, vitamin ve mineral kaynağı olmakla birlikte, özellikle yiyecek kıtlığı zamanlarında, geleneksel olarak tüketilen önemli besin kaynaklarıdır (Pardo-De-Santayana ve ark., 2005).

Deniz börülcesi (*S. europaea*) Ispanakgiller (*Amaranthaceae*) familyasına aittir. Birçok bölgede doğadan önemli miktarlarda toplanarak pazarlamaya konu olmaktadır. Deniz börülcesi sukkulent yani suyu dokularında biriktirebilen ve suyun bulunmadığı koşullarda bunu bir avantaj olarak kullanan bir bitkidir. Deniz börülcesi halofit yani tuzlu koşullara uyum sağlamış bir bitkidir.

Bu durumun önemli bir avantaja çevrilme potansiyeli bulunmaktadır. Bu kapsamda farklı tuz stresi, farklı ortamlar gibi uygulamalar yapılarak yetiştirilmesi konusunda çalışmalar mevcuttur. Örnek olarak; bir çalışmada (Örçen, 2017), Ege bölgesi, Muğla Marmaris Hisarönü Köyü, Kiseburnu bölgesinden köklü olarak elde edilen deniz börülcesi (*Salicornia perennis*) türü, farklı kum perlit karışım (%0, 25, 50, 75, 100) ve NaCl (0, 200, 400, 600 mM) seviyelerinde yetiştirilmiştir. En yüksek yaş ağırlık değerleri, ortamlar değerlendirildiğinde %100 perlit ortamında, tuz seviyeleri değerlendirildiğinde 200 mM tuz seviyesinde elde edilmiştir. Ayrıca çalışmada deniz börülcesinin Ülkemizde sebze olarak kullanıldığı belirtilmiş olup yaş ağırlığının 200 mM tuz seviyesinde 0 mM tuz seviyesinden daha yüksek değer aldığı görülmüştür. Bu durum belli oranda tuzlu koşullarda daha iyi yetişen ve tuzluluğa dayanıklı bir sebze olarak kültüre alınma potansiyeli olduğunu göstermektedir.

Deniz börülcesinde farklı besi ortamları ve hormonlar kullanılarak yapılan bir çalışmada (Yorğun, 2022) İzmir Aliağa bölgesi kıyı kesimlerinden elde edilen deniz börülcesine (*S. europaea*) kültür odası koşullarında farklı yetiştirme ortamları (%100 torf, %50 perlit ve %50 torf + %100 perlit) ve oksin dozları (0,3 mg/L NAA, 0,6 mg/L NAA, 0,6 mg/L IAA, 0,3 mg/L IAA) uygulanmıştır. Çalışma sonucunda en iyi ortamın %100 perlit, en etkili hormon dozunun ise 0,3 mg/L NAA ile 0,6 mg/L IAA olduğu saptanmıştır.

Aynı zamanda birçok tarımsal üründe olduğu gibi deniz börülcesinde de farklı bölgelerden toplanan popülasyonların kalite özelliklerinin ekolojik faktörlerin etkisi ile farklılık gösterebileceği söylenebilir. Örnek olarak bir çalışmada (Rahmani ve ark., 2022) farklı bölgelerden toplanan deniz börülcesinde (*S. europaea*) karotenoid miktarı, bazı vitaminler gibi kalite parametreleri açısından farklılıklar belirlenmiştir. Bu durum özellikle Çanakkale gibi ekolojik açıdan avantajlı olan bölgelerdeki deniz börülcesi popülasyonlarının incelenmesinin bölgeye sağlanacak tarımsal katkı açısından önemli olduğunu göstermektedir.

Başka bir çalışmada *S. europaea* türü Adana/Tuzla Lagün bölgesinden elde edilmiştir (Karan, S., 2021). Yapılan bir çalışmada (Bilek ve ark., 2014) Ege bölgesinde doğal yetişen deniz börülcesi (*S. herbacea*) sebze olarak nitelendirilmiş ayrıca konserveye uygun olduğu da belirtilmiştir.

Bir çalışmada (Polat ve ark., 2015) doğal ortamından toplanıp tüketilen 32 bitki taksonu tespit edilmiştir. Bu bitkilerin bazı türlerinin astım, bronşit, soğuk algınlığı ve öksürük, diyabet, uykusuzluk, hipertansiyon gibi

hastalıklara karşı halk tarafından tıbbi açıdan kullanıldığı, bitki çayı, baharat, gıda olarak tüketildiği belirlenmiştir.

Doğadan toplanan ürünlerin bölgeye çeşitli kalite ve besleyici özellikleri ile sağlayabilecekleri katkıların daha net ifade edilebilmesi için bu ürünlerin bazı önemli parametreler açısından değerlendirilmesi gerekmektedir.

Flavonoidler, bitkiler âleminde yaygın olarak bulunan ikincil metabolitlerdir. Polifenoller olarak adlandırılan oldukça çeşitli yapıya sahip geniş bir bileşik grubuna dâhildirler. Sağlık açısından oksidatif enzimlerin inhibisyonunda rol oynayabilirler (Wiczowski ve Piskula, 2004). Flavonoidler bitkilerde biyotik ve abiyotik stres koşullarında direnci teşvik etmekte, stres azaltımında ve bitki büyümesinde rol oynamaktadır (Shah ve Smith, 2020). Bir çalışmada (Wang ve ark., 2016) tıbbi bir halofit olan *Limonium bicolor* bitkisinde myricetin-3-O-(O-galloyl)-rhamnoside bileşenin tuz stresi (200 mM NaCl) koşullarında önemli miktarda artan bir bileşen olduğu görülmüştür. Mirisetinin önemli bir flavonoid olduğu bilinmektedir.

Bir çalışmada (Shankar ve ark., 2017), apigeninin (4', 5, 7-trihydroxyflavone) önemli bir bitki flavonu olduğundan; antioksidan, antiinflamatuvar ve antikanser özellikleri olduğundan bahsedilmiştir. Başka bir çalışmada (Bacanlı ve ark., 2015), limonen ve naringenin narenciye bitkilerinde sıklıkla bulunan flavonoidler olup, çeşitli sağlığı koruyucu özelliklere ve antioksidan aktivitelere sahip olduklarından bahsedilmiştir.

Çalışmada belirlenen diğer parametrelerden olan C vitamininin özellikle iskorbüt hastalığını engellemede etkili olduğu bilinmektedir. Briks (%) değeri ise meyve ve sebzelerdeki şeker miktarını tahmini olarak ifade etmektedir. Gene karotenoidlerin önemli antioksidanlar olduğu bilinmektedir.

Çalışmanın amacı Çanakkale Ezine bölgesinde yetişen deniz börülcesi (*Salicornia europaea*) popülasyonunda bazı önemli kalite özelliklerinin belirlenerek bölge tarımına katkıda bulunmak ve bu bitki ile yapılabilecek çeşitli çalışmalara yol göstermektir.

## Materyal ve Yöntem

Bitki materyalini Çanakkale Ezine İlçesine bağlı olan Geyikli beldesinde yer alan doğal Deniz Börülcesi (*S. europaea*) popülasyonu oluşturmuştur (Şekil 1).

### Denemede Yer Alan Analizler:

Suda Çözünen Kuru Madde Miktarı (S.Ç.K.M.) Değeri (°Briks): °Briks değeri dijital refraktometre yardımı ile ölçülmüştür.

pH ve Titre Edilebilir Asitlik (g 100g<sup>-1</sup>) (TETA) Değerleri: pH değeri Inolab WTW pH 720 pH metre kullanılarak okunmuştur. Titre edilebilir toplam asitlik (TETA) için meyve veya sebze suyundan alınan 10 ml örnek, saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Ardından 0,1 N NaOH çözeltisi yardımıyla 8,1 değerine gelene dek titre edilmiştir. TETA asetik asit (Cho ve ark., 2016) cinsinden belirlenmiştir (Anonymous, 1968).

Toplam Karotenoid miktarı (mg ml<sup>-1</sup>): Deniz börülcesi bitkilerinin dış yüzeylerinden 1 cm çapında diskler alınmış; üzerlerine 5 ml metanol eklenmiş; 48 saat boyunca hafif şiddette çalkalanmış; ardından örnekler spektrofotometre

kullanılarak 470, 653, 666 nm dalga boylarında okunmuştur. Klorofil-a, klorofil-b ve toplam karotenoid içerikleri hesaplanmıştır (Wellburn, 1994; Kaleci ve ark., 2016).

C vitamini (Askorbik asit) analizi ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ): 25 g örnek tartılmış ve 175 ml 0,04 'lük oksalik asit ile muamele edilmiştir. Karışım filtre kâğıdından süzülerek her örnekten 1 ml alınmış ve üzerine 9 ml saf su eklenmiştir. Aynı şekilde 1 ml örnek, 9 ml 2-6 diklorofenol indofenol ile tamamlanmıştır. Ayrıca aynı oranlarda Oksalik asit/Saf Su ve Oksalik asit/2,6 Diclorofenol indophenol tüpleri de hazırlanmıştır. Tüplerden 9 ml saf su ile hazırlananlar referans olarak kabul edilmiştir. Oksalik asit ile hazırlanan tüpler L1 değeri için; örnekler ile hazırlanan tüpler L2 değeri için spektrofotometrede (UV-VİS Shimadzu-1800) 518 nm dalga boyu ile transmittans okuması olarak kaydedilmiştir. Daha sonra C vitamini miktarı hesaplanmıştır (Pearson ve Churchill, 1970).

Flavonoid Miktarlarının Hesaplanması ( $\text{mg/kg}$ ) (Apigenin, naringin, kateşin, luteolin): HPLC Metodu: Kullanılan Sistem: Shimadzu Prominence Marka HPLC, CBM: 20ACBM, Dedektör: DAD (SPD-M20A), Kolon Fırını: CTO-10ASVp, Pompa: LC20 AT, Autosampler: SIL 20ACHT, Bilgisayar Programı: LC Sotution. Mobil Faz: A: %3 Formik asit B: Metanol (HPLC analizinde Gomes ve ark., (1999)'nun metodu modifiye edilerek kullanılmıştır. Numune hazırlık: 2 g örnek alınır. Üzerine 10 ml %96'lık etanol ilave edilir. 2 dakika homojenizatörde karıştırılır. 1 gece 45°C'deki su banyosunda bekletilir. Bu süre sonunda 5 dakika süreyle 4000 rpm'de santrifuj yapılır. Süpernatant kısım alınarak 45°C de tamamen kuruyuncaya kadar rotary evaporatörde uçurulur. Daha sonra ekstraktlar 1 ml metanol içerisinde çözünür ve fenolik bileşik analizlerinde kullanılırlar (Kiselev ve ark., 2007).

Örnekler homojen özellikler taşıyan sağlıklı bitkilerden oluşturulmuştur. Her tekerrür için 3 bitki seçilmiş ve toplam 3 tekerrür oluşturulmuştur. Seçilen 9 bitkinin her birinden ortalama 20 cm boyunda ve 5-10 cm taç genişliğinde olan dallı sürgünlerden 2şer adet seçilmiş ve toplanmıştır.



Şekil 1. Çanakkale Ezine Bölgesinden Elde Edilen Deniz Börülcesi (*Salicornia europaea*)  
Figure 1. Glasswort (*Salicornia europaea*) Obtained from Çanakkale Ezine Region

## Bulgular ve Tartışma

Çalışmamızda °Briks değeri 11,7 (%), pH [-log(H<sup>+</sup>)] değeri 6,05, T.E.T.A. değeri 0,04  $\text{g } 100\text{g}^{-1}$  olarak belirlenmiştir (Çizelge 1).

Bir çalışmada (Duman, 2009) farklı lokasyonlardan (Ege; İzmir-Seferihisar, İzmir-Bostanlı, Marmara; Çanakkale Gelibolu, Edirne Enez) toplanarak farklı tuz konsantrasyonlarındaki sulama suları uygulamaları ile farklı ortamlarda yetiştirilen deniz börülcesinde (*S. europaea*) S.Ç.K.M. miktarları; sulama uygulamaları değerlendirildiğinde 6,57 – 7,93 arasında bulunmuş; deniz suyuna benzer oranda tuz içeren ( $32,2 \text{ dSm}^{-1}$ ) sulama uygulamasında 7,12 olarak bulunmuştur. Bir çalışmada (Tajeddin, 2019) *S. bigelovii* türünde toplam suda çözünen kuru madde miktarı  $15,83 \pm 0,15$  olarak belirlenmiştir.

Çalışmamızda askorbik asit miktarı  $146,71 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  olarak belirlenmiş; toplam karotenoid miktarı  $0,82 \text{ mg ml}^{-1}$  olarak belirlenmiştir (Çizelge 2).

Bir çalışmada (Guil ve ark., 1997), Güneydoğu İspanya bölgesinde toplanan deniz börülcesinde (*S. europaea* L.) askorbik asit miktarı  $101 \pm 19 \text{ mg}/100\text{g}$ , karotenoid miktarı  $5,3 \pm 0,9 \text{ mg}/100\text{g}$  olarak belirlenmiştir. Bir çalışmada (Rahmani ve ark., 2022) Tunus'ta iki farklı bölgeden toplanan *S. europaea* L. bitkilerinde karotenoid miktarları  $0,05 \pm 0,01$  ve  $0,11 \pm 0,01 \text{ mg/g}$  (yaş ağırlık) olarak belirlenmiştir. *S. bigelovii* Torr. ile yapılan bir çalışmada (Lu ve ark., 2010) kontrol uygulamasında askorbik asit miktarı  $55-60 \text{ mg/kg}$  (yaş ağırlık) olarak belirlenmiştir.

Çalışmamızda miktarları belirlenen flavonoidler arasında en yüksek miktarda tespit edilen flavonoid, apigenin flavonoidi ( $649,461 \text{ mg/kg}$ ) olmuştur (Çizelge 3). Bu flavonoidi sırası ile çoktan aza doğru naringin ( $117,51 \text{ mg/kg}$ ), kateşin ( $13,574 \text{ mg/kg}$ ) ve luteolin ( $0,984 \text{ mg/kg}$ ) flavonoidleri izlemiştir (Çizelge 3).

Bir çalışmada (Silva ve ark., 2021) Portekiz tuz bataklıklarından elde edilen *S. ramosissima*'da farklı ekstraksiyon yöntemlerinde ayrı ayrı olmak üzere apigenin miktarları  $0,0034 \pm 0,0002$  -  $0,0045 \pm 0,0002 \text{ mg/g}$  (kuru ağırlık), naringin miktarı yalnızca tek bir ekstraksiyon yönteminde  $0,0124 \pm 0,0006 \text{ mg/g}$  (kuru ağırlık) olarak tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada (Oliveira-Alves ve ark., 2021), Portekiz'in kuzeyindeki tuz bataklığından elde edilen *S. ramosissima*'da apigenin-6-arabinosyl-8-glucoside bileşeni miktarı taze örnekte  $3,82 \pm 0,11 \mu\text{g/g}$  (yaş ağırlık) olarak belirlenmiştir, çalışmada fırında ve dondurarak kurutma uygulamaları sonucunda bu bileşik bulunamamıştır.

Deniz Börülcesi (*S. europaea*) popülasyonlarında özellikle bazı flavonoidlerin miktarları ile ilgili çalışmaların oldukça kısıtlı olduğu görülmüştür.

## Sonuç

Çalışmamız sonucunda sebze olarak kullanılan, sukulent ve halofit özellikleri ile Çanakkale Ezine Bölgesine ait dikkate değer bir doğal bitki popülasyonu olan ve yüksek miktarlarda pazarlanarak tüketilen deniz börülcesi (*S. europaea*) popülasyonunun, bölgenin tarımsal önemine katkı sağlayabilecek bazı önemli kalite özellikleri ortaya konmuştur. Çanakkale Ezine Bölgesine ait deniz börülcesi (*S. europaea*) popülasyonunun yüksek bir askorbik asit ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ) ve °briks değerine sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 1 ve 2).



Çizelge 1. Çanakkale Ezine Bölgesinden Toplanan Deniz Börülcesi (*Salicornia europaea*) Populasyonunda Tespit Edilen Suda Çözünen Kuru Madde, pH, Titre Edilebilir Asitlik Değerleri

Table 1. Soluble Solids, pH, Titratable Acidity Values of Glasswort (*Salicornia europaea*) Population Collected from Çanakkale Ezine Region

Suda Çözünen Kuru Madde (°Briks)	pH [-log(H <sup>+</sup> )]	Titre Edilebilir Asitlik (g 100g <sup>-1</sup> )
11,7	6,05	0,04

Çizelge 2. Çanakkale Ezine Bölgesinden Toplanan Deniz Börülcesi (*Salicornia europaea*) Populasyonunda Tespit Edilen Askorbik asit ve Toplam Karotenoid Miktarı Değerleri

Table 2. Ascorbic acid and Total Carotenoid Content Values of Glasswort (*Salicornia europaea*) Population Collected from Çanakkale Ezine Region

Askorbik Asit Miktarı (mg 100g <sup>-1</sup> )	Toplam Karotenoid Miktarı (mg ml <sup>-1</sup> ):
146.71	0.82

Çizelge 3. Çanakkale Ezine Bölgesinden Toplanan Deniz Börülcesi (*Salicornia europaea*) Populasyonunda Tespit Edilen Bazı Önemli Flavonoidlerin Miktarları

Table 3. Amounts of Some Important Flavonoids of Glasswort (*Salicornia europaea*) Population Collected from Çanakkale Ezine Region

Luteolin (mg/kg)	Apigenin (mg/kg)	Naringin (mg/kg)	Kateşin (mg/kg)
0,984	649,461	117,51	13,574

Çalışmamızda belirlenen flavonoidler çoktan aza sırası ile apigenin, naringin, kateşin, luteolin olarak sıralanmıştır. Özellikle en yüksek oranda belirlenen flavonoid apigenin flavonoidi (649,461 mg/kg) olmuş, gene önemli oranlarda belirlenen naringin flavonoidinden yaklaşık 5,6 kat; kateşin flavonoidinden yaklaşık 48 kat daha yüksek değer almıştır. Bu durum değerlendirildiğinde sebze olarak kullanılan deniz börülcesi populasyonunun önemli bir apigenin kaynağı olduğu ve bunun bölgede gelecekte yapılacak diğer çalışmalar için önemli bir veri olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Ayrıca bunun farmakolojik çalışmalar için de önemli bir veri olabileceği görülmüştür.

## Kaynaklar

- Anonymous, (1968). International Federation of Fruit Juice Producers, No: 3.
- Bilek, S. E., Özbey, Ü., & Yurdagel, Ü. (2014). Deniz börülcesinin (*Salicornia herbacea*) konserveye uygunluğunun belirlenmesi. *Gıda*, 39(6), 347-354. <https://doi.org/10.15237/gida.GD14042>
- Duman, A. B. (2009). Farklı tuzluluk ortamlarında deniz börülcesi (*Salicornia europaea*) yetiştiriciliğinin araştırılması. [Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Namık Kemal Üniversitesi, Türkiye.] 1-50.
- Gomes, T., Caponio, F., & Alloggio, V. (1999). Phenolic compounds of virgin olive oil: influence of paste preparation techniques. *Food Chemistry*, 64: 203-209
- Guil, J. L., Rodriguez Garcia, I., & Torija, E. (1997). Nutritional and toxic factors in selected wild edible plants. *Plant Foods for Human Nutrition*, 51, 99-107. doi: 10.1023/a:1007988815888
- Kaleci, N., Gündoğdu, M.A., Doğan, E., & Nergis, O. (2016). Bazı yabancı kökenli zeytin çeşitlerinin olgunlaşma süresince pomolojik ve bazı biyokimyasal özelliklerindeki değişimlerin incelenmesi. *Zeytin Bilimi*, 6(2), 119-124.
- Kiselev, K. V., Dubrovina, A. S., Veselova, M.V., Bulgakov, V.P., Fedoreyev, S.A., & Zhuravlev, Y. N. (2007). The rol-B gene-induced over production of resveratrol in *Vitis amurensis* transformed cells. *Journal of Biotechnology*, 128, 681-692. doi: 10.1016/j.jbiotec.2006.11.008

- Lu, D., Zhang, M., Wang, S., Cai, J., Zhou, X., & Zhu, C. (2010). Nutritional characterization and changes in quality of *Salicornia bigelovii* Torr. during storage. *LWT - Food Science and Technology*, 43, 519-524. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.09.021>
- Oliveira Alves, S. C., Andrade, F., Prazeres, I., Silva, A. B., Capelo, J., Duarte, B., Caçador, I., Coelho, J., Serra, A. T., & Bronze, M. R. (2021). Impact of drying processes on the nutritional composition, volatile profile, phytochemical content and bioactivity of *Salicornia ramosissima* J. Woods. *Antioxidants*, 10(1312), 1-33. doi: 10.3390/antiox10081312
- Örçen, N. (2017). Kum-perlit karışım oranı ve tuz (NaCl) seviyesinin *Sarcocornia perennis* (Mil.) A. J. Scott'in büyüme ve gelişimi üzerine etkisi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(2), 203-209. doi: 10.12714/egejfas.2017.34.2.12
- Pardo De-Santayana, M., Tardio, J., & Morales, R. (2005). The gathering and consumption of wild edible plants in the Campoo (Cantabria, Spain). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 56(7), 529-542. <https://doi.org/10.1080/09637480500490731>
- Pearson, D., Churchill, A. A. (1970). The chemical analysis of foods. Gloucester Place, London. 233p.
- Polat, R., Çakılcıoğlu, U., Denizhan Ulaşan, M., Gür, F., & Türkmen, Z. (2015). Investigations of ethnobotanical aspect of wild plants sold in Espiye (Giresun/Turkey) local markets. *Biological Diversity and Conservation*. 8(3), 114-119. ISSN 1308-8084 Online; ISSN 1308-5301 Print.
- Rahmani, R., El Arbi, K., Aydi, S. S., Hzami, A., Tlahig, S., Najjar, R., Aydi, S., & Debouba M. (2022). Biochemical composition and biological activities of *Salicornia europaea* L. from southern Tunisia. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16, 4833-4846. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01574-0>
- Shah, A., Smith, D. L. (2020). Flavonoids in agriculture: chemistry and roles in, biotic and abiotic stress responses, and microbial associations. *Agronomy*, 10(1209), 1-26. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081209>
- Shankar, E., Goel, A., Gupta, K., & Gupta, S. (2017). Plant flavone apigenin: an emerging anticancer agent. *Curr Pharmacol Rep*, 3, 423-446. <https://doi.org/10.1007/s40495-017-0113-2>

- Silva, A. M., Lago, J. P., Pinto, D., Moreira, M. M., Grosso, C., Cruz Fernandes, V., Delerue Matos, C., & Rodrigues, F. (2021). *Salicornia ramosissima* bioactive composition and safety: eco-friendly extractions approach (microwave-assisted extraction vs. conventional maceration). *Appl. Sci.*, 11(4744): 1-15. <https://doi.org/10.3390/app11114744>
- Tajeddin, B., Behmadi, H. 2019. Respiration rate and some physicochemical characteristics of *Salicornia bigelovii* as a leafy green vegetable. *Journal of Food Biosciences and Technology*, Islamic Azad University, Science and Research Branch, 9(2), 21-28.
- Wang, L., Li, W., Ma, L., Chen, J., Lü, H., & Jian, T. (2016). Salt stress changes chemical composition in *Limonium bicolor* (Bag.) Kuntze, a medicinal halophytic plant. *Industrial Crops and Products*, 84: 248–253. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.01.050>
- Wellburn, A. R. (1994). The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *J. Plant Physiol.*, 144: 307-313. [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)81192-2](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81192-2)
- Wiczkowski, W., Piskula, M. K. (2004). Food flavonoids. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 13(54): 101–114.
- Yorğun, D. (2022). Farklı oksin dozları ve yetiştirme ortamlarının deniz börülçesi (*Salicornia europaea*)'nin kök oluşumu ve fide gelişimi üzerine etkisi. [Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Bitki Islahı ve Genetiği, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye.] 1-56.



## Determination of The Effects of Apple Pomace Addition on Alfalfa Silage Quality

Yücel Ünal<sup>1,a</sup>, Behlül Sevim<sup>2,b,\*</sup>, Erinç Gümüş<sup>3,c</sup>, Selim Sırakaya<sup>2,d</sup>, Tuğay Ayaşan<sup>4,e</sup>, Yusuf Cufadar<sup>5,f</sup>, Osman Olgun<sup>5,g</sup>, Asuman Arlan Duru<sup>6,h</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Aksaray, Türkiye

<sup>2</sup>Aksaray Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, Gıda İşleme Bölümü, Aksaray, Türkiye

<sup>3</sup>Aksaray Üniversitesi Eski MYO, Veterinerlik Bölümü, Aksaray, Türkiye

<sup>4</sup>Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Kadiri Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Osmaniye, Türkiye

<sup>5</sup>Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Konya, Türkiye

<sup>6</sup>Uşak Üniversitesi Ziraat fakültesi Zootečni Bölümü, Uşak, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 09.03.2024 Accepted : 04.04.2024</p> <p><b>Keywords:</b> Apple pulp Fermentation Quality Silage Alfalfa</p>	<p>This study was carried out to examine the chemical composition, fermentation profile, microbiological properties, digestibility, and energy values of alfalfa silages with the addition of different doses of apple pomace. Within the scope of the study, the alfalfa silages, which were chopped in 1-3 cm length, were ensiled in anaerobic plastic jars without any additive in the control group and with 5% (EP5) and 10% (EP10) apple pomace in the treatment groups. At the end of the study, addition of apple pomace decreased the dry matter, ethanol, acetic acid, propionic acid, butyric acid content and pH values of alfalfa silages, while it increased Neutral Detergent Insoluble Crude Protein (NDICP), lactic acid and yeast count. It was determined that there was no significant difference in digestibility, energy values, crude protein, ether extract, crude ash, starch, NDF, ADF, ADL, Acid Detergent Insoluble Crude Protein (ADICP) and lactic acid bacteria contents of alfalfa silages with apple pomace treatment. No mold content was detected in the apple pomace supplemented groups, while Clostridia was observed only in the EP10 group. As a result, it was concluded that apple pomace, which is a by-product of the food industry, can be used to reduce the negative environmental effects, to reduce feed costs and to positively affect the quality of alfalfa silages.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(7): 1190-1196, 2024

## Elma Posası İlavesinin Yonca Silaj Kalitesine Etkilerinin Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 09.03.2024 Kabul : 04.04.2024</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Elma posası Fermentasyon Kalite Silaj Yonca</p>	<p>Bu çalışma, farklı dozlarda elma posası ilavesinin yonca silajlarının kimyasal kompozisyonu, fermentasyon profili, mikrobiyolojik özellikleri, sindirilebilirlik ve enerji değerlerinin incelenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışma kapsamında, 1-3 cm boyutlarında parçalanmış yoncalar anaerob plastik kaplara, kontrol grubuna herhangi bir katkı eklenmeden, muamele gruplarında ise %5 (EP5) ve %10 (EP10) oranlarında elma posası ilave edilerek silolanmıştır. Araştırma sonunda, elma posası ilavesi yonca silajlarının kuru madde, etanol, asetik asit, propiyonik asit, bütirik asit içeriği ve pH değerini düşürürken, Nötral Deterjanda Çözülmeyen Ham Protein (NDICP), laktik asit ve maya sayısını artırmıştır. Yonca silajlarının sindirilebilirlik, enerji değerleri, ham protein, ham yağ, ham kül, nişasta, NDF, ADF, ADL, Asit Deterjanda Çözülmeyen Ham Protein (ADICP) ve laktik asit bakterileri içeriklerine elma posası muamelesiyle önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Elma posası katkılı gruplarda küf içeriği saptanmamış, Clostridia ise sadece EP10 grubunda gözlemlenmiştir. Sonuç olarak gıda sanayi yan ürünü olan elma posasının çevresel etkilerinin azaltılması, yem maliyetlerinin ucuzlatılması ve yonca silajlarının kalitesine pozitif yönde etkisi nedeniyle kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.</p>

<sup>a</sup> [yucelunal@aksaray.edu.tr](mailto:yucelunal@aksaray.edu.tr)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6343-3546>

<sup>c</sup> [erincgumus@gmail.com](mailto:erincgumus@gmail.com)

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2996-3241>

<sup>e</sup> [erincgumus@gmail.com](mailto:erincgumus@gmail.com)

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6839-8428>

<sup>e</sup> [selimsirakaya@hotmail.com](mailto:selimsirakaya@hotmail.com)

<sup>f</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2733-1726>

<sup>f</sup> [ayasan@gmail.com](mailto:ayasan@gmail.com)

<sup>g</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7397-6483>

<sup>h</sup> [yucufadar@selcuk.edu.tr](mailto:yucufadar@selcuk.edu.tr)

<sup>g</sup> <https://orcid.org/0000-0001-9606-791X>

<sup>g</sup> [oolgun@seluk.edu.tr](mailto:oolgun@seluk.edu.tr)

<sup>h</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3732-1137>

<sup>f</sup> [duru.asuman@gmail.com](mailto:duru.asuman@gmail.com)

<sup>h</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7290-1719>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

## Giriş

Silaj, su içeriği zengin yemlerin havasız ortamda laktik asit bakterilerinin etkinliği sayesinde ruminantların beslenmesinde kullanılan önemli bir fermente kaba yem kaynağıdır. Ruminantların yem gereksinimlerinin karşılanması noktasında besleme maliyetlerinin pahalılığı, son yıllarda ucuz maliyetli yem kaynaklarına olan ilgiyi artırmıştır. Yapılan çalışmalarda kullanılan katkı maddelerinin silaj kalitesine olan etkileri konusunda farklı birçok araştırmalara da devam edilmektedir.

Yonca, hayvan beslemede, olmazsa olmaz çok yıllık bir baklagil yem kaynaklarından birisi olup; besin ve protein değerinin yüksek olması, yıllık 6-7 biçim alınabilmesi, lezzetli olması, sindirilebilirliğinin iyi olması gerek kuru ot gerekse de silajın yapılabilmesi nedeniyle dikkat çeken bir yem hammaddesidir. Yüksek besin kalitesi, verim ve adaptasyon yeteneği nedeniyle dünyadaki en önemli yem hammaddelerinden olan yonca hayvan beslemede genellikle kuru ot olarak kullanılmaktadır. Bazı hasat dönemlerinde uygun olmayan iklim koşullarından (yağmur vs.) dolayı kurutmada son yıllarda güçlükler yaşanmaktadır. Üreticiler bu durumda pazarlama sıkıntısı çekebilmektedir. Bu gibi durumlarda yoncanın silaj olarak değerlendirilmesi farklı bir alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte, yoncanın yüksek tamponlanma kapasitesi, düşük kuru madde (KM) ve suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK) içeriği silolanmasını zorlaştırıcı niteliktedir (Gao ve ark.,2021; Kang ve ark., 2021; Boğa ve Ayaşan, 2022). Bu durum, yoncanın silolamada fermentasyon süreci iyi olamayan yemler sınıfına dahil edilmesine sebep olmaktadır. Yonca silajının kalitesinin artırılması noktasında, zaman zaman bazı katkı maddelerinin kullanımı kaçınılmaz bir durum olmaktadır.

Meyve suyu ve sirke endüstrisinin ana girdilerinden olan elmanın işlenmesi sonrasındaki elde edilen yan ürünü, suda çözünebilir karbonhidratlar bakımından zengin olması nedeniyle, hayvan besleme için önemli bir ürün olma potansiyeline sahiptir. Bu ürünün düşük pH aralığı (3.4 – 4.2), silaj asidite gelişimi noktasında katkı maddesi olarak kullanım potansiyelini ortaya çıkarmaktadır. Yonca silajının fermentasyon prosesini iyileştirmek için mikrobiyal inokulantlar, enzim, gıda sanayii yan ürünleri ve farklı karbonhidrat kaynakları kullanılmaktadır. Meyve suyu endüstrisinden elde edilen posalar, pektin ve şeker içeriğinin yüksek olması nedeniyle uzun süredir geviş getiren hayvanların beslenmesinde kullanılmaktadır (Arthington ve ark., 2002). Meyve suyu sanayii yan ürünlerinden elma posasının da bu kaynaklardan birisi olduğu düşünülmektedir (Ülger ve ark., 2018). Elma posası %14.57 KM, %0.42 ham kül (HK), %1.04 ham protein (HP), %3.65 ham yağ (HY), %33.35 ham selüloz (HS) ve %14.15 organik madde (OM) içermektedir (Yalçınkaya ve ark., 2012). Ayrıca Gharehbagh ve ark., (2020), kuru elma posasının %7 HP, %5 HY, 1.86 Mcal/kg KM Metabolik enerji (ME), 1.12 Mcal/kg KM Net enerji (NE) içerdiğini; Kengoo ve ark. (2022), elma posasının %80,65 KM, %7.27 HP, %0.91 HY, %33.52 HS, %60.60 NDF ve %37.95 ADF içerdiğini ifade etmişlerdir.

Bu çalışmada, yoncaya farklı düzeylerde ilave edilen elma posasının kimyasal kompozisyon, fermentasyon, mikrobiyolojik, sindirilebilirlik özellikleri ve enerji değerlerine olan etkisi araştırılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Silaj Örneklerinin Hazırlanması

Çiçeklenme döneminde ve kuru madde değeri yaklaşık %20 seviyelerinde hasadı yapılan taze yonca (*Medicago sativa L.*) örnekleri laboratuvara getirilerek, bir gün soldurulmuş ve doğrama makinesi ile 1-3 cm uzunluğunda parçalanmıştır. Doğranan yoncaya, elma posası (EP) 3 paralel olacak şekilde, Kontrol-Katkısız (KNTRL), %5 EP (EP 5) ve %10 EP (EP10) oranlarında ilave edilmiştir. Homojen dağılımı sağlanarak 1 kg'lık plastik ağzı kapaklı anaerob bidonlarda iyice sıkıştırılarak oksijensiz bir ortam sağlanarak silolama gerçekleştirilmiştir. Ağzı sıkıca kapatılan örnekler, 60 gün süre ile fermentasyona bırakılmıştır. Silolama dönemi sonunda, örnekler açılarak aşağıda belirtilen analizler yapılmıştır.

### Kimyasal Analizler

Silolama dönemi sonunda, açılan örnekler kimyasal analizler için hazırlanmıştır. Kitleyi temsil edecek şekilde alınan silaj örnekleri ve taze yoncanın hava sirkülasyonlu etüvde 60°C'de 48 saatte kurutularak kuru madde içerikleri belirlenmiştir. Kuru madde analizinden sonra örnekler, 1 mm elek çapından geçecek şekilde laboratuvar değirmeninde (IKA MF.10) öğütülmüştür. Öğütülen örneklerin Dumas yöntemiyle ham protein (HP), 550°C'de 3-5 saat kül fırınında yakılarak ham kül (HK), petrol eteri ile ekstraksiyon yöntemiyle ham yağ (HY) ve ham selüloz (HS) analizleri AOAC (1999) belirtilen yöntemlere göre yapılmıştır. Nötral deterjanda çözünmeyen lif (NDF) ve asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF), asit deterjanda çözünmeyen lignin (ADL), ham selüloz (HS), asit deterjanda çözünmeyen ham protein (NDICP) ve nötr deterjanda çözünmeyen ham protein (NDICP) analizleri Van Soest (1982) bildirdiği metoda göre Ankom Fiber Analyzer'da yapılmıştır. Araştırma silajlarının nişasta içerikleri polarimetrik yöntemle belirlenmiştir.

### Sindirilebilirlik ve Enerji Hesaplamaları

Araştırmaya ait silaj örneklerinin ve taze yoncanın kimyasal kompozisyon analizlerine göre sindirilebilirlik ve enerji değerleri hesaplanmıştır. Bu kapsamda, toplam sindirilebilir besinler (TDN<sub>1X</sub>), metabolik enerji (ME), net enerji yaşam (NE<sub>M</sub>), net enerji gain (NE<sub>G</sub>), net enerji laktasyon (NEL<sub>3X</sub>) değerleri NRC (2001) bildirişindeki formüllerle; fiber olmayan karbonhidrat (NFC) ise, NFC = 100 – (HP+HY+HK+NDF) denklemiyle hesaplanmıştır. Bununla birlikte, sindirilebilir kuru madde (SKM), kuru madde tüketimi (KMT % vücut ağırlığına göre) ve nispi yem değeri (NYD) Van Dayke ve Anderson (2000) tarafından bildirilen aşağıda belirtilen formülasyonlar ile silajların NDF ve ADF içerikleri üzerinden hesaplanmıştır.

- $KMT = 120 / NDF$  (% vücut ağırlığı)
- $NYD = \% SKM \times \% KMT \times 0,775$
- $SKM = 88,89 - (0,779 \times ADF)$  formülü ile belirlenmiştir.

### Fermentasyon Özellikleri

Altmış günlük fermentasyon sonunda; numunelerin pH, asetik, propiyonik, bütirik ve laktik asit düzeyleri belirlenmiştir. Bunun için 40 g silaj örneği 360 ml saf su ilave edilerek blenderde karıştırılmış ve 400 ml'ye tamamlanmıştır. Bu sıvı tekrar filtre kâğıdından (Whatman

54) süzülerek santrifüj edilmiştir. Örnekler analiz edilene kadar -20°C'de saklanmıştır. Laktik asit analizi için Lepper'in kısaltılmış metodu kullanılmıştır (Akyıldız, 1984). Asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asitleri analizleri gaz kromatografisinde (Model, Agilent, 7890, ABD) belirlenmiştir.

### Mikrobiyolojik Analizler

Maya küf, Enterobakteri ve laktik asit bakteri kolonilerinin tespiti Sırakaya (2023)'e göre yapılmıştır. Numuneler açılır açılmaz maya-küf analizine tabi tutulmuştur. Maya-küf analizi için, Potato Dextrose Agar (PDA) besi yeri kullanılmış ve yayma plak yöntemi tercih edilmiştir. Araştırma silajlarından 10 g numune 90 ml peptonlu su ile karıştırılarak 10<sup>-1</sup> dilüsyonu hazırlanmıştır. Bu dilüsyondan 10<sup>-4</sup>'e kadar seyreltilmiştir. Sonrasında bu dilüsyonlardan petri kaplarına ekim yapılmıştır. Petri kapları etüvde (25 ±1°C) 5 gün boyunca inkübasyona bırakılmış ve sonrasında maya-küf sayımı yapılmıştır. Enterobakteri analizleri için Violet Red Bile Agar with Glucose (VRBG) besi yeri (Condalab) kullanılmıştır. Besiyeri üretici uygulama talimatındaki yöntem takip edilmiş ve numuneler 37°C'de 48 saat inkübasyona bırakılarak sonuçlar belirlenmiştir.

Clostridia analizleri için Reinforced Clostridial Agar (Condalab) kullanılmıştır. Besiyeri hazırlama yönergesi doğrultusunda numuneler 35 ±2°C'de 40-48 saat arasında inkübasyona bırakılarak mikroorganizma sayımı yapılmıştır.

Laktik asit bakterileri tespiti için MRS agar (Merc) kullanılmıştır. Besi yeri hazırlama talimatına göre numuneler 37°C'de 72 saat inkübasyona tabi tutulmuş ve bu süre sonunda besi yeri üzerinde oluşan laktik bakteri kolonileri sayılarak sonuçlar belirlenmiştir.

### İstatistik Analizler

Çalışmaya ilişkin istatistikler, tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) prosedürü kullanılarak Minitab 16.1 yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Homojen alt kümelerdeki gruplar için farklılık tespiti %95 güven aralığında Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılarak yapılmıştır. Tüm veriler ortalama ve standart hata (ortalama±sh) olarak ifade edilmiştir. Karşılaştırmalarda hesaplanan P değeri, P≤0,05 olduğunda farklar anlamlı olarak kabul edilmiştir.

### Bulgular ve Tartışma

#### Kimyasal Kompozisyon

Silolama öncesi taze yoncanın kimyasal kompozisyonu sindirilebilirlik ve enerji değerlerine ait sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Taze yoncanın KM'sinin %18,69, HP değerinin %23,55, HY düzeyinin %3,17, HK değerinin %13,55, nişasta değeri %3,11, NDF ile ADF değeri sırasıyla %31,30 ve %25,11 olarak tespit edilmiştir.

Canbolat ve ark. (2010), taze yoncanın KM, HK, NDF, ADF, HP, HY değerlerinin sırasıyla %25,10; 7,13; 53,70; 37,81; 19,35 ve 6,34 olduğunu ifade ederken; Agarussi ve ark. (2019), soldurulmamış yoncanın KM'sini %13,04; soldurulmuş yoncanınkini %23,54 olarak tespit etmişlerdir. Ertekin ve Kızılsimşek (2020), silaj yapılmadan önceki yoncanın HP, HK, NDF, ADF ve pH'ını sırasıyla %18,33; %8,24; %49,86; %31,17 ve 6,06

olarak tespit ederken; Huo ve ark. (2021), taze yoncanın %32,5 KM, %31,6 organik madde, %17,3 HP, %42,3 NDF, %23,7 ADF, %5,97 ADL, %0,98 HY içerdiğini belirlemişlerdir. Kang ve ark. (2021), silolama öncesi yoncanın %17 HP, %26,3 HS, %46,0 NDF, %39,9 ADF ve 16,92 MJ/kg toplam enerji içerdiğini ifade ederken; Lazarević ve ark. (2023), taze yoncanın %33,90 KM, %20,46 HP içerdiğini belirtmişlerdir. Çalışmalar arasındaki farklılıkların çeşit, biçim zamanı, soldurma süresi vb. faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Taze yonca için fiber olmayan karbonhidrat (NFC) değeri % 28,51, sindirilebilir kuru madde (SKM) düzeyi %59,01, vücut ağırlığına göre kuru madde tüketimi (KMT) %3,83'dir. Nispi yem değeri (NYD) 206, toplam sindirilebilir besinler (TDN<sub>1X</sub>), metabolik enerji (ME), net net enerji laktasyon (NEL<sub>3X</sub>) ve net enerji gain (NE<sub>M</sub>) değerleri ise sırasıyla %59,05, 2,7 Mcal/kg, 1.3 Mcal/kg ve 1,2 Mcal/kg olarak saptanmıştır.

Farklı oranlarda elma posası ilavesinin yonca silajlarının kimyasal kompozisyonuna etkisi Çizelge 2'de verilmiştir.

Kuru madde bakımından, kontrol grubu %18,95, %5 ve 10 elma posası gruplarında ise sırasıyla %18,70 ve 17,37 olarak belirlenmiş ve gruplar arasındaki bu fark önemli bulunmuştur (P<0,05). Kontrol grubu silajlarının kuru madde (% 18,95) içeriğinin taze yoncayla (%18, 69) ile kıyaslandığında kuru madde kaybının düşük düzeyde olduğu anlaşılmaktadır. Yüksek kaliteli silaj eldesi için gerekli fermentasyon koşulları sağlanmadığında, istenmeyen mikroorganizmalar ortamda çoğalmakta ve sonuç olarak kuru madde kayıpları meydana gelmektedir (Bolsen ve ark., 1996). Sonuç olarak, elma posasındaki suda çözünebilir karbonhidrat içeriğinin silajları koruyacak kadar ortamda var olduğunu ve bunu tüketen laktik asit bakterilerinin silajda istenmeyen unsurların gelişimini durdurarak kuru madde kayıplarını azalttığı söylenebilir.

Çizelge 1. Silolama öncesi taze yoncanın kimyasal kompozisyonu, sindirilebilirlik ve enerji değerleri  
Table 1. Chemical composition, digestibility and energy values of fresh alfalfa before ensiling

Kimyasal Analiz Değerleri	
Kuru Madde %	18,69
Ham Protein %	23,55
Ham Yağ %	3,17
Ham Kül %	13,55
Nişasta %	3,11
ADF %	25,11
NDF %	31,30
Hesaplanan Değerler	
NFC %	28,51
SKM%	59,01
KMT % (Vücut ağırlığına göre)	3,83
NYD	206
TDN <sub>1X</sub> %	59,05
ME (Mcal/kg)	2,70
NEL <sub>3X</sub> (Mcal/kg)	1,30
NE <sub>M</sub> (Mcal/kg)	1,20

ADF: Asit deterjanda çözünmeyen lif; NDF: Nötral deterjanda çözünmeyen lif; ADL: Asit deterjanda çözünmeyen lignin; NFC: Fiber olmayan karbonhidratlar; SKM: Sindirilebilir kuru madde; KMT: Kuru madde tüketimi (vücut ağırlığı yüzdesine göre); NYD: Nispi yem değeri, TDN: Toplam sindirilebilir besin madde; ME: Metabolik enerji; NE<sub>L</sub>: Net enerji laktasyon; NE<sub>M</sub>: Net enerji yaşama payı.

Çizelge 2. Elma posası katkısının yonca silajlarının kimyasal kompozisyonuna etkisi  
Table 2. Effect of apple pomace additive on the chemical composition of alfalfa silages

Parametreler	Yonca Silajlarına İlave Edilen Elma Posası Düzeyleri			P Değeri
	KNTRL	EP 5	EP10	
Kuru Madde %	18,95 <sup>a</sup> ±0,081	18,70 <sup>ab</sup> ±0,045	17,37 <sup>b</sup> ±0,542	0,026
Ham Protein % KM	23,56±0,711	23,59±0,333	23,46±0,175	0,980
Ham Yağ % KM	3,14±0,291	3,28±0,155	3,07±0,300	0,855
Ham Kül % KM	13,86±0,103	13,58±0,127	13,47±0,137	0,148
Nişasta % KM	3,66±0,137	3,34±0,165	3,20±0,296	0,354
NDF % KM	31,62±1,131	30,35±0,467	30,79±0,355	0,507
ADF % KM	24,28±0,233	24,45±0,463	24,48±0,219	0,895
ADL % KM	6,96±0,739	5,83±0,553	6,07±0,249	0,377
ADICP, KM	2,29±0,692	2,44±0,199	2,48±0,023	0,597
NDICP % KM	2,15 <sup>a</sup> ±0,041	2,16 <sup>ab</sup> ±0,020	2,55 <sup>a</sup> ±0,152	0,033

ADF: Asit deterjanda çözünmeyen lif, NDF: Nötr deterjanda çözünmeyen lif, ADL: Asit deterjanda çözünmeyen lignin, ADICP: Asit deterjanda çözünmeyen ham protein, NDICP: Nötr deterjanda çözünmeyen ham protein, EP: Elma posası, KNTRL: Kontrol grubu

Çizelge 3. Elma posası katkısının yonca silajının sindirilebilirlik ve enerji değerlerine etkisi  
Table 3. Effect of apple pomace additive on digestibility and energy values of alfalfa silage

Besin Değerleri	Muamele Grupları			P Değeri
	KNTRL	EP5	EP10	
NFC %	27,79±0,821	29,30±0,945	29,07±0,912	0,361
SKM %	58,60±1,015	59,40±1,042	59,66±1,051	0,385
KMT% (%Vücut Ağırlığı)	3,80±0,231	3,95±0,189	3,90±0,195	0,412
NYD	206±0,928	214±0,985	211±0,932	0,392
TDN <sub>1X</sub> %	58,61±1,033	60,40±0,935	59,66±0,161	0,354
ME (Mcal/kg)	2,16±0,050	2,21±0,029	2,18±0,012	0,537
NE <sub>L3X</sub> (Mcal/kg)	1,33±0,035	1,37±0,020	1,34±0,001	0,464

NFC: Fiber olmayan karbonhidratlar, SKM: Sindirilebilir kuru madde, KMT: Kuru madde tüketimi (vücut ağırlığı yüzdesine göre), NYD: Nispi yem değeri, TDN<sub>1X</sub>: Toplam sindirilebilir besinler, ME: Metabolik enerji, NE<sub>L</sub>: Net enerji laktasyon, EP: Elma posası, KNTRL: Kontrol grubu

Ayrıca fermentasyon özelliklerindeki parametrelere ait bulgular bu görüşü destekler niteliktedir. Böylece, elma posasının kuru madde içeriğinin yoncadan daha düşük olması silajların kuru madde içeriğini düşürmüş olabilir. Besharati ve ark. (2021) elma posası katkısının yonca silajlarının kuru madde içeriğini azalttığını ifade etmişlerdir. Erişçi ve ark. (2022) samanla muamele edilmiş elma ilavesi ve Çiftçi ve ark. (2005) elma ilavesinin yonca silajlarının kuru madde içeriklerini değiştirmediklerini belirtmişlerdir. Farklı posaların yonca silajlarına ilavesine yönelik bazı çalışmalarda, Canbolat ve ark. (2010), üzüm posası ilavesinin ve Arslan Duru (2020), lavanta posası ilavesinin yonca silajlarının KM içeriğini artırdığını bildirmişlerdir.

Mevcut çalışmada kontrol grubunda yonca silajının HP değeri %23,56, %5 ve %10 elma posası katılan gruplarda ise HP seviyesi sırasıyla, %23,46 ve 23,59 olarak tespit edilmiş, gruplar arasında fark istatistik olarak önemsiz olmuştur (P>0,05). Besharati ve ark. (2019), silajdaki elma posasının artışına bağlı olarak HP içeriğinin düştüğünü ve Erişçi ve ark. (2022) elma katkısının silajların HP içeriğinin değişmediğini bildirmişlerdir. Çalışmalar arasında görülen bu farklılıklar, elma posasının HP düzeyinin düşük olması ve kullanılan dozlarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Elma posası muamelesi yonca silajlarının ham yağ, ham kül, NDF, ADF, ADL, ADICP ve nişasta düzeyleri bakımından gruplar arasında istatistik bir fark görülmemiştir (P>0,05). Bu durumun nedeni, elma posası katkılı silajlarda laktik asit bakterilerinin faaliyetlerinin hücre duvarı bileşiklerinin parçalanabilirliklerini artıracak

şekilde hızlanmadığı başka bir deyişle silaj fermentasyonu sırasında mikroorganizmalar tarafından asidik hidroliz ve/veya fibrinolitik enzim üretiminin istenen seviyede olmamasından kaynaklandığı söylenebilir. Elma posası ilavesiyle silajların Doğan (2019), ADF içeriğinin düştüğünü; Rodrigues ve ark. (2008) elma posasına saman eklenmesinin ADF içeriğini önemli ölçüde artırdığını ve Ke ve ark. (2015) elma posası ve üzüm posasının silajların NDF ve ADF içeriğini artırdığını belirtmişlerdir.

Araştırmada, kontrol grubunda NDICP değeri yonca silajında %2,15 çıkarken; elma posası katılan gruplarda %2,16 ve %2,55 çıkmıştır. Gruplar arası istatistik bir farklılığa neden olan NDICP değeri, yonca silajına elma posası katılmasıyla artış göstermiştir (P<0,05). Yapılan bir araştırmada 29 adet yonca silajının NDICP değeri ortalama %2,81 olarak bulunurken; minimum-maksimum %1,71-4.12 arasında değerler almıştır (Sırakaya, 2017). Sırakaya ve Beyzi (2022), yonca silajlarının NDICP değerini %1,99 olarak saptamışlardır.

#### Sindirilebilirlik ve Enerji Değerleri

Elma posası ilave edilen yonca silajlarının bazı sindirilebilirlik özellikleri ve enerji değerlerine ait sonuçlar Çizelge 3'te sunulmuştur.

Kontrol ve muamele grupları sindirilebilirlik ve enerji düzeylerine ilişkin sonuçların verildiği Çizelge 3 incelendiğinde gruplar arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı görülmektedir (P>0,05). NFC değeri kontrol grubunda %27,79, %5 ve %10 elma posası katılan gruplarda ise sırasıyla %29,07 – 29,30 olarak tespit edilmiştir. Yonca silajına elma posası katkısı, silajların

NFC değerinde sayısal düzeyde artışa yol açmıştır. Bu konuda yapılan bir araştırmada, yonca silajının NFC değeri %23,93 olarak belirlenmiştir (Sırakaya, 2017).

Kontrol grubunun SKM'si %58,60 olarak bulunurken, muamele grupları SKM içeriklerinde artış olsa da (%59,40-59,66) gruplar arasında önemli bir farklılık tespit edilememiştir ( $P>0.05$ ). Bu konuda yapılan bir araştırmada yonca silajının SKM değeri %62,60 olarak tespit edilmiştir (Sırakaya, 2017). Canbolat ve ark., (2010), yonca silajındaki SKM düzeyini %60,62 olarak saptarken; Kang ve ark., (2021), bu değeri %64.04 olarak tespit etmiştir.

Nispi yem değeri (NYD), tam çiçekteki yonca kuru otunun NDF'sini %53, ADF'sini %41 olarak hesaplanan 100 indeksini esas almaktadır. Bu değer altına inildikçe yem kalitesi düşmektedir. Yemlerin NYD'nin saptanmasında kullanılan KMT, yemdeki NDF ile ters orantılıdır. Bu bağlamda NDF değeri yüksek olan yonca silajında, KMT'i düşük çıkmıştır. NYD mevcut çalışmada, katkısız yonca silajında 206 olarak tespit edilmiş, yonca silajına elma posası katılması ise silajın NYD'yi artırmıştır. Yonca silajlarında NYD'ni Kang ve ark., (2021), 133,86; Kepekci ve Arslan Duru (2020), 289,73 olduğunu bildirmişlerdir. Canbolat ve ark. (2010), üzüm posası katkısının yonca silajlarının NYD'nin arttığını belirtmişlerdir.

Toplam sindirilebilir besinler ( $TDN_{1x}$ ), kontrol grubunda %58,61 iken, yonca silajına elma posası katılması, silajın  $TDN_{1x}$  değerini yükseltmiş fakat gruplar arası farklılık istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ( $P>0,05$ ). Bu konuda yapılan bir araştırmada (Sırakaya, 2017), yonca silajının  $TDN_{1x}$  değerini %53,07 olarak tespit etmiştir. Sırakaya ve Beyzi (2022), bu değeri %56,86 olarak saptamıştır. Kontrol ve iki seviye muamele gruplarında ME değerleri bakımından önemli bir farklılık bulunmamıştır ( $P>0,05$ ). NEL değeri, yonca silajında, elma posası katılan gruplara göre daha düşük bulunmuştur. Sırakaya (2017), yonca silajının NEL değerini 1,22 Mcal/kg bulması, denemede elde ettiğimiz sonuçlardan düşük çıktığını göstermektedir. Sırakaya ve Beyzi (2022), bu değeri 4.21 MJ/kg olarak tespit etmiştir.

### Fermentasyon Özellikleri

Yonca silajlarına farklı düzeylerde ilave edilen elma posasının organik asit, etanol ve pH değerlerine etkisi Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4 incelendiğinde, elma posası katkısı yonca silajlarının laktik asit içeriğini artırmış ( $P<0,001$ ), etanol ( $P<0,05$ ), asetik asit ( $P<0,05$ ), propiyonik asit ( $P<0,001$ ), bütirik asit ( $P<0,01$ ) ve pH değerlerini ( $P<0,001$ ) düşürmüştür.

Asetik asit, bütirik asit, propiyonik asit kısa zincirli yağ asitleri olup; silajdaki küf ve mantar gelişimini azaltarak silajda oluşan/oluşacak aerobik bozulmayı önlemektedir. Laktik asit üretimi ve toplam asit içindeki laktik asit oranı, silajın yem değerini değerlendirmek için önemli parametrelerdir. Mevcut araştırmada, laktik asit düzeyi, diğer organik asitlerin tersine, elma posası katılan silajlarda, kontrol grubu yonca silajına göre daha yüksek bulunmuş, gruplar arasında da farklılık önemli çıkmıştır. Elma posası ilavesinin yonca silajlarının fermentasyon profilini iyileştirmede etkili olabileceği ancak fermentasyon hızının yavaş olduğu söylenebilir. Silo ortamının pH'sı asitliğin yeterince ilerleyip ilerlemediğinin en önemli göstergesidir. Mevcut çalışmada kontrol grubu yonca silajı pH'sı 5,35 iken elma posası katılması silajların pH'sının azalmasına neden olmuştur. Silajlardaki pH'nın düşüşü, elma posası ilave edilen gruplarda olan laktik asit, asetik asit ve propiyonik asitlerinin ortamda baskın olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca azalan asetik asit içeriği, elma posası muamelesiyle homofermentatif fermentasyon sürecini de teşvik ettiği söylenebilir. Silajların bütirik asit içeriği düşse de fermentasyonun yeterince hızlı şekillenememesi nedeniyle, başka bir deyişle pH'nın hızla istenen seviyelere düşmemesi nedeniyle laktik asitlerin bütirik aside dönüşümünün engellenmediği anlaşılmıştır (Kung ve ark., 2018). Doğan (2019), araştırmada elde edilen bulguyu destekler nitelikte, silajdaki elma posasının katılmasına bağlı olarak pH değerinin düştüğünü ifade etmiştir. Erişçi ve ark. (2022), yonca silajlarına elma katkısının pH değerini değiştirmediği sonucuna varmışlardır. Ke ve ark. (2015) elma posası katkısının laktik asit içeriğini arttırdığını, asetik asit içeriğini düşürdüğünü saptamışlardır.

### Mikrobiyolojik Özellikler

Farklı düzeylerde elma posası ilave edilen yonca silajlarının mikrobiyolojik özellikleri Çizelge 5'te sunulmuştur.

Araştırma silajlarında Clostridia içeriğine kontrol ve EP5 gruplarında tespit edilmemiş, EP10 grubunda 3,35 düzeyinde saptanmıştır. Enterobakter sayısı, sayıca en yüksek düzeyde kontrol grubunda bulunurken; laktik asit bakterisi bakımından gruplar arasında sayıca önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Maya sayısı, en yüksek EP10 grubunda görülürken en düşük kontrol grubunda bulunduğu sonucuna varılmıştır. Elma posası ilave edilen gruplarda küf içeriğine rastlanmazken, kontrol grubunda 3,15 düzeyinde içerdiği belirlenmiştir. Silolama, mikroorganizmalar tarafından başlatılan kompleks bir süreçtir.

Çizelge 4. Elma posası katkısının yonca silajlarının bazı fermentasyon özelliklerine etkisi

Table 4. The effect of apple pomace addition on some fermentation characteristics of alfalfa silages

Parametreler	Kontrol	EP5	EP10	P değeri
Etanol, g/kg KM	27,44 <sup>A</sup> ±0,746	22,66 <sup>B</sup> ±0,341	24,58 <sup>B</sup> ±0,575	0,003
Asetik Asit, g/kg KM	13,76 <sup>A</sup> ±0,904	12,81 <sup>AB</sup> ±0,345	10,89 <sup>B</sup> ±0,202	0,031
Propiyonik Asit, g/kg KM	1,02 <sup>A</sup> ±0,006	0,89 <sup>B</sup> ±0,005	0,84 <sup>B</sup> ±0,029	0,001
Bütirik Asit, g/kg KM	4,13 <sup>A</sup> ±0,012	3,58 <sup>B</sup> ±0,120	3,81 <sup>B</sup> ±0,020	0,004
Laktik Asit, % KM	0,66 <sup>B</sup> ±0,061	1,14 <sup>A</sup> ±0,014	1,26 <sup>A</sup> ±0,038	0,000
pH	5,35 <sup>A</sup> ±0,002	5,15 <sup>C</sup> ±0,002	5,19 <sup>B</sup> ±0,001	0,000

EP; Elma posası

Çizelge 5. Elma posası katkısının yonca silajlarının mikrobiyolojik özelliklerine etkisi

Table 5. Effect of apple pomace additive on microbiological properties of alfalfa silages

Parametreler	Kontrol	EP5	EP10
Clostridia	ND	ND	3,35
Enterobakter	3,76	3,53	3,57
Laktik Asit Bakterileri	3,69	3,70	3,70
Maya	1,47	3,43	3,79
Küf	3,15	ND	ND

\* Sonuçlar log 10 cfu g<sup>-1</sup> olarak verilmiştir. ND; Tespit edilemedi EP; Elma posası

Silajlarda istenen tek mikroorganizma grubu laktik asit bakterileridir (Basmacıoğlu ve Ergül (2002)). Silajlardaki yüksek sayıda maya genellikle yüksek etanol konsantrasyonları (>%3-4) ile ilişkilendirilmekte ve bu tür silajlar genellikle oksijene maruz kaldığında kolayca bozulmaktadır. Çünkü bazı mayalar bu koşullar altında laktik asidi asimile edebilmektedir (Kung ve ark., 2018). Araştırma silajlarında katkı maddesinin silajların mikrobiyolojik özelliklerini küf içeriği dışında herhangi etkisinin olmadığı söylenebilir. Ke ve ark. (2015), kurutulmuş elma posası ile muamele edilen silajlarda daha fazla laktik asit bakterisi, daha az küf ve maya gözlemlenmiştir.

## Sonuç

Son yıllarda gıda sanayii sektöründe ortaya çıkan yan ürünler ve/veya atıkların alternatif yem kaynağı olarak kullanımı gündeme gelmiştir. Ülkemizin kalkınmasında bölgesel potansiyellerden faydalanılmasının büyük önem kazandığı günümüzde bu yan ürünlerin önemi daha da ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada, elma posasının yonca ile silolanabilmesi ve fermentasyon artırıcı olarak silaj kalitesinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Araştırma sonunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde, farklı düzeylerde elma posası ilavesiyle yonca silajlarının kuru madde, pH, etanol, asetik asit, laktik asit, asetik asit, bütirik asit, propiyonik asit ve küf gelişiminde azalmaların olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, silajların sindirilebilirlik, enerji değerleri, kimyasal kompozisyonu, laktik asit bakterileri ve Enterobakter bakımından önemli farklılıklara yol açmadığı, hatta Clostridia sayısında artış olduğu gözlenmiştir. Araştırmada, yonca silajı kalitesine pozitif yönde etkisi nedeniyle gıda sanayi yan ürünü olan elma posasının silajlara ilavesinin olumsuz çevresel etkilerinin azaltılması ve yem maliyetlerinin ucuzlatılmasına katkı sağlaması noktasında yonca silajına katılarak kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır.

## Teşekkür

Bu çalışma Aksaray Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir (Proje numarası: BAP 2022-001)

## Kaynaklar

Agarussi, M. C. N., Pereira, O. G., da Silva, V. P., Leandro, E. S., Ribeiro, K. G., Santos, S. A. (2019). Fermentative profile and lactic acid bacterial dynamics in non-wilted and wilted alfalfa silage in tropical conditions. *Molecular Biology Reports*, 46, 451-460. <https://doi.org/10.1007/s11033-018-4494-z>

- Akyıldız, A.R. (1984). *Yemler Bilgisi Laboratuvar Kılavuzu*. Yayınları: 895, Ders Kitabı: 213, s. 236, Fakültesi Yayınları. Ankara
- Arslan Duru, A. A. (2020). The effect of lavender pomace on chemical composition, microbiological and some fermentation characteristics of alfalfa silages. *European International Journal of Science and Technology*, 9(2): 1-8.
- Arthington, J. D., Kunkle, W. E., Martin, A. M. (2002) Citrus pulp for cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food and Animal Practice*, 18: 317-326. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(02\)00023-3](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(02)00023-3)
- Basmacıoğlu, H., Ergül, M. (2002). Silaj mikrobiyolojisi. *Hayvansal Üretim*, 43(1): 12-24.
- Besharati, M., Ghozalpour, V., Nematı, Z., Karimi, A. (2019). Effect of adding a combination of essential oils to alfalfa silage with different levels of apple pulp on degradability using nylon bag technique. *Animal Production Research*, 8(3): 61-72.
- Besharati, M., Palangi, V., Ghozalpour, V., Nematı, Z., Ayaşan, T. (2021). Essential oil and apple pomace affect fermentation and aerobic stability of alfalfa silage. *South African Journal of Animal Science*, 51(3): 371-377. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v51i3.11>
- Boğa, M., Ayaşan, T. (2022). Determination of nutritional value of alfalfa varieties and lines by using the in vitro method and gas production technique. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 73(1): 3613-3620. <https://doi.org/10.12681/jhvms.24674>
- Bolsen K. K., Ashbell G., Weinberg Z. G. (1996). Silage fermentation and silage additives. *Ajas*, 9 (5): 483-493.
- Canbolat, Ö., Yıldırım, H. K., Karaman, Ş., Filya, İ. (2010). Üzüm posasının yonca silajlarında karbonhidrat kaynağı olarak kullanılması olanakları. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(2): 269-276. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2009.679>
- Çiftçi, M., Çerçi, H. İ., Dalkılıç, B., Güler, T., Ertaş, O. N. (2005). Elmanın karbonhidrat kaynağı olarak yonca silajına katılma olanağının araştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(2): 93-98.
- Doğan, C. (2019). Yonca (*Medicago sativa* L.) Silajına farklı oranlarda ilave edilen limon ve elma posalarının silaj kalitesi üzerine etkilerinin incelenmesi. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*.
- Erişçi, D., Bingöl, T., Avci, A. (2022). Elma (*Malus Pumila*) Katkısının Yonca Silaj Kalitesi Üzerine Etkisi. *Van Veterinary Journal*, 33(3): 135-140. <https://doi.org/10.36483/vanvetj.1185934>
- Ertekin İ., Kızılımşek M (2020). Effects of lactic acid bacteria inoculation in pre-harvesting period on fermentation and feed quality properties of alfalfa silage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(2): 245-253. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0801>
- Gao, R., Wang, B., Jia, T., Luo, Y., Yu, Z. (2021). Effects of different carbohydrate sources on alfalfa silage quality at different ensiling days. *Agriculture*, 11(1), 58. <https://doi.org/10.3390/agriculture11010058>



- Gharehbagh, A. G., Pirmohammadi, R., Alijoo, Y. A., Behroozyar, H. K. (2020). Investigating the effect of apple pomace silage as fodder source on performance and residues of its toxins in milk and some rumen fermentation in Mahabadi lactation goats in early lactation period. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(1): 241-245.
- Huo, W., Wang, X., Wei, Z., Zhang, H., Liu, Q., Zhang, S., Guo, G. (2021). Effect of lactic acid bacteria on the ensiling characteristics and in vitro ruminal fermentation parameters of alfalfa silage. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1): 623-631. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1906167>
- Kang, J., Tang, S., Zhong, R., Tan, Z., Wu, D. (2021). Alfalfa silage treated with sucrose has an improved feed quality and more beneficial bacterial communities. *Frontiers in Microbiology*, 12, 670165. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.670165>
- Ke, W. C., Yang, F. Y., Undersander, D. J., Guo, X. S. (2015). Fermentation characteristics, aerobic stability, proteolysis and lipid composition of alfalfa silage ensiled with apple or grape pomace. *Animal Feed Science and Technology*, 202: 12-19. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.01.009>
- Kengoo, N., Bishist, R., Devi, S., Gautam, K. L., Khalandar, S. (2023). Qualitative analysis of apple pomace based maize silage for animal feeding. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 42(3): 292-297. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-1878>
- Kepekci, S., Arslan Duru, A. (2020). The effect of anise seed (*Pimpinella anisum* L.) on some quality parameters of alfalfa silages. *International Journal Agriculture Forestry and Life Sciences*, 4(1): 29-33.
- Kung Jr, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5): 4020-4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Lazarević, Đ., Stevović, V., Lugić, Z., Tomić, D., Marković, J., Zormić, V., Prijović, M. (2023). Quality of alfalfa (*Medicago Sativa* L.) and red clover (*Trifolium Pratense* L.) mixture silages depending on the share in the mixture and additives. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 51(1): 12954-12954.
- Polan C. E., Stive D. E., Garrett J. L. (1998). Protein preservation and ruminal degradation of ensiled forage treated with heat, formic acid, ammonia, or microbial inoculant. *Journal of Dairy Science*, 81: 765-776.
- Rodrigues, M. A. M., Guedes, C. M., Rodrigues, A., Cone, J. W., Van Gelder, A. H., Ferreira, L. M. M. (2008). Evaluation of the nutritive value of apple pulp mixed with different amounts of wheat straw. *Livestock Research for Rural Development*, 20(1).
- Sengul, Ö., Sengul, A., Kokten, K., Cacan, E., Beyzi, S. (2022). Possibilities of using dried mulberry pulp as an additive in alfalfa silage. *Medycyna Weterynaryjna-Veterinary Medicine-Science and Practice*, 78(7), 347-350.
- Sırakaya S., (2017). Teoride Hazırlanan Rasyonların Pratik Uygulamadaki Varyasyonlarının Altı Sigma Metodolojisi İle Araştırılması. Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Hayvan Besleme Ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Doktora Tezi, S: 249, Kayseri.
- Sırakaya, S., Beyzi, S. B. (2022). Treatment of alfalfa silage with chitosan at different levels to determine chemical, nutritional, fermentation, and microbial parameters. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 31(1): 73-80. <https://doi.org/10.22358/jafs/147014/2022>
- Ülger, I., Küçük, O., Kaliber, M., Ayaşan, T. (2018). Chemical composition, organic matter digestibility and energy content of apple pomace silage and its combination with corn plant, sugar beet pulp and pumpkin pulp. *South African Journal of Animal Science*, 48(3): 497-503.
- Van Dyke N. J., Anderson P. M. 2000. Interpreting a forage analysis. Alabama cooperative extension. Circular ANR-890.
- Van Soest P. J. 1982. Analytical systems for evaluation of feeds. In: P.J. Van Soest (Editor), *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Yalçınkaya, M. Y., Baytok, E., Yörük, M. A. (2012). Değişik meyve posası silajlarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 9(2): 95-106.



## The Importance of Tractor Exhaust Emission Test Methods in Terms of Environmental Pollution

Mehmet Recai Durgut<sup>1,a,\*</sup>

<sup>1</sup>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 59030 Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 03.05.2024 Accepted : 02.07.2024</p> <p><b>Keywords:</b> Exhaust emission Agricultural tractor Emission tests Air pollutant Emisyon test cycles</p>	<p>In most European countries, air pollution and environmental protection are becoming increasingly important issues. Recent studies shown that, in Switzerland, offroad traffic is responsible for a significant part of the air pollution. Agricultural tractors account for a major part of overall offroad traffic. A rapid increase is observed in the number of tractors in developed and developing countries. Due to this increase in tractor numbers, there is a growing interest in tractor exhaust emissions and their impact on the environment. Determining the correct emission values and the measurement methods used have gained importance. There are regulations for emission measurements on an engine test rig for type approval of tractor engines, but there is no procedure for emission measurements at different operating conditions of the tractor. Studies have shown that the exhaust gases measured under different operating conditions of tractors are higher than the values obtained under steady-state conditions in emission test methods. These results reveal the necessity of changing the test procedures used in emission measurement. The development of new tests will reduce exhaust emissions from tractors.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(7): 1197-1203, 2024

## Çevre Kirliliği Açısından Traktör Egzoz Emisyon Test Yöntemlerinin Önemi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 03.05.2024 Kabul : 02.07.2024</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Egzoz emisyonu Tarım traktörü Emisyon testleri Hava kirliliği Emisyon test yöntemleri</p>	<p>Birçok Avrupa ülkesinde hava kirliliği dolayısıyla çevrenin korunması önemli konuların başında gelmektedir. İsviçre’de yapılan araştırmalar, karayolu dışı taşıt trafiğinin hava kirliliğinin önemli bir bölümünün nedeni olduğunu göstermiştir. Tarım traktörleri de karayolu dışı taşıt trafiğinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde traktör sayılarında hızlı bir artış görülmektedir. Traktör sayılarının bu artışı nedeniyle traktör egzoz emisyonları ve bunların çevreye olan etkileri üzerinde büyüyen bir ilgi vardır. Doğru emisyon değerlerinin belirlenmesi ve kullanılan ölçüm metotları önem kazanmıştır. Traktör motorlarının tip onayı için bir motor test donanımında emisyon ölçümlerine yönelik düzenlemeler mevcuttur, ancak traktörün farklı çalışma koşullarında emisyon ölçümleri için bir prosedür mevcut değildir. Yapılan çalışmalar traktörlerin farklı çalışma koşullarında ölçülen egzoz gazlarının, emisyon test yöntemlerindeki sabit durum koşullarında elde edilen değerlerden daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, emisyon ölçümünde kullanılan test prosedürlerinin değiştirilmesinin gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Yeni testlerin geliştirilmesi, traktörlerden kaynaklanan egzoz emisyonlarını azaltacaktır.</p>

<sup>a</sup> [rdurgut@nku.edu.tr](mailto:rdurgut@nku.edu.tr)

<https://orcid.org/0000-0002-4780-5450>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

## Giriş

Sanayileşme, kentleşme ile birlikte hızlı nüfus artışı ve otomotiv sanayiindeki hızlı gelişmeler ve motorlu taşıt kullanımının hızla artması, son yıllarda çevre kirliliği açısından önemli sorunlar yaratmaya başlamıştır. Hava kirliliği, çevre kirliliği içerisindeki birkaç ana unsurdan bir tanesi ve en önemlisidir.

Hava kirliliğinin, başta insan sağlığı olmak üzere görüş mesafesi, bitkiler ve hayvan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri vardır. Katı yakıtlar ve akaryakıt gibi karbonlu maddelerin tam yanmamasından meydana gelen katı ve sıvı parçacıkların bir gaz karışımı olan duman, hava kirliliğinin bir çeşididir ve görüş uzaklığını azaltıcı bir etkiye sahiptir. Hava kirliliğinin, sanatsal ve mimari yapılar üzerinde tahrip edici ve bozucu etkisi de vardır. Bitkiler üzerinde ise öldürücü ve büyümelerini engelleyici olabilmektedir. Bu nedenle hava kirliliği hem canlıların sağlığı açısından hem de ekonomik yönden zarar vericidir.

Hava kirliliğinin oluşmasında, rüzgar, sıcaklık, nem, basınç, inversiyon gibi meteorolojik değişkenler ve olaylar, topoğrafik - jeomorfolojik özellikler gibi doğal etkenler rol alsada ana kaynak yanma olaylarıdır. Dünyadaki enerjinin ancak %30 kadarı yanmasız bir şekilde hidrolik ve nükleer santrallerde üretilmektedir. Geriye kalan %70 enerji, fosil yakıt adı verilen kömür, petrol, gaz ve bunların sentetik türevlerinin yakılması ile elde edilmektedir. Yanma sonucu üretilen kirletici maddelerin büyük bir kısmı taşıtlarda kullanılan benzin ve dizel motorlarından kaynaklanmaktadır (Kelen, 2014).

Birçok Avrupa ülkesinde hava kirliliği dolayısıyla çevrenin korunması önemli konuların başında gelmektedir. İsviçre’de yapılan araştırmalar, karayolu dışı taşıt (Non-Road) trafiğinin, hava kirliliğinin önemli bir bölümünün nedeni olduğunu göstermiştir. Tarım traktörleri de karayolu dışı taşıt (Non-Road) trafiğinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Rinaldi, 2000).

Çoğunlukla dizel motorlarla çalıştırılan tarım ve orman traktörlerinin çalışmaları sırasında, egzoz borusundan havaya büyük miktarlarda gaz emisyonları ve partikül emisyonları salınır. Bunlar esas olarak karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), hidrokarbonlar (HC), nitrojen oksitler (NO<sub>x</sub>) ve partiküllerdir (PM). Bu emisyonların çevre üzerindeki olumsuz etkisi nedeniyle, motor tarafından üretilen kirletici maddelerin miktarının yasal olarak sınırlandırılmasının gerekli olduğu kanıtlanmıştır (Kotus ve ark., 2013).

Çevresel sürdürülebilirliğe gösterilen ilginin artması nedeniyle, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan çevresel kaygılar dünya çapında giderek önem kazanmaktadır. Tarımsal faaliyetlerde en önemli konulardan biri yakıtın yanması sırasında traktörlerden çıkan egzoz gazı emisyonlarına odaklanmaktadır. Özellikle, hava kalitesini iyileştirmek için egzoz gazlarından kaynaklanan kirletici emisyonların azaltılmasına artan ilgi vardır (Lovarelli & Bacenetti, 2019a).

Dünyada gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde traktör sayılarında günden güne hızlı bir artış görülmektedir. Türkiye’de TUIK verilerine göre 2002 yılında 1.180.127 adet olan traktör sayısı 2023 yılında 2.148.642 adete yükselmiştir. 2002 yılında 567.152 adet olan kamyon sayısı 2023 yılında 945.106 adete yükselmiştir (TUIK, 2023).

Traktör sayılarının bu artışı nedeniyle traktör egzoz emisyonları ve bunların çevreye olan etkileri üzerinde büyüyen bir ilgi oluşmaktadır. Doğru emisyon değerlerinin belirlenmesi ve kullanılan ölçüm metotları önem kazanmıştır (Rashid ve ark., 2013).

## Traktör Egzoz Emisyonlarının Test Yöntemleri

Taşıtlar tarafından üretilen kirletici maddelerin miktarlarının ölçülmesine ilişkin test yöntemleri ve bu madde miktarlarına getirilen sınırlandırmalar A.B.D., Avrupa Ülkeleri ve Japonya’da da uygulamada olan yasalarla belirlenmiştir. Bu yasalar taşıtları tipi (benzin veya dizel motorlu) ve boyutlarına (taşıtın ağırlığı, motor hacmi v.b.) göre farklı sınıflandırmalar içerisinde uygulanmaktadır. Kirletici emisyonuna getirilen yasal sınırlamalar, artan taşıt sayısı ile zaman içerisinde daraltılmaktadır.

Kirletici emisyonunu sınırlandıran standartlar ve test yöntemleri farklı ülkelerde, farklı olarak uygulanmaktadır. Ancak test yöntemlerinde ana prensip olarak taşıtın kent içi trafiğindeki rölanti, hız arttırma, ekonomi, hız düşürme koşulları da dikkate alınarak bir hız zaman diyagramı hazırlanmaktadır. Ölçümü yapılacak taşıt şasi dinamometresi üzerinde çalıştırılır ve standartta belirtilmiş hız-zaman eğrisine göre yol koşulları simule edilerek bu süre boyunca üretilen egzoz gazları içerisindeki kirletici bileşenlerin miktarları ölçülür.

Ağır hizmet taşıtlarının emisyon testleri taşıt üzerinde değil motor üzerinde yapılmakta ve motor bunun için bir motor dinamometresine bağlanarak statik ve dinamik şekilde yüklenmektedir. Egzoz gazı analizi doğrudan egzoz sisteminden alınan seyreltilmemiş gaz örneğinde yapılmaktadır. Partikül miktarı ise seyreltme tüneli içinde hava ile seyreltilmiş egzoz gazından alınan örnek tutma filtresinden geçirildikten sonra ağırlık ölçme metodu ile belirlenmektedir.

A.B.D., Avrupa Topluluğu Ülkeleri’nde traktör egzoz emisyonlarının ölçülmesinde ECE R49 (Euro III-IV-V) (ESC, ELR, ETC) yönetmeliği ve ISO 8178 emisyon ölçüm yöntemi kullanılmaktadır (Ettl ve ark., 2018; Hansson ve ark., 1999; Janulevičius ve ark., 2017; Lijewski ve ark., 2013; Lovarelli & Bacenetti, 2019b).

ECE-R 49 yönetmeliği ile ağır taşıt dizel motorlarının egzoz gazlarında bulunan is emisyonunun yanı sıra CO, HC ve NO<sub>x</sub> emisyonları da sınırlandırılmıştır. Avrupa genelindeki cadde, yük ve trafik şartlarında motor daha çok orta devir sayılarında ve yüksek moment bölgesinde yüklenmektedir. Bu işletme şartları daha çok şehir dışı şartlarını karakterize etmektedir. ECE-R 49 bu yük dağılımını karakterize eden 13 nokta testi olarak bilinen bir deney yöntemini içerir. R49, ECE Yönetmeliği No. 49 tarafından tanımlanan ve daha sonra 88/77/EEC [2871] direktifi tarafından benimsenen 13 modlu bir kararlı durum dizel motor test çevrimidir. Ağır hizmet otomobil motorlarının Euro II emisyon standardı aracılığıyla tip onayı emisyon testi için kullanılmıştır.

Euro III aşamasından (Ekim 2000) bu yana, R49 döngüsünün yerini ESC programı almıştır. R49 testi, Euro II veya önceki emisyon standartlarını hâlâ kabul eden

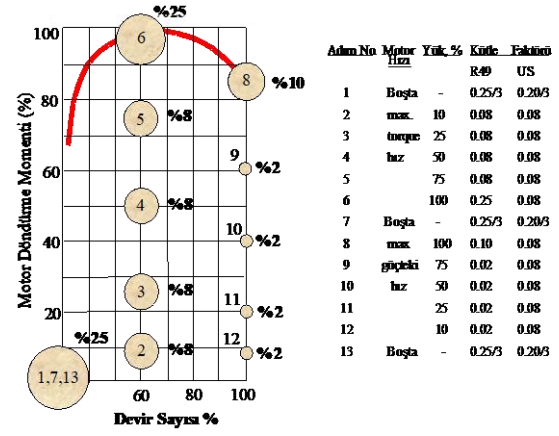
ülkelerde düzenleyici bir test prosedürü olmaya devam etmektedir.

Bu test metodunda motor bir dinamometreye bağlanarak ve sabit yük ve devir sayılarında yüklenerek egzoz emisyonları ölçülmektedir. Motorun hangi yük ve devir sayılarında deneneceği ve deney noktalarındaki emisyon miktarlarının hangi ağırlıkla göz önüne alınacağı Şekil 1'de verilmiştir. Deney noktaları ve hangi ağırlıkla ele alınacakları bu tip taşıtların karayolundaki seyir şartları göz önüne alınarak belirlenmiştir.

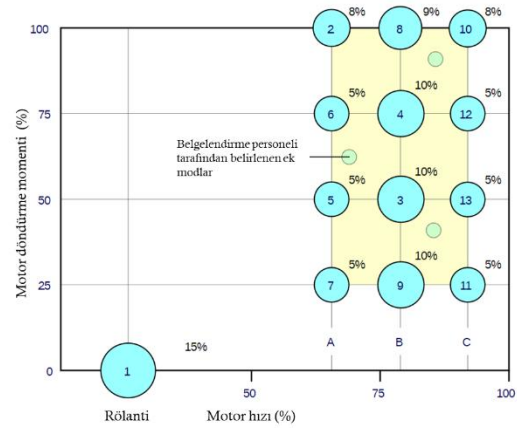
2000'de Euro III emisyon standardı ile başlayan ESC (Avrupa Sabit Döngüsü), R49'un yerini almıştır. Bu test, motorun bir dinamometre üzerinde bir dizi kararlı durum modu aracılığıyla test edildiği bir kararlı durum motor test döngüsüdür. Bu adımda, motor her modda belirtilen süre boyunca çalıştırılmalı, motor devri ve yük ayarlamaları ilk 20 saniye içinde tamamlanmalıdır. Belirtilen devir ve tork, test hızında  $\pm 50$  rpm ve maksimum torkun  $\pm \%2$ 'si dahilinde tutulmalıdır. Emisyonlar her mod sırasında ölçülür ve bir dizi ağırlık faktörü kullanılarak döngü boyunca ortalaması alınır ve g/kWh cinsinden ifade edilir. Bu teste sadece motor çıkış emisyonları dahil edilmiş olup, herhangi bir son işlem uygulanmamıştır. Şekil 2'de ölçüm noktaları serisini ve bunların ESC'deki oransal ağırlığını (%) göstermektedir. A, B ve C motor hızları, önceden ayarlanmış denklemler kullanılarak belirtilen parametrelere göre hesaplanır (Rahman ve ark., 2021).

ETC (Avrupa Geçici Döngüsü) test döngüsü, Avrupa'da 2000 yılından itibaren ağır hizmet dizel motorlarının emisyon sertifikasyonu için ESC (Avrupa Sabit Döngüsü) ile birlikte kullanılmaya başlanmıştır (13 Aralık 1999 tarih ve 1999/96/EC sayılı Direktif). ETC çevrimi eski FIGE Enstitüsü (Aachen, Almanya) tarafından ağır hizmet araçlarının gerçek yol çevrimi ölçümlerine dayalı olarak geliştirilmiştir. Bu döngü, kentsel (birinci bölüm), kırsal (ikinci bölüm) ve otoyol (üçüncü bölüm) sürüş koşullarına verilen tepkinin kapsamlı bir şekilde incelenebilmesi için üç bölüme ayrılmıştır. Kentsel dönem şehir içi sürüş ile karakterize edilir ( $V_{maks}$ . 50 km/h, düzenli durma, kalkma ve rölanti). Bunu kırsal sürüş aşaması takip eder ve yaklaşık 72 km/h ortalama hızda dik bir hızlanma bölümü ile başlar. Üçüncü aşama otoyol sürüşüne benzer, ortalama hızı yaklaşık 88 km/h'tir ve kentsel ve kırsal aşamalara göre daha az motor torku değişimi vardır. Şekil 3'te ETC döngüsünün zamana karşı normalleştirilmiş motor hızı ve zamana karşı normalleştirilmiş motor torku profillerini göstermektedir (Rahman ve ark., 2021).

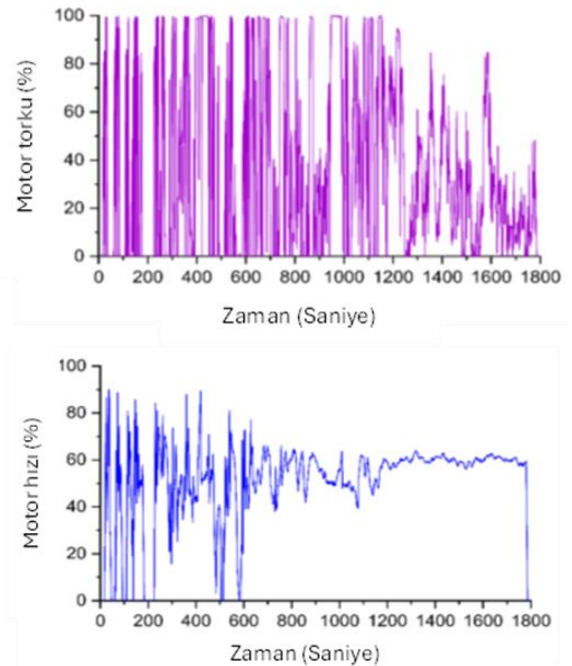
ISO8178 yönetmeliği çeşitli motor uygulamaları için geliştirilmiştir. 11 nokta testi olarak bilinen bir deney yöntemini içerir. ISO 8178 C1 yönetmeliği ise çeşitli karayolu dışı araçlarının (Non-Road) motor egzoz emisyonlarının belirlenmesi için 8 nokta testi olarak bilinen bir test yöntemi içerir. Bu test metodunda motor bir dinamometreye bağlanarak ve sabit yük ve devir sayılarında yüklenerek egzoz emisyonları ölçülmektedir. Motorun hangi yük ve devir sayılarında deneneceği ve deney noktalarındaki emisyon miktarlarının hangi ağırlıkla göz önüne alınacağı Şekil 4.'te verilmiştir. ISO 8178 test döngüsü veya özellikle 8 modlu C1 programı, Yol Dışı Sabit Döngü (NRSC) olarak da adlandırılır.



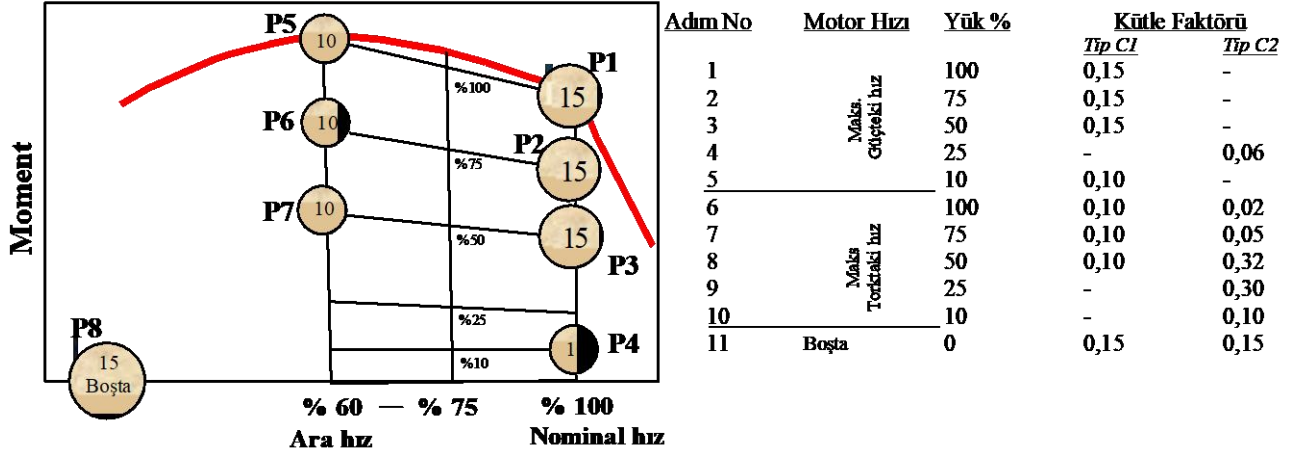
Şekil 1. ECE R49 ve US 13 nokta testi  
Figure 1. ECE R49 and US 13 point test



Şekil 2. Avrupa Sabit Döngüsü (ESC) (Anonim, 2024b)  
Figure 2. European Stationary Cycle (ESC) (Anonymous, 2024b)



Şekil 3. Ağır hizmet motorları için Avrupa Geçici Çevrimi (ETC) (Rahman ve ark., 2021).  
Figure 3. European Transient Cycle (ETC) for heavy-duty engines (Rahman et al., 2021).



Şekil 4. ISO 8178 Tip C1 test yöntemi (Merkisz ve ark., 2016)

Figure 4. ISO 8178 Type C1 test method (Merkisz et al., 2016)

Çizelge 1. EPA Non-Road dizel motor egzoz emisyon standartları, g/kWh (Anonim, 2024c)

Table 1. EPA Non-Road diesel engine exhaust emission standards, g/kWh (Anonymous, 2024c)

Motor gücü (kW)	Model yılları	Yönetmelik	Emisyon Standartları (g/kWh)				
			NMHC	NMHC+NOx	CO	NOx	PM
kW < 8	2000-2004	Tier 1	-	10,5	8,0	-	1,0
	2005-2007	Tier 2	-	7,5	8,0	-	0,80
	2008+	Tier 4	-	7,5	8,0	-	0,40
8 ≤ kW < 19	2000-2004	Tier 1	-	9,5	6,6	-	0,80
	2005-2007	Tier 2	-	7,5	6,6	-	0,80
	2008+	Tier 4	-	7,5	6,6	-	0,40
19 ≤ kW < 37	1999-2003	Tier 1	-	9,5	5,5	-	0,80
	2004-2007	Tier 2	-	7,5	5,5	-	0,60
	2008-2012	Tier 4 transitional	-	7,5	5,5	-	0,30
	2013+	Tier 4 final	-	4,7	5,5	-	0,03
37 ≤ kW < 56	1998-2003	Tier 1	-	-	-	9,2	-
	2004-2007	Tier 2	-	7,5	5,0	-	0,40
	2008-2011	Tier 3	-	4,7	5,0	-	0,40
	2008-2012	Tier 4 transitional	-	4,7	5,0	-	0,30
	2013+	Tier 4 final	-	4,7	5,0	-	0,03
56 ≤ kW < 75	1998-2003	Tier 1	-	-	-	9,2	-
	2004-2007	Tier 2	-	7,5	5,0	-	0,40
	2008-2011	Tier 3	-	4,7	5,0	-	0,40
	2012-2013	Tier 4 transitional	-	4,7	5,0	-	0,02
	2014+	Tier 4 final	0,19	-	5,0	0,40	0,02
75 ≤ kW < 130	1997-2002	Tier 1	-	-	-	9,2	-
	2003-2006	Tier 2	-	6,6	5,0	-	0,30
	2007-2011	Tier 3	-	4,0	5,0	-	0,30
	2012-2013	Tier 4 transitional	-	4,0	5,0	-	0,02
	2014+	Tier 4 final	0,19	-	5,0	0,40	0,02
130 ≤ kW < 225	1996-2002	Tier 1	1,3	-	11,4	9,2	0,54
	2003-2005	Tier 2	-	6,6	3,5	-	0,20
	2006-2010	Tier 3	-	4,0	3,5	-	0,20
	2011-2013	Tier 4 transitional	-	4,0	3,5	-	0,02
	2014+	Tier 4 final	0,19	-	3,5	0,40	0,02
225 ≤ kW < 450	1996-2000	Tier 1	1,3	-	11,4	9,2	0,54
	2001-2005	Tier 2	-	6,4	3,5	-	0,20
	2006-2010	Tier 3	-	4,0	3,5	-	0,20
	2011-2013	Tier 4 transitional	-	4,0	3,5	-	0,02
	2014+	Tier 4 final	0,19	-	3,5	0,40	0,02
450 ≤ kW < 560	1996-2001	Tier 1	1,3	-	11,4	9,2	0,54
	2002-2005	Tier 2	-	6,4	3,5	-	0,20
	2006-2010	Tier 3	-	4,0	3,5	-	0,20
	2011-2013	Tier 4 transitional	-	4,0	3,5	-	0,02
	2014+	Tier 4 final	0,19	-	3,5	0,40	0,02

### Traktör Egzoz Emisyon Miktarlarına Getirilen Sınırlamalar

A.B.D., Avrupa Birliği Ülkelerinde kullanılan standartlar tarım ve endüstriyel ekipmanlar ve bazı deniz uygulamalarını içine alan çeşitli büyüklüklerdeki Non-Road dizel motorlarını kapsamaktadır. Örnek olarak tarım traktörleri, ekskavatörler, buldozerler, taşınabilir jeneratörler ve hava kompresörleri verilebilir.

Çizelge 1’de A.B.D’ de kullanılan Non-Road dizel motor emisyon standartları g/kWh olarak verilmiştir. Bu standartta Non-Road motor yönetmelikleri düşük emisyon standartlarını geliştiren dört aşama (tier) olarak planlanmıştır. Her bir aşama motor beygir gücü oranlarına göre birkaç yıl üzerinde bir evreyi kapsar. Tier-1 1996 yılından 2000 yılına olan evreyi kapsamaktadır. Tüm motor büyüklükleri için emisyon sınır değerleri bakımından daha katı olan Tier-2 standardı 2001 yılından 2006 yılına olan evreyi kapsamaktadır ve uygulanması kesinlikle zorunlu olan Tier-3 standardı 37 kW’tan daha büyük motorlar için 2006 yılından 2008 yılına olan evreyi kapsamaktadır. Tier-3 standardı ile karayolu ağır taşıt motorları imalatçıların kullanabileceği, 2004 karayolu motor standartlarına uyması için benzer emisyon kontrol teknolojilerinin uygulanmasının sağlanması amaçlanmıştır. Tier-4 standardı 2008 yılından 2015 yılına kadar aşamalı olarak uygulanmış ve daha sonra zorunlu olarak uygulanmıştır.

Çizelge 2’ de Avrupa Birliği Ülkelerinde kullanılan Non-Road dizel motorlar için emisyon standartları g/kWh olarak verilmiştir. Bu standartta karayolu dışındaki dizel motorlar için Avrupa standartları, ABD EPA (çevre koruma ajansı) standartlarıyla bağdaşmakta ve Aşama (Stage) I-IV standartları olarak bilinen gittikçe daha sıkı aşamalar içermektedir. Aşama I/II, 1997 direktifinin (97/68/AT Direktifi) bir parçasıydı. 1999’da Aşama I, 2001 ile 2004 arası da Aşama II olmak üzere 2 aşamalı olarak uygulanmıştır. 2004’te, Avrupa parlamentosu Aşama III/IV standartlarını kabul etti. Aşama III standartları, Aşama III-A ve III-B olarak ikiye ayrıldı ve 2006 ile 2013 arasında yavaş yavaş uygulandı. Aşama IV standartları 2014’ten itibaren uygulanmaktadır.

Ülkemizde karayolu dışı (Non-road) motorlara ilişkin emisyon standartları, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığında) tarafından benimsenmiştir. Standartlar, AB’nin karayolu dışı mobil makine düzenlemeleri (NRMM) ile uyumlu hale getirilmiştir, ancak Çizelge 3’te belirtildiği gibi uygulama tarihleri farklıdır. Aşama IV emisyon standartları başlangıçta 2014 için planlanmıştır, 2019’a kadar ertelendi ve sonunda uygulandı. Yalnızca tarım ve ormancılık traktörleri için 2021’den itibaren. Aşama V emisyon standartları Ekim 2022’den itibaren geçerlidir (Karayolu Dışında Kullanılan.Yönetmelik, 2020).

Çizelge 2. AB Non-Road dizel motor egzoz emisyon standartları, g/kWh (Winther & Dore, 2023)

Table 2. EU Non-Road diesel engine exhaust emission standards, g/kWh (Winther & Dore, 2023)

Stage	Motor gücü [kW]	CO	VOC	NOx	VOC+NOx [g/kWh]	PM	Dizel makineler			Traktörler		
							AB Direktifi	Uygulama Tarihi Geçici	Uygulama Tarihi Sabit	AB Direktifi	Uygulama tarihi	
I	A	130≤P<560	5	1,3	9,2	-	0,54	97/68	1/1 1999	-	2000/25	1/7 2001
	B	75≤P<130	5	1,3	9,2	-	0,7	1/1 1999	-	-	-	1/7 2001
	C	37≤P<75	6,5	1,3	9,2	-	0,85	1/4 1999	-	-	-	1/7 2001
II	E	130≤P<560	3,5	1	6	-	0,2	97/68	1/1 2002	1/1 2007	2000/25	1/7 2002
	F	75≤P<130	5	1	6	-	0,3	1/1 2003	1/1 2007	-	-	1/7 2003
	G	37≤P<75	5	1,3	7	-	0,4	1/1 2004	1/1 2007	-	-	1/1 2004
	D	18≤P<37	5,5	1,5	8	-	0,8	1/1 2001	1/1 2007	-	-	1/1 2002
III A	H	130≤P<560	3,5	-	-	4	0,2	2004/26	1/1 2006	1/1 2011	2005/13	1/1 2006
	I	75≤P<130	5	-	-	4	0,3	1/1 2007	1/1 2011	-	-	1/1 2007
	J	37≤P<75	5	-	-	4,7	0,4	1/1 2008	1/1 2012	-	-	1/1 2008
	K	19≤P<37	5,5	-	-	7,5	0,6	1/1 2007	1/1 2011	-	-	1/1 2007
III B	L	130≤P<560	3,5	0,19	2	-	0,025	2004/26	1/1 2011	-	2005/13	1/1 2011
	M	75≤P<130	5	0,19	3,3	-	0,025	1/1 2012	-	-	-	1/1 2012
	N	56≤P<75	5	0,19	3,3	-	0,025	1/1 2012	-	-	-	1/1 2012
	P	37≤P<56	5	-	-	4,7	0,025	1/1 2013	-	-	-	1/1 2013
IV	Q	130≤P<560	3,5	0,19	0,4	-	0,025	2004/26	1/1 2014	1/1 2014	2005/13	1/1 2014
	R	56≤P<130	5	0,19	0,4	-	0,025	1/10 2014	1/10 2014	-	-	1/10 2014
V	NRE-v/c-7	P>560	3,5	0,19	3,5	-	0,045	2016/1628	-	2019	2019	NRE-v/c-7
	NRE-v/c-6	130≤P<560	3,5	0,19	0,4	-	0,015	-	-	2019	2019	NRE-v/c-6
	NRE-v/c-5	56≤P<130	5,0	0,19	0,4	-	0,015	-	-	2020	2020	NRE-v/c-5
	NRE-v/c-4	37≤P<56	5,0	-	-	4,7	0,015	-	-	2019	2019	NRE-v/c-4
	NRE-v/c-3	19≤P<37	5,0	-	-	4,7	0,015	-	-	2019	2019	NRE-v/c-3
	NRE-v/c-2	8≤P<19	6,6	-	-	7,5	0,4	-	-	2019	2019	NRE-v/c-2
	NRE-v/c-1	P<8	8,0	-	-	7,5	0,4	-	-	2019	2019	NRE-v/c-1

Çizelge 3. Karayolu dışı dizel motorlar için Türkiye emisyon standartları (Anonim, 2024a)

Table 3. Türkiye emission standards for non-road diesel engines (Anonymous, 2024a)

Stage	Motor Gücü (kW)	Uygulama Tarihi
Stage I (Faz I)	37 ≤ P ≤ 560	2003.04
Stage II (Faz II)	18 ≤ P ≤ 560	2007.01
Stage IIIA (Faz IIIA)	19 ≤ P ≤ 560	2011.01
Stage IIIB (Faz IIIB)	37 ≤ P ≤ 56	2021.07a
Stage IV (Faz IV)	56 ≤ P < 130	2021.10a
	130 ≤ P ≤ 560	2021.01a
Stage V (Faz V)	0 < P	2022.10b,c

\* Pazara yerleştirme (yeni tip onay tarihleri genellikle bir yıl öncedir); a Yalnızca tarım ve orman traktörleri (diğer NRRM için Aşama IIIA gereklidir, Aşama IIIB/IV isteğe bağlıdır); b 2023.01 tarım ve orman traktörleri için; c Stoklarında bu tarihten önce üretilmiş Stage IIIA, IIIB veya IV motorları bulunan makine imalatçılarına, bu motorları makinelerinde kullanma ve piyasaya arz etme için 2 ay (2023.1.1 tarihine kadar) süre tanıdır.

## Sonuç

Non-Road araçlar için emisyon faktörlerinin hesaplanması için ISO 8178 ve ECE R49 standart ölçüm yöntemleri kullanılmaktadır. Statik konumda yapılan bu deney çevrimleri dizel motorların tipik çalışma aralığındaki farklı ölçüm noktalarındaki çeşitli hız ve güç konumlarını kapsar. Her safhada egzozdan çıkan kirletici gaz konsantrasyonu, egzoz akışı ve güç çıkışı ölçülür. Her safhadaki sonuçlar o safhadaki kütle faktörleri kullanılarak ağırlıklı değer olarak hesaplanır.

Yapılan son çalışmalar bu test yöntemlerinde kullanılan kütle faktörlerinin tarımsal işlemlere uygun olmadığını göstermiştir. Farklı çalışmalarda emisyon değerleri arasında çok yüksek değişim olmasından dolayı tarımsal şartlara uyarlanmamış kütle faktörlerinin kullanılması traktör egzoz emisyonları için hesaplanan egzoz emisyon sonuçları üzerinde yüksek hata seviyeleri oluşturmaktadır (Hansson ve ark., 1999, 2001). Bu yüzden farklı tarımsal çalışma koşullarında traktör motorlarının yüklenme koşullarının belirlenmesi ve egzoz emisyonlarının belirlenmesi için bu koşullardaki kütle faktörlerinin belirlenmesi önem kazanmıştır.

Egzoz emisyon ölçümlerinde önemli ilerlemeler kaydedilmesine rağmen, atmosfere salınan kirleticilerin daha da azaltılması amacıyla arazi motorlarından kaynaklanan egzoz gazı emisyonlarını düzenleyen mevzuat halen geliştirilme aşamasındadır. Emisyonların azaltılmasına yönelik teknik çözümler ve bunların tarım traktörlerine uygulanması konusunda sürekli araştırmalar yapılması gerekmektedir. Yakıt tüketiminin ve kirletici emisyonların sahada ölçülmesi önemli bir adımdır. Bu adım tarımdaki ürün ve hizmetlerin çevresel sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesinde giderek daha fazla benimsenen LCA (Yaşam döngüsü analizi) yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilen tarımsal üretimin çevresel değerlendirmeleri için kesinlikle faydalı olacaktır.

Egzoz emisyon testlerinde emisyon sonuçlarının güvenilir olması için test koşullarının gerçek çalışma koşullarını yansıtması beklenmektedir. Motorun gerçek çalışma koşullarının laboratuvar testlerinde yeniden üretilmesi birçok çalışmada inceleme ve analiz konusu olmuştur. Şu ana kadar yayınlanan literatürden elde edilen sonuçlar hem karayolu hem de karayolu dışı araçlar için yapılan laboratuvar testlerindeki motor çalışma parametrelerinin (yük ve hız), fiili çalışma parametrelerinden farklı olduğunu açıkça doğrulamaktadır. Bu sorun, sayısız araştırma ve analize rağmen henüz çözülmemiştir (Lovarelli & Bacenetti, 2019a; Merksiz ve ark., 2017).

Bu nedenle, son yıllarda PEMS (Taşınabilir Emisyon Ölçüm Sistemi) ekipmanında ve gerçek çalışma koşulları altında test metodolojisinde dinamik bir ilerleme olduğunu görülmektedir. Bu tür araştırmalar yenidir ve bu tür araştırmaların sonuçları oldukça talep görmektedir. Aşama V mevzuatında, testlerin fiili işletme altında PEMS kullanılarak yapılmasını gerektiren bir ISM (Hizmet İçi İzleme) prosedürü getirilmektedir. Prosedürün son versiyonu henüz tam olarak geliştirilip kabul edilmemiştir ancak herkes RDE (Gerçek sürüş emisyonu) testlerinin gerekli olduğu ve homologasyon prosedürlerine dahil edilmesi gerektiği konusunda hemfikir (Ettl ve ark., 2018; Merksiz ve ark., 2017).

Tarım makineleri alanında, Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'daki ülkelerden araştırmacılar tarafından traktörlerin egzoz gazı emisyonlarının PEMS (Taşınabilir Emisyon Ölçüm Sistemi) ekipmanı kullanılarak ölçülmesine yönelik bazı çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda traktörlerin hava kirletici emisyonlarının (CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, HC ve PM) binek araçlara göre daha yüksek olduğunu bildirilmiştir (Kim ve ark., 2024).

Egzoz gazı emisyonlarına ilişkin araştırmalar, yalnızca mevzuata uyum sağlamakla kalmayıp aynı zamanda çevre ve insan sağlığı üzerinde de doğrudan etkilere yol açacağı için önemlidir. Bu bağlamda, tarımsal mekanizasyonun çevresel etkilerine ilişkin mevzuatın etkin rolünün anlaşılmasına ve paydaşlara, politika yapıcılara ve çiftçilere bilginin yayılmasına yardımcı olacağı için yaşam döngüsü analizinin (LCA) egzoz gazı emisyonlarına ilişkin çalışmalara uygulanması teşvik edilmelidir.

Tarım makinelerinin çalışma koşullarına ilişkin elde edilen sonuçlar, saha çalışması sırasında bu motorların çok dar bir motor hızı ve yük aralığında çalıştığını göstermektedir. Saha çalışması sırasında bu motorların çalışma doğası, çekiş motorlarından ziyade güç jeneratörü motorlarına daha yakındır. Elde edilen veriler, halihazırda geçerli olan mevcut testler açısından yeni analizler gerektirmektedir. Elde edilen sonuçlar, uygulanabilir test prosedürlerinin değiştirilmesinin gerekliliği ile ilgili bir tartışmayı zorunlu kılmaktadır. Belki de tarım makinelerinin gerçek çalışma koşullarını daha mükemmel şekilde yansıtabilecek testler geliştirmek için harekete geçilmesi gerekmektedir. Kullanılacak sonuçlar yaygın olarak yürütülen araştırmalara dayanarak alınmalıdır. Bu durum özellikle farklı motor yüklerini içeren çeşitli uygulamalarda kullanılan tarım traktörleri için geçerlidir. Yeni testlerin geliştirilmesi, tarım makineleri

motorlarından kaynaklanan egzoz emisyonlarını azaltacaktır çünkü teknolojik ilerlemeler, traktörün farklı kullanım aralıklarına dayalı olacaktır (Merkisz ve ark., 2017).

Bu amaçla traktörlerin farklı çalışma koşullarında (toprak işleme, ekim vb.) çalışırken rölanti, hız artırma, ekonomi, hız düşürme vb. koşulları dikkate alınarak bir hız zaman diyagramı hazırlanmalıdır.

Gelecek nesillerin dünyada kabul edilir koşullarda yaşamlarını garanti etmek herkesin çıkarları doğrultusundadır. Bu nedenle her ne sebeple olursa olsun, çevre kirliliğini azaltmak için atılacak her adım gayretle desteklenmelidir.

## Kaynaklar

- Anonim. (2024a). Emission Standards: Turkey: Nonroad Diesel Engines. <https://www.dieselnets.com/standards/tr/nonroad.php>
- Anonim. (2024b). European Stationary Cycle (ESC). <https://dieselnets.com/standards/cycles/esc.php>
- Anonim. (2024c). Nonroad CI Engine Exhaust Emission Standards. <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockey=P1000A05.pdf>
- Ettl, J., Bernhardt, H., Pickel, P., Remmele, E., Thuncke, K., & Emberger, P. (2018). Transfer of agricultural work operation profiles to a tractor test stand for exhaust emission evaluation. *Biosystems Engineering*, 176, 185–197. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.10.016>
- Hansson, P. A., Lindgren, M., & Norén, O. (2001). A comparison between different methods of calculating average engine emissions for agricultural tractors. *Journal of Agricultural and Engineering Research*, 80(1), 37–43. <https://doi.org/10.1006/jaer.2001.0710>
- Hansson, P. A., Norén, O., & Bohm, M. (1999). Effects of specific operational weighting factors on standardized measurements of tractor engine emissions. *Journal of Agricultural and Engineering Research*, 74(4), 347–353. <https://doi.org/10.1006/jaer.1999.0471>
- Janulevičius, A., Juostas, A., & Čiplienė, A. (2017). Nitrogen-oxide emissions from diesel-engine farm tractors during real-life cycles and their correlation with the not-to-exceed operating zones. *Biosystems Engineering*, 161, 93–105. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.06.022>
- Karayolu Dışında Kullanılan Hareketli Makinalara Takılan İçten Yanmalı Motorlar İçin Gaz Ve Partikül Halindeki Kirlenici Emisyon Sınırları Ve Tip Onayı İle İlgili Gereklilikler Hakkında Yönetmelik, Pub. L. No. (2016/1628/AB), 31241 (2020). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/09/20200911-3.htm>
- Kelen, F. (2014). Motorlu Taşıtların İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerine Etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19(1–2), 80–87. <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/yyufbed/article/view/5000153916>
- Kim, W. S., Baek, S. M., Baek, S. Y., Jeon, H. H., Siddique, M. A. A., Kim, T. J., Lim, R. G., & Kim, Y. J. (2024). Evaluation of exhaust emissions of agricultural tractors using portable emissions measurement system in Korean paddy field. *Scientific Reports*, 14(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-53995-0>
- Kotus, M., Pexa, M., & Kubín, K. (2013). Modelling of non-road transient cycle - Comparison of three tractors. *Journal of Central European Agriculture*, 14(4), 1281–1294. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/14.4.1344>
- Lijewski, P., Merkisz, J., & Fuc, P. (2013). The Analysis of The Operating Conditions of Farm Machinery Engines in Regard to Exhaust Emissions Legislation. 29(4), 445–452.
- Lovarelli, D., & Bacenetti, J. (2019a). Exhaust gases emissions from agricultural tractors: State of the art and future perspectives for machinery operators. *Biosystems Engineering*, 186, 204–213. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.07.011>
- Lovarelli, D., & Bacenetti, J. (2019b). Exhaust gases emissions from agricultural tractors: State of the art and future perspectives for machinery operators. *Biosystems Engineering*, 186(X), 204–213. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.07.011>
- Merkisz, J., Lijewski, P., Fuc, P., Siedlecki, M., & Ziolkowski, A. (2016). Development of the methodology of exhaust emissions measurement under RDE (Real Driving Emissions) conditions for non-road mobile machinery (NRMM) vehicles. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 148(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/148/1/012077>
- Merkisz, J., Lijewski, P., Pawel, F., Rymaniak, L., Ziolkowski, A., & Weymann, S. (2017). Measurement of Exhaust Emissions from Farm Machinery under Actual Operating Conditions with The Pems Equipment – Selected Issues. 156(4), 151–156.
- Rahman, S. M. A., Fattah, I. M. R., Ong, H. C., Ashik, F. R., Hassan, M. M., Murshed, M. T., Imran, M. A., Rahman, M. H., Rahman, M. A., Hasan, M. A. M., & Mahlia, T. M. I. (2021). State-of-the-art of establishing test procedures for real driving gaseous emissions from light- and heavy-duty vehicles. *Energies*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/en1414195>
- Rashid, G., Hekmat, R., Nejat, L. A., & Payam, J. (2013). Analysis and Comparison Exhaust Gas Emissions From Agricultural Tractors. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5–7(2), 688–694. <http://ijagcs.com/wp-content/uploads/2013/04/688-694.pdf>
- Rinaldi, M. (2000). Consumption and emission factors of tractors for various farming tasks. 00-PM-003, 3. [file:///z/Ref\\_Works/Ackerschlepper/](file:///z/Ref_Works/Ackerschlepper/)
- TUİK. (2023). Motorlu Kara Taşıtları. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Temmuz-2023-49428>
- Winther, M., & Dore, C. (2023). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023. vi–vii.





## The Moderating Effect of Ethical Leadership on the Relationship between Democracy and Organizational Commitment in Agricultural Organizations

Halil Özcan Özdemir<sup>1,a,\*</sup>, Zekeriya Yazıcı<sup>1,b</sup>

<sup>1</sup>Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, Kırşehir, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 16.01.2024 Accepted : 14.05.2024</p> <p><b>Keywords:</b> Organizational democracy Organizational commitment Ethical leadership Union Organizational behaviours</p>	<p>The main purpose of this study is to determine the regulatory role of ethical leadership perception between union members in the relationship with perception of union democracy and union loyalty. The study was conducted as a quantitative field research and the population of the research consists of the members of the Union of Agriculture-Forestry Employees (Toç Bir-Sen), which operates in the Agriculture and Forestry Service Branch and is the authorized union in the service branch. In this context, data were collected from the union members by questionnaire method. The sample of the research consists of 2128 employees who are members of Toç Bir-Sen. As a result of the research, it was determined that there is a positive and significant relationship between union members' perceptions of organizational democracy and organizational commitment, there is a significant and positive relationship between their perceptions of ethical leadership and organizational commitment, and there is a significant and positive relationship between their perceptions of organizational democracy and their perceptions of ethical leadership. In addition, it was determined that ethical leadership has a significant and positive moderating effect on the relationship between union members' perceptions of organizational democracy and organizational commitment. Therefore, all hypotheses of the study were confirmed. According to these results, union leaders' displaying ethical behaviors, taking care that their decisions and practices comply with ethical rules, and displaying democratic attitudes and behaviors in all management and decision-making processes will positively affect union members' union loyalty. It is thought that the results of the study will contribute to the literature as they support the results of the literature studies examining the relationship between organizational commitment and ethical leadership and the relationship between organizational democracy and organizational commitment.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(7): 1204-1212, 2024

## Tarım Örgütlerindeki Demokrasi ile Örgütsel Bağlılık Arasındaki İlişkide Etik Liderliğin Düzenleyici Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 16.01.2024 Kabul : 14.05.2024</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Örgütsel demokrasi Örgütsel bağlılık Etik liderlik Sendika Örgütsel davranış</p>	<p>Bu araştırmanın temel amacı, sendika üyesi memurların sendikal demokrasi algısı ile sendikal bağlılıkları arasındaki ilişkide etik liderlik algısının düzenleyici rolünü belirlemektir. Nicel alan araştırması niteliğinde çalışma yapılmış olup, araştırmanın evrenini Tarım ve Ormanlık Hizmet Kolunda faaliyet gösteren ve hizmet kolunda yetkili sendika konumunda olan Tarım-Orman Çalışanları Birliği Sendikası (Toç Bir-Sen)'in üyeleri oluşturmaktadır. Bu kapsamda sendika üyelerinden anket yöntemi ile veriler toplanmıştır. Araştırmanın örneklemini ankete katılan Toç Bir-Sen üyesi 2128 çalışan oluşturmaktadır. Araştırma sonucunda, sendika üyelerinin örgütsel demokrasi algıları ile örgütsel bağlılıkları arasında pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişkinin var olduğu, etik liderlik algıları ile örgütsel bağlılıkları arasında anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişkinin var olduğu, örgütsel demokrasi algısı ile etik liderlik algıları arasında anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişkinin var olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca sendika üyelerinin örgütsel demokrasi algıları ile örgütsel bağlılıkları arasındaki ilişkide etik liderliğin anlamlı ve pozitif yönlü düzenleyici etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Dolayısı ile araştırmanın tüm hipotezleri doğrulanmıştır. Bu sonuçlara göre, sendika yöneticilerinin etik davranışlar sergilemeleri, aldıkları kararların ve uygulamalarının etik kurallara uygun olmasına özen göstermeleri, yönetim ve karar alma süreçlerinin tamamında demokratik tutum ve davranış sergilemeleri sendika üyelerinin sendikal bağlılıklarına pozitif yönde etki edecektir. Çalışma sonuçlarının, örgütsel bağlılık ile etik liderlik arasındaki ilişkiyi ve örgütsel demokrasi ile örgütsel bağlılık arasındaki ilişkiyi inceleyen literatür çalışmalarına ait sonuçları desteklemesi nedeni ile literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.</p>

<sup>a</sup> [hoozdemir@ahievran.edu.tr](mailto:hoozdemir@ahievran.edu.tr)

<sup>id</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0021-3618>

<sup>b</sup> [zekeriyazici@gmail.com](mailto:zekeriyazici@gmail.com)

<sup>id</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9148-2572>



## Giriş

Sendikal örgütlenmeler varoluşlarından günümüze kadar geçen süreçte üstlendikleri misyon ile bugün çalışma hayatının en önemli parçası haline gelmiştir. Bu bağlamda Dünya’da sendikal hareket 1792 yılında İngiltere’de başlamış ancak bu sendikalaşma sürecinin başarısızlık ile sonuçlanması sonucunda 1824 yılına kadar yasaklanmıştır. Daha sonra yasaklamaların ortadan kalkması ile birlikte sendikal örgütlenmeler hızla yayılmaya başlamış ve günümüzde çalışma hayatındaki işgören işveren ilişkilerinin en önemli düzenleyici unsuru haline almıştır.

Her ne kadar sendika seçiminde kamu çalışanlarının dünya görüşü, hayata bakış tarzı veya siyasal tercihleri gibi etmenler de etkili olsa da sorunlarının çözümüne odaklanan, taleplerinin kazanıma dönüşmesi için en fazla mücadele ettiğine inandığı, güvendiği sendikaya üye olma duygusu sendika tercihini belirleyen en önemli faktörlerden biri olduğu düşünülmektedir. Dolayısı ile sendikalar yasal manada kamu işvereni karşısında söz hakkına sahip olabilmesi imza yetkisine sahip olabilmesi için işyeri, hizmet kolu veya genel yetkili sendika konumunda olması gerekmektedir. Bu yetki de üye sayısının çokluğu ile elde edilmektedir. Bu bağlamda, sendikaların temsil yetkilerini dolayısı ile güçlerini koruması ve daha da güçlenebilmesi için daha fazla kamu çalışanının güvenini kazanması ve daha fazla üye sayısına ulaşması gerekmektedir. Bu durum sendikalar arası rekabeti de artırmaktadır. Sendikaların ortaya koymuş olduğu mücadeleler sonucu elde ettiği kazanımların yanı sıra sendika yöneticilerinin karar alma ve bu kararları uygulama süreçlerinde ortaya koymuş oldukları tutum ve davranışları da kamu görevlilerinin sendikaya karşı güven ve bağlılık duygularını kuvvetlendirecektir. Sendikaya üye olmayan kamu görevlilerinin sendikaya katılım istekleri, mevcutta sendikaya üye olanların ise sendikal bağlılıkları ve sendikal faaliyetlere katılım istekleri artacaktır.

Tarım örgütlerinde çalışan sendika üyesi personellerin sendikal demokrasi algıları ile sendikal bağlılıkları arasındaki ilişkide etik liderlik algısının düzenleyici rolünü belirlemek amacı ile yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçların literatüre sağlayacağı katkının yanısıra en önemli örgütsel yapılardan biri olan sendikaların varlıklarını ve etkilerini devam ettirebilmeleri için izlemeleri gereken süreçlerde sendika yöneticilerine yol gösterici olması açısından da önem arz ettiği düşünülmektedir.

Hassan ve ark. (2014), bir kamu kuruluşunda görev yapan 161 yönetici ve 415 çalışan üzerinde yapmış oldukları araştırmada, etik lider davranışlarının çalışanların devamsızlığını azalttığını ve örgütsel bağlılık algıları ile etik sorunları bildirme istekleri üzerinde pozitif yönlü bir etkiye sahip olduğu sonucuna varmışlardır. Çelik ve ark. (2015), Antalya’da faaliyet gösteren otellerde çalışan 371 iş gören ile yapmış oldukları çalışma sonucunda, etik liderliğin örgütsel bağlılığa ve iş doyumuna, örgütsel bağlılığın da iş doyumuna olumlu etkisi olduğunu ayrıca örgütsel bağlılığın etik liderlik ile iş doyumunu arasında kısmi aracılık işlevine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Bahadori ve ark. (2021), etik liderlik ile örgütsel bağlılık arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla, Tahran itfaiye teşkilatlarının icra ve karargâh bölümlerinde aktif olarak çalışanlardan rastgele seçilen 200 katılımcı ile

yapmış oldukları çalışma sonucunda, örgütsel bağlılığın her bileşenin etik liderlikle anlamlı ve pozitif bir ilişki gösterdiğini tespit etmişlerdir. Sutherland, Jr. (2010), etik liderlik ile örgütsel bağlılık arasındaki ilişkiyi ve etik liderlik ile dönüştürücü liderlik arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla yapmış olduğu çalışmada, etik liderlik ile örgütsel bağlılığın duygusal ve normatif bağlılık boyutları arasında pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı ilişki olduğunu tespit etmiştir. Qing ve ark. (2020), etik liderliğin çalışan tutumları (duygusal bağlılık ve iş tatmini) üzerindeki etkisini araştırmayı ve bu ilişkilerde potansiyel bir arabulucu olarak psikolojik güçlendirmenin rolünü incelemek amacı ile Çin’de 467 kamu çalışanı ile yapmış oldukları çalışmada, etik liderlik ile duygusal bağlılık ve iş tatmini tutumları arasında pozitif yönlü anlamlı bir ilişki tespit etmişlerdir. Abuzaid (2018), etik liderlik ile çalışan bağlılığı arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla Amman Menkul Kıymetler Borsası’nda işlem gören 13 ticari bankanın çalışanları ile yapmış olduğu çalışma sonucunda, etik liderlik ile örgütsel bağlılığın iki bileşeni olan duygusal bağlılık ve normatif bağlılık arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğunu, etik liderlik ile devamlı bağlılık arasında ise bir ilişki olmadığını tespit etmiştir. Karakuş (2018), öğretmenlerin yaş, etik liderlik ve örgütsel bağlılık arasındaki ilişkilerde cinsiyetin düzenleyici etkisini ölçmek amacı ile 403 öğretmen ile yapmış olduğu çalışma sonucunda öğretmenlerin örgütsel bağlılık düzeylerinin okul müdürlerinin etik liderlik davranışlarından olumlu yönde etkilendiği, kadın öğretmenlerin bağlılık düzeylerinin erkek öğretmenlere göre daha fazla etkilendiğini tespit etmiştir. Tamer (2021), sağlık sektörü yöneticilerinin etik yaklaşımlarının çalışanların örgütsel bağlılıklarına, performanslarına etkisini ve bu etkide örgütsel bağlılıkların rolünü belirlemek amacı ile 362 sağlık çalışanı ile yapmış olduğu çalışma sonucunda, etik liderlik yaklaşımları ile örgütsel bağlılık ve çalışanların performansı arasında pozitif yönde anlamlı ilişkiler olduğunu, etik liderlik yaklaşımlarının, örgütsel bağlılığın alt boyutları olan duygusal, sürekli ve normatif bağlılık ile çalışanların performansı üzerinde de pozitif ve anlamlı bir etkiye sahip olduğunu, çalışanların işe devamlı ve normatif bağlılığının etik liderlik yaklaşımlarından yüksek oranda etkilendiğini, örgütsel bağlılığın etik liderlik yaklaşımları üzerinde aracı bir rol oynadığını tespit etmiştir. Danish ve ark. (2020), etik liderliğin örgütsel bağlılık ve örgütsel vatandaşlık davranışı üzerindeki ilişkileri ve bu ilişkilerde işsel motivasyonun aracı rolünü belirlemek amacı ile Pakistan’ın Lahor kentinde 340 banka çalışanı ile yapmış oldukları çalışma sonucunda etik liderlik ile örgütsel bağlılık arasında pozitif yönlü anlamlı bir etkisi olduğunu tespit etmiştir. Mitonga-Monga ve Cilliers (2016) etik liderlik ile örgütsel bağlılık arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla Demokratik Kongo Cumhuriyeti’ndeki bir demiryolu kuruluşunda çalışan 839 katılımcı ile yapmış olduğu çalışma sonucunda, çalışanların etik liderlik algılarının örgütsel bağlılıkları (duygusal, devamlı ve normatif bağlılık) ile pozitif yönlü anlamlı bir ilişkisi olduğunu tespit etmişlerdir.

Çakır Külahçılar (2021), çalışan ve yöneticinin örgütsel demokrasi ve örgütsel yabancılaşmaya ilişkin tutum ve algılarını ölçmek amacı ile Antalya ve Giresun illerindeki

işletmelerde çalışan 80 katılımcı üzerinde yapılan çalışma sonucunda, çalışanların örgütsel demokrasi düzeyi ile örgütsel yabancılaşma düzeyi arasında negatif yönlü orta derecede bir ilişki olduğunu yani örgütsel demokrasi düzeyi yükseldikçe örgütsel yabancılaşma düzeyinin azaldığını tespit etmiştir. Günden (2019), çalışanların örgütsel demokrasi algılarının örgütsel vatandaşlık davranışları üzerindeki etkisinde örgütsel bağlılıklarının aracılık rolünün olup olmadığını belirlemek amacıyla, Nevşehir’de faaliyet gösteren 4 ve 5 yıldızlı otel işletmelerinde çalışan 367 katılımcı üzerinde yapmış olduğu araştırma sonucunda, örgütsel demokrasi ile örgütsel bağlılık ve örgütsel vatandaşlık arasında pozitif yönlü anlamlı ilişki olduğunu, ayrıca örgütsel bağlılığın, örgütsel demokrasi ile örgütsel vatandaşlık arasındaki ilişkide kısmi aracılık etkisinin olduğunu tespit etmiştir. Eğilmezkol (2011), iş görenlerin örgütsel adalet algısı ve örgütsel bağlılık düzeyleri arasındaki ilişkinin tespit edilmesi amacıyla bir kamu bankasının genel müdürlüğünde çalışan 338 katılımcı ile yapmış olduğu araştırma sonucunda, iş görenlerin örgütsel adalet algıları ile örgütsel bağlılıkları arasında anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişki olduğunu tespit etmiştir. Namıq (2020), etik liderlik ile örgütsel bağlılık arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla Irak’ta bulunan Charmo Üniversitesi’nde göreve yapan öğretim görevlileri arasından 110 katılımcı üzerinden yapmış olduğu araştırma sonucunda, etik liderlik ile örgütsel bağlılık arasında pozitif yönü ve anlamlı bir ilişkinin olduğunu tespit etmiştir. Najafi (2022), etik liderlik ile örgütsel adalet arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla, Samsun’da faaliyet gösteren 3 ve üzeri yıldızlı otel işletmelerinde görev yapan 160 iş gören üzerinde yapmış olduğu araştırma sonucunda, etik liderlik ile örgütsel adalet algıları arasında anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişkinin olduğunu tespit etmiştir. Karasu (2021), iş görenlerin etik liderlik algılarının örgütsel bağlılıklarına etkisini belirlemek amacıyla ile Bodrum’da bulunan konaklama işletmelerinde görevli 375 çalışan ile yapmış olduğu araştırma sonucunda, iş görenlerin etik liderlik algısının, örgütsel bağlılığın devamlılık ve normatif bağlılık alt boyutları üzerinde pozitif yönlü anlamlı etkisinin olduğunu, duygusal bağlılık alt boyutu açısından anlamlı bir etkiye sahip olmadığını tespit etmiştir. Aslan (2021), okul yöneticilerin etik liderlik davranışı sergilemeleri ile öğretmenlerin örgütsel bağlılık algıları arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla ile İstanbul ili Kartal ilçesinde görev yapan 2247 öğretmen üzerinde yaptığı araştırma sonucunda, etik liderlik algısı ile örgütsel bağlılık algısı arasında pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişkinin olduğunu tespit etmiştir. Khodashenas (2020), etik liderlik davranışları ile iş görenlerin örgütsel bağlılık algıları arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla ile İran’ın Tebriz kentindeki kamu hastanelerinde görev yapan 350 çalışan üzerinde yapmış olduğu araştırma sonucunda, etik liderlik ile örgütsel bağlılık arasında pozitif yönlü anlamlı ilişki olduğunu tespit etmiştir. Odabaşoğlu (2020), yöneticilerin etik liderlik davranışları ile öğretmenlerin örgütsel bağlılık algıları arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla ile Denizli’nin Merkezefendi ilçesinde görev yapan 511 öğretmen üzerinde yapmış olduğu araştırma sonucunda, okul müdürlerinin etik lider davranışları ile öğretmenlerin örgütsel bağlılık algıları arasında pozitif yönü ve anlamlı bir ilişkinin varlığını tespit etmiştir. Uysal

(2019), Örgütsel demokrasinin Örgütsel bağlılığa etkisini ölçmek amacı ile İstanbul Deniz Otobüsleri (İDO) çalışanları arasından rasgele seçilen 316 personel ile yapmış olduğu çalışma sonucunda örgütsel demokrasinin örgütsel bağlılık üzerinde orta düzeyde etkisi olduğu sonucunu elde etmiştir.

## Materyal ve Yöntem

Araştırmanın materyalini Tarım ve Ormanlık Hizmet Kolunda faaliyet gösteren Tarım-Orman Çalışanları Birliği Sendikası (Toç Bir-Sen)’in farklı unvanlardaki 2.128 üyesi oluşturmaktadır. Araştırma kapsamında Tarım ve Ormanlık ile ilgili sendikaların seçilme nedeni, bu çalışmanın Tarım Ekonomisi Anabilim Dalında Tarım İşletmeciliği özelinde hazırlanmasıdır. Araştırma nicel bir araştırma olup; araştırmanın metodu basit rastgele (tesadüfi) örneklemedir. Bu örneklemedeki veriler toplanırken Tüm Türkiye’deki bütün merkez ve taşra teşkilatlarındaki ilgili sendika üyelerine ulaşılmaya çalışılmıştır. Araştırma kapsamında hazır ölçeklerden oluşan anketler kullanılmıştır. Araştırma kapsamında veri toplama aracı olarak TOÇ-BİRSEN üyelerinin örgütsel bağlılıklarını ölçmek için Meyer ve ark. (1993) tarafından geliştirilen ve Dağlı ve ark. (2018) tarafından Türkçe’ye çevrilen ve 18 sorudan oluşan “Örgütsel Bağlılık Ölçeği”, üyelerin örgütsel demokrasi algılarını ölçmek için Geçkil ve Tikici (2013) tarafından geliştirilen ve 28 sorudan oluşan “Örgütsel Demokrasi Ölçeği”, ve yine üyelerin etik liderlik algılarını ölçmek için Brown ve ark. (2005) tarafından geliştirilen ve Tuna ve ark. (2012) tarafından Türkçe’ye çevrilen 10 sorudan oluşan “Etik Liderlik Ölçeği” kullanılmıştır.

Veri toplama aracı olarak oluşturulan anket formu, COVID-19 pandemi sürecinde sosyal hayata dair yaşanan kısıtlamalar, süre ve maliyet gibi etmenler dikkate alınarak Google Forms aracılığı ile Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından yayımlanan 2021 yılı verilerine göre 45.344 üye sayısı ile Tarım ve Ormanlık Hizmet Kolunda yetkili sendika konumunda olan ilgili sendika üyesi kamu görevlilerine ulaştırılmıştır. Toç Bir-Sen üyeleri tarafından 10.10.2021 tarihinden 19.10.2021 tarihine kadar geçen 10 gün içerisinde 2.124 adet form doldurulmuş olması daha sonra geçen 9 günlük süre içerisinde sadece 4 adet form doldurulması nedeni ile 28.10.2021 tarihi itibarı ile sistem veri girişine kapatılarak toplam 2.128 form değerlendirmeye alınmıştır. Anket tasarlanırken katılımcıların tüm sorulara cevap verme zorunluluğu getirilmiş olması nedeni ile katılımcılar tarafından formlar eksiksiz doldurulmuş ve tüm formlar geçerli sayılmıştır. Onlie hazırlanan sorularla tüm formların eksiksiz doldurulabilmesi ve bir soruyu cevaplamadan diğer soruya geçmemesi gibi önlemler alınmıştır. Dolayısı ile çalışmanın örneklemini, veri toplama amacıyla oluşturulan ankete katılan Toç Bir-Sen üyesi 2.128 kamu çalışanı oluşturmuştur. Anketlere verilen cevaplar SPSS paket programı ile veriler analiz edilmiştir.

Araştırmanın konusunu oluşturan kavramlar arasındaki ilişkiyi ölçmek için korelasyon analizi ve bu ilişkinin matematiksel ifadesi için ise regresyon analizleri kullanılmıştır. Ayrıca demografik faktörler arasındaki değişiklikleri analiz etmek için t-testi ve Anova testleri de kullanılmıştır. Ayrıca bilimsel araştırmalar etiği açısından

gerekli izinler, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulu'nun 21.04.2022 tarih ve 2022/03/13 numaralı kararı ile alınmıştır.

### Araştırmanın Teorik Modeli

Araştırmanın teorik modeli Şekil 1'de verilmiştir.

Burada örgütsel demokrasi bağımsız değişken, örgütsel bağlılık bağımlı değişken, etik liderlik ise düzenleyici (moderatör) değişkendir. Tüm bu bileşenler birlikte değerlendirildiğinde örgütsel demokrasi algısı ile örgütsel bağlılık algıları arasında ilişki olup olmadığı ve bu ilişkide etik liderliğin düzenleyici etkisinin olup olmadığı bu çalışmanın ana sorusunu oluşturmaktadır.

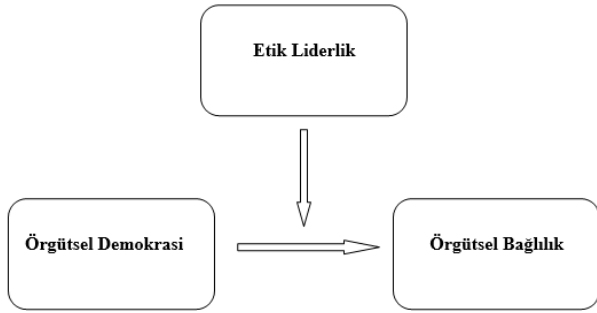
Bu çalışmanın hipotezleri aşağıdaki şekilde meydana gelmiştir.

*H<sub>1</sub>*: Örgütsel demokrasi ile örgütsel bağlılık arasında pozitif yönlü istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

*H<sub>2</sub>*: Etik liderlik ile örgütsel bağlılık arasında anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişki vardır.

*H<sub>3</sub>*: Örgütsel demokrasi ile etik liderlik arasında anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişki vardır.

*H<sub>4</sub>*: Örgütsel demokrasi ile örgütsel bağlılık arasındaki ilişkide etik liderliğin düzenleyici etkisi vardır.



Şekil 1. Araştırmanın Teorik Modeli

Figure 1. Theoretical model of the research

### Bulgular

Katılımcılardan toplanan anketlere ilişkin verilerin analizi için SPSS 21.0 programı kullanılmıştır. İşlemler %95 güven aralığında yapılmıştır. Araştırma kapsamında elde edilen verilerin basıklık ve çarpıklık değerlerinin +3 ile -3 arasında olması normal dağılım için yeterli

görülmektedir (Groeneveld ve Meeden, 1984; Moors, 1986; Hopkins ve Weeks, 1990; De Carlo, 1997). Ölçek puanlarının ikili değişkenlere göre farklılık gösterme durumu t testi, üç ve daha fazla sayıdaki değişkenlere göre farklılık gösterme durumu ANOVA testi ile analiz edilmiştir. Ölçek puanları arasındaki ilişki, Pearson korelasyon testi ile tespit edilmiştir. Son olarak örgütsel demokrasi ile örgütsel bağlılık arasındaki ilişkide etik liderliğin düzenleyicilik etkisi ise regresyon testi ile analiz edilmiştir.

Ölçek puanlarından elde edilen çarpıklık ve basıklık değerlerinin +3 ile -3 arasında olması nedeni ile normallik sağlanmış olup bu çalışma kapsamında parametrik test teknikleri kullanılmıştır (Çizelge 1).

Katılımcıların %83,8'inin erkek olduğu, %84,9'unun evli olduğu, %56,9'unun Lisans mezunu olduğu, %21,3'ünün 36-40 yaş aralığında olduğu, %68,1'inin Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) çalışanı olduğu, %45,6'sının toplam hizmet süresinin 13 yıl ve üzeri olduğu, %53,5'inin sendika üyelik süresinin 10 yıl ve üzeri olduğu, %39,9'unun sendikada görevi olduğu, %88,3'ünün ek ödeme ve tazminatlar dahil aylık ortalama maaşının 5501 TL ve üzerinde olduğu görülmektedir (Çizelge 2).

Ölçek Puanları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi amacıyla Pearson korelasyon testi yapılmıştır. Buna göre;

Örgütsel Bağlılığın Duygusal Bağlılık alt boyutu ile Örgütsel Demokrasinin Katılım Eleştirisi alt boyutu arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,647$ ); Şeffaflık alt boyutu arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,656$ ); Adalet alt boyutu arasında pozitif yönlü orta bir ilişki ( $r=0,564$ ); Eşitlik alt boyutu arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,629$ ); Hesap Verebilirlik alt boyutu arasında pozitif yönlü orta bir ilişki ( $r=0,588$ ); Örgütsel Demokrasi Ölçeği arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,680$ ); Etik Liderlik Ölçeği arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,642$ ) bulunduğu görülmektedir (Çizelge 3).

Örgütsel Bağlılığın Devam Bağlılığı alt boyutu ile Örgütsel Demokrasinin Katılım Eleştirisi alt boyutu arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,656$ ); Şeffaflık alt boyutu arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,635$ ); Adalet alt boyutu arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,601$ ); Eşitlik alt boyutu arasında pozitif yönlü orta bir ilişki ( $r=0,542$ ); Hesap Verebilirlik alt boyutu arasında pozitif yönlü orta bir ilişki ( $r=0,584$ ); Örgütsel Demokrasi Ölçeği arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,669$ ); Etik Liderlik Ölçeği arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,638$ ) bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 1. Ölçek Puanlarına Ait Betimsel İstatistikler ve Normallik Testi

Table 1. Descriptive Statistics and Normality Test of Scale Scores

	n	Minimum	Maximum	Ortalama	ss	Çarpıklık	Basıklık
Duygusal Bağlılık	2128	1,00	5,00	3,80	0,87	-,445	-,171
Devam Bağlılığı	2128	1,00	5,00	3,39	0,69	-,201	,493
Normatif Bağlılık	2128	1,00	5,00	3,61	0,89	-,457	-,035
Örgütsel Bağlılık	2128	1,00	5,00	3,57	0,72	-,439	,132
Katılım Eleştirisi	2128	1,00	5,00	3,80	0,83	-,812	,874
Şeffaflık	2128	1,00	5,00	3,88	0,85	-,861	,922
Adalet	2128	1,00	5,00	3,43	0,89	-,357	-,030
Eşitlik	2128	1,00	5,00	3,94	0,67	-,490	,401
Hesap Verebilirlik	2128	1,00	5,00	3,70	0,92	-,684	,416
Örgütsel Demokrasi	2128	1,00	5,00	3,77	0,75	-,714	,676
Etik Liderlik	2128	1,00	5,00	3,90	0,80	-,906	1,249

Çizelge 2. Demografik Değişkenler

Table 2. Demographic Variables

		n	%
Cinsiyet	Erkek	1784	83,8
	Kadın	344	16,2
Medeni durum	Evli	1806	84,9
	Bekar	322	15,1
Eğitim durumu	İlköğretim	14	,7
	Lise	107	5,0
	Ön lisans	327	15,4
	Lisans	1211	56,9
	Lisansüstü	469	22,0
Yaş	30 yaş ve altı	214	10,1
	31-35 yaş	440	20,7
	36-40 yaş	454	21,3
	41-45 yaş	443	20,8
	46-50 yaş	302	14,2
	51 yaş ve üstü	275	12,9
Kurum	TOB	1450	68,1
	OGM	584	27,4
	TİGEM	7	,3
	TMO	31	1,5
	TKDK	44	2,1
	ESK	11	,5
	AOÇ	1	,0
Tarım ve Orman Bakanlığı ile bağlı ve ilgili kuruluşlardaki toplam hizmet süreniz	0-3 yıl	184	8,6
	4-7 yıl	248	11,7
	8-12 yıl	725	34,1
	13 yıl ve üzeri	971	45,6
Sendika üyelik süreniz	0-1 yıl	136	6,4
	2-4 yıl	266	12,5
	5-9 yıl	587	27,6
	10 yıl ve üzeri	1139	53,5
Sendikada göreviniz var mı? (Temsilci, Komisyon Üyesi, Yönetim Kurulu Üyeliği vb.)	Var	849	39,9
	Yok	1279	60,1
Aylık ortalama maaşınız (Ek ödeme ve Tazminatlar dahil)	5.500 TL	248	11,7
	5.501 TL ve üzeri	1880	88,3

Çizelge 3. Ölçek Puanları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Table 3. Examination of the Relationship Between Scale Scores

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.Duygusal Bağlılık	1	,618**	,696**	,880**	,647**	,656**	,564**	,629**	,588**	,680**	,642**
2.Devam Bağlılığı		1	,801**	,861**	,656**	,635**	,601**	,542**	,584**	,669**	,638**
3.Normatif Bağlılık			1	,923**	,758**	,733**	,667**	,649**	,673**	,771**	,731**
4.Örgütsel Bağlılık				1	,772**	,760**	,687**	,685**	,690**	,795**	,753**
5.Katılım Eleştirisi					1	,899**	,791**	,760**	,830**	,956**	,874**
6.Şeffaflık						1	,804**	,774**	,826**	,953**	,897**
7.Adalet							1	,631**	,787**	,881**	,807**
8.Eşitlik								1	,734**	,849**	,785**
9.Hesap Verebilirlik									1	,901**	,856**
10.Örgütsel Demok.										1	,927**
11.Etik Liderlik											1

\*\*p&lt;0,01

Örgütsel Bağlılığın Normatif Bağlılık alt boyutu ile Örgütsel Demokrasinin Katılım Eleştirisi alt boyutu arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,758$ ); Şeffaflık alt boyutu arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,733$ ); Adalet alt boyutu arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,667$ ); Eşitlik alt boyutu arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,649$ ); Hesap Verebilirlik alt boyutu arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,673$ ); Örgütsel Demokrasi Ölçeği arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,771$ );

Etik Liderlik Ölçeği arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,731$ ) bulunduğu görülmektedir.

Örgütsel Bağlılık ile Örgütsel Demokrasinin Katılım Eleştirisi alt boyutu arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,772$ ); Şeffaflık alt boyutu arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,760$ ); Adalet alt boyutu arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,687$ ); Eşitlik alt boyutu arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,685$ ); Hesap Verebilirlik alt boyutu arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,690$ );

Örgütsel Demokrasi Ölçeği arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,795$ ); Etik Liderlik Ölçeği arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,753$ ) bulunduğu görülmektedir.

Etik Liderlik Ölçeği ile Örgütsel Demokrasinin Katılım Eleştirisi alt boyutu arasında pozitif yönlü çok güçlü bir ilişki ( $r=0,874$ ); Şeffaflık alt boyutu arasında pozitif yönlü çok güçlü bir ilişki ( $r=0,897$ ); Adalet alt boyutu arasında pozitif yönlü çok güçlü bir ilişki ( $r=0,807$ ); Eşitlik alt boyutu arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki ( $r=0,785$ ); Hesap Verebilirlik alt boyutu arasında pozitif yönlü çok güçlü bir ilişki ( $r=0,856$ ); Örgütsel Demokrasi Ölçeği arasında pozitif yönlü çok güçlü bir ilişki ( $r=0,927$ ) bulunduğu görülmektedir.

Örgütsel Demokrasinin, Örgütsel Bağlılığa etkisinde Etik Liderliğin düzenleyicilik rolünün incelenmesi amacıyla kurulan regresyon testi sonuçlarına göre;

Örgütsel Demokrasinin, Örgütsel Bağlılığa etkisinde Etik Liderliğin düzenleyicilik rolünün incelenmesi amacıyla kurulan modelin anlamlı olduğu görülmektedir ( $p<0,05$ ). Sonuçlar incelendiğinde bağımsız değişken olan Örgütsel Demokrasi ile aracı değişken olan Etik Liderliği çarpımından elde edilen etkileşim terimi, Örgütsel Bağlılığı pozitif etkilemektedir (Beta=0,278  $p<0,05$ ). Bu nedenle Örgütsel Demokrasinin, Örgütsel Bağlılığa etkisinde Etik Liderliğin düzenleyicilik rolünün bulunduğu görülmektedir.

Örgütsel Demokrasinin Şeffaflık alt boyutunun, Örgütsel Bağlılığa etkisinde Etik Liderliğin düzenleyicilik rolünün incelenmesi amacıyla kurulan modelin anlamlı olduğu görülmektedir ( $p<0,05$ ). Sonuçlar incelendiğinde bağımsız değişken olan Şeffaflık ile aracı değişken olan Etik Liderliği çarpımından elde edilen etkileşim terimi, Örgütsel Bağlılığı pozitif etkilemektedir (Beta=0,381

$p<0,05$ ). Bu nedenle Örgütsel Demokrasinin Şeffaflık alt boyutunun, Örgütsel Bağlılığa etkisinde Etik Liderliğin düzenleyicilik rolünün bulunduğu görülmektedir.

Örgütsel Demokrasinin Adalet alt boyutunun, Örgütsel Bağlılığa etkisinde Etik Liderliğin düzenleyicilik rolünün incelenmesi amacıyla kurulan modelin anlamlı olduğu görülmektedir ( $p<0,05$ ). Sonuçlar incelendiğinde bağımsız değişken olan Adalet ile aracı değişken olan Etik Liderliği çarpımından elde edilen etkileşim terimi, Örgütsel Bağlılığı pozitif etkilemektedir (Beta=0,235  $p<0,05$ ). Bu nedenle Örgütsel Demokrasinin Adalet alt boyutunun, Örgütsel Bağlılığa etkisinde Etik Liderliğin düzenleyicilik rolünün bulunduğu görülmektedir.

Örgütsel Demokrasinin Eşitlik alt boyutunun, Örgütsel Bağlılığa etkisinde Etik Liderliğin düzenleyicilik rolünün incelenmesi amacıyla kurulan modelin anlamlı olduğu görülmektedir ( $p<0,05$ ). Sonuçlar incelendiğinde bağımsız değişken olan Eşitlik ile aracı değişken olan Etik Liderliği çarpımından elde edilen etkileşim terimi, Örgütsel Bağlılığı pozitif etkilemektedir (Beta=0,343  $p<0,05$ ). Bu nedenle Örgütsel Demokrasinin Eşitlik alt boyutunun, Örgütsel Bağlılığa etkisinde Etik Liderliğin düzenleyicilik rolünün bulunduğu görülmektedir.

Örgütsel Demokrasinin Hesap Verebilirlik alt boyutunun, Örgütsel Bağlılığa etkisinde Etik Liderliğin düzenleyicilik rolünün incelenmesi amacıyla kurulan model anlamlıdır ( $p<0,05$ ). Sonuçlar incelendiğinde bağımsız değişken olan Hesap Verebilirlik ile aracı değişken olan Etik Liderliği çarpımından elde edilen etkileşim terimi, Örgütsel Bağlılığı pozitif etkilemektedir (Beta=0,392  $p<0,05$ ). Bu nedenle Hesap Verebilirliğin, Örgütsel Bağlılığa etkisinde Etik Liderliğin düzenleyicilik rolünün bulunduğu görülmektedir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Örgütsel Demokrasinin Örgütsel Bağlılığa Etkisinde Etik Liderliğin Düzenleyicilik Rolünün İncelenmesi  
Table 4. Examination of the Moderating Role of Ethical Leadership in the Effect of Organizational Democracy on Organizational Commitment

Etkilenen	Etkileyen	Model F	Model p	Beta	t	p	R2
Örgütsel Bağlılık	Örgütsel Demokrasi Ölçeği			,538	9,415	,000*	
	Etik Liderlik Ölçeği	1237,234	,000*	-,014	-,274	,784	,636
	Örgütsel Demokrasi*Etik Liderlik Ölçeği			,278	3,347	,001*	
Örgütsel Bağlılık	Şeffaflık			,232	4,378	,000*	
	Etik Liderlik Ölçeği	1097,443	,000*	,181	3,661	,000*	,608
	Şeffaflık*Etik Liderlik Ölçeği			,381	4,717	,000*	
Örgütsel Bağlılık	Adalet			,073	1,197	,231	
	Etik Liderlik Ölçeği	1003,151	,000*	,481	12,029	,000*	,586
	Adalet*Etik Liderlik Ölçeği			,235	2,742	,006*	
Örgütsel Bağlılık	Eşitlik			,071	1,290	,197	
	Etik Liderlik Ölçeği	1027,329	,000*	,374	6,363	,000*	,592
	Eşitlik*Etik Liderlik Ölçeği			,343	3,429	,001*	
Örgütsel Bağlılık	Hesap Verebilirlik			-,067	-1,174	,241	
	Etik Liderlik Ölçeği	974,879	,000*	,444	10,308	,000*	,579
	Hesap Verebilirlik*Etik Liderlik Ölçeği			,392	4,800	,000*	

\* $p<0,05$

## Sonuçlar ve Tartışma

İşveren ve işgören ilişkisi devrin şartlarına göre farklı sorunları ve çözümleri barındırır da tarih boyunca varlığını devam ettiren bir ilişki türü olmuştur. Özellikle sanayi devrimi ve sonrasında makinalaşma ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak işçi işveren ilişkileri de farklı boyutlara taşınmıştır. Sendika üyesi memurların sendikal

demokrasi algıları ile sendikal bağlılıkları arasındaki ilişkide etik liderlik algısının düzenleyici rolünü belirlemek amacı ile yapmış olduğumuz bu çalışmanın literatüre sağlayacağı katkının yanı sıra, çalışma hayatının en önemli örgütsel yapılarından biri olan sendikaların varlıklarını ve etkilerini devam ettirebilmeleri için

izlemeleri gereken süreçlerde sendika yöneticilerine yol gösterici olması açısından da önem arz ettiği düşünülmektedir. Örgütsel demokrasi ile örgütsel bağlılık arasında ilişki bulunup bulunmadığı ve etik liderlik algısının bu iki değişken arasındaki ilişkide etkisinin bulunup bulunmadığı sorularına cevap bulabilmek için, katılımcılardan anket yöntemi ile toplanan veriler ilgili istatistik programı vasıtasıyla yorumlanmıştır. Araştırmada değişkenler arasındaki ilişkiyi ölçmek için regresyon analizleri kullanılmıştır.

Elde edilen verilerin analizi sonucunda, Örgütsel Bağlılığın Duygusal Bağlılık alt boyutu ile; Örgütsel Demokrasinin Katılım-Eleştiri, Şeffaflık ve Eşitlik alt boyutları arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki, Adalet ve Hesap Verebilirlik alt boyutları ile arasında ise pozitif yönlü orta bir ilişki olduğu, ayrıca duygusal bağlılığın Örgütsel Demokrasi algısı ile pozitif yönlü güçlü bir ilişkisinin bulunduğu görülmüştür.

Örgütsel Bağlılığın Devam Bağlılığı alt boyutu ile; Örgütsel Demokrasinin Katılım-Eleştiri, Şeffaflık ve Adalet alt boyutları arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki, Eşitlik ve Hesap Verebilirlik alt boyutları ile arasında ise pozitif yönlü orta bir ilişki olduğu, ayrıca devam bağlılığının Örgütsel Demokrasi algısı ile pozitif yönlü güçlü bir ilişkisinin bulunduğu görülmüştür. Örgütsel Bağlılığın Normatif Bağlılık alt boyutu ile; Örgütsel Demokrasinin Katılım-Eleştiri, Şeffaflık, Adalet, Eşitlik ve Hesap Verebilirlik alt boyutları arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişkisinin olduğu, ayrıca normatif bağlılığın Örgütsel Demokrasi algısı ile pozitif yönlü güçlü bir ilişkisinin bulunduğu görülmüştür. Örgütsel Bağlılık ile; Örgütsel Demokrasinin Katılım-Eleştiri, Şeffaflık, Adalet, Eşitlik ve Hesap Verebilirlik alt boyutları arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişkisinin olduğu, ayrıca örgütsel bağlılığın Örgütsel Demokrasi ile pozitif yönlü güçlü bir ilişkisinin bulunduğu görülmüştür. Bu sonuçlar hem araştırmanın H<sub>1</sub> nolu hipotezini doğrulamakta hem de literatürdeki Eğilmezkol (2011); Günden (2019); Uysal (2019) ve Çakır Külahçılar (2021) tarafından yapılan çalışmalara ait sonuçları desteklemektedir. Örgütsel Bağlılığın Duygusal Bağlılık alt boyutu ile; Etik Liderlik algısı arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki bulunduğu görülmüştür. Bu sonuçlar literatürdeki Sutherland, Jr. (2010); Mitonga-Monga ve Cillers (2016); Abuzaid (2018); Qing ve ark. (2020); Bahadori ve ark. (2021) ve Tamer (2021) tarafından yapılan çalışmalara ait sonuçları desteklemektedir.

Örgütsel Bağlılığın Devam Bağlılığı alt boyutu ile; Etik Liderlik algısı arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki bulunduğu görülmüştür. Bu sonuçlar literatürdeki Mitonga-Monga ve Cillers (2016); Bahadori ve ark. (2021); Karasu (2021) ve Tamer (2021) tarafından yapılan çalışmalara ait sonuçları desteklemektedir. Örgütsel Bağlılığın Normatif Bağlılık alt boyutu ile; Etik Liderlik algısı arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki bulunduğu görülmüştür. Bu sonuçlar literatürdeki Sutherland, Jr. (2010); Mitonga-Monga ve Cillers (2016); Abuzaid (2018); Bahadori ve ark. (2021); Karasu (2021) ve Tamer (2021) tarafından yapılan çalışmalara ait sonuçları desteklemektedir. Örgütsel Bağlılık ile; Etik Liderlik arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki bulunduğu görülmüştür. Bu sonuçlar hem araştırmanın H<sub>2</sub> nolu hipotezini doğrulamakta hem de literatürdeki Hassan ve ark. (2014); Çelik ve ark. (2015); Karakuş (2018);

Odabaşoğlu (2019); Danish ve ark. (2020), Khodashenas (2020); Namıq (2020) ve Aslan (2021) tarafından yapılan çalışmalara ait sonuçları desteklemektedir.

Etik Liderlik ile; Örgütsel Demokrasinin Katılım-Eleştiri, Şeffaflık, Adalet ve Hesap Verebilirlik alt boyutları arasında pozitif yönlü çok güçlü bir ilişkisinin olduğu, Eşitlik alt boyutu ile ise pozitif yönlü güçlü bir ilişkisinin bulunduğu görülmüştür. Bu sonuç araştırmanın H<sub>3</sub> nolu hipotezini doğrulamaktadır. Literatürde Etik liderlik ile Örgütsel Demokrasi arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ancak örgütsel demokrasi ile örgütsel adalet kavramlarının birbirine yakın olduğu değerlendirildiğinde, bu sonuçlar ile Najafı (2020) tarafından yapılan ve etik liderlik ile örgütsel adalet arasında anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişkisinin olduğunu tespit edilen çalışmaya ait sonuçların benzerlik göstermektedir.

Örgütsel Demokrasi ile Örgütsel Bağlılık arasındaki ilişkide Etik Liderliğin etkisinin incelenmesi amacıyla kurulan regresyon testi sonuçlarına göre, Örgütsel Demokrasi ile Örgütsel Bağlılık arasındaki ilişkide Etik Liderliğin etkisinin incelenmesi amacıyla kurulan modelin anlamlı olduğu, iki değişken arasındaki ilişkide Etik Liderliğin Düzenleyicilik rolü olduğu ve pozitif yönlü etkisinin bulunduğu görülmüştür. Bu sonuç araştırmanın H<sub>4</sub> nolu hipotezini doğrulamaktadır.

Örgütsel Demokrasinin alt boyutları itibari ile yapılan değerlendirmede; Şeffaflık alt boyutu ile Örgütsel Bağlılık arasındaki ilişkide Etik Liderliğin Düzenleyicilik Rolü olduğu ve pozitif yönlü etkisinin bulunduğu, Adalet alt boyutu ile Örgütsel Bağlılık arasındaki ilişkide Etik Liderliğin Düzenleyicilik Rolü olduğu ve pozitif yönlü etkisinin bulunduğu, Eşitlik alt boyutu ile Örgütsel Bağlılık arasındaki ilişkide Etik Liderliğin Düzenleyicilik Rolü olduğu ve pozitif yönlü etkisinin bulunduğu ve son olarak Hesap Verebilirlik alt boyutu ile Örgütsel Bağlılık arasındaki ilişkide Etik Liderliğin Düzenleyicilik Rolü olduğu ve pozitif yönlü etkisinin bulunduğu görülmüştür.

Araştırma sonuçlarına göre araştırmanın tüm hipotezleri doğrulanmıştır. Ayrıca araştırma sonuçları ile literatürde yer alan çalışmalara ait sonuçların uyumlu olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar ışığında sendika yöneticilerinin etik davranışlar sergilemeleri, aldıkları kararların ve uygulamalarının etik kurallara uygun olmasına özen göstermeleri, yönetim ve karar alma süreçlerinin tamamında demokratik tutum ve davranış sergilemeleri sendika üyelerinin sendikal bağlılıklarına pozitif yönde etki edecektir.

Araştırma sonuçları demografik özellikler açısından değerlendirildiğinde; Erkeklerin kadınlara göre, Duygusal Bağlılıklarının, Normatif Bağlılıklarının ve Örgütsel Bağlılıklarının daha yüksek olduğu ayrıca Eşitlik alt boyutu yönüyle Örgütsel Demokrasi algılarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Evli olanların bekar olanlara göre, Duygusal Bağlılıklarının ve Örgütsel Bağlılıklarının daha yüksek olduğu ayrıca Eşitlik alt boyutu yönüyle Örgütsel Demokrasi algılarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Bekar olanların evli olanlara göre, Adalet alt boyutu yönüyle Örgütsel Demokrasi algılarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Eğitim durumu ilköğretim/lise olanların Devam bağlılıklarının en yüksek olduğu ve eğitim düzeyi arttıkça devam bağlılığının azaldığı görülmektedir. Örgütsel Bağlılık, Örgütsel

Demokrasi ve Etik Liderlik yönünden eğitim durumu farklı guruplar arasında anlamlı farklılık görülmemiştir.

Katılımcıların en yaşlı gurubunu oluşturan 51 yaş ve üstü olanların, Duygusal, Devam, Normatif ve Örgütsel Bağlılıklarının en yüksek olduğu ayrıca Katılım Eleştirisi alt boyutu yönüyle Örgütsel Demokrasi algılarının en yüksek olduğu görülmektedir. İkinci en yüksek yaş gurubu olan 46-50 yaş arası olanların ise, Şeffaflık, Eşitlik, Hesap Verebilirlik, Örgütsel Demokrasi ve Etik Liderlik algılarının en yüksek olduğu görülmektedir. Orman Genel Müdürlüğü'nde görev yapan personelin, tüm alt boyutları ile birlikte Örgütsel Bağlılıklarının, yine tüm alt boyutları ile birlikte Örgütsel Demokrasi algılarının ve Etik Liderlik algılarının en yüksek olduğu görülmektedir. Hizmet süresi 13 yıl ve üzeri olanların Duygusal, Devam, Normatif ve Örgütsel Bağlılıklarının en yüksek olduğu ayrıca Şeffaflık, Eşitlik, Hesap Verebilirlik, Örgütsel Demokrasi ve Etik Liderlik algılarının en yüksek olduğu görülmektedir.

Sendika üyelik süresi 10 yıl ve üzeri olanların Duygusal, Devam, Normatif ve Örgütsel Bağlılıklarının en yüksek olduğu üyelik süresi azaldıkça Duygusal, Devam, Normatif ve Örgütsel Bağlılıklarının da azaldığı, ayrıca Katılım Eleştirisi, Şeffaflık, Eşitlik, Hesap Verebilirlik, Örgütsel Demokrasi ve Etik Liderlik algılarının en yüksek olduğu üyelik süresi azaldıkça Katılım Eleştirisi, Şeffaflık, Eşitlik, Hesap Verebilirlik, Örgütsel Demokrasi ve Etik Liderlik algılarının da azaldığı görülmektedir. Sendikada işyeri temsilcisi, komisyon üyesi, il veya şube yönetim kurulu üyesi gibi görevi olanların herhangi bir görevi olamayanlara göre, tüm alt boyutları ile birlikte Örgütsel Bağlılıklarının, yine tüm alt boyutları ile birlikte Örgütsel Demokrasi algılarının ve Etik Liderlik algılarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Ek ödeme ve tazminatlar dahil aylık geliri 5.501 TL ve üzeri olanların Duygusal, Normatif ve Örgütsel Bağlılıklarının daha yüksek olduğu, ayrıca Katılım Eleştirisi, Şeffaflık, Eşitlik, Hesap Verebilirlik, Örgütsel Demokrasi ve Etik Liderlik algılarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Demografik açıdan elde edilen bu sonuçlar dikkate alındığında sendikaların özellikle kadınların, gençlerin, yeni üyelerin ve maaşı düşük olanların sorun ve taleplerine yönelik söylem ve eylem geliştirebilirler. Sonuçlanan ve devam eden sendikal çalışmalar ve elde edilen sonuçlar hakkında daha hızlı ve daha fazla bilgi edinmelerini sağlayabilirler. Sendikada görev almak isteyen özellikle kadınlara ve gençlere pozitif imkanlar sunularak sürecin içine dahil edebilirler ve bu yolla aidiyet duygularının gelişmesine olanak sağlayabilirler.

Çalışma sonuçlarının, örgütsel bağlılık ile etik liderlik arasındaki ilişkiyi ve örgütsel demokrasi ile örgütsel bağlılık arasındaki ilişkiyi inceleyen literatür çalışmalarına ait sonuçları desteklemesi nedeni ile literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca literatürde etik liderlik ile örgütsel demokrasi arasındaki ilişkiyi ve örgütsel demokrasi ile örgütsel bağlılık arasındaki ilişkide etik liderliğin düzenleyici etkisi olup olmadığını inceleyen çalışmalara rastlanılmamış olması bu çalışma sonuçlarını literatüre sağlayacağı katkı açısından daha da önemli kılmaktadır. Bu çalışmanın sonuçları sendikalara da yol gösterici olacaktır. Sendika yöneticilerin davranışları ve alacakları kararlar yönü ile etik tutum sergilemeleri, örgüt içi demokrasiyi geliştirecek uygulamalar geliştirmeleri sendika üyelerinin sendikaya olan bağlılığını artıracak

dolayısı ile sendikal faaliyetlere katılımını teşvik edecek ve hatta sendikada yönetici pozisyonlarına talip olmaları sağlanabilecektir. Bu çalışmanın bazı kısıtları da bulunmaktadır. Anketin üyelerin tamamına ulaştırılmış olmasına rağmen süre kısıtlaması nedeni ile ankete 2.128 üyenin katılmış olması, üyelerin tamamı ile yapılacak bir araştırmada farklı sonuçlar elde edilebilme ihtimali dikkate alındığında çalışmanın kısıtı olarak değerlendirilebilir. Ayrıca ankette yer alan etik liderlik ölçeğine ait sorulara cevap veren üyelerin bir kısmı üyesi olduğu sendika şube yöneticileri üzerinden değerlendirme yaparken bir kısmı da sendika genel merkez yöneticilerini dikkate almış olabilir. Ayrıca, memur sendikalarına üyeliğin gönüllülük esasına dayanıyor olması yani sendikanın ortaya koyduğu değerler ile kendi değerlerini örtüştüren üyelerin ankete daha fazla katılım gösterme ihtimali araştırmanın diğer bir kısıtı olarak değerlendirilebilir. Dolayısı ile bu çalışmanın farklı örgütsel yapılarda yapılması farklı sonuçları ortaya çıkarabilecektir.

## Bilgi

Bu çalışma Doç. Dr. Halil Özcan ÖZDEMİR danışmanlığında Zekeriya Yazıcı tarafından hazırlanan yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

## Kaynaklar

- Abuzaid, A. N. (2018). The Relationship Between Ethical Leadership and Organizational Commitment in Banking Sector of Jordan, *Journal of Economic and Administrative Sciences*.
- Aslan, N. (2021). İlkokul ve Ortaokul Müdürlerinin Etik Liderlik Davranışı Gösterme Düzeyleri ile Öğretmenlerin Örgütsel Bağlılık Düzeyleri Arasındaki İlişki, Yüksek Lisans Tezi, Yeditepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eğitim Yönetimi ve Denetimi Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Bahadori, M., Ghasemi, M., Hasanpoor, E., Hosseini, S. M., and Alimohammadzadeh, K. (2021). The Influence of Ethical Leadership on the Organizational Commitment in Fire Organizations, *International Journal of Ethics and Systems*, 37 (1), 145-156.
- Brown, M. E., Treviño, L. K., and Harrison, D. A. (2005). Ethical Leadership: A Social Learning Perspective for Construct Development and Testing, *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 97 (2), 117-134.
- Çakır Külahçılar, İ. (2021). Örgütsel Demokrasi ve Örgütsel Yabancılaşma İlişkisi: Antalya ve Giresun'da Kurulu İşletmeler Arasında Bir Karşılaştırma, Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Giresun.
- ÇSGB (2021). <https://www.csgeb.gov.tr/istatistikler/calisma-hayati-istatistikleri/sendikal-istatistikler/isci-sayilari-ve-sendikalarin-uye-sayilari-hakinda-tebligler/>
- Çelik, S., Dedeoğlu, B. B. and İnanır, A. (2015). Relationship Between Ethical Leadership, Organizational Commitment and Job Satisfaction at Hotel Organizations, *Ege Academic Review*, 15 (1), 53-64.
- Dağlı, A., Elçiçek, Z., ve Han, B. (2018). Örgütsel Bağlılık Ölçeği'nin Türkçeye Uyarlanması: Geçerlik Ve Güvenirlik Çalışması, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 17 (68), 1788-1800
- Danish, R. Q., Hafeez, S., Hafiz, F. A., Mehta, A. M., Ahmad, M. B., and Ali, M. (2020). Impact of Ethical Leadership on Organizational Commitment and Organizational Citizenship Behavior with Mediating Role of Intrinsic Motivation. *International Review of Management and Marketing*, 10 (4), 25.



- Eğilmezkol, G. (2011). Çalışma Yaşamında Örgütsel Adalet ve Örgütsel Bağlılık: Bir Kamu Bankasındaki Çalışanların Örgütsel Adalet ve Örgütsel Bağlılık Algılayışlarının Analizine Yönelik Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Ankara.
- Geçkil T. (2013). Örgütsel Demokrasi İle Örgütsel Vatandaşlık Davranışları Arasındaki İlişki: Trb1 Bölgesindeki Üniversite Hastanelerinde Bir Uygulama, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Sivas.
- Geçkil, T., ve Tikici, M. (2015). Örgütsel Demokrasi Ölçeği Geliştirme Çalışması, Amme İdaresi Dergisi, 48 (4), 41-78.
- Groeneveld, R.A. and Meeden, G. (1984). Measuring Skewness and Kurtosis, The Statistician, 33 (4), 391-399.
- Günden, Y. (2019). Otel İşletmelerinde Örgütsel Demokrasi Algısının Örgütsel Vatandaşlığa Etkisinde Örgütsel Bağlılığın Rolü: Kapadokya Örneği, Doktora Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Turizm İşletmeciliği Ana Bilim Dalı, Nevşehir.
- Hassan, S., Wright, B. E., and Yukl, G. (2014). Does Ethical Leadership Matter in Government? Effects on Organizational Commitment, Absenteeism, and Willingness To Report Ethical Problems, Public Administration Review, 74 (3), 333-343.
- Hopkins, K.D. and Weeks, D.L. (1990). Tests for Normality and Measures of Skewness and Kurtosis: Their Place in Research Reporting, Educational and Psychological Measurement, 50, 717-729.
- Karakuş, M. (2018). Yaş, Etik Liderlik ve Örgütsel Bağlılık Arasındaki İlişkilerde Cinsiyetin Düzenleyici Etkisi, Etik ve Kültürel Çalışmalar Dergisi, 5 (1), 74-84.
- Karasu, Y. (2021). Konaklama İşletmelerinde Etik Liderlik Algısının Örgütsel Bağlılığa Etkisi: Bodrum Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Turizm İşletmeciliği Ana Bilim Dalı, Muğla.
- Khodashenas, B. (2020). Etik Liderlik Davranışlarının Çalışanların Örgütsel Bağlılıklarına Etkisi ve İran'ın Tebriz Şehrindeki Devlet Hastanelerinde Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, İstanbul.
- Meyer, J. P., Allen, N. J. and Smith, C. A. (1993). Commitment To Organizations and Occupations: Extension and Test Of A Three-Component Conceptualization, Journal of Applied Psychology, 78, 538-551.
- Mitonga-Monga, J., Cilliers, F. (2016). Perceived Ethical Leadership In Relation To Employees Organisational Commitment In An Organisation In The Democratic Republic of Congo, African Journal of Business Ethics, 10 (1).
- Moors, J. J. A. (1986). The Meaning of Kurtosis: Darlington Reexamined, The American Statistician, 40, 283-284.
- Najafi, H. (2022). Etik Liderlik ve Örgütsel Adalet Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: Samsun İlindeki Oteller Üzerinde Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Turizm İşletmeciliği Ana Bilim Dalı, Samsun.
- Namıq, H.R. (2020). Etik Liderlik ve Örgütsel Bağlılık Arasındaki İlişki: Irak Charmo Üniversitesi'nde Bir Vaka Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Elazığ.
- Odabaşoğlu, A. (2020). Okul Yöneticilerinin Etik Liderlik Davranışları ile Öğretmenlerin Örgütsel Bağlılığı Arasındaki İlişki, Yüksek Lisans, Pamukkale Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eğitim Bilimleri Ana Bilim Dalı, Denizli.
- Qing, M., Asif, M., Hussain, A., and Jameel, A. (2020). Exploring The Impact Of Ethical Leadership On Job Satisfaction And Organizational Commitment In Public Sector Organizations: The Mediating Role Of Psychological Empowerment, Review of Managerial Science, 14 (6), 1405-1432.
- Sutherland, M. A., Jr. (2010). An Examination of Ethical Leadership and Organizational Commitment, Dissertation Abstracts International Section A: Humanities and Social Sciences, 71(3-A), 1009.
- Tamer, G. (2021). Çalışanların Örgütsel Bağlılığını ve Performansını Artırmada Etik Liderliğin Rolü: Sağlık Çalışanları Örneği, Hayat Ekonomisi Dergisi, 8 (1), 133-146.
- Tuna, M., Bircan, H. ve Yeşiltaş, M. (2012). Etik Liderlik Ölçeğinin Geçerlilik ve Güvenirlik Çalışması: Antalya Örneği, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 26 (2), 143-155.
- Uysal, A. (2019). Örgütsel Demokrasinin Örgütsel Bağlılığa Etkisi: İstanbul Deniz Otobüsleri Çalışanları Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.



## Creation of Spatial and Temporal Based Maps of Climate Class and Reference Evapotranspiration Using AutoCAD Software – A Case Study of Eastern Anatolian Region of Türkiye

Selçuk Usta<sup>1,a,\*</sup>

<sup>1</sup>Van Yüzüncü yıl University, Van Vocational School, Department of Construction Technology, 65090 Van, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 24.01.2024 Accepted : 27.02.2024</p> <p><b>Keywords:</b> AutoCAD Penman-Monteith Climate class Aridity index Reference evapotranspiration</p>	<p>In this study, it is aimed to create spatial and temporal based maps of climate class and ET<sub>o</sub> for Eastern Anatolia Region of Türkiye. First of all, climate classes of 15 cities in the region were determined on a monthly basis according to the De Martonne aridity index method. Then, monthly average ET<sub>o</sub> values were calculated on a city basis with the CROPWAT software based on the FAO-56 Penman-Monteith method by using the long-term average values of the climate data measured by the existing meteorological stations in the region. AutoCAD software was used to create maps showing the spatial and temporal changes of the obtained climate class and ET<sub>o</sub> values. The ET<sub>o</sub> values determined from these maps were compared with the ET<sub>o</sub> values given for the regional cities in the guide “Plant Water Consumptions of Irrigated Crops in Turkey” prepared by the T.C. General Directorate of Agricultural Research and Policies (TAGEM). The mean absolute percentage error rate (MAPE) was considered as the comparison criterion. Using ET<sub>o</sub> maps, daily average ET<sub>o</sub> values were estimated with an accuracy rate of 89,85% (MAPE = 10,15%). It was concluded that these maps, where climate class and ET<sub>o</sub> can be easily determined depending on location and time, can be used for ET<sub>o</sub>-based plant water consumption (ET<sub>c</sub>) and irrigation scheduling studies, and the design and project of irrigation systems and water transmission structures, especially in rural areas where the current climate data required for ET<sub>o</sub> calculations cannot be measured or obtained.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(7): 1213-1224, 2024

## AutoCAD Yazılımı Kullanılarak Alansal ve Zamansal Bazlı İklim Sınıfı ve Referans Evapotranspirasyon Haritalarının Oluşturulması – Doğu Anadolu Bölgesi, Türkiye Örneği

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 24.01.2024 Kabul : 27.02.2024</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> AutoCAD Penman-Monteith İklim sınıfı Kuraklık indeksi Referans evapotranspirasyon</p>	<p>Bu çalışmada, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi için alansal ve zamansal bazlı iklim sınıfı ve ET<sub>o</sub> haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır. Öncelikle, bölgedeki 15 şehrin De Martonne kuraklık indeksi yöntemine göre ay bazında iklim sınıfları belirlenmiştir. Daha sonra bölgedeki mevcut meteoroloji istasyonları tarafından ölçülen iklim verilerinin uzun yıllar ortalama değerleri kullanılarak, FAO-56 Penman-Monteith yöntemi tabanlı CROPWAT yazılımı ile şehir bazında aylık ortalama ET<sub>o</sub> değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen iklim sınıfı ve ET<sub>o</sub> değerlerinin alansal ve zamansal değişimini gösteren haritaların oluşturulmasında ise AutoCAD yazılımı kullanılmıştır. Bu haritalardan okunan ET<sub>o</sub> değerleri, T.C. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) tarafından hazırlanan “Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri” isimli rehberde bölge şehirleri için verilen ET<sub>o</sub> değerleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma kriteri olarak ortalama mutlak göreceli hata oranı (MAPE) dikkate alınmıştır. ET<sub>o</sub> haritaları kullanılarak doğruluk oranı %89,85 (MAPE= %10,15) düzeyine ulaşan günlük ortalama ET<sub>o</sub> değerleri tahmin edilmiştir. İklim sınıfı ve ET<sub>o</sub> değerlerinin konum ve zamana bağlı olarak kolaylıkla belirlenebildiği bu haritaların özellikle ET<sub>o</sub> hesaplamaları için gerekli olan güncel iklim verilerinin ölçülemediği veya temin edilemediği kırsal kesimlerdeki ET<sub>o</sub>'a dayalı bitki su tüketimi (ET<sub>c</sub>) ve sulama programı çalışmaları ile sulama sistemleri ve su iletim yapılarının tasarımı ve projelendirilmesinde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.</p>

<sup>a</sup> [susta@yyu.edu.tr](mailto:susta@yyu.edu.tr)

<sup>id</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8970-7333>





Çizelge 1. Doğu Anadolu Bölgesi şehirlerinin enlem, boylam ve rakımları

Table 1. Latitude, longitude and altitude of Eastern Anatolia Region cities

Şehirler	Enlem (°)	Boylam (°)	Rakım (m)
Ağrı	39,75	43,05	1632
Ardahan	41,13	42,70	1829
Bingöl	38,86	40,50	1177
Bitlis	38,36	42,10	1559
Elazığ	38,60	39,28	882
Erzincan	39,73	39,50	1215
Erzurum	39,91	41,26	1758
Hâkkari	37,56	43,76	1720
Iğdır	39,93	44,03	858
Kars	40,60	43,08	1775
Malatya	38,43	38,08	849
Muş	38,73	41,50	1335
Şırnak	37,42	42,49	1356
Tunceli	39,31	39,44	919
Van	38,45	43,31	1661

Çizelge 2. Doğu Anadolu Bölgesi aylık ortalama iklim verileri

Table 2. Monthly average climate data of Eastern Anatolia Region

Ay	T <sub>min</sub> (°C)	T <sub>max</sub> (°C)	RH (%)	U <sub>2</sub> (km/gün)	n (saat)	R <sub>s</sub> (MJ/m <sup>2</sup> /gün)
Nisan	3,34	13,72	62,89	139,00	6,31	17,17
Mayıs	7,34	19,52	59,00	140,39	7,86	21,16
Haziran	11,33	24,89	52,00	141,00	10,28	25,16
Temmuz	15,18	29,67	46,22	148,50	11,25	26,04
Ağustos	14,75	29,78	44,11	138,83	10,92	23,91
Eylül	10,46	25,58	45,78	127,83	9,46	19,18
Ekim	5,17	18,34	58,39	105,39	7,01	12,99

T<sub>min</sub>: Minimum hava sıcaklığı (°C); T<sub>max</sub>: Maksimum hava sıcaklığı (°C); RH: Oransal nem (%); U<sub>2</sub>: 2 m yükseklikten ölçülen rüzgâr hızı (m/s); n: Günlük güneşlenme süresi (saat); R<sub>s</sub>: Solar radyasyon (MJ/m<sup>2</sup>/gün)

Çizelge 3. Doğu Anadolu Bölgesi şehirlerinin aylık toplam yağış miktarları

Table 3. Monthly total precipitation amounts of Eastern Anatolia Region cities

Şehirler	P' (mm)						
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Ağrı	42,2	51,3	35,2	14,1	12,5	18,0	27,5
Ardahan	51,2	81,9	92,7	71,2	63,0	36,1	37,3
Bingöl	116,4	76,2	20,6	7,0	4,2	12,6	66,2
Bitlis	136,6	105,7	14,6	11,1	6,1	27,9	89,0
Elazığ	63,4	51,8	12,4	3,3	1,9	8,6	39,7
Erzincan	52,7	52,8	30,5	12,3	6,9	15,8	39,5
Erzurum	53,8	72,4	48,4	27,0	18,1	24,3	47,4
Hâkkari	125,8	65,1	15,7	6,0	4,8	10,3	63,6
Iğdır	34,2	46,9	31,4	14,2	9,8	11,3	25,9
Kars	48,8	82,4	76,4	56,8	44,2	29,4	42,0
Malatya	55,0	45,6	17,4	3,9	3,5	8,1	35,7
Muş	103,2	68,9	27,3	7,8	5,5	15,5	63,4
Şırnak	107,4	54,3	6,0	3,7	0,6	9,3	46,9
Tunceli	104,9	71,6	18,0	4,9	4,9	16,6	63,3
Van	55,1	45,4	18,6	6,3	5,8	15,5	46,5

P': Aylık toplam yağış miktarı (mm)

Çalışma kapsamında öncelikle Eşitlik (2) ile verilen De Martonne kuraklık indeksi yöntemine göre, şehir bazında aylık kuraklık indeksi değerleri hesaplanmıştır. Bu eşitlikte; IM, aylık kuraklık indeksi; P', aylık toplam yağış miktarı (mm) ve T, aylık ortalama hava sıcaklığı (°C) değerini ifade etmektedir. Daha sonra Çizelge 4 kullanılarak şehir bazında her bir ay için iklim sınıfları belirlenmiştir (De Martonne, 1942).

$$IM = \frac{12 \cdot P'}{T + 10} \quad (2)$$

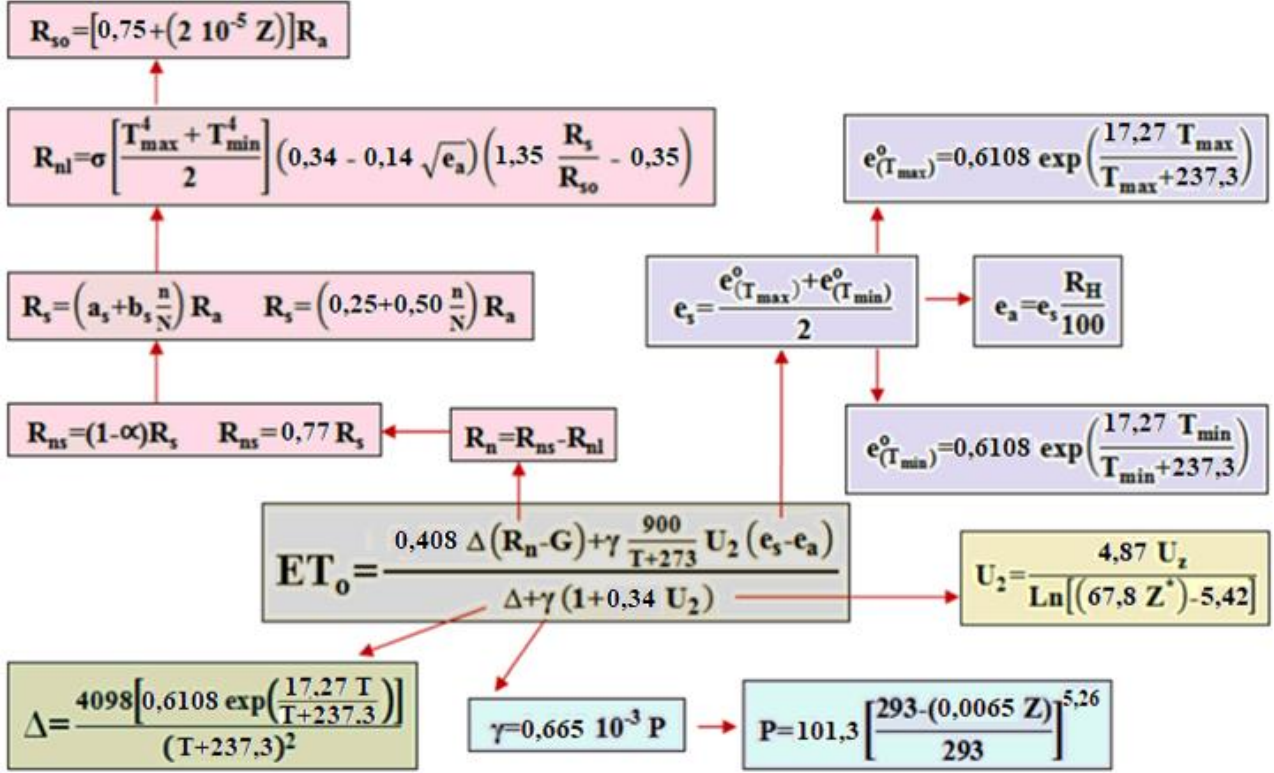
İklim sınıfları belirlendikten sonra, FAO-56 PM (Eşitlik 3) tabanlı CROPWAT yazılımı kullanılarak şehir bazında aylık ortalama ET<sub>o</sub> değerleri belirlenmiştir (Allen ve ark., 1998, FAO, 2023). FAO-56 PM eşitliğinin bileşenleri Şekil 2'de gösterilmiştir.

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \left( \frac{900}{T + 273} \right) U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad (3)$$

Çizelge 4. De Martonne kuraklık indeksi iklim sınıfları

Table 4. De Martonne aridity index climate classes

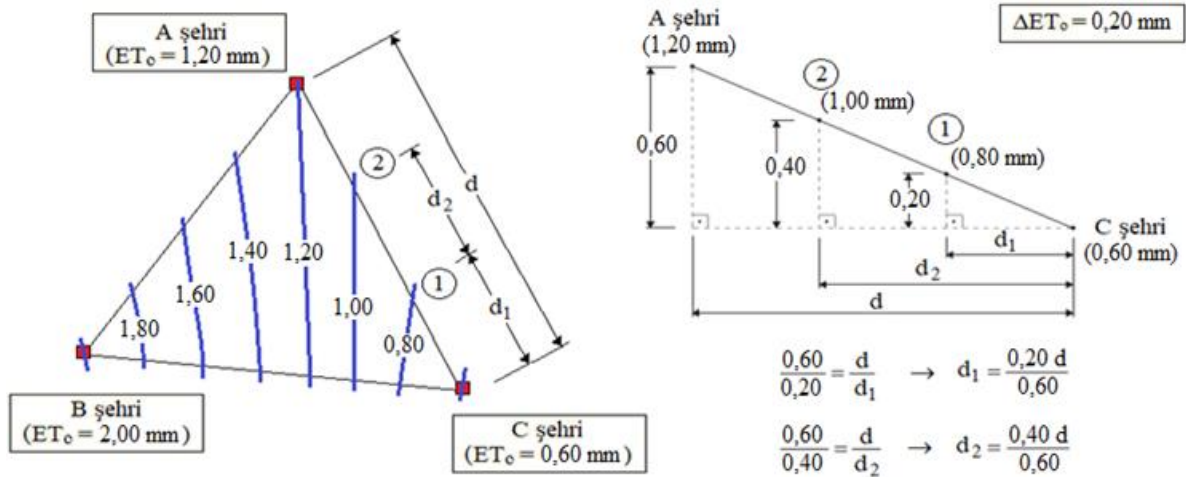
Aylık kuraklık indeksi	İklim sınıfı
$IM < 5$	Kurak (K)
$5 \leq IM < 10$	Yarı kurak (YK)
$10 \leq IM < 20$	Yarı kurak – nemli (YK-N)
$20 \leq IM < 30$	Yarı nemli (YN)
$30 \leq IM < 60$	Nemli (N)
$IM \geq 60$	Çok nemli (CN)



Şekil 2. FAO-56 Penman-Monteith eşitliği  
Figure 2. FAO-56 Penman-Monteith equation

Eşitlik (3) ve Şekil 2’de;  $ET_0$ , referans evapotranspirasyon (mm/gün);  $\Delta$ , doymuş buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa/°C);  $R_n$ , net radyasyon (MJ/m<sup>2</sup>/gün);  $G$ , topraktaki ısı akısı değişimi (MJ/m<sup>2</sup>/gün);  $\gamma$ , psikometrik sabit (kPa/°C);  $T$ , ortalama hava sıcaklığı (°C);  $T_{max}$ ,  $T_{min}$ , maksimum ve minimum hava sıcaklıkları (°C);  $U_2$ , 2 m yükseklikten ölçülen rüzgâr hızı (m/s);  $U_z$ , toprak yüzeyinden  $Z$  yükseklikte ölçülen rüzgâr hızı (m/s);  $Z^*$ , rüzgâr hızının ölçüldüğü yükseklik (m);  $e_s$ : doymuş buhar basıncı (kPa);  $e_a$ , gerçek buhar basıncı (kPa);  $RH$ , oransal nem (%);  $R_{ns}$ , güneşten gelen net kısa dalga boylu radyasyon (MJ/m<sup>2</sup>/gün);  $R_{nl}$ , dünyadan giden net uzun dalga boylu radyasyon (MJ/m<sup>2</sup>/gün);  $\alpha$ , yansıtma (albedo) katsayısı;  $R_s$ , solar radyasyon (MJ/m<sup>2</sup>/gün);  $R_a$ , extraterrestrial radyasyon (MJ/m<sup>2</sup>/gün);  $a_s$ ,  $b_s$ , regresyon katsayıları;  $n$ , günlük güneşlenme süresi (saat);  $N$ , maksimum güneşlenme süresi (saat);  $\sigma$ , Stefan Boltzmann katsayısı ( $4,903 \cdot 10^{-9}$  MJ/K<sup>4</sup>/m<sup>2</sup>/gün);  $R_{so}$ , bulutsuz gökyüzü radyasyonu (MJ/m<sup>2</sup>/gün);  $Z$ , rakım (m) ve  $P$ , atmosferik basınç (kPa) değerini ifade etmektedir.

Haritaların oluşturulmasında bir bilgisayar destekli tasarım yazılımı olan AutoCAD kullanılmıştır (Anonim, 2023a). Öncelikle AutoCAD ortamında çizilen bir Türkiye mülki idare haritası üzerinde Doğu Anadolu Bölgesi ve bu bölgedeki 15 şehrin konumları belirlenmiştir. Daha sonra aylık iklim sınıfı ve  $ET_0$  haritaları çizilmiştir (Şekil 3). AutoCAD ortamında yapılan işlemlerde, öncelikle “Line” komutu kullanılarak çizilen doğrular ile şehir merkezleri birbirine bağlanmış ve bir üçgen ağı oluşturulmuştur. Daha sonra, her iki şehir merkezi arasından geçirilecek eş  $ET_0$  eğrilerinin değerleri ve bu eğrilerin iki şehri birleştiren doğru (d) üzerindeki konumları ( $d_1, d_2, \dots, d_n$ ) belirlenerek “Point” komutu ile işaretlenmiştir. Eş  $ET_0$  eğrileri Nisan, Mayıs ve Ekim aylarında 0,20 mm/gün, diğer aylarda ise 0,40 mm/gün aralıklarla çizilmiştir. Her bir şehir için gerçekleştirilen bu işlemler sonucunda, üçgen ağı üzerindeki aynı  $ET_0$  değerine sahip noktalar “Spline” komutu vasıtasıyla çizilen yaylar ile birbirine bağlanarak eş  $ET_0$  eğrileri oluşturulmuştur. Benzer şekilde, Çizelge 4’de verilen IM aralıkları dikkate alınarak yapılan renklendirmeler ile iklimin aylara göre değişimi ortaya koyulmuştur (Anonim, 2023b).



Şekil 3. Eş referans evapotranspirasyon eğrilerinin çizilmesi  
Figure 3. Drawing equal reference evapotranspiration curves

Çizelge 5. Doğu Anadolu Bölgesi şehirlerinin aylık kuraklık indeksleri  
Table 5. Monthly aridity indexes of Eastern Anatolia Region cities

Şehirler	İM						
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Ağrı	32,78	28,05	16,28	5,64	4,94	8,42	17,37
Ardahan	42,37	50,66	49,44	32,74	29,13	19,51	26,96
Bingöl	66,99	34,70	7,80	2,31	1,40	4,90	32,56
Bitlis	92,61	55,15	6,29	4,12	2,27	11,85	48,88
Elazığ	35,06	23,19	4,65	1,09	0,63	3,25	19,06
Erzincan	30,77	25,24	12,62	4,47	2,53	6,65	21,30
Erzurum	41,12	42,28	23,66	11,17	7,50	11,81	30,91
Hakkâri	84,57	32,48	6,52	2,15	1,73	4,22	33,99
Iğdır	17,69	20,35	11,91	5,00	3,37	4,45	13,25
Kars	38,03	49,56	39,18	24,88	19,32	15,05	29,91
Malatya	28,76	19,79	6,40	1,27	1,15	3,03	17,00
Muş	63,84	33,21	10,92	2,68	1,89	6,19	32,79
Şırnak	57,92	23,31	2,10	1,15	0,19	3,25	20,65
Tunceli	56,83	31,71	6,69	1,59	1,59	6,23	29,79
Van	37,89	24,38	8,34	2,45	2,27	6,89	26,64

İM: Aylık kuraklık indeksi

ET<sub>o</sub> haritalarından okunan değerler, TAGEM tarafından hazırlanan “Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri” isimli rehberde bölge şehirleri için verilen ET<sub>o</sub> değerleri ile karşılaştırılmıştır (Anonim, 2023c). Karşılaştırma kriteri olarak MAPE dikkate alınmıştır (Eşitlik 4). Haritalardan okunan ET<sub>o</sub> değerlerinin doğruluk düzeyleri; MAPE %10’un altında ise “çok iyi”, %10 – 20 arasında ise “iyi”, %20 – 50 arasında ise “kabul edilebilir”, %50’nin üzerinde ise “uyumsuz” olarak değerlendirilmiştir (Lewis, 1982).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{|X_i - Y_i|}{X_i} 100 \right) \quad (4)$$

Eşitlikte; MAPE, ortalama mutlak göreceli hata oranını (%); X<sub>i</sub>, çalışma kapsamında oluşturulan haritalardan okunan ET<sub>o</sub> değerlerini (mm/gün); Y<sub>i</sub>, TAGEM tarafından hazırlanan “Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri” isimli rehberden alınan ET<sub>o</sub> değerlerini (mm/gün) ve n, gözlem sayısını ifade etmektedir. Çalışma, Nisan – Ekim dönemi boyunca 214 günlük süre için yürütülmüştür (n= 214).

## Bulgular ve Tartışma

Aylık kuraklık indeksi değerleri ve iklim sınıfları belirlenerek sırasıyla Çizelge 5 ve Çizelge 6’da verilmiştir. Genel olarak diğer aylara göre daha fazla yağışın gerçekleştiği ve dolayısıyla nem oranı ve kuraklık indeksinin maksimum değerlere yükseldiği Nisan, Mayıs ve Ekim aylarında nemli iklim sınıflarının (YN, N, CN) etkili olduğu görülmüştür. Nisan ayında en fazla yağış alan Bingöl, Bitlis, Hakkâri ve Muş çok nemli iklime sahip olurlarken, en az yağış alan Iğdır yarı kurak – nemli iklime sahip olmuştur. Diğer şehirlerin ise genel olarak nemli iklime sahip oldukları gözlemlenmiştir. Sıcaklığın artma, yağış ve oransal nemin ise azalma eğilimi gösterdiği Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında genel olarak kurak iklim sınıflarının (YK, K) etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 6).

Eylül – Ekim geçişinde yağış miktarındaki ani yükselişe bağlı olarak her iki ayda da hem kurak ve hem de nemli iklim özelliklerinin (YK-N) etkili olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 6. Doğu Anadolu Bölgesi şehirlerinin aylık iklim sınıfları

Table 6. Monthly climate classes of Eastern Anatolia Region cities

Şehirler	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Ağrı	N	YN	YK-N	YK	K	YK	YK-N
Ardahan	N	N	N	N	YN	YK-N	YN
Bingöl	CN	N	YK	K	K	K	N
Bitlis	CN	N	YK	K	K	YK-N	N
Elazığ	N	YN	K	K	K	K	YK-N
Erzincan	N	YN	YK-N	K	K	YK	YN
Erzurum	N	N	YN	YK-N	YK	YK-N	N
Hâkkari	CN	N	YK	K	K	K	N
Iğdır	YK-N	YN	YK-N	YK	K	K	YK-N
Kars	N	N	N	YN	YK-N	YK-N	YN
Malatya	YN	YK-N	YK	K	K	K	YK-N
Muş	CN	N	YK-N	K	K	YK	N
Şırnak	N	YN	K	K	K	K	YN
Tunceli	N	N	YK	K	K	YK	YN
Van	N	YN	YK	K	K	YK	YN

K: Kurak; YK: Yarı Kurak; YK-N: Yarı Kurak-Nemli; YN: Yarı Nemli; N: Nemli; CN: Çok Nemli

Çizelge 7. FAO-56 PM eşitliği ile hesaplanan aylık ortalama ET<sub>o</sub> değerleriTable 7. Monthly average ET<sub>o</sub> values calculated with FAO-56 PM equation

Şehirler	ET <sub>o</sub> (mm/gün)						
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Ağrı	2,07	3,37	4,52	5,23	4,99	3,70	1,95
Ardahan	2,13	2,97	3,66	4,13	3,97	3,20	1,85
Bingöl	2,95	4,15	6,30	7,47	7,03	4,90	2,85
Bitlis	2,43	3,65	5,27	6,21	5,61	4,40	2,30
Elazığ	2,97	4,39	5,94	6,99	6,34	4,60	2,60
Erzincan	2,69	3,77	5,02	6,09	5,73	4,00	2,15
Erzurum	2,24	3,31	4,63	5,91	5,48	4,10	2,25
Hâkkari	2,56	3,98	5,52	6,41	5,93	4,80	2,50
Iğdır	2,91	3,81	4,89	5,44	4,97	3,70	2,00
Kars	2,04	3,05	3,81	4,49	4,41	3,40	1,80
Malatya	3,06	4,19	5,32	6,18	5,76	4,20	2,35
Muş	2,66	4,13	5,61	6,56	6,22	4,60	2,50
Şırnak	2,80	3,80	5,08	5,54	5,27	4,10	2,45
Tunceli	2,94	4,18	5,71	6,86	6,31	4,50	2,40
Van	2,38	3,54	4,62	5,28	4,83	3,79	2,19

ET<sub>o</sub>: Referans evapotranspirasyon (mm/gün)

Ardahan, Erzurum ve Kars şehirlerinin Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında bölge ortalamasının üzerinde yağış aldıkları tespit edilmiştir. Diğer şehirlerde genel olarak yarı kurak ve kurak iklimin etkili olduğu bu aylarda Ardahan, Erzurum ve Kars'ta yarı kurak – nemli, yarı nemli ve nemli iklimin etkili olduğu görülmüştür (Çizelge 6).

FAO-56 PM eşitliği kullanılarak hesaplanan ve TAGEM rehberinden alınan aylık ortalama ET<sub>o</sub> değerleri sırasıyla Çizelge 7 ve 8'de verilmiştir. Hava sıcaklığı ve solar radyasyonun maksimum seviyelere yükseldiği, yağış ve oransal nemin minimum seviyelere gerilediği Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında ET<sub>o</sub> artarak en yüksek düzeylere ulaşmıştır. Nisan ve Ekim aylarında ise en düşük düzeylere gerilemiştir. Aylık kuraklık indeksleri (Çizelge 5) ve FAO-56 PM eşitliği ile hesaplanan ET<sub>o</sub> değerleri (Çizelge 7) kullanılarak oluşturulan iklim sınıfı ve ET<sub>o</sub> haritaları Şekil 4a-g'de verilmiştir.

Nisan ayında genel olarak nemli iklim etkili olmasına rağmen, diğer şehirlere göre daha fazla yağış alan Bingöl, Bitlis, Muş, Hâkkari ve Şırnak civarları ile Kars Sarıkamış ve Erzurum'un kuzey kesiminde çok nemli iklimin etkili olduğu görülmüştür. Ağrı'nın kuzeydoğusu ile

Hakkâri'nin güneydoğusu ve Malatya'da yarı nemli, Iğdır'da ise yarı kurak – nemli iklimin etkili olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek ve en düşük ET<sub>o</sub> değerleri sırasıyla Malatya (3,06 mm/gün) ve Kars'ta (2,04 mm/gün) gerçekleşmiştir (Şekil 4a).

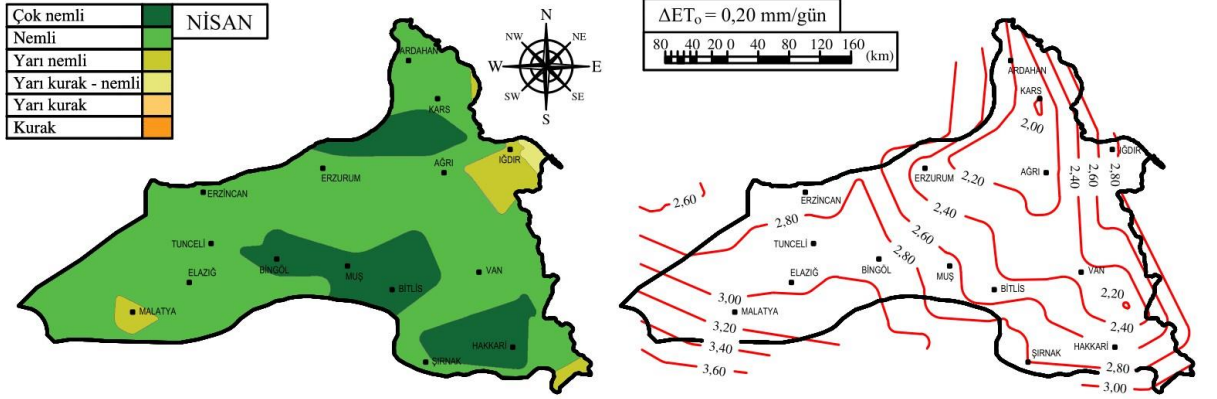
Mayıs ayı genelinde bölgenin güneyi ile yüksek rakımlı kesimleri hariç doğusunda yarı kurak – nemli ve yarı nemli iklimin hakim olduğu görülmüştür. Tunceli, Bingöl, Bitlis ve Muş civarları, Van ve Hâkkari'nin yüksek rakımlı kesimleri ve bölgenin kuzeyinde nemli iklimin, Kars Sarıkamış ve Erzurum'un kuzeyinde ise çok nemli iklimin etkili olduğu belirlenmiştir. En yüksek ve en düşük ET<sub>o</sub> değerleri Elazığ (4,39 mm/gün) ve Ardahan'da (2,97 mm/gün) gerçekleşmiştir (Şekil 4b).

Haziran ayında Malatya ve Elazığ ile birlikte Bingöl, Muş ve Bitlis'in güney kesimleri de dahil Van'ın güney sınırlarına kadar kurak ve yarı kurak, Ağrı ve Iğdır ile birlikte Erzurum'un güney kesimi de dahil bölgenin orta kesiminde yarı kurak – nemli ve yarı nemli, Erzurum'un kuzey kesimi ile birlikte Kars ve Ardahan'da nemli iklimin hakim olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek ve en düşük ET<sub>o</sub> değerleri sırasıyla Bingöl (6,30 mm/gün) ve Ardahan'da (3,66 mm/gün) gerçekleşmiştir (Şekil 4c).

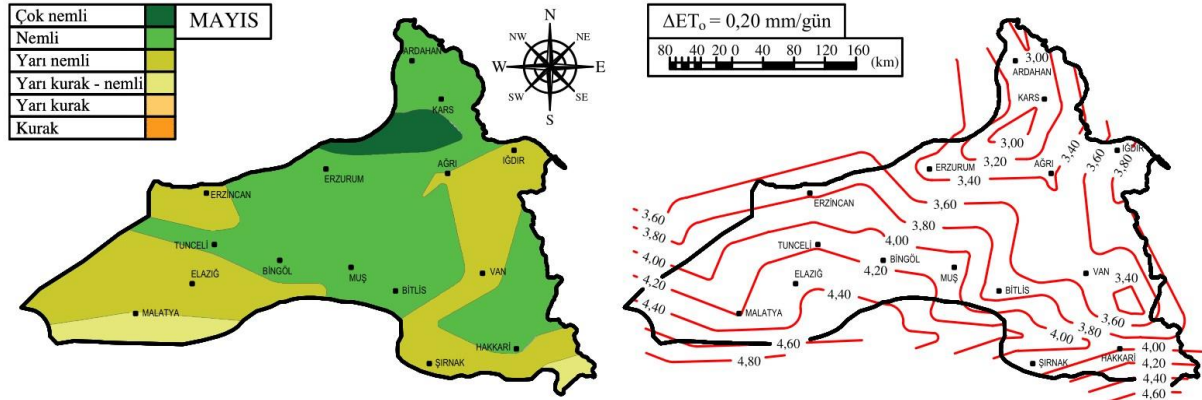
Çizelge 8. TAGEM rehberinden alınan aylık ortalama  $ET_o$  değerleri (Anonim, 2023c)  
Table 8. Monthly average  $ET_o$  values taken from the TAGEM guide (Anonymous, 2023c)

Şehirler	$ET_o$ (mm/gün)						
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Ağrı	2,30	3,57	4,57	5,37	4,90	3,37	1,73
Ardahan	2,30	3,33	3,97	4,53	4,10	2,83	1,60
Bingöl	2,87	4,30	5,77	6,70	5,93	4,10	2,17
Bitlis	2,53	3,80	5,13	5,90	5,23	3,70	2,00
Elazığ	3,27	4,67	6,27	7,20	6,40	4,50	2,50
Erzincan	3,03	4,17	5,13	5,73	5,00	3,43	1,83
Erzurum	2,47	3,60	4,53	5,70	5,20	3,53	1,90
Hâkkari	2,83	4,20	5,47	6,13	5,50	3,97	2,27
Iğdır	3,20	4,27	5,30	5,77	5,00	3,43	1,80
Kars	2,33	3,30	4,10	4,77	4,40	3,07	1,67
Malatya	3,37	4,77	6,10	6,90	6,10	4,30	2,30
Muş	2,63	3,97	5,17	6,00	5,40	3,77	1,97
Şırnak	3,67	5,60	7,03	7,57	6,37	4,90	3,03
Tunceli	2,97	4,27	5,47	6,20	5,47	3,73	2,03
Van	3,00	4,30	5,47	6,13	5,57	3,97	2,27

$ET_o$ : Referans evapotranspirasyon (mm/gün)



Şekil 4a. Nisan ayı için aylık iklim sınıfı ve  $ET_o$  haritaları  
Figure 4a. Monthly climate class and  $ET_o$  maps for April



Şekil 4b. Mayıs ayı için aylık iklim sınıfı ve  $ET_o$  haritaları  
Figure 4b. Monthly climate class and  $ET_o$  maps for May

Temmuz ayında Erzurum'un güney kesimi de dahil Kars'ın güney sınırlarına kadar kurak ve yarı kurak iklim sınıflarının etkili olduğu görülmüştür. Erzurum'un orta kesimi ile birlikte Kars'ın güney ve doğu kesimlerinde yarı kurak - nemli, Kars'ın kuzey ve batı kesimleri ile Ardahan'da genel olarak yarı nemli iklimin hakim olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek ve en düşük  $ET_o$  değerleri sırasıyla Bingöl (7,47 mm/gün) ve Ardahan'da (4,13 mm/gün) gerçekleşmiştir (Şekil 4d).

Ağustos ayında Erzurum ve Ağrı'nın güney kesimleri de dahil bölgenin güneyi ile Iğdır ve Ardahan'da kurak, Erzurum'un orta kesimi ile Ağrı'nın kuzeyinde yarı kurak, Erzurum'un kuzeyi ile Kars'ın doğusunda yarı kurak - nemli, Kars'ın batısı ve Sarıkamış civarlarında ise yarı nemli iklimin etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bölge genelinde Ağustos ayının en yüksek ve en düşük  $ET_o$  değerleri sırasıyla Bingöl (7,03 mm/gün) ve Ardahan'da (3,97 mm/gün) gerçekleşmiştir (Şekil 4e).

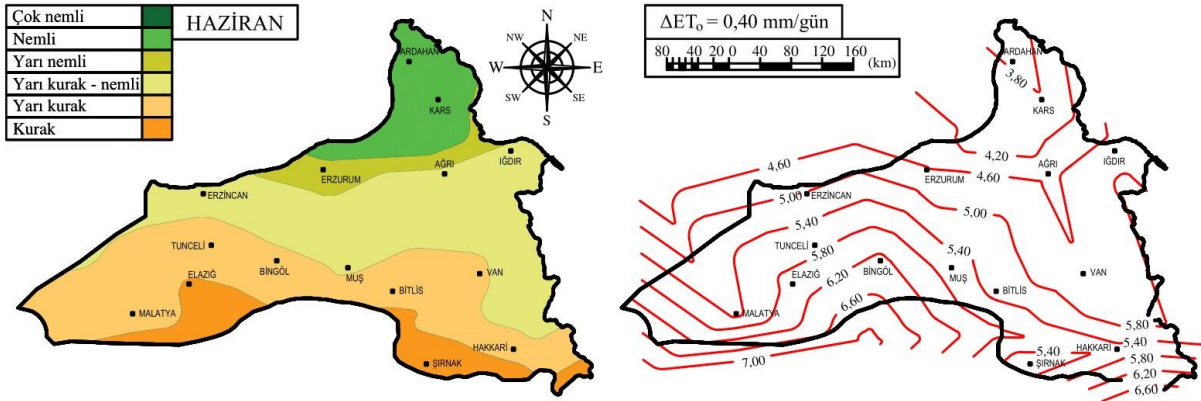


Eylül ayında Van'ın güney kesimleri ve Iğdır'ın doğusu ile Malatya, Elazığ, Şırnak ve Hakkâri'nin kurak, Erzurum ve Kars'ın güney sınırlarına kadar bölgenin orta kesiminin yarı kurak, Erzurum'un kuzey kesimleri ile Kars ve Ardahan'ın yarı kurak - nemli iklime sahip olduğu belirlenmiştir. En yüksek ve en düşük  $ET_o$  değerleri sırasıyla Bingöl (4,90 mm/gün) ve Ardahan'da (3,20 mm/gün) gerçekleşmiştir (Şekil 4f).

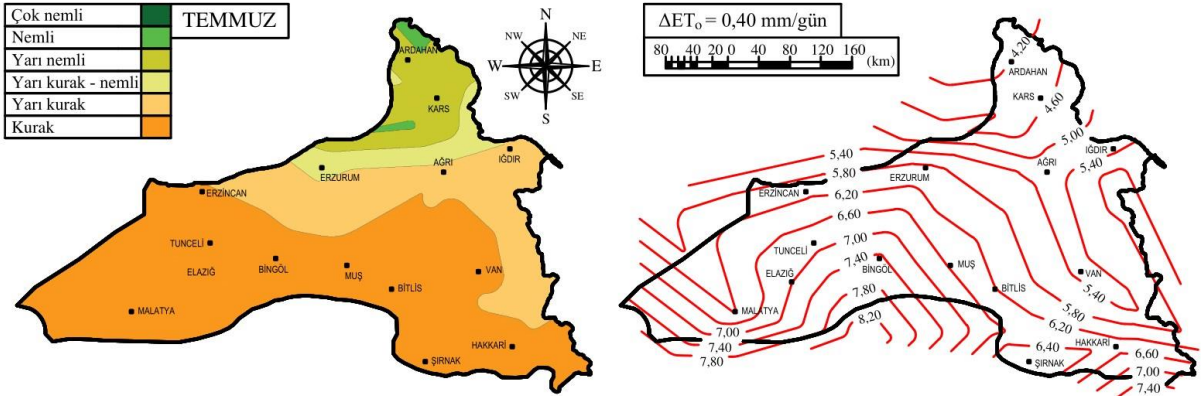
Ekim ayında bölgenin güneybatısı ile Iğdır, Doğubayazıt, Van ve Hakkâri'nin doğu kesimlerinde yarı kurak - nemli iklimin hakim olduğu görülmüştür. Bingöl, Muş, Bitlis ve Erzurum ile birlikte Kars'ın batı kesimlerinde nemli iklimin, geriye kalan bölümlerde ise yarı nemli iklimin etkili olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek ve en düşük  $ET_o$  değerleri Bingöl (2,85mm/gün) ve Kars'ta (1,80 mm/gün) gerçekleşmiştir (Şekil 4g).

Nisan - Ekim dönemi boyunca en düşük ve en yüksek dönemlik ortalama  $ET_o$  değerlerine sahip şehirler sırasıyla

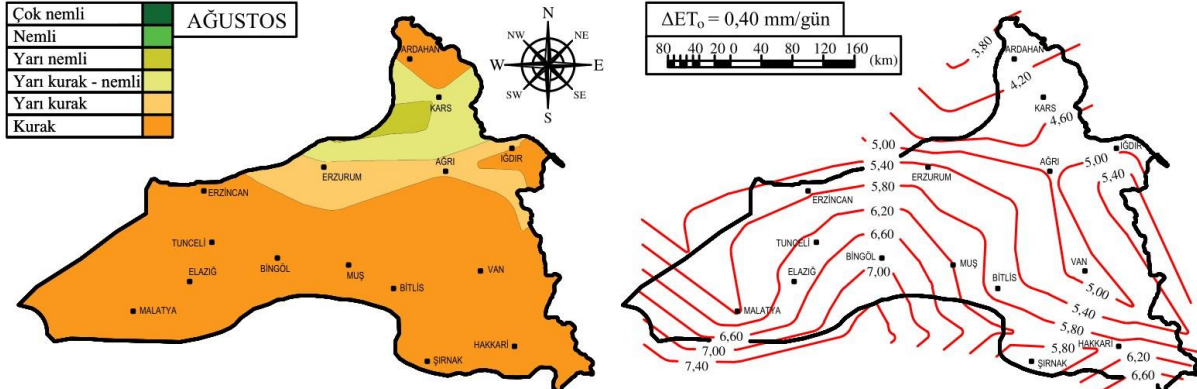
Ardahan (3,13 mm/gün) ve Bingöl (5,09 mm/gün) olmuştur. Bölgenin en kuzeyinde yer alan Ardahan nemli iklime (IM = 35,83) sahip olup, dönemlik toplam 433,40 mm yağış ile en çok yağış alan şehir konumundadır. Bölgenin orta bölümünde yer alan Bingöl ise yarı nemli iklime (IM = 21,52) sahip olup,  $ET_o$ 'ın maksimum düzeylere ulaştığı Haziran (6,30 mm/gün), Temmuz (7,47 mm/gün) ve Ağustos (7,03 mm/gün) aylarında en yüksek  $ET_o$  değerlerinin gerçekleştiği şehir olmuştur. Bölge geneli aylık ortalama  $ET_o$  değerleri ve iklim sınıfları; Nisan için 2,60 mm/gün ve nemli, Mayıs için 3,75 mm/gün ve nemli, Haziran için 5,06 mm/gün ve yarı kurak - nemli, Temmuz için 5,92 mm/gün ve yarı kurak, Ağustos için 5,52 mm/gün ve yarı kurak, Eylül için 4,13 mm/gün ve yarı kurak, Ekim için 2,28 mm/gün ve yarı nemli olarak belirlenmiştir. Bölgenin kuzeyinden güneyine doğru gidildikçe artan hava sıcaklığına paralel olarak  $ET_o$ 'ın artma eğilimi gösterdiği gözlemlenmiştir.



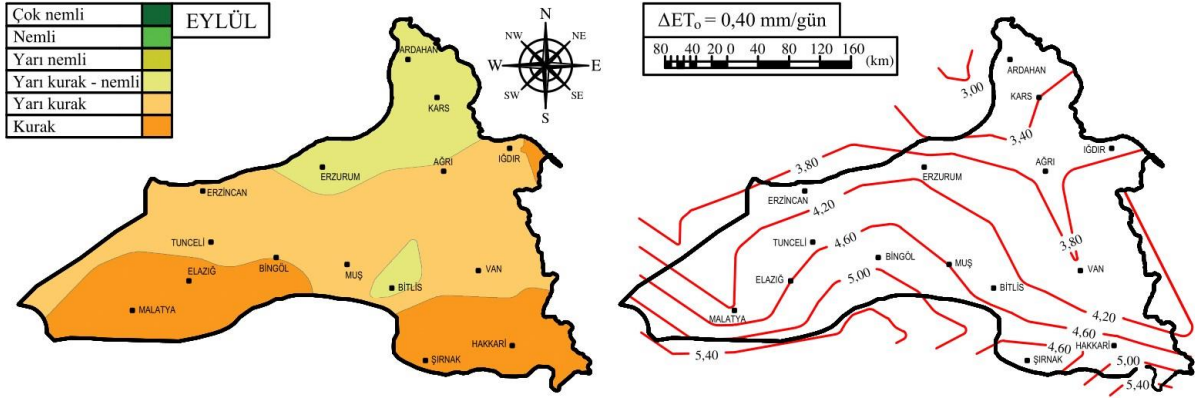
Şekil 4c. Haziran ayı için aylık iklim sınıfı ve  $ET_o$  haritaları  
Figure 4c. Monthly climate class and  $ET_o$  maps for Jun



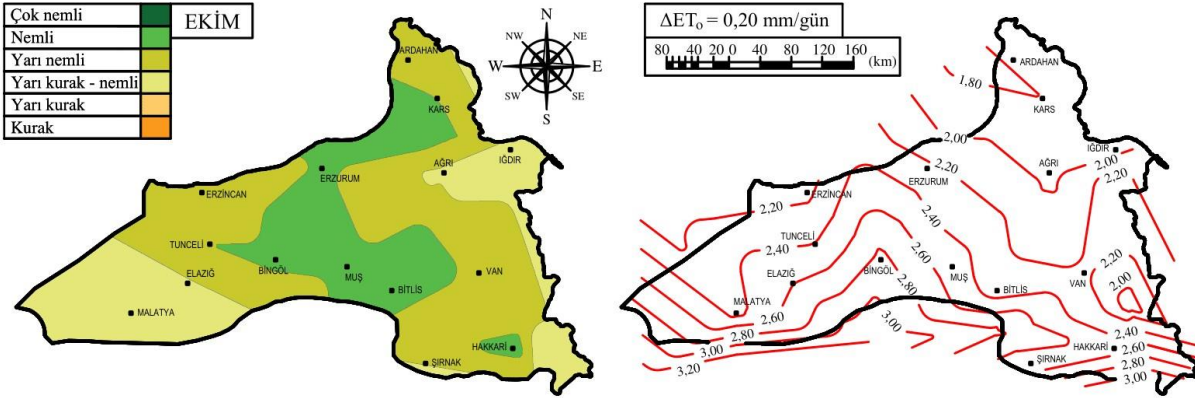
Şekil 4d. Temmuz ayı için aylık iklim sınıfı ve  $ET_o$  haritaları  
Figure 4d. Monthly climate class and  $ET_o$  maps for July



Şekil 4e. Ağustos ayı için aylık iklim sınıfı ve  $ET_o$  haritaları  
Figure 4e. Monthly climate class and  $ET_o$  maps for August



Şekil 4f. Eylül ayı için aylık iklim sınıfı ve  $ET_0$  haritaları  
Figure 4f. Monthly climate class and  $ET_0$  maps for September



Şekil 4g. Ekim ayı için aylık iklim sınıfı ve  $ET_0$  haritaları  
Figure 4g. Monthly climate class and  $ET_0$  maps for October

Çizelge 9. Haritalardan okunan  $ET_0$  değerlerinin MAPE hataları  
Table 9. MAPE errors of  $ET_0$  values determined from maps

Şehirler	MAPE (%)							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Ort.
Ağrı	10,00	5,60	1,09	2,61	1,84	9,79	12,72	6,24
Ardahan	7,39	10,81	7,81	8,83	3,17	13,07	15,63	9,53
Bingöl	2,79	3,49	9,19	11,49	18,55	19,51	31,34	13,77
Bitlis	3,95	3,95	2,73	5,25	7,27	18,92	15,00	8,15
Elazığ	9,17	6,00	5,26	2,92	0,94	2,22	4,00	4,36
Erzincan	11,22	9,59	2,14	6,28	14,60	16,62	17,49	11,14
Erzurum	9,31	8,06	2,21	3,68	5,38	16,15	18,42	9,03
Hakkari	9,54	5,24	0,91	4,57	7,82	20,91	10,13	8,45
Iğdır	9,06	10,77	7,74	5,72	0,60	7,87	11,11	7,55
Kars	12,45	7,58	7,07	5,87	0,23	10,75	7,78	7,39
Malatya	9,20	12,16	12,79	10,44	5,57	2,33	2,17	7,81
Muş	1,14	4,03	8,51	9,33	15,19	22,02	26,90	12,45
Şırnak	23,71	32,14	27,74	26,82	17,27	16,33	19,14	23,31
Tunceli	1,01	2,11	4,39	10,65	15,36	20,64	18,23	10,34
Van	20,67	17,67	15,54	13,87	13,29	4,53	3,52	12,73
Ortalama	9,37	9,28	7,68	8,56	8,47	13,44	14,24	10,15

MAPE: Ortalama mutlak göreceli hata oranı (%)

Haritalardan okunan ve TAGEM rehberinden alınan aylık ortalama  $ET_0$  değerleri arasındaki sapmanın bir göstergesi olarak hesaplanan MAPE hataları Çizelge 9'da verilmiştir. Şehir bazında Nisan – Ekim dönemi ortalama MAPE değerleri %4,36 – 23,31 arasında değişmiştir. Haritalardan okunan aylık ortalama  $ET_0$  değerlerinin doğruluk oranı %76,69 – 95,64 arasında değerler almıştır. Bölge geneli ortalama doğruluk oranı ise %89,85 (MAPE= %10,15) olarak belirlenmiştir. En yüksek (MAPE= %7,68)

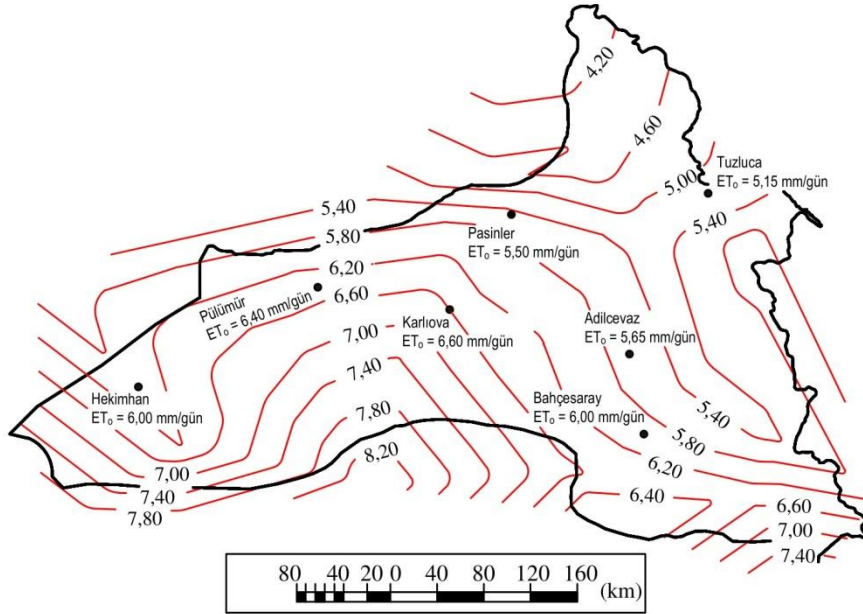
ve en düşük (MAPE= %14,24) doğruluk oranına sahip  $ET_0$  değerleri sırasıyla Haziran (%92,32) ve Ekim (%85,76) aylarında elde edilmiştir. Şehir bazında okunan  $ET_0$  değerlerinin Ağrı, Ardahan, Bitlis, Elazığ, Erzurum, Hakkari, Iğdır, Kars ve Malatya için “çok iyi” (MAPE< %10); Bingöl, Erzincan, Muş, Tunceli ve Van için “iyi” (MAPE= %10 – 20); Şırnak için ise “kabul edilebilir” (MAPE= %20 – 50) düzeyde doğruluğa sahip olduğu görülmüştür.

Doğu Anadolu Bölgesinde, bitkisel üretim faaliyetleri daha çok yaz aylarında gerçekleştirilmektedir. Bu aylarda bitkilerin yüksek sıcaklıklardan etkilenerek su stresine girmemesi ve dolayısıyla verim ve kalite kaybı yaşanmaması için sulama yapılması zorunlu hale gelmektedir. Günümüzde  $ET_c$  ve sulama suyu ihtiyacının belirlenmesi amacıyla  $T$ ,  $RH$ ,  $U_2$  ve  $R_s$  gibi iklim parametrelerine dayalı ampirik tahmin yöntemleri daha çok tercih edilmektedir. Bu parametreler daha çok şehir merkezlerinde bulunan meteoroloji istasyonları tarafından devamlı ve düzenli olarak ölçülebilmektedir. Kırsal kesimlerde ise yeterli ve donanımlı istasyonlar bulunmaması nedeniyle veri temininde sorunlar yaşanabilmektedir. Doğu Anadolu Bölgesi için oluşturulan  $ET_o$  haritaları, bölgenin kırsal kesimlerindeki  $ET_c$  tahminlerinde kullanılabilir. Örnek olarak bölgede yaygın şekilde yetiştirilen ceviz, kayısı ve şeker pancarının bazı ilçelerdeki Temmuz ayı günlük  $ET_c$  değerleri belirlenerek Çizelge 10'da verilmiştir. Öncelikle Temmuz ayı için oluşturulan haritadan (Şekil 4d) ilgili ilçelerdeki  $ET_o$  değerleri okunmuştur (Şekil 5).

Çizelge 10'da görüleceği gibi, Temmuz ayı haritasından okunarak Şekil 5'de verilen  $ET_o$  değerlerin  $K_c$  katsayıları ile düzeltilmesi sonucunda elde edilen  $ET_c$

değerleri "Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri" rehberinde ilgili ilçeler için verilen değerler ile çok yakın benzerlikler göstermiştir (Anonim, 2023c). Hesaplamalarda cevizin Temmuz ayı  $K_c$  katsayısı 1,14 olarak alınmıştır. Kayısı ve şeker pancarı için ise sırasıyla 1,10 ve 1,15 katsayıları kullanılmıştır (Allen ve ark., 1998).

Doğu Anadolu Bölgesi'ne benzer iklim ve çevre koşullarında yürütülen bazı çalışmalarda Temmuz ayı günlük  $ET_c$  değeri olarak ceviz için 6,16 – 9,14 mm/gün ve şeker pancarı için 7,41 – 8,12 mm/gün arasında değişen değerler elde edilmiştir (Göçmen, 2017; Gençoğlu ve ark., 2020; Süheri ve ark., 2019; Ebrahimpak ve Ghalebi, 2014). Demirtaş ve ark. (2012) Malatya ili iklim ve çevre koşullarında farklı sulama yöntemleri ile sulanan kayısının Temmuz ayı günlük ortalama  $ET_c$  değerinin 5,13 – 8,53 mm/gün arasında değiştiğini ortaya koymuşlardır. Kaya ve ark. (2013) ise kayısının Iğdır Ovası koşullarındaki Temmuz ayı günlük ortalama  $ET_c$  değerini 5,21 mm/gün olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmalardan elde edilen  $ET_c$  değerleri,  $ET_o$  haritaları kullanılarak tahmin edilen  $ET_c$  değerleri ile benzerlik göstermektedir.



Şekil 5. Aylık ortalama  $ET_o$  haritaları üzerinden değerlerin okunması  
Figure 5. Determination of values over monthly average  $ET_o$  maps

Çizelge 10.  $ET_o$  haritaları kullanılarak bazı bitkilerin  $ET_c$  değerlerinin tahmin edilmesi

Table 10. Estimating  $ET_c$  values of some crops using  $ET_o$  maps

Ceviz Şehir/İlçe	$ET_o$ (mm/gün)	$K_c$	$ET_c$ (mm/gün)	
			Harita	(Anonim, 2023c)
Tunceli/Pülümür	6,40	1,14	7,30	6,60 – 7,60
Van/Bahçesaray	6,00	1,14	6,84	6,50 – 7,10
Bitlis/Adilcevaz	5,65	1,14	6,44	6,10 – 7,00
Kayısı	$ET_o$ (mm/gün)	$K_c$	Harita	$ET_c$ (mm/gün) (Anonim, 2023c)
Şehir/İlçe				
Malatya/Hekimhan	6,00	1,10	6,60	6,30 – 6,90
Iğdır/Tuzluca	5,15	1,10	5,67	5,30 – 5,70
Şeker pancarı	$ET_o$ (mm/gün)	$K_c$	Harita	$ET_c$ (mm/gün) (Anonim, 2023c)
Şehir/İlçe				
Erzurum/Pasinler	5,50	1,15	6,33	5,80 – 7,50
Bingöl/Karlıova	6,60	1,15	7,59	6,50 – 8,10

$ET_o$ : Referans evapotranspirasyon (mm/gün);  $K_c$ : Bitki katsayısı;  $ET_c$ : Bitki su tüketimi (mm/gün)

## Sonuç

Bu çalışmada, Doğu Anadolu Bölgesi için alan – zaman bazlı iklim sınıfı ve  $ET_0$  haritaları oluşturulmuştur. De Martonne kuraklık indeksi yöntemine göre belirlenen iklim sınıfları ve CROPWAT yazılımı ile hesaplanan  $ET_0$  değerlerinin aylık değişimlerini gösteren bu haritaların oluşturulmasında AutoCAD yazılımından faydalanılmıştır. İklim sınıfı haritaları üzerinde yapılan değerlendirmelere göre, Nisan – Ekim dönemi boyunca genel olarak yarı kurak – nemli iklimin etkili olduğu Doğu Anadolu Bölgesinde, yağışın diğer aylara göre daha fazla olduğu Nisan, Mayıs ve Ekim aylarında yarı kurak, nemli ve çok nemli iklim özelliklerinin etkili olduğu gözlemlenmiştir. Hava sıcaklığının artma, yağış ve nem oranının ise azalma eğilimi gösterdiği Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ise genel olarak yarı kurak – nemli, yarı kurak ve kurak iklim özelliklerinin etkili olduğu görülmüştür.  $ET_0$  haritaları üzerinde yapılan değerlendirmelere göre, bölge genelinde kuzeyden güneye doğru gidildikçe artan hava sıcaklığına paralel olarak  $ET_0$ 'ın artma eğilimi gösterdiği gözlemlenmiştir. Nisan, Mayıs ve Ekim aylarında sırasıyla 2,60 mm/gün, 3,75 mm/gün ve 2,28 mm/gün düzeylerinde gerçekleşen bölge geneli ortalama  $ET_0$  değeri Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında artarak sırasıyla 5,06 mm/gün, 5,92 mm/gün ve 5,52 mm/gün düzeylerine yükselmiştir.  $ET_0$  haritaları kullanılarak şehir bazında doğruluk oranı %76,69 – 95,64 arasında değişen  $ET_0$  değerleri elde edilmiştir. Bölge geneli doğruluk oranı ise %89,85 (MAPE=%10,15) olarak belirlenmiştir. En yüksek ve en düşük doğruluk oranına sahip  $ET_0$  değerleri sırasıyla %92,32 ve %85,76 değerleri ile Haziran ve Ekim aylarında elde edilmiştir. Sadece konumu bilinen herhangi bir noktadaki  $ET_0$  değerinin zamana bağlı olarak tahmin edilebildiği bu haritaların, güncel iklim verilerinin temin edilemediği kırsal kesimlerdeki  $ET_0$ 'a dayalı  $ET_c$  tahminlerinde ve sulama programı çalışmalarında kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

## Kaynaklar

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, No: 56, 333p.
- Altalib, A.A., Mahmood, M.T., & Al-Ogaidi, A.A.M. (2021). Mapping reference evapotranspiration for Iraq using FAO Penman-Monteith method. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 23(2), 18-29.
- Anonim. (2023a). *AutoCAD Computer Program for Computer Aided Design*. AUTODESK. <https://www.autodesk.com/products>
- Anonim. (2023b). *Eş yükseklik eğrileri MEGEP modülü*. [https://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/E%C5%9F%20Y%C3%BCkseklik%20E%C4%9Frileri.pdf](https://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/E%C5%9F%20Y%C3%BCkseklik%20E%C4%9Frileri.pdf)
- Anonim. (2023c). *Türkiye'de sulanan bitkilerin bitki su tüketimleri*. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Tu%CC%88rkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tutumu%CC%88ketimleri.pdf>
- Berti, A., Tardivo, G., Chiaudani, A., Rech, F., & Borin, M. (2014). Assessing reference evapotranspiration by the Hargreaves method in north-eastern Italy. *Agricultural Water Management*, 140, 20-25. <https://doi:10.1016/j.agwat.2014.03.015>

- Čadro, S., Cherni-Čadro, S., Marković, M., & Žurovec, J. (2019). A reference evapotranspiration map for Bosnia and Herzegovina. *International Soil and Water Conservation Research*, 7(1), 89-101. <https://doi:10.1016/j.iswcr.2018.11.002>
- De Martonne, E. (1942). Nouvelle carte mondiale de l'indice d'aridité. *Annales de Géographie*, 51, 242-250. (in French)
- Demirtaş, M.N., Kırmak, H., Bolat, İ., Taner, O., Çolak, S., Şahin, S., & Doğan, E. (2012). Kayısı sulamasında buharlaşma kabı ( $K_p$ ) katsayısının belirlenmesi. *Ziraat Mühendisliği*, 359, 38-42.
- DMİ. (2023). Van ili iklim verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Ebrahimipak, N.A., & Ghalebi, S. (2014). Determination of evapotranspiration and crop coefficient of sugar beet using lysimeter and its comparison with experimental methods in Shahrekord, Iran. *Journal of Sugar Beet*, 30(1), 23-32. <https://doi:10.22092/jsb.2014.5854>
- FAO. (2023). *CROPWAT-A Computer Program for Irrigation Planning and Management*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en/>
- Gençoğlan, C., Gençoğlan, S., & Usta, S. (2020). Lizimetre kullanılarak Maraş 18 çeşidi ceviz ağacının su tüketiminin belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(3), 397-403. <https://doi:10.29136/mediterranean.735874>
- Göçmen, E. (2017). Tekirdağ koşullarında farklı sulama uygulamalarının ceviz ağaçlarının su kullanımı ve vejetatif gelişme unsurlarına etkisinin belirlenmesi (Doktora Tezi), Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Güler, M., & Kara, T. (2007). Alansal dağılım özelliği gösteren iklim parametrelerinin coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi ve kullanım alanları; genel bir bakış. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(3), 322-328.
- Hong, Y., Nix, H.A., Hutchinson, M.F., & Booth, T.H. (2005). Spatial interpolation of monthly mean climate data for China. *International Journal of Climatology*, 25(10), 1369-1379. <https://doi:10.1002/joc.1187>
- Ikhneifir, A.A., Bubareek, H.M.Y., & Balomi, F.M.H. (2023). Reference evapotranspiration mapping of Libya. *Al-Mukhtar Journal of Sciences*, 38(2), 185-198. <https://doi:10.54172/mjsc.v38i2.672>
- Karaca, C., Tekelioğlu, B., Büyüktaş, D., & Baştuğ, R. (2017a). Kıyas bitki su tüketiminin hesaplanmasında kullanılan eşitliklerin değerlendirilmesi. *Akademi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, özel sayı, 144-161.
- Karaca, C., Büyüktaş, D., Baştuğ, R., Aydınşakir, K., & Tekelioğlu, B. (2017b). Antalya koşullarında kıyas bitki su tüketiminin alansal ve zamansal dağılımının belirlenmesi. *Derim*, 34(2), 158-171. <https://doi:10.16882/derim.2017.292134>
- Kaya, S., Evren, S., Dasci, E., & Adiguzel, M.C. (2013). Evapotranspiration and crop coefficients of drip-irrigated apricot trees under semiarid climatic conditions. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(1), 883-886.
- Kodal, S. (1982). İç Anadolu'da bitki su tüketiminin saptanması için uygun yöntemin belirlenmesi üzerine bir araştırma (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Lewis, C.D. (1982). *Industrial and Business Forecasting Methods: A Practical Guide to Exponential Smoothing and Curve Fitting*. Butterworths Scientific, London, England.
- Mehdizadeh, S. (2018). Estimation of daily reference evapotranspiration ( $ET_0$ ) using artificial Intelligence methods: offering a new approach for lagged  $ET_0$  data-based modeling. *Journal of Hydrology*, 559, 794-812. <https://doi:10.1016/j.jhydrol.2018.02.060>
- Sentelhas, P.C., Gillespie, T.J., & Santos, E.A. (2010). Evaluation of FAO Penman-Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. *Agricultural Water Management*, 97, 635-644. <https://doi:10.1016/j.agwat.2009.12.001>

- Süheri, S., Amarkai, P.A., & Yavuz, D. (2019). A comparative study of crop evapotranspiration estimation by three methods with measured crop evapotranspiration in Konya Plain. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 33(1), 1-6. <https://doi: 10.15316/SJAFS.2019.148>
- Tural, S. (2011). Gerçek zamanlı meteoroloji verilerinin toplanması analizi ve haritalanması (Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Wang, J., Raza, A., Hu, Y., Buttar, N. A., Shoaib, M., Saber, K., Li, P., Elbeltagi, A., & Ray, R.L. (2022). Development of monthly reference evapotranspiration machine learning models and mapping of Pakistan—a comparative study. *Water*, 14(10), 1666. <https://doi: 10.3390/w14101666>



## Diseases Caused by Gluten and Gluten Metabolism Disorder

Aybüke İmik<sup>1,a,\*</sup>, Ceren Gezer<sup>2,b</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, Konya, Türkiye  
<sup>2</sup>Doğu Akdeniz Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Mağusa/ KKTC

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 31.01.2024 Accepted : 30.03.2024</p> <p><b>Keywords:</b> Gluten Gliadin Celiac Wheat allergy Non-celiac gluten sensitivity</p>	<p>Foods containing gluten have an important place in people's diet. There are diseases that occur due to gluten metabolism disorder, and these can be classified as celiac disease, IgE-mediated allergy to wheat and non-celiac gluten sensitivity. There are differences between individuals' gluten sensitivities, and if individuals with gluten sensitivity consume foods containing gluten, significant changes may occur in their histopathological structures and autoimmune systems in many tissues, especially the intestinal tissue. Changes in the histopathological structure of tissues vary depending on the tissues. Changes in the autoimmune system can be detected by examining at least one or more of the parameters such as Transglutaminase, Gliadin, IgA, IgG, CD4 and CD8. Although the effective treatment method for diseases caused by gluten metabolism disorders is a gluten-free/gluten-restricted diet, identifying the mechanisms and molecules involved in the immune system may lead to the creation of new treatment methods. The aim of this study is to compile the relationship between gluten and diseases caused by gluten metabolism disorders.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(7): 1225-1230, 2024

## Gluten ve Gluten Metabolizması Bozukluğuna Bağlı Oluşan Hastalıklar

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makalesi</i></p> <p>Geliş : 31.01.2024 Kabul : 30.03.2024</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Gluten Gliadin Çölyak Buğday alerjisi Çölyak dışı gluten duyarlılığı</p>	<p>İnsanların beslenmesinde gluten içeren besinler önemli yer tutmaktadır. Gluten metabolizması bozukluğuna bağlı oluşan hastalıklar bulunmakta olup bunlar çölyak hastalığı, buğdaya karşı IgE aracılı alerji ve çölyak dışı gluten duyarlılığı olarak sınıflandırılabilir. Bireylerin gluten duyarlılıkları arasında farklılıklar olup gluten duyarlılığı olan bireylerin gluten içeren besinleri tüketmeleri durumunda en başta bağırsak dokusu olmak üzere birçok dokuda histopatolojik yapılarında ve otoimmün sistemlerinde önemli değişiklikler meydana gelebilir. Dokuların histopatolojik yapısındaki değişiklikler dokulara göre değişmektedir. Otoimmün sistemdeki değişiklikler ise Transglutaminaz, Gliadin, IgA, IgG, CD4 ve CD8 gibi parametrelerden en az birinin veya birkaçının incelenmesi ile tespit edilebilir. Gluten metabolizması bozukluğuna bağlı oluşan hastalıklarda etkili tedavi şekli glutensiz/gluten kısıtlı diyet olmakla birlikte bağışıklık sisteminde rol alan mekanizma ve moleküllerin saptanması yeni tedavi yöntemlerini oluşturulmasına yol gösterebilir. Bu çalışmada amaç gluten ve gluten metabolizması bozukluğuna bağlı oluşan hastalıklar arasındaki ilişkinin derlemesidir.</p>

<sup>a</sup> [aybukeimik@gmail.com](mailto:aybukeimik@gmail.com)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4697-812X>

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5647-0103>

<sup>b</sup> [ceren.gezer@emu.edu.tr](mailto:ceren.gezer@emu.edu.tr)



## Giriş

İnsanlar günlük yaşamlarını devam ettirebilmek için beslenmek zorundadırlar. Beslenme yaşamın sürdürülmesi, büyüme ve gelişme, sağlığın korunması, geliştirilmesi, yaşam kalitesinin iyileştirilmesi için gerekli olan besin bileşenlerinin besinler ile vücuda alınarak kullanılmasıdır. Bireylerin cinsiyet, yaş, sağlık durumu, fiziksel aktivite, genetik özellikler, psikososyal faktör göz önüne alınarak kişiye özgü besin ögesi ve enerji gereksinimi sağlanmalıdır. Bu gereksinimlerin karşılanması için gerekli olan besin gruplarından biri tahıllardır. Tahıl grubu pirinç, bulgur, ekmekek, makarna, erişte, kuskus ve kahvaltılık tahılları içermektedir. Bu besinlerin çoğu buğday, arpa, yulaf, çavdar ve mısır gibi tahıllardan üretilmektedir (TÜBER, 2022). Tahıllar nişasta, protein, selüloz, vitamin ve mineralleri içermektedir. Tahıllarda gluten oluşturan proteinler bulunmaktadır (Emiroğlu, 2017). Buğday tanesinin yaklaşık olarak %5,4'nü proteinler oluşturmaktadır bununda yaklaşık olarak %70-80'ini gluten oluşturan (glutelin ve prolamin) proteinlerden oluşmaktadır (Türksoy ve Özkaya, 2006; Hudacko ve ark., 2013; Wieser ve ark., 2023). Sağlıklı insanlarda gluten oluşturan proteinler diğer proteinler gibi sindirim sisteminde salgılanan pepsin, tripsin ve kimotripsin vb. enzimler tarafından sindirilebilmektedir. Ancak, özellikle HLA-DQ2 ve DQ8 diye adlandırılan genlere sahip bireyler bu proteinlere duyarlı oldukları için başta bağışıklık sistemi ve sindirim sistemi olmak üzere birçok organ ve dokuda sorunların oluşmasına neden olabilmektedirler (Soya ve Ün, 2014; Sümer ve ark., 2015). Çölyak hastalığı gluten metabolizması bozukluğuna bağlı olarak gelişen en tipik örneği olup dünya popülasyonunun %0,6 ile %1 arasında değişiklik göstermektedir. Türkiye'de ise klinik olarak kesin bilgi olmamakla beraber doku transglutaminaza karşı antikor sıklığı %1,3 olarak bildirilmiştir (Yönel ve Özdil, 2014). Gluten metabolizmasına bağlı oluşan hastalıkların teşhisinde histopatolojik ve immunohistokimyasal değerlendirmeler yardımcı olmaktadır (İmik ve ark., 2024). Glutene duyarlı olan bireylerde glutensiz diyet önerilmektedir (Biesiekierski, 2017). Bu çalışmadaki amaç gluten ve gluten metabolizması bozukluğuna bağlı oluşan hastalıklar arasındaki ilişkinin derlemesidir.

## Gluten Yapısı ve Metabolizması

İnsan beslenmesinde tahılların çok önemli yeri bulunmaktadır. Tahıl grubu %65-75 karbonhidrat, %7-12 protein, %2-6 yağ ve % 12-14 oranında su içerir (Baniwal ve ark., 2021). Buğday, Poaceae familyasına ait olan bir besindir. Yapısında bulunan posa, antioksidanlar, serbest ve esterleşmiş fenolik asitler, vitamin ve mineral açısından zengin olması ile vücudumuzda metabolik fonksiyonların sürdürülmesinde önemli role sahiptir (Xu ve ark., 2019). Buğday tanesi %8-15 oranında protein içermekte olup bunun %70-80'ini gluten proteinleri oluşturmaktadır (Wieser ve ark., 2023). Gluten oluşturan proteinler bazı çiçekli bitki türleri arasında tohumun çimlenmesi ve büyümesi için enerji kaynağı olarak kullanılan depo proteindir. Buğday, arpa, çavdar gibi tahıl ürünlerinin endospermde bulunmaktadır. Gluten, glutelin ve prolamin proteinlerinin birleşimi ile oluşur. Prolaminler

buğdayda gliadin, çavdarda sekalin, arpada hordein yulafta avenin ve mısırdaki zein olarak adlandırılır (Aziz ve ark., 2015). Tahıllarda bulunan gliadin ve prolamin oranları çevresel faktörler ve genetik özelliklere bağlı olarak değişebilir (Cabanillas, 2020). Gliadin ve glutenin, prolamin ve glutamin aminoasitlerinden zengindir (Nordqvist ve ark., 2012). Glutenle ilişkili proteinler malt, tritikale, kılçıksız buğday ve kamut içeriğinde yer alabilmektedir (Biesiekierski, 2017). Gluten yapısı özelliği ile viskozite sağladığı için gıda endüstrisinde önemli bir yere sahiptir. Hamurda elastikiyet, su tutucu özelliği, yapışkanlığı ile ekmekek ve fırınlanan ürünlerde kullanılır. Gluten kaliteli ekmekek üretimi için hamurun elastikiyet özelliği ile ekmekek içinin yapısına katkıda bulunmaktadır (Šmídová ve Rysová, 2022). Bununla beraber organoleptik özellikler sağlayarak makarna, et, dondurma, soslar gibi ürünlerin de içeriklerinde yer alabilmektedir (Biesiekierski, 2017; Schalk ve ark., 2017). Özellikle HLA-DQ2 ve HLA-DQ8 genlerine sahip bireylerin gluten oluşturan proteinlere duyarlı oldukları, bu kişilerde bağışıklık sistemi ve sindirim sistemi sorunları görülebilmekte iken HLA-DQ2 ve HLA-DQ8 geni taşımayan canlılarda da bu tür sorunlar görülebilmekte ve bunun birçok faktöre bağlı olduğu bildirilmektedir (Ertem, 2014).

## Gluten Metabolizması Bozukluğuna Bağlı Oluşan Hastalıklar

Gluten metabolizmasında ortaya çıkan bozukluklar en başta dokularda histopatolojik ve immunohistokimyasal olarak bozulmalarına neden olmaktadır. Dokuların histopatolojik yapılarındaki bozulmaları belirlemek amacıyla farklı parametreler incelenirse de immunohistokimyasal parametreler tüm dokularda benzerdir. Dokuların immunohistokimyasal cevaplarının incelenmesinde transglutaminaz, gliadin, IgA, IgG, Cluster of Differentiation (CD)4 ve CD8 parametreleri incelenebilir (Demirçeken, 2011; Soya ve Ün, 2014; Sümer ve ark., 2015; Karaahmet, 2018). Bu parametrelerden bazılarının analizi immunohistokimyasal cevabın belirlenmesinde yeterli olabileceği belirtilmiştir. Gluten yapının dokuların histopatolojik yapısına etkisini belirlemek için dokularına göre belirlenen parametreler üzerinde yapılan analizler yapılabilmektedir. Bunlar, bağırsak dokusunda villöz atrofi, lenfosit plazma nötrofil ve kript hiperplazi parametreleri; karaciğer dokusunda dejenerasyon, inflamasyon, bilier hiperplazi ve fat drop parametreleri; uterus dokusunda hiperemi, epitel dejenerasyonu, bezlerde azalma ve inflamasyon parametreleri ve ovarium dokusunda primordial follikül, primer follikül, sekonder follikül, graf follikül, corpus luteum ve atrofik follikül parametreleri şeklinde örneklenebilir (İmik ve ark., 2024).

Gluten metabolizması bozukluğuna bağlı oluşan hastalıklar çölyak hastalığı, buğdaya karşı IgE aracılı alerji ve çölyak dışı gluten duyarlılığı olarak sınıflandırılabilir (Cabanillas, 2020). Çölyak hastalığı genetik olarak yatkın bireylerde gluten alımı ile tetiklenen kronik otoimmün enteropatidir (Valvano ve ark., 2020). Dolayısıyla gluten içeren besinlerin tüketiminde bağırsaklarda inflamasyon ve

doku hasarı gibi immünolojik yanıtları tetikleyebilmektedir. Çölyak hastalığında antijen-spesifik T hücresi, proinflamatuvar sitokinler, otoantikolar, bağırsakta bulunan enzimlere karşı bağırsak hasarında etkilidir (Cabanillas, 2020).

Buğday alerjisinin IgE aracılı ve IgE aracılı olmayan olmak üzere iki tür çeşidi bulunmaktadır. IgE aracılı buğday alerjisi buğday içeriğinde bulunan alerjenlere karşı antijen-spesifik IgE'nin üretimini ve daha sonrasında IgE'nin buğday alerjenleriyle çapraz bağlanmasıyla mast hücreleri ve bazofillerin aktivasyonunu içerir. IgE aracılı olmayan buğday alerjenlerine yanıt olarak aktive edilen T lenfositleri ve eozinofillerin neden olduğu özefagus ve gastrointestinal inflamasyondur. IgE aracılı buğday alerjisi buğdayın ağız yolu ile vücuda alınması veya buğday tozunun hava yolu ile solunması neden olabilir (Morita ve ark., 2023).

Çölyak dışı gluten duyarlılığı çölyak hastalığı ve buğday alerjisi olmayan bireylerde ortaya çıkan fonksiyonel bozukluktur. Karın ağrısı, şişkinlik, ishal, epigastrik ağrı, bulantı, kabızlık gibi gastrointestinal sistemle ilişkili belirtileri mevcuttur (Lobo ve Aguiar, 2023).

### Çölyak Hastalığı

Çölyak, genetik olarak duyarlı bireylerin gluten alımıyla birlikte ince bağırsak enteropatisi ile karakterize otoimmün aracılı malabsorbsiyon ve immün aktivasyonda sistemik belirtilerin görüldüğü bir hastalıktır (Lebwohl ve Rubio-Tapia, 2021; Sahin, 2021). Eski zamanlarda ağırlıklı olarak Kuzey ve Batı Avrupa'da görülen çölyak hastalığı artık tüm dünya çapında görülebilmekte olup çölyak hastalığının görülme sıklığı yaş, cinsiyet, genetik faktörler, çevresel faktörler etkilidir (Calado ve Verdelho Machado, 2022). Çölyak hastalığının seroprevalans oranı %1,4 olarak bildirilmektedir (Singh ve ark., 2018).

Çölyak hastalığının birçok tipi mevcuttur. Klasik çölyak, genellikle 6-24 aylık çocuklarda görülmektedir. Bu çocuklarda hastalığın belirtileri gluten içeren mamaların verilmesi ile ortaya çıkmaktadır. Hastalarda kronik ishal, karın şişliği, karın ağrısı, kusma, iştahsızlık, büyüme ve gelişmede gerileme gibi belirtiler ile karakterizedir (Husby ve ark., 2012; Calado ve Verdelho Machado, 2022). Atipik çölyak hastalığı, büyük çocuklarda ve erişkinlerde görülür. Genel bulguları gastrointestinal sisteme ait bulguların dışında özellikle karaciğer enzimlerinin de yüksekliği ile belirginleşmektedir (Yanar ve ark., 2013). Bunun dışında osteoporoz, osteopeni, boy uzunluğunda kısılma, kifoz gibi belirtiler ortaya çıkabilmektedir (Roshanzamir ve ark., 2021). Sessiz çölyak hastalığı HLA-DQ2 ve HLA-DQ8 varlığı ile karakterize ancak hastalığa ait belirtileri görülmeyen ince bağırsak biyopsisi bulguları ile tanımlanan tiptir (Sahin, 2021). Potansiyel çölyak hastalığı, çölyak antikolarının (HLA-DQ2 ve HLA-DQ8) varlığıyla tanımlanıp alınan bağırsak biyopsisi çölyak hastalığı ile uyumlu olmayan tipidir (Ludvigsson ve ark., 2013). Latent çölyak hastalığı genetik duyarlılığı bulunan ancak enteropatisi olmayan, hayatlarının herhangi bir döneminde potansiyel olarak görülebilen tip olarak nitelendirilir (Husby ve ark., 2012). Hastalığın patogenezinde oluşan etkiler başta bağırsak dokusu olmak üzere diğer dokularda görülmektedir (Iversen ve Sollid, 2023). Bu değişiklikleri bağırsak dokusunda histopatolojik parametrelerindeki (villöz atrofi, lenfosit plazma nötrofil

ve kript hiperplazi) değişiklikleri en başta görülen değişikliklerdir (Gümüş ve ark., 2024; İmik ve ark., 2024). Diğer taraftan bu değişikliklerin yanında immünolojik mekanizmalarda oluşturduğu değişimler ise transglutaminaz, gliadin, IgA, IgG, CD4 ve CD8 parametrelerinden bir veya birkaçının analizi ile belirlenebilmektedir (Maiuri ve ark., 2003; Soya ve Ün, 2014; Karahmet, 2018; Gümüş ve ark., 2024; İmik ve ark., 2024).

### Buğday Alerjisi

Buğday alerjisi besin alerjilerinin başında yer alan sağlık sorunudur (Liu ve ark., 2023). Buğday alerjisi buğdayda bulunan proteinlere karşı IgE'nin aracılık ettiği bağışıklık sisteminde olumsuz tepki gösteren dakika veya saatler içinde meydana gelen sağlık sorunudur. Buğday alerjisinde gluten içeren ve gluten içermeyen proteinler alerjen olarak nitelendirilir. Dünyada buğday alerjisi görülme sıklığı %0,1 ile %3,6 arasında değişmektedir (Wieser ve ark., 2020).

Buğdayın immünolojik reaksiyonları IgE aracılı ve IgE aracılı olmayan reaksiyonlar olmak üzere ikiye ayrılır. Buğday alerjisinde epitel dokunun hasarı ile buğday proteinlere karşı maruziyet gerçekleşmektedir (Yu ve ark., 2016). Bir alerjenle ilk kez karşılaşıldığında, antijen sunan hücreler (APC)'ler dendritik hücreler tarafından içselleştirilir ve CD4+ T hücrelerine aktarılır. Sitokinlerin varlığı ile CD4+ T hücreleri aktive olur ve daha sonra farklı IL'ler üreten Th2 hücrelerine farklılaşır. IL-4, IgE üreten B hücrelerini etkinleştirir ve Th2 hücrelerinin gelişimini sürdürür. IL-5, eozinofilleri aktive eder, IL-9, IgE üretimini, mast hücre büyümesini ve yüksek afiniteli IgE reseptörünün (FcεRI) ekspresyonunu artırır ve IL-13, mukus salgısını uyarmak için epitel hücreleri üzerinde etki gösterir. Salgılanan IgE antikoları, mast hücrelerinin ve bazofillerin yüzeyindeki FcεRI'ye bağlanır. IgE antikolarını taşıyan mast hücresi alerjene yeniden maruz bırakıldığında, çok değerlikli alerjen iki bitişik IgE antikorumu ve altta yatan FcεRI'yi çapraz bağlar. Bu köprüleme, birincil araçların (histamin, nötr peptidazlar, asit hidrolazlar ve heparin ve kondroitin sülfat gibi proteoglikanlar) deşarjı ve ikincil araçların (lökotrienler, prostaglandin D2, trombosit aktive edici faktör) sentezi ve salınımı ile mast hücresi degranülasyonuna yol açar. Mast hücrelerinin hayatta kalması ve FcεRI reseptörünün artan ekspresyonu, bu reseptörlerden gelen sinyaller tarafından sürdürülür, böylece bir amplifikasyon mekanizması sağlanır. İkinci aşamada, eozinofiller IL-5 tarafından aktive edilir ve kemokinler tarafından ani reaksiyon bölgesine çekilir. Epitel hücreleri için toksik olan sitokinler, lökotrienler ve proteinler (temel bazik protein ve eozinofil katyonik protein) üretilerek, alerjene daha fazla maruz kalmadan inflamatuvar yanıt güçlendirilir ve sürdürülür. Bu olaylar daha fazla hırıltı, burun tıkanıklığı ve egzamayı içeren geç alerjik tepkiye yol açar. Bazofiller mast hücrelerinininkine benzer bir rol oynarlar ancak etkilenen dokularda bulunmayıp kanda dolaşırlar (Wieser ve ark., 2020). Buğday alerjisi olan bireyler buğday ve ürünlerine maruz kaldıklarında atopik dermatit, ürtiker ve gastrointestinal sistem üzerinde belirtiler görülmekte ve belirtilerin görülme süresi iki saati geçmemektedir. Buğday alerjisi olan bireyler buğday ve ürünleri tüketmemelidir (Liu ve ark., 2023).



## Çölyak Dışı Gluten Duyarlılığı

Çölyak dışı gluten duyarlılığı gluten içeren besin tüketimine bağlı tekrarlanabilir semptomatik yanıtları tetikleyen hastalarda çölyak hastalığı ve buğday alerjisi bulunmaması ile karakterize olan durumdur. Çölyak dışı gluten duyarlılığında bağırsak ve bağırsak dışı belirtilerle karakterize olan sendrom olarak nitelendirilir (Cárdenas-Torres ve ark., 2021). Hastalığın tanısında kullanılan biyobelirteçlerin yetersiz olması ile dünyada prevalansı tam olarak bilinmemektedir (Ierardi ve ark., 2018). Çölyak dışı gluten duyarlılığında gastrointestinal ve ekstraintestinal sistemde belirtiler görülebilmektedir. En sık görülen gastrointestinal belirtiler arasında şişkinlik, karın ağrısı, reflü, ishal ve bulantı görülürken ekstraintestinal sistemde ise baş ağrısı, yorgunluk, fibromiyajı, dermatit, eklem ağrısı görülebilmektedir (Losurdo ve ark., 2018). Çölyak dışı gluten duyarlılığının patogenezi net olarak belirlenmeyip ancak bağışıklık sisteminin baskın bir rolü olduğu bilinmektedir (Cárdenas-Torres ve ark., 2021). Hastalığın tanısı konulurken spesifik biyobelirteçlerin eksik olması çölyak hastalığı ve buğday alerjisinin dışlanmasına hastanın çift veya tek kör plasebo tedavisi ile kontrollü gluten müdahalesi ile klinik değerlendirilmesi yapılır (Cárdenas-Torres ve ark., 2021). Çölyak dışı gluten duyarlılığı beslenme tedavisinde glutensiz/gluten kısıtlı diyet tavsiye edilmektedir (Abdi ve ark., 2023).

## Gluten Duyarlılığı ve Çölyak Hastalığında Beslenme

Gluten içeren besinler insanların ihtiyaçları oranında tüketilmesi durumunda herhangi bir sağlık sorununa neden olmadığı bilinmektedir. Ancak HLA-DQ2 ve HLA DQ-8 geni taşıyan insanların gluten içeren besinleri tüketmesi durumunda başta çölyak hastalığı olmak üzere çeşitli sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Bu sağlık sorunlarının başında ise çölyak hastalığı, gluten duyarlılığı ve allerji gelmektedir (Cabanillas, 2020). Bu üç durum glutensiz/gluten kısıtlı diyet tedavisi gerektirmektedir (Cenni ve ark., 2023). Sistematik bir derlemede çölyak hastalığı olan bireylerde tolere edilebilir gluten miktarının farklılık gösterdiği ancak genel olarak günlük <10 mg gluten alım miktarının histopatolojik anormalliklere neden olmadığı belirtilmiştir (Akobeng ve Thomas, 2008). Glutensiz bir diyet buğday, çavdar, arpa, yulaf, kılıksız buğday, kamut veya bunların hibritleştirilmiş türlerinden elde edilen besin ürünlerinde bulunan bir protein kompleksi olan glutenin tüketilmemesini gerektirir. Yalnızca doğal olarak gluten içermeyen besinlerin (örneğin baklagiller, meyve ve sebzeler, işlenmemiş et, balık, yumurta ve süt ürünleri) ve/veya gluten içermeyen özel olarak üretilmiş veya Avrupa mevzuatına göre 20 ppm'den daha düşük gluten içeriğine sahip buğday bazlı besinler glutensiz olarak tanımlandıkları için tüketilebilir (Melini ve Melini, 2019).

## Çölyak Hastalığının Belirlenmesinde Kullanılan Parametrelerle İlgili Yapılan Çalışmalar

Çölyak hastalığında başta bağırsak dokusu olmak üzere diğer dokularda da değişiklik gözlemlenir. Gluten içeren besinlerin yapısında bulunan glutenin ince bağırsak mukozasında alkol ile reaksiyona girerek toksik olan gliadin oluşmaktadır. Gliadin epitel hücrelerde yıkıma yol

açarak interlökin-15 ekspresyonunu artırır, buna bağlı olarak artan interlökin-15 ekspresyonu ise intraepitelyal lenfositleri aktive eder. İnfeksiyon esnasında oluşan geçirgenliğin değişmesi ile gliadin doku transglutaminazı tarafından antijen sunan hücrelerin yüzeyindeki HLA-DQ2 veya HLA-DQ8 ile etkileşime girer. Gliadin T hücre reseptörü ile CD4, T hücrelerine sunulur ve bu durum sitokin salınımına neden olarak doku hasarı oluşur (Gümüş ve ark., 2021). Bunun sonucunda ise villöz atrofi ve kript hiperplazi meydana gelir (Green ve Cellier, 2007) Bu duruma bağlı olarak çölyak hastalığının tespit edilmesine yönelik yapılmış olan hayvan ve insan çalışmaları mevcuttur.

Marietta ve Murray (2012) ile Marietta ve ark (2011) yapmış oldukları çalışmalarda çölyak hastalığının tespit edilmesinde hayvansal modeller kullanılabileceğini bunun için rat, fare, köpek, tavşan, maymun gibi hayvanların kullanılabileceklerini bildirmişlerdir. Ayrıca bu çalışmalarda transgenik (HLA-DQ2-8) hayvanların en başta bağırsak dokusu olmak üzere çeşitli dokularında histopatolojik bulguların desteklenmesi için immunohistokimyasal parametrelerin analiz amaçlı olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Korponay-Szabo' ve ark (2000) kemirgen ve primatların bağırsak dokularında (reticulin, endomysial, jejunal ve fibroblast) yapılan otoantikör test sonuçlarının, çölyak hastası insanların serumlarındaki ile aynı etki mekanizmasına sahip olduğunu ve benzer sonuçlar alındığını bildirmişlerdir.

İnsanlar üzerinde yapılan çalışmada ise Güleç ve ark (2011) endoskopi yöntemi ile 51 bireyde çölyak hastalığı tespit etmiş olup çölyak hastalığını daha hızlı tespit etmek için doku transglutaminaz (tTG) ve İgA antikör testlerini uygulamışlardır. Test sonuçlarının hızlı ve endoskopi ile tutarlı sonuçlar gösterdiğini bildirmişlerdir. Korponay-Szabo' ve ark (2003) klinik olarak tespit edilen 78 çölyak hastasının bağırsak dokularından yapılan transglutaminaz, İgA ve İgG antikör testlerinin yüksek güvenilirlik oranının yüksek olduğunu ve pratikte kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada çölyak hastalığı tespit edilen hastaların 12 tanesinde (%9,8) HLA-DQ geni tespit etmişlerdir. Demirçeken ve ark (2008) Türk çocuklarında çölyak hastalığının görülme sıklığını araştırmak için yaptıkları çalışmada sağlıklı ve çölyak hastalığı dışında rahatsızlığı bulunan yaşları 2-18 arasında olan 1000 olgu üzerinde serum dokularında antikör tespiti için doku transglutaminaz, gliadin, İgA ve İgG tarama testleri yapılmış ve çalışma sonucunda klinik vakaların 10'unda (%1) çölyak hastalığı riski belirlenmiştir. Çölyak hastalığı teşhisi için ELİSA testi yapılmış ve 10 vakanın 9'nda çölyak hastalığı teşhisi konulmuştur. Bu çalışmanın sonunda antikör testlerinin güvenilirlik oranlarının yüksek olması neticesinde rahatlıkla kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Çölyak hastalarında bağırsak malabsorpsiyonu nedenli demir, folat, kalsiyum, gibi besin ögesi yetersizlikleri görülebilmektedir (Mędza ve Szlagatys-Sidorkiewicz, 2023). Tunç ve ark (2016) çölyak hastalığı şüphesiyle takibe aldıkları 174 hastaların %24'ünde anemi, 118 hastanın %20,3'ünde vitamin B12 eksikliği, 110 hastanın %24,5'inde folik asit eksikliği, D vitamini eksikliği ise 84 hastanın %75'inde saptamışlardır. Çölyak şüpheli olanlarda sırasıyla anti-gliadin antikör immunglobulin A, anti-endomisyum, doku transglutaminaz immunglobulin A, doku transglutaminaz

immüoglobulin G pozitiflik oranları %22,2, %50, %54,5 ve %20 iken çölyak oranı yüksek olan hastalarda ise pozitiflik oranları sırası ile %100, %100, %81,8 ve %87 olarak belirlenmiştir. Çölyak hastalığı beslenme tedavisinde glutensiz diyet uygulandığında bağırsak dokusunda bulunan viloz/kript oranını normal düzeye dönüşüm sağlayabilir ve bağırsak dosunda oluşan inflamasyonu azaltır ancak hastalık durumunda CD3 seviyesinin artması gibi çölyak hastalığına ait olan belirtiler de görülebilmektedir (Mandile ve ark., 2022). Bunu destekleyen başka bir çalışma da ise glutensiz diyet ile tedavi gören çölyak hastası grubunda tanı sırasında şiddetli mukozal hasar görülmekte iken tedaviden bir yıl sonra bağırsak mukozasında iyileşme gözlemlendiği bildirilmiştir (Pekki ve ark., 2015).

## Sonuç

Gluten, glutelin ve prolamin proteinlerinin birleşimi ile oluşan yapısal özelliğe sahip protein olarak nitelendirilir. Prolaminler buğdayda gliadin, çavdarda sekalin, arpada hordein yulafta avenin ve mısırdaki zein olarak adlandırılır. Gluten yapısı özelliği ile viskozite sağladığı için gıda endüstrisinde önemli bir yere sahiptir. Gluten içeren besinler sağlıklı bireylerde herhangi sağlık sorununa neden olmazken, duyarlı bireylerde çeşitli derecelerde sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Bu sağlık sorunları çölyak hastalığı, buğdaya karşı IgE aracılı alerji ve çölyak dışı gluten duyarlılığı olarak sınıflandırılabilir. Bu sorunların şekli veya şiddeti ise farklı olabilmektedir. Gluten metabolizması bozukluğuna bağlı oluşan hastalıklara en duyarlı grubun genetik yatkınlığı olan bireylerin olduğu bilinmektedir. Bu nedenle genetik yatkınlığı olan bireylerin belirlenmesi erken tedaviye olanak sağlayabilmektedir. Günümüzde etkili tedavi şekli glutensiz/gluten kısıtlı diyetler olmakla birlikte bağışıklık sisteminde rol alan mekanizma ve moleküllerin saptanması yeni tedavi yöntemlerinin oluşturulmasına yol gösterebilir.

## Kaynaklar

Abdi, F., Zuberi, S., Blom, J. J., Armstrong, D., & Pinto-Sanchez, M. I. (2023). Nutritional considerations in celiac disease and non-celiac gluten/wheat sensitivity. *Nutrients*, 15(6), 1475.

Akobeng, A. K., & Thomas, A. G. (2008). Systematic review: tolerable amount of gluten for people with coeliac disease. *Alimentary pharmacology & therapeutics*, 27(11), 1044-1052.

Aziz, I., Branchi, F., & Sanders, D. S. (2015). The rise and fall of gluten!. *Proceedings of the nutrition society*, 74(3), 221-226.

Baniwal, P., Mehra, R., Kumar, N., Sharma, S., & Kumar, S. (2021). Cereals: Functional constituents and its health benefits. *The Pharma Innovation*, 10(2), 343-349.

Biesiekierski, J. R. (2017). What is gluten?. *Journal of gastroenterology and hepatology*, 32, 78-81.

Cabanillas, B. (2020). Gluten-related disorders: Celiac disease, wheat allergy, and nonceliac gluten sensitivity. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(15), 2606-2621.

Calado, J., & Verdelho Machado, M. (2022). Celiac disease revisited. *GE-Portuguese Journal of Gastroenterology*, 29(2), 111-124.

Cárdenas-Torres, F. I., Cabrera-Chávez, F., Figueroa-Salcido, O. G., & Ontiveros, N. (2021). Non-celiac gluten sensitivity: An update. *Medicina*, 57(6), 526.

Cenni, S., Sesenna, V., Boiardi, G., Casertano, M., Russo, G., Reginelli, A., ... & Strisciuglio, C. (2023). The Role of Gluten in Gastrointestinal Disorders: A Review. *Nutrients*, 15(7), 1615.

Demirçeken, F. G. (2011). Gluten enteropatisi (çölyak hastalığı): Klasik bir öykü ve güncel gelişmeler. *Güncel Gastroenteroloji*, 15(1), 58-72.

Demirçeken, F. G., Kansu, A., Kuloğlu, Z., Girgin, N., Güriz, H., & Ensari, A. (2008). Human tissue transglutaminase antibody screening by immunochromatographic line immunoassay for early diagnosis of celiac disease in Turkish children.

Emiroğlu M. (2017), "Türkiye'nin Beslenme Problemi Ve Buğday Üretimi", *Ankara Üniversitesi Dil Ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 22 (1-2).

Ertem D. (2014) "Çölyak Hastalığı", *Klinik Tıp Pediatri Dergisi*, 9 (1), 1-10.

Güleç, S. G., Urgancı, N., Gül, F., Emecen, M., & Erdem, E. (2011). Çocuklarda çölyak hastalığının tanı ve takibinde doku transglutaminaz-IgA antikorunun yeri. *Ş. EEAH Tıp Bülteni*, 45, 119-23.

Green PH, Cellier C.(2007), Celiac disease. *N Engl J Med* ;357:1731-43.

Gümüş, R., Uslu, S., Aydoğdu, U., İmİK, A., & Ekici, M. (2021). Investigation of the effects of glutes on serum interleukin-1 beta and tumor necrosis factor-alpha levels and the immunohistochemical distribution of CD3 and CD8 receptors in the small intestine in male rats. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 64.

Gümüş R, Terim Kapakin KA, Manavoğlu Kirman E, Bolat İ, İmİK A, Ercan N(2024) The effect of adding wheat and corn gluten to the diet of rats on the autoimmune and histopathological parameters in the intestine and liver. *University Of Zulia Faculty Of Veterinary Sciences Revista Cientifica* (Vol: 34 (1) of 2024 (In press).

Hudacko R., Zhou X. K., Yantiss R. K. (2013), "Immunohistochemical Stains For Cd3 And Cd8 Do Not Improve Detection Of Gluten-Sensitive Enteropathy In Duodenal Biopsies", *Modern Pathology*, 26 (9), 1241.

Husby, S., Koletzko, S., Korponay-Szabó, I. R., Mearin, M. L., Phillips, A., Shamir, R., ... & ESPGHAN Gastroenterology Committee. (2012). European Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology, and Nutrition guidelines for the diagnosis of coeliac disease. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, 54(1), 136-160.

Ierardi, E., Losurdo, G., Piscitelli, D., Giorgio, F., Amoroso, A., Iannone, A., ... & Di Leo, A. (2018). Biological markers for non-celiac gluten sensitivity: a question awaiting for a convincing answer. *Gastroenterology and Hepatology From bed to Bench*, 11(3), 203.

Iversen, R., & Sollid, L. M. (2023). The immunobiology and pathogenesis of celiac disease. *Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease*, 18, 47-70.

İmİK A, Gezer C, Terim Kapakin KA (2024) Investigation of the Effect of Wheat and Corn Gluten on Inflammation, Transglutaminase, Gliadin and Ig A Levels in Healthy Rat Intestines. *Veterinary Sciences and Practices*. (AUJVS-2023-49 – 190) In Press

Karaahmet F. (2018), "Çölyak Hastalığı'nda Teşhis Süresi", *Ege Tıp Dergisi*, 57 (4), 228-231.

Korponay-Szabó, I. R., Dahlbom, I., Laurila, K., Koskinen, S., Woolley, N., Partanen, J., ... & Hansson, T. (2003). Elevation of IgG antibodies against tissue transglutaminase as a diagnostic tool for coeliac disease in selective IgA deficiency. *Gut*, 52(11), 1567.

Korponay-Szabó IR, Sulkanen S, Halttunen T, Maurano F, Rossi M, Mazzarella G, Laurila K, Troncone R, and Ma'ki M (2000) Tissue Transglutaminase Is the Target in Both Rodent and Primate Tissues for Celiac Disease-Specific Autoantibodies. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 31:520-527.

- Lebwohl, B., & Rubio-Tapia, A. (2021). Epidemiology, presentation, and diagnosis of celiac disease. *Gastroenterology*, 160(1), 63-75.
- Liu, W., Wu, Y., Wang, J., Wang, Z., Gao, J., Yuan, J., & Chen, H. (2023). A Meta-Analysis of the Prevalence of Wheat Allergy Worldwide. *Nutrients*, 15(7), 1564.
- Lobo, G. C., & Aguiar, I. V. (2023). Genetic markers of non-celiac gluten sensitivity. *Caderno de ANAIS HOME*
- Lohiniemi, S., Mäki, M., Kaukinen, K., Laippala, P., & Collin, P. (2000). Gastrointestinal symptoms rating scale in coeliac disease patients on wheat starch-based gluten-free diets. *Scandinavian journal of gastroenterology*, 35(9), 947-949.
- Losurdo, G., Principi, M., Iannone, A., Amoroso, A., Ierardi, E., Di Leo, A., & Barone, M. (2018). Extra-intestinal manifestations of non-celiac gluten sensitivity: An expanding paradigm. *World journal of gastroenterology*, 24(14), 1521.
- Ludvigsson JF, Leffler DA, Bai JC, Biagi F, Fasano A, Green PH, Hadjivassiliou M, Kaukinen K, Kelly CP, Leonard JN, Lundin KE, Murray JA, Sanders DS, Walker MM, Zingone F, Ciacci C. (2013) *The Oslo definitions for coeliac disease and related terms*. *Gut*. 62:43–52.
- Maiuri, L., Ciacci, C., Ricciardelli, I., Vacca, L., Raia, V., Auricchio, S., ... & Londei, M. (2003). Association between innate response to gliadin and activation of pathogenic T cells in coeliac disease. *The Lancet*, 362(9377), 30-37.
- Mandile, R., Maglio, M., Mosca, C., Marano, A., Discepolo, V., Troncone, R., & Auricchio, R. (2022). Mucosal healing in celiac disease: Villous architecture and immunohistochemical features in children on a long-term gluten free diet. *Nutrients*, 14(18), 3696.
- Marietta, E. V., & Murray, J. A. (2012, July). Animal models to study gluten sensitivity. In *Seminars in immunopathology* (Vol. 34, No. 4, pp. 497-511). Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag.
- Marietta, E. V., David, C. S., & Murray, J. A. (2011). Important lessons derived from animal models of celiac disease. *International reviews of immunology*, 30(4), 197-206.
- Međza, A., & Szlagatys-Sidorkiewicz, A. (2023). Nutritional Status and Metabolism in Celiac Disease: Narrative Review. *Journal of Clinical Medicine*, 12(15), 5107.
- Melini, V., & Melini, F. (2019). Gluten-free diet: Gaps and needs for a healthier diet. *Nutrients*, 11(1), 170.
- Morita, E., Matsuo, H., Kohno, K., Yokooji, T., Yano, H., & Endo, T. (2023). A Narrative Mini Review on Current Status of Hypoallergenic Wheat Development for IgE-Mediated Wheat Allergy, Wheat-Dependent Exercise-Induced Anaphylaxis. *Foods*, 12(5), 954.
- Nordqvist, P., Thedjil, D., Khosravi, S., Lawther, M., Malmström, E., & Khabbaz, F. (2012). Wheat gluten fractions as wood adhesives—glutenins versus gliadins. *Journal of Applied Polymer Science*, 123(3), 1530-1538.
- Pekki, H., Kurppa, K., Mäki, M., Huhtala, H., Sievänen, H., Laurila, K., ... & Kaukinen, K. (2015). Predictors and significance of incomplete mucosal recovery in celiac disease after 1 year on a gluten-free diet. *Official journal of the American College of Gastroenterology| ACG*, 110(7), 1078-1085.
- Roshanzamir, N., Zakeri, Z., Rostami-Nejad, M., Sadeghi, A., Pourhoseingholi, M. A., Shahbakhsh, Y., ... & Rezaei-Tavirani, M. (2021). Prevalence of celiac disease in patients with atypical presentations. *Arab Journal of Gastroenterology*, 22(3), 220-223.
- Sahin, Y. (2021). Celiac disease in children: A review of the literature. *World journal of clinical pediatrics*, 10(4), 53.
- Schalk, K., Lexhaller, B., Koehler, P., & Scherf, K. A. (2017). Isolation and characterization of gluten protein types from wheat, rye, barley and oats for use as reference materials. *PLoS one*, 12(2), e0172819.
- Singh, P., Arora, A., Strand, T. A., Leffler, D. A., Catassi, C., Green, P. H., ... & Makharia, G. K. (2018). Global prevalence of celiac disease: systematic review and meta-analysis. *Clinical gastroenterology and hepatology*, 16(6), 823-836.
- Šmídová, Z., & Rysová, J. (2022). Gluten-free bread and bakery products technology. *Foods*, 11(3), 480.
- Soya, S., & Ün, C. (2014). Çölyak hastalığındaki moleküler ve genetik gelişmeler. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 57, 274-282.
- Sümer, S. A. G., Harmandar, F. A., Uyar, S., & Çekin, A. H. (2015). Non-Çölyak gluten duyarlılığı. *Güncel Gastroenteroloji*, 19(2), 91-97.
- Tunç, N., Şahin, A., Orhan, S., Yalnız, M., Demirel, U., Poyrazoğlu, O.K., & Bahçecioğlu, İ.H. (2016). Çölyak hastalığı; 5 yıllık takip, antikor-patoloji korelasyonu. *Endoskopi Gastrointestinal*, 24(2), 43-46.
- Türksoy S., Özkaya B., (2006), "Gluten ve Çölyak hastalığı", *Türkiye* 9, 24-26.
- Türkiye Beslenme Rehberi TÜBER(2022). T. C. Sağlık Bakanlığı Yayın No:1031, ISBN: 978-975-590-867-0, ANKARA 2022.
- Valvano, M., Longo, S., Stefanelli, G., Frieri, G., Viscido, A., & Latella, G. (2020). Celiac disease, gluten-free diet, and metabolic and liver disorders. *Nutrients*, 12(4), 940.
- Wieser, H., Koehler, P., & Scherf, K. A. (2020). The two faces of wheat. *Frontiers in nutrition*, 7, 517313.
- Wieser, H., Koehler, P., & Scherf, K. A. (2023). Chemistry of wheat gluten proteins: Qualitative composition. *Cereal Chemistry*, 100(1), 23-35.
- Xu, Y., Sun, X. S., & Wang, D. (2019). Wheat. In *Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products* (pp. 3-20). Academic Press.
- Yanar, Ö., Durmaz, Ö., & Gökçay, G. (2013). Atipik Başlangıçlı Çölyak Hastalığı. *Journal of the Child/Cocuk Dergisi*, 13(3).
- Yönel, O., & Özdil, S. (2014). Çölyak hastalığı. *Güncel Gastroenteroloji*, 18(1), 93-100.
- Yu, W., Freeland, D. M. H., & Nadeau, K. C. (2016). Food allergy: immune mechanisms, diagnosis and immunotherapy. *Nature Reviews Immunology*, 16(12), 751-765.



## Some Effects of Sesame (*Sesamum indicum*) on Health

Cemal Kurt<sup>1,a,\*</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Adana, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 20.07.2023 Accepted : 24.02.2024</p> <p><b>Keywords:</b> Sesame Sesamol Sesamolin Health Anticarcinogenic</p>	<p>Being a rich source of protein, sesame is one of the first plants cultivated for oil production and has been cultivated in many countries of the world since prehistoric times. Sesame seeds contain high levels of unsaturated fatty acids (80% on average), as well as antioxidants such as sesamol and sesamolin, which have important benefits for human health. In addition, its seeds are an important source of Ca, Mg and Se. In recent years, studies have shown that sesame seeds and oil, in addition to being a high energy source for human nutrition, also delay the effects have of anti-aging, anticarcinogenic, antiinflammatory, antifungal, antimicrobial effects, accelerate alcohol decomposition in the liver, have antihypertensive activity and immune regulatory activities. In particular, it has been determined as a result of studies that black sesame prevents hair whitening. It is also known that different parts of the sesame plant have been used for many years, especially in the treatment of diseases such as dysentery.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(7): 1231-1237, 2024

## Susamın (*Sesamum indicum*) Sağlık Üzerine Bazı Etkileri

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makalesi</i></p> <p>Geliş : 20.07.2023 Kabul : 24.02.2024</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Susam Sesamol Sesamolin Sağlık Antikanserojen</p>	<p>Zengin bir protein kaynağı olan susam, yağ elde etmek amacıyla yetiştirilen ilk bitkilerden biridir ve dünyanın birçok ülkesinde tarih öncesi çağlardan beri kültürü yapılmaktadır. Susam tohumları yüksek oranda içerdiği yağ asitlerinin (ortalama %80) doymamış yanı sıra insan sağlığı için önemli faydaları olan sesamol ve sesamolin gibi antioksidanları da içermektedir. Ayrıca tohumları önemli bir Ca, Mg ve Se kaynağıdır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, susam tohumları ve yağının insan beslenmesi için yüksek enerji kaynağı olmasının yanı sıra insan sağlığı açısından da anti-aging, antikanserojen, antiinflatuar, antifungal, antimikrobiyal etkilerinin olduğu, karaciğerde alkol ayrışmasını hızlandığı, antihipertansif aktivite ve immün düzenleyici aktivitelere de sahip olduğunu göstermiştir. Özellikle siyah susam yağının saç beyazlamasını önlediği de yapılan çalışmalar sonucunda tespit edilmiştir. Ayrıca, susam bitkisinin farklı kısımlarının özellikle dizanteri gibi hastalıkların tedavisinde uzun yıllardan beri kullanıldığı da bilinmektedir.</p>

<sup>a</sup> [ckurt@cu.edu.tr](mailto:ckurt@cu.edu.tr)

<https://orcid.org/0000-0002-5030-4411>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

## Giriş

Bilinen en eski yağ bitkisi olan susam (*Sesamum indicum* L.) tohumu, daha çok unlu mamüllerde kullanılmakta, ayrıca tahin ve helva haline getirilmektedir. Susam tohumu yağ (%50), protein (%24) ve mikro elementler (Fe, Zn, Ca, Mg, Cu, Se vb.) bakımından zengin bir içeriğe sahiptir (Kurt ve ark. 2020). Susam tohumu, yüksek besinsel ve terapötik değeri, oksidasyona ve acılaşmaya karşı direnci nedeniyle yaygın olarak 'yağlı tohumların kraliçesi' olarak bilinir (Johnson ve ark., 1979; Kurt, 2018a). Susam genellikle gelişmekte olan ülkelerde yetiştirilse de hemen hemen her ülke tarafından değişen miktarlarda tüketilmektedir. Bu nedenle susam genotiplerinin besin içeriğinin belirlenmesi, yetiştiriciye ve tüketiciye gerekli besin bilgilerinin sağlanması açısından önemlidir.

Susam gelişmemiş veya gelişmekte olan ülkelerde yaygın olarak yetiştirilmesinden dolayı ıslah ve bilimsel çalışmalar açısından diğer önemli yağ bitkilerinin gerisinde kalmıştır. Bu nedenle susam, "Yetim Bitki" veya "İhmal Edilmiş Bitki" olarak adlandırılmaktadır (Yadav ve ark. 2022).

Susam bitkisinin farklı kısımları, tohumu ve yağı çok uzun zamandan beri geleneksel tıpta farklı hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde kullanılmaktadır. Son yıllarda susam tohumlarına ve yağına olan ilginin artmasıyla insan beslenmesine ve sağlığına olan etkilerinin kapsamlı bir şekilde araştırılması konusu yoğunluk kazanmıştır. Susam tohumları ile antioksidan (tokoferollerle sinerjistik etki), anti-aging, antilipidemik, antikanserijen ve farklı aktivite çalışmaları yapılmıştır.

Susam tohumu dünya çapında çeşitli şekillerde kullanılmaktadır. Doğu Asya'da insanlar genellikle kavrulmuş tadı severler, bu nedenle Çin, Kore ve diğer Asya ülkelerinde kavrulmuş susam tohumu genellikle ekmek, bisküvi ve kraker gibi birçok fırında pişirilmiş yiyeceğin üzerinde kullanılır (Kurt, 2015). Ülkemizde ve Orta Doğu ülkelerinde ise susam pastanecilik sektörünün yanı sıra tahin ve helva yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır (Kurt, 2015).

## Susamın Orijini ve Coğrafik Dağılımı

Susam dünyanın en eski yağ bitkilerinden biri olarak bilinmektedir. Harappa (Pakistan)'da yapılan arkeolojik kazılarda, 5000 yaşında karbonlaşmış susam tohumları bulunmuştur. Susamın Anadolu ve Mezopotamya (şimdiki Irak) için de antik bir bitki olduğu bildirilmektedir (Bedigian, 2003).

Susamın orijini hakkındaki tartışmalar devam ederken, iki farklı varsayım ileri sürülmektedir. Bunlardan ilki Afrika, diğeri ise Hindistan yarımadasıdır. Ancak, her iki durumda da Türkiye antik çağlarda doğu ile batı arasında yapılan ticarete köprü vazifesi gördüğü için, susamın yayılmasında çok önemli bir rol oynamıştır (Uzun ve ark., 2008).

Dünya'da susam üretimi yapılan ülkeler, tropik ve subtropik iklim kuşağındaki sıcak bölgelerde yer almaktadır. Esas olarak 25. kuzey ve 25. güney enlem dereceleri arasında kalan ülkelerde yetişmektedir. Ancak, kuzeyde 40. enlem derecesinde yer alan Çin ve Rusya ile güneyde yer alan Güney Amerika ülkelerinde de rahatlıkla yetişebilmektedir. Dolayısıyla susamın, dünya üzerinde oldukça geniş bir yayılma alanı bulunmaktadır.

## Susamın Taksonomi ve Sitogenetiği

*Sesamum* cinsi birçok türü içermektedir. Ancak, kültürü yapılan sadece *Sesamum indicum* L. Syn. *S. orientale*'dir. Kobayashi ve ark., (1990) yaptığı çalışmaya göre, 36 tür tanımlanmış olup, bu türlerin; 22 tür Afrika'da, 5 tür Asya'da, 7 tür hem Asya'da hem de Afrika'da, 1 tür de Girit ve Brezilya'da bulunmuştur.

Sesamum kromozom sayılarına göre üç farklı grup içermektedir. Bunlardan ilki  $2n=26$  olan *Sesamum indicum*, *S. alatum*, *S. capense*, *S. schenckii* ve *S. malabaricum* türleridir. İkinci grup ise  $2n=32$  olan *S. prostratum*, *S. laciniatum*, *S. angolense* ve *S. angustifolium*'dur. Kromozom sayısı  $2n=64$  olan grupta ise *S. radiatum*, *S. occidentale* ve *S. schinzianum* türleri yer almaktadır.

Bu üç grupta kromozom sayılarının farklı olmasından dolayı, melezleme uygunluğu sınırlıdır. Bundan dolayı susamın yabancı formlarından kültür formlarına, kuraklığa tolerans, hastalık ve zararlılara dayanıklılık gibi arzu edilen özelliklerin aktarılması oldukça zordur.

Susam ülkemizde ve dünyada diğer ürünlere kıyasla daha ağır şartlarda yetiştirilmekte ve verimliliğini aşırı derecede düşüren çeşitli biyotik ve abiyotik streslere maruz kalmaktadır. Ülkemizde ise susam tarımı genellikle köy çeşitleri ile yapıldığından verim oldukça düşüktür. Susam bitkisinin gerçek verim potansiyelinin üreticiler tarafından bilinmemesi ise susam tarımına gerekli hassasiyetin gösterilmemesine yol açmaktadır (Arslan ve ark., 2014). Türkiye'de susam tarımının yaygınlaşması ve bitkisel yağ olarak işlenmesi, her şeyden önce tohum verimi ve yağ kalitesi yüksek olan çeşitlerin geliştirilip, üreticilerin elindeki düşük verim ve kalitedeki yerel çeşitlerle değiştirilmesine bağlıdır (Baydar ve ark., 1999).

Susam yağının yüksek stabilitesi; bileşiminde bulunan sesamol, sesaminol gibi sadece bu yağa özgü kuvvetli antioksidan etki gösteren bileşiklerden ve bunların dışında diğer yemeklik yağlarda da bulunan tokoferoller, bazı hidrokarbonlar ve bazı sterollerin antioksidan etkilerinden kaynaklanmaktadır (Mohamed ve Awatif, 1998). Susam lignanları ve tokoferoller susam yağında bulunan en önemli antioksidan bileşiklerdir. Susam yağında bulunan lignanlar tokoferollerle birlikte sinerjik etki göstererek yağın stabilitesini arttırmaları (Namiki, 1995).

Susam bitkisinde yapılan ıslah programları çoğunlukla ürünün verimine ve yüksek yağ içeriklerine odaklanmıştır (Arslan ve ark., 2007). Son zamanlarda susamda yapılan çalışmalarda lignanların fonksiyonel aktiviteleri büyük ilgi görmektedir. Çok sayıda örnekte lignanların belirlenmesi, gelecekte, sağlığı koruyan temel bileşiklerin en yüksek içeriğine sahip en iyi susam çeşitlerini geliştirecek ıslah programları için susam hatlarının seçilmesinde yararlı olabilir. Ülkemizde bu konuda yapılan çalışma sayısı çok sınırlı, yapılan çalışmalarda denemeye alınan susam çeşitlerinin veya popülasyonlarının sayısı da oldukça azdır. Tüm dünyayı etkisine alan pandemiyle birlikte vücut direncini yüksek tutmanın ne kadar önemli olduğu bir kez daha hatırlanmış oldu. Bu nedenle susam çeşitlerinin verimini arttırmanın yanı sıra, lignan içeriği yüksek çeşit geliştirme çalışmalarına da hız vermek gerekmektedir.

Önemine rağmen susam, dünyada yetim bitki olarak kabul edilmektedir. Çünkü bilim, endüstri ve tarım politikalarını belirleyenler tarafından yeterli düzeyde

desteklenmemektedir. Sonuç olarak genetik gelişim ile ilgili olarak diğer yağlı tohumlu bitkilerin gerisinde kalmıştır (Dossa, 2016). Susamda önemli tarımsal özellikler ile ilgili genetik bilgilerin derinlemesine incelenmesi için gerekli olan genomik araç ve kaynak eksikliğinden dolayı geleneksel ıslah yöntemlerinde de bu doğrultuda sınırlı ilerleme kaydedilmiştir. Bu nedenle dünyada yetiştirilen susamlar hala kapsül açılması, indeterminant büyüme yapısı ve düşük tohum verimine neden olan asenkron kapsül olgunlaşmasını içeren bazı yabancı karakterlere sahiptir (Islam ve ark., 2016). Ayrıca dünya çapında az sayıda bilimsel grup, susam geliştirme stratejilerinin yavaş bir tempo ile gelişmesini sağlayacak düzeyde faaliyet gösterebilmektedir. (Dossa ve ark., 2017a).

## Ekim Alanı, Üretim ve Verimdeki Gelişmeler

Türkiye’de susam ekim alanları 1990-2022 yılları arasında düzenli ve hızlı şekilde azalarak 848.190 dekaradan 242.850 dekara düşmüştür (FAOSTAT, 2022). Bu dönemde verim dekara 46 kg’dan 67,97 kg’a yükselmiştir. Ancak, verimdeki artışa rağmen ekim alanındaki azalma üretimde önemli bir şekilde azalmaya sebep olmuştur. Belirtilen dönemde üretim 39.000 tondan 17.399 tona düşmüştür. Başka bir şekilde ifade edilecek olursa, ele alınan dönemde ekim alanının %68,9 azalması sebebiyle verimdeki %46,2 artışa rağmen üretimde %54,6 azalma meydana gelmiştir. Verimdeki artışta yeni çeşitlerin kullanılması ve tarım teknolojisindeki iyileşmelerin etkisi bulunmaktadır (Kurt, 2015).

Ülkemizde 2019 yılında gerçekleştirilen susam ithalatı değerleri; 184.244 ton susam tohumu için, 287.752.000 ABD dolarıdır. Yapılan bu ithalatın ekonomik bir yükü olmasının yanında sağlıksız şartlarda, özellikle gemiler ile ülkemize getirilen susam tohumlarında kanserojen etkileri olan aflatoksinin de görülme riskini ortaya çıkarmaktadır (Öksüztepe ve Erkan, 2016).

## Susam Tohumlarının İçeriği

Zengin bir protein kaynağı olan susam, yağ üretimi için işlenen ilk mahsullerden biridir. Susam tohumu, tohum kabuğunun rengi, boyutu ve dokusu bakımından önemli ölçüde değişiklik gösterir (Kurt ve ark., 2018). En yaygın olarak kullanılanlar beyaz-kahverengi tohum kabuğuna sahip olan çeşitlerdir, ancak Asya ülkelerinde, siyah tohumların sağlık sorunları için en iyisi olduğuna inanılmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar siyah susamın insan sağlığı ve beslenmesi üzerine etkilerinin diğer renkteki susam tohumlarından daha fazla olduğunu göstermiştir (Kurt ve ark., 2018). Ancak, bu konuda yapılan çalışmaların yaygınlaşması gerekmektedir.

Susam tohumları %40-60 oranlarında değişen yağ içeriğine sahiptir (Yermanos ve ark., 1972). Susam yağında her birinin oranı yaklaşık %35-45 arasında değişen oleik ve linoleik asit bulunmaktadır (Arslan ve ark., 2007). Ayrıca, sesamin sesamolin ve sesaminol gibi ikincil metabolitler nedeniyle susam yağı oksidasyona karşı son derece dirençlidir. Susam yağının en önemli karakteristik özelliği oksidatif bozulmaya karşı direnç göstermesidir. Susam yağının yüksek stabilitesi; bileşiminde bulunan sesamol, sesamolin, sesaminol gibi sadece bu yağa özgü

kuvvetli antioksidan etki gösteren bileşiklerden ve bunların dışında diğer yemeklik yağlarda da bulunan tokoferoller, bazı hidrokarbonlar ve bazı sterollerin antioksidan etkilerinden kaynaklanmaktadır (Mohamed ve Awatif, 1998). Susam lignanları ve tokoferoller susam yağında bulunan en önemli antioksidan bileşiklerdir. Susam yağında bulunan lignanlar tokoferollerle birlikte sinerjik etki göstererek yağın stabilitesini artırmaktadır. Susam tohumunda bulunan lignanların miktarı; türe ve işlem basamaklarına göre değişiklik gösterir. Ayrıca, susam tohumları; lizin, metionin ve sistein gibi aminoasitlerce zengin protein içerdiği için beslenme değeri oldukça yüksektir. Bunlara ek olarak susam tohumları önemli bir Ca, Mg ve Se kaynağıdır (Kurt ve ark. 2020).

## Geçmişten Günümüze Susamın İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri ile İlgili Çalışmalar

### Geleneksel Tıpta Kullanımı

Beslenme ve sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin daha iyi anlaşılmasından ötürü susam, tohumlarına ve ürünlerine tüketici taleplerinde son yıllarda sürekli bir artış olmuştur (Kurt, 2018b). Susam tohumları ve yağı yüzyıllardan beri gıda olarak tüketilmesinin yanında tıbbi olarak da kullanılmaktadır.

Susam yağı, 4. yüzyılda Çinliler tarafından diş ağrısı ve diş eti hastalıklarına çare olarak kullanılmıştır. Susamın diğer kullanımları arasında bulanık görme, baş dönmesi ve baş ağrılarının tedavisi yer almaktadır. Ayrıca, susam yağı anksiyete ve uykusuzluğu gidermek ve antibakteriyel gargara olarak kullandığı da bilinmektedir (Anilakumar ve ark., 2010).

Al-Kindi (Levey, 1966) (M.S. 870), susamın orta kulak iltihabı ve cüzzam için bir ilaç içerisinde kullanıldığını belirtmiştir. Ayrıca, susam yağının apse için lapa yapımında, diş ağrısı, öksürük ilacı, uyuşukluğu gidermek için kullanıldığını da belirtmiştir.

İbni Sina'nın El-Kanun Fi't Tıb (M.S. 980-1037), kitabında susam bitkisinin, sap ve yapraklarından elde edilen suyun, saç büyümesi ve kepeği önlemeye yaradığı bildirilmiştir. Ayrıca, gözlerdeki şişme ve zonklamaya, astım gibi nefes darlığı hastalıklarının tedavisinde de kullanıldığı anlatılmaktadır. Susam yağının ciltte meydana gelen çatlamalara iyi geldiği yanık yaralarının iyileşmesini hızlandırdığını da bildirmiştir. Kavrulmuş susam ve haşhaş veya keten tohumu karışımının, düzenli ve ölçülü olarak yenildiğinde, meni üretimini ve cinsel dayanıklılığı (afrodizyak) arttırdığı bildirilmiştir (Kaynak).

Da'uid ibn' Ömer el-Antaki (M.S. 1599) (Bedigian, 2004)'ye göre, susamın böbrek taşlarını çözdüğü, öksürüğe iyi geldiği, kızarıklıkları yatıştırdığı, ağız kokusunu giderdiği, yılan ısırığını tedavi ettiği, saçı uzattığı ve koyulaştırdığı, cildi yumuşattığı bildirilmiştir.

Basmadjian (1926) (Bedigian, 2004), 16. yüzyıl Ermeni hekiminin o dönemde İran'da kullanılan Kanuni Sultan Süleyman'a tam reçetesi olan Amirdovlat'ı yeniden yayınlamıştır. Buna göre; susam tohumları ve yağının gergin kasları gevşettiği, müşhil olarak kullanılabilirdiği, beyni güçlendirdiği, krampları hafiflettiği, güçlendirdiği, öksürüğü hafiflettiği, emziren annelerde süt üretimini artırdığı, âdet kramplarını gidermeye yardımcı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, Basmadjian, bilgin ve Sufi ilahiyatçısı Al Ansari'nin (M.S.1006-1089) (Bedigian,

2004) yazdıklarından yaptığı alıntıya göre, susam yağının yılan ısırığına masaj yaparak toksini geri aldığı bildirilmiştir.

Geçmiş yıllarda sadece susam tohumları ve yağı birçok rahatsızlığın önlenmesinde ve tedavisinde kullanılmamıştır. Farklı kültürlerde susam bitkisinin farklı kısımları da tedavi edici ya da önleyici olarak kullanılmıştır.

Örneğin; İngiliz doktor ve araştırmacı Sir Hans Sloane (1696) Jamaika'daki 15 aylık ikametinde şöyle yazmıştır: "Susam yapraklarının yanı sıra tohumları da çok yapışkan bir yapıya sahiptir; ve her ikisinin de emülsiyonu dizanteri için mükemmel çare olarak önerilmektedir (Bedigian, 2004).

Barham ise (1794): "Bitkinin kaynatılması öksürük, kan zarı iltihabı, akciğer iltihabı, sert ciltli tümörler için iyidir ve kadınların onu rahmin sertliği için kullandığını, balda kaynatılan bitkinin ve tohumun, sert tümörler ve kurumuş sinirler veya küçülmüş kaslar için iyi bir kataplazma olduğunu belirtmişlerdir (Bedigian, 2004) .

Tıbbi botanik profesörü Rafinesque (1831), susam yapraklarının müsilajı, ABD'de her zaman hakim olacak ishal, dizanteri, kolera infantum vb. hastalıklar için uzun süredir mükemmel bir çare olarak bilindiğini bildirmişlerdir (Bedigian, 2004).

#### **Yaşlanmaya Karşı Etkisi**

Herhangi bir biçimde susam tohumu içeren yiyeceklerin düzenli bir şekilde yenilmesinin, özellikle Çin ve Japonya'da yaşlanmayı önlediğine uzun süredir inanılmaktadır. Ancak, oldukça yakın zamana kadar bu inanıcı destekleyecek hiçbir bilimsel veri yoktur. Susam tohumu ve yağının çeşitli antioksidatif aktivitelerine ilişkin kimyasal bilgilere dayanarak, yaşlanma-karşıtı etki üzerine bilimsel araştırmalar Yamashita ve ark. (1990) tarafından (SAM) ile yaşlanma hızlandırılmış farelerin kullanılması ile kanıtlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, susam tohumunda lipid peroksidasyonu gibi yaşlanmaya neden olan faktörlerin birikmesini önleyen bir bileşen bulunduğunu göstermektedir (Yamashita ve ark., 1990; Namiki ve ark., 1993; Yamashita ve ark., 1994). Soya fasulyesi ve diğer gıdalardan farklı olarak, susam tohumunun yağ, protein ve karbonhidrat gibi ana bileşenleri bu tür antioksidasyon aktivitelerine sahip değildir. Bu nedenle, susam tohumundaki karakteristik lignanlar yaşlanma-karşıtı etkiden sorumlu muhtemel adaylar olarak kabul edilir.

E vitamini, yaşlanma karşıtı işlevi olan, önemli bir diyet bileşeni olarak kabul edilmiştir (Meydani, 1992). E vitamininin bu özelliği, içerisinde bulunan  $\alpha$ -tokoferolden kaynaklandığı bilinmektedir. Susam tohumlarındaki en yüksek tokoferol içeriği  $\gamma$ -tokoferole aittir ve  $\alpha$ -tokoferol çok az miktarda bulunur. Ancak buna rağmen, sıçanlarda yapılan çalışmalar, susam tohumundaki  $\gamma$ -tokoferolün, susam tohumu lignanları ile sinerjik bir etkileşim yoluyla,  $\alpha$ -tokoferolinkine eşit E vitamini aktivitesi sergilediğini göstermiştir (Yamashita ve ark., 1992). E vitamini aktivitesi indeksleri olarak, kırmızı kan hücresi hemolizindeki, plazma piruvat kinaz aktivitesindeki ve plazma ve karaciğerdeki peroksidlerdeki değişiklikler belirlenmiştir. Susam tohumu diyetinde yüksek E vitamini aktivitesi varken,  $\gamma$ -tokoferol diyetinde bu aktivitenin düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Ek bir deneyde, susam lignin (sesaminol veya sesamin) ile beslenen gruplar,

önceki deneyde susamla beslenen grupta gözlemlenene benzer E vitamini aktivitesini sergilediğini bildirmişlerdir (Yamashita ve ark., 1995). Aynı çalışmada, susam tohumu lignanlarının düşük  $\alpha$ -tokoferol diyeti ile beslenen sıçanlarda E vitamini aktivitesini arttırdığını ve susam tohumu veya  $\alpha$ -tokoferol içeren bir diyetle beslenen sıçanların kan ve dokusunda  $\alpha$ -tokoferol konsantrasyonunda belirgin bir artışa neden olduğunu bildirmişlerdir.

Cooney ve ark., (2001)'nin susam, ceviz ve soya fasulyesi yağından eşdeğer miktarda  $\gamma$ -tokoferol içeren keklerle beslenen deneklerle gerçekleştirdikleri çalışmada, susam tohumundan üç günlük bir süre boyunca günde yaklaşık 5 mg-tokoferol tüketiminin, serum-tokoferol seviyelerini (%19) önemli ölçüde yükselttiğini ve plazma  $\beta$ -tokoferolü (%34) düşürdüğünü gösterdi, ancak bu durumun ceviz veya soya fasulyesi yağı verilen deneklerde gerçekleşmediği görülmüştür. Dahası, İsveçli kadınların kan serumundaki  $\gamma$ -tokoferol konsantrasyonlarının susam yağı alımıyla arttığı da bildirilmiştir (Lemcke-Norojarvi ve ark., 2001).

#### **Antikanser Aktivitesi**

*Sesamum indicum* çiçeğinden elde edilen alkol özütü, sarkom 180 (S180) ve Hep22 (H22) tümörjenik farelerde tümör büyümesini inhibe ettiği bildirilmiştir (Xu ve ark., 2003). Ayrıca çalışmalarda, kavrulmuş susam tohumu yağından izole edilen sesamin ve episaminin insan lenfoid lösemi Molt 4B hücrelerinde hücre ölümlerini başlattığı tespit edilmiştir (Miyahara ve ark., 2000). İnsan lenfoid lösemi Molt 4B hücrelerinin sesamin ve episamin'e maruz kalması, hem büyümenin engellenmesine hem de programlanmış hücre ölümünün (apoptoz) başlamasına yol açmıştır. Sonuçlar, sesamin ve Molt 4B hücrelerinin episamin tarafından büyümenin engellenmesinin, hücrelerdeki apoptozun başlamasından kaynaklandığını ileri sürmüştür. Susam yağının in vitro habis melanom büyümesini ve insan kolon kanseri hücrelerinin çoğalmasını engellediği bulunmuştur (Smith ve Salerno, 1992). Harikumar ve ark. (2010), *S. indicum*'dan izole edilen yağda çözünen bir lignin olan sesaminin, lösemi, multipl miyelom ve kolon, prostat, göğüs, pankreas ve akciğer kanserleri dahil olmak üzere çok çeşitli tümör hücrelerinin hızla çoğalmasını engellediğini belirlemiştir.

#### **Antiinflamatuar Aktivite**

Hayvan çalışmaları, ana susam lignini olan sesaminol triglukositin, bağırsak mikro florasının metabolizması yoluyla antiinflamatuar ve östrojenik aktivitelere sahip olduğunu göstermiştir (Jan ve ark., 2010). Bu çalışmalarda Sprague-Dawley sıçanlarına oral uygulama sonrasında , , rektum, çekum, kolon ve ince bağırsaklardaki ana sesaminol triglukosit metabolit konsantrasyonlarının, karaciğer, akciğer, böbrek ve kalptekinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma, sesaminol triglukositin, önce bağırsak mikro florası tarafından katekol metabolitlerini oluşturmak üzere metabolize edilebileceğini ve daha sonra bağırsak emilimi yoluyla kardiyovasküler sisteme dahil edilebileceğini ve diğer dokulara taşınabileceğini göstermiştir (Jan ve ark., 2010).

### Östrojenik Aktivite

Susam perikarp yönünden zengin 8 haftalık bir diyetin ardından, erkek ve dişi Wistar sıçanlarının prostat ve uterus dokularında östrojen reseptörlerinin (ERa ve ERb) ekspresyonu belirlendiği bir çalışmada, prostat ve uterus ERb ekspresyonunda önemli bir artışın olduğu tespit edilmiştir (Anagnostis ve Papadopoulos, 2009). ERa'nın uterusdaki ekspresyonunda istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik gözlenmediği, ancak prostattaki artışın daha belirgin olduğu bildirilmiştir. Her iki dokuda da, ERa/ERb oranının ERb lehine bir değişim olduğu, bu durumun da sağlanan diyetin hayvanların sağlık durumu üzerinde yararlı etkisine işaret ettiği bildirilmiştir. Bu etkinin ise, perikarpta bulunan ve fito-östrojenik aktivite gösteren liganlardan kaynaklandığı düşünülmektedir (Anagnostis ve Papadopoulos, 2009).

### Bilişsel Aktivite ve Alzheimer Hastalığının Önlenmesi Üzerine Etkisi

Susam tohumlarından elde edilen diyet sesaminol glikozidleri (SG), pasif kaçınma ve Morris su labirenti testinde farelerde Abeta kaynaklı öğrenme ve hafıza eksikliklerine karşı koruyucu bir etki göstermiştir (Um ve ark., 2009).

Alzheimer hastalığının, beynin bazı kısımlarında reaktif oksijen üreten ve hücreler arası kalsiyumu yükselten  $\beta$ -amiloid (A $\beta$ ) birikimi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Kültürlenmiş sıçan feokromasitoma (PC12) hücrelerinde A $\beta$  ile başlatılan hücre ölümündeki koruyucu etkiye ilişkin bir deneyde, sesaminol glikozitler tamamen baskılanmıştır. Elde edilen sonuçlar, sesaminol glikozitlerinin oksidatif stresin neden olduğu nöronal bozunma hastalıklarının tedavisinde yararlı bir terapötik ajan olabileceğini düşündürmektedir (Lee ve ark., 2005).

### Sağlık Açısından Diğer Faydaları

Susam tohumu ve yağı yukarıda bahsedilen önemli hastalıkları önleme ve tedavi etme üzerine olumlu etkisi olması yanında farklı rahatsızlıkların önlenmesi ve tedavisi noktasında da önemli katkılar sağlamaktadır. Örneğin; yapılan çalışmaların sonuçları, susam yemenin, kan lipidlerini, antioksidan durumunu ve seks hormonu durumunu iyileştirerek menopoz sonrası kadınlara fayda sağladığını göstermektedir (Wu ve ark., 2006).

Iowa, Fairfield'deki Maharishi Uluslararası Koleji'nde yapılan bir deneyde ise, öğrencilerin ağızlarını susam yağıyla çalkaladıkları ve bunun sonucunda diş eti iltihabına neden olan bakterilerde % 85'lik bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir (Anilakumar ve ark., 2010). Burun damlası olarak, sinüslere geri çekildiğinde, susam yağının kronik sinüziti iyileştirdiği belirtilmiştir (Anilakumar ve ark., 2010). Ayrıca, boğaz gargarası olarak *Streptococcus* ve diğer yaygın nezle bakterilerini öldürdüğü de bildirilmektedir (Anilakumar ve ark., 2010). *Staphylococcus Streptococcus* gibi yaygın patojenlerinin yanı sıra atlet ayağı mantarı gibi yaygın cilt mantarları için doğal olarak antibakteriyeldir (Ogunsola ve Fasola, 2014)

Susam yağı, doğal bir UV koruyucudur ve rüzgara veya güneşe maruz kaldıktan sonra oluşan yanıkların tedavisinde kullanılır. Kuru kafa derisi kepeklerini kontrol etmek ve kepeğe neden olan bakterileri öldürmek için kafa derisini besler. Bit istilasını öldürmek için çocukların saçlarında

başarıyla kullanılmıştır. Cildi havuz suyunda bulunan klorun etkilerinden korur. Radyasyon tedavisinden önce ve sonra kullanılan siyah susam yağı, bu tür bir tedavinin kaçınılmaz olarak neden olduğu oksijen radikallerinin etkisiz hale getirilmesine yardımcı olur (Cooney ve ark., 2001). Deride, yağda çözünen toksinler, daha sonra sıcak su ve yumuşak sabunla yıkanabilen susam yağı moleküllerine çekilir. Dahili olarak, yağ molekülleri yağda çözünen toksinleri çeker ve bunları kan dolaşımına ve ardından atık olarak vücudun dışına taşır. Ilık suyla karıştırılmış bir duş olarak kullanılan yağ, vajinal mantar enfeksiyonlarını kontrol eder (Anilakumar ve ark., 2010). Susam yağı hızla emilir ve dokulardan kemik iliğine kadar nüfuz eder. Kılcal damarlardan kan dolaşımına girer ve dolaşır. Karaciğer kandaki susam yağı moleküllerini süpürmez ve bu molekülleri dostça kabul eder (Chakraborty ve ark., 2008). Susam yağı eklemlerin esnekliğini korumasına yardımcı olur. Cildi esnek ve yumuşak tutar. Hafif sıyrıklar, kesikler ve yanık yaralarını iyileştirir ve korur. Özellikle burun çevresindeki yüz derisinin sıkılaşmasına yardımcı olur ve cilt yaşlandıkça gözeneklerin olağan genişlemesini kontrol eder. Bebek cildinde, özellikle bebek bezinin kapladığı bölgede kullanılan susam yağı, hassas cildi, vücut atıklarının asitliğinden kaynaklanan kızarıklıklara karşı korur. Burun ve kulaklarda yaygın cilt patojenlerine karşı korur. Soğuk algınlığı ve nezle olan başka çocukların yanında okula giden çocuklar için, buruna sürülen yağ havadaki virüslere ve bakterilere karşı koruma sağlar (Johnson ve ark., 2001; Morris, 2002). Yakın zamanda yapılan bir klinik araştırma, susam yağının, kuru kış iklimine bağlı burun mukozası kuruluşunun tedavisinde izotonik NaCl çözeltisine göre önemli ölçüde daha etkili olduğu kanıtlanmıştır (Johnson ve ark., 2001). Bunların yanı sıra siyah susam yağı erken yaşta saç dökülmesi ve saç pigmentleri oluşturmaktan sorumlu olan melanin üretimini arttırarak beyazlamayı tedavi etmek için harici olarak kullanılabilir (Kong and Kim, 2010).

Susam tohumlarındaki magnezyum ve kalsiyum, endişe ve stresi azaltır, ancak gerçek faydalarını görmek için uzun bir süre bol bol yenmesi gerekir. Tohumlardaki triptofan ve tiamin, insan vücudunda bulunan ve ağrıyı azaltmaya, ruh halini dengelemeye ve derin uykuyu mümkün kılmaya yardımcı olan bir bileşik olan serotonin üretimine yardımcı olur. Uygun, sağlıklı serotonin seviyeleri ayrıca ruh hali, libido, enerji, iştah ve kaygıya da yardımcı olur (Liu ve ark., 2018).

### Sonuç

Susam bitkisine ait yaprak, kök gibi bitki parçaları ile tohumları ve tohumlarından elde edilen yağları özellikle Asya'da binlerce yıldır bazı hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde kullanılmaktadır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar neticesinde susamın bu faydaları modern tıp tarafından da desteklenmiştir.

Bu derleme, susamın farklı bitki kısımlarının bazı hastalıkların tedavisinde, tohumlarının ve yağının diyet takviyesi olarak birçok akut ve kronik hastalıkların tedavisinde ve önlenmesinde yararlı olduğuna dair bilimsel sonuçları göstermektedir. Ancak, susam yağının veya içerisinde bulunan liganlar, tokoferoller gibi bileşiklerin nutrasötik bir ilaç olarak kullanılmasını önermek için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.



## Kaynaklar

- Anagnostis, A., Papadopoulou, A.I., (2009). Effects of a diet rich in sesame (*Sesamum indicum* L.) pericarp on the expression of oestrogen receptor alpha and oestrogen receptor beta in rat prostate and uterus. *British Journal of Nutrition* 102(5): 703–708. <http://doi:10.1017/S0007114509297194>
- Anilakumar, K.R., Pal, A., Khanum, F. ve Bawa, A.S., (2010). Nutritional, medicinal and industrial uses of sesame (*Sesamum indicum* L.) Seeds - An Overview. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. Vol. 75( 4):: 159-168
- Arslan, C., Uzun, B., Ulger, S., Cagirgan, M.I. 2007. Determination of oil content and fatty acid composition of sesame mutants suited for intensive management conditions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84, 917–920.
- Arslan, H., Hatipoğlu, H., Karakuş, M., (2014). Şanlıurfa yöresinde tarımı yapılan susam genotiplerinden seçilen bazı hatların ikinci ürün koşullarında verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi* (2014) 1: 109-116. <https://doi.org/10.19159/tutad.61304>
- Barham, H., (1794). *Oily Pulse*. Hortus Americanus: Containing an Account of the Trees, Shrubs, and Other Vegetable Productions of South-America and the West India Islands, and Particularly of the Island of Jamaica. Alexander Aikman, Kingston, Jamaica.
- Baydar, H., Marquard, R. ve Turgut, I., (1999). Pure line selection for improved yield, oil content and different fatty acid composition of sesame, *Sesamum indicum*. *Plant Breeding* 118(5): 462-464.
- Bedigian, D., (2003). Evolution of sesame revisited: Domestication, diversity and prospects. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 50:779-787.
- Bedigian, D., (2004). History and Lore of Sesame in Southwest Asia. *Economic Botany*, 58(3)329-353
- Chakraborty G. S., Sharma G., Kaushik K. N., (2008). *Sesamum indicum*: a review. *Journal of Herbal Medicine and Toxicology* 2(2): 15-19
- Cooney, R.V., Custer, L.J., Okinaka, L., Franke, A.A., (2001). Effects of dietary sesame seeds on plasma tocopherol levels. *Nutrition and Cancer* 39(1):66–71
- Dossa, K., Wei, X., Zhang, Y., Fonceka, D., Yang, W., Diouf, D., Liao, B., Cissé, N., Zhang, X. (2016). Analysis of genetic diversity and population structure of sesame accessions from Africa and Asia as major centers of its cultivation. *Genes*, 2016, 7, 14. <http://doi:10.3390/genes7040014>
- Dossa, K., Diouf, D., Wang, L., Wei, X., Zhang, Y., Niang, M., Fonceka, D., Yu, J., Mmadi, M.A., Yehouessi, L.W., Liao, B., Zhang, X., Cisse, N., ( 2017). The emerging oilseed crop *Sesamum indicum* enters the “omics” era. *Frontiers in Plant Science*, 8: 1-16. <http://DOI:10.3389/fpls.2017.01154>
- Harikumar, K.B., Sung, B., Tharakan, S.T., Pandey, M.K., Joy, B., Guha, S., Krishnan, S., Aggarwal, B.B. (2010). Sesamin manifests chemopreventive effects through the suppression of NF-kappa B-regulated cell survival, proliferation, invasion, and angiogenic gene products. *Molecular Cancer Research* 8(5):751–761. <http://DOI:10.1158/1541-7786.MCR-09-0565>
- Ibn Sina, A. (1987). *Al Qanun fi'l-Tibb*. Bk. ii. Institute of History of Medicine and Medical Research, New Delhi.
- Islam, F., Gill, R. A., Ali, B., Farooq, M. A., Xu, L., Najeeb, U., & Zhou, W. (2016). Sesame. In: *Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production*. Academic Press, 6: 135-147.
- Jan, K.C., Ku, K.L., Chu, Y.H., Hwang, L.S., Ho, C.T., (2010) Tissue distribution and elimination of estrogenic and anti-inflammatory catechol metabolites from sesaminol triglycoside in rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58(13): 7693–7700. <http://doi:10.1021/jf1009632>
- Johnson, J., Bratt, B. M., Michel-Barron, O., Glennow, C., Tetruson, B. (2001). Pure sesame oil vs isotonic sodium chloride solution as treatment for dry nasal mucosa. *Arch Otolaryngol Head Neck Surgery* 127: 1353-1356. <http://DOI:10.1001/archotol.127.11.1353>
- Kobayashi, T., Kinoshita, M., Hattori, S., Ogawa, T., Tsuboi, Y., Ishida, M., Ogawa, S. ve Saito, H., (1990). Development of the sesame metallic fuel performance code. *Nuclear Technology* 89(2), 183-193.
- Kong, M.K., Kim, Y. (2010). Promotion Effect of Black Sesame Oil on Hair Growth in an Alopecia Model of C57BL/6 Mice. *Journal of Biomedical Research (JBR)* Vol. 11 No. 2 .Page:103-116
- Kurt, C. 2015. “Bazı yerel susam (*Sesamum indicum* L.) çeşit ve populasyonlarının agronomik, kalite ve moleküler karakterizasyonu”, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi
- Kurt, C., (2018a). Variation in oil content and fatty acid composition of sesame accessions from different origins. *Grasas Y Aceites* 69 (January–March (1)), 1–9 e241. <https://doi.org/10.3989/gya.0997171>
- Kurt, C., (2018b). Tohum kabuğu renginin susam tohumlarında bulunan demir içeriği düzeyine etkisi. *KSU Journal Of Agriculture and Nature* 21 (5), 686–690. <http://DOI:10.18016/ksudobil.403601>
- Kurt, C., Kizildag, N., Arioglu, H. (2018). Determination of content of micronutrients in some sesame (*Sesamum indicum* L.) accession. *Fresenius Environ. Bull.* 27 (12/2018), 8456–8462.
- Kurt, C., Demirbas, A., Nawaz, M.A., Chung, G., Baloch, F.S. and Altunay, N., 2020. Determination of Se content of 78 sesame accessions with different geographical origin. *Journal of Food Composition and Analysis*, 94, p.103621.
- Lee, S.Y., Ha, T.Y., Son, D.J., Kim, S.R., and Hong, J.T., (2005). Effect of sesaminol glucosides on beta-amyloid-induced PC12 cell death through antioxidant mechanisms. *Neuroscience Research*, 28:186–189. <http://DOI:10.1016/j.neures.2005.04.003>
- Lemcke-Norojarvi, M., Kamal-Eldin, A., Appelqvist, L-A., Dimberg, L. H., Ohrvali, M., and Vessby, B. (2001). Corn and sesame oils increase serum  $\gamma$ -tocopherol concentrations in healthy Swedish women. *The Journal of Nutrition*, 131:1195–1201.
- Levey, M. (1966). *The medical formulary of Aqraba-dhin of Al-Kindi*. University of Wisconsin Press, Madison.
- Liu, Z.; Liu, X.; Luo, S.; Chu, C.; Wu, D.; Liu, R.; Wang, L.; Wang, J.; Liu, X. Extract of sesame cake and sesamol alleviate chronic unpredictable mild stress-induced depressive-like behaviors and memory deficits. *J. Funct. Food* 2018, 42, 237–247
- Meydani, M., (1992). Protective role of dietary vitamin E on oxidative stress in aging. *Age (Omaha)* 15:89–93
- Miyahara, Y.; Hibasami, H.; Katsuzaki, H.; Imai, K.; Komiya, T. Sesamol Induces Apoptosis in Human Lymphoid Leukemia Molt 4B Cells. *Food Science and Technology Research* 2000, 6, 201–203
- Mohamed, H. M. A., Awatif, I. I., (1998). The use of sesame oil unsaponifiable matter as a natural antioxidant. *Food Chemistry*, 62, 269–276.
- Morris, J.B., (2002). Food, industrial nutraceutical uses of sesame genetic resources. In: Janick and A. Whipkey (eds.) *Trends in new crops and new uses*. ASDHS Press. pp. 153-156
- Yermanos, D. M., Hemstrret, S., Salleb, W. ve Huszar, C. K. (1972). Oil content and composition of the seed in the world collection of sesame introductions. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 49: 20-25.
- Öksüztepe, G., Erkan, S. (2016). Mikotoksinler ve Halk Sağlığı Açısından Önemi. *Harran Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 5(2) 190-195. <https://doi.org/10.31196/huvfd.317381>
- Rafinesque, C.S., (1831). On the Lobelia and Sesamum. *Atkinson's Saturday Evening Post* July 30, 1831. Vol. 10: 3.

- Shibamoto, T., Terao, J., and Osawa, T., Eds. (1998). Functional foods for disease prevention I, II. Journal of the American Oil Chemists' Society Sym. Ser., 701
- Sloane, H., (1696). Catalogus Plantarum quae in Insula Jamaica :sponte proveniunt, vel vulgò coluntur cum earundem synonymis & locis natalibus, adjectis aliis quibusdam quae in insulis Madae, Barbados, Nieves, & Sancti Christophori nascuntur, seu Prodromi historiae naturalis Jamaicae pars prima. Impensis D. Brown, London.
- Smith D.E., Salerno J.W., (1992). Selective growth inhibition of a human malignant melanoma cell line by sesame oil in vitro. Stern A., Wuthrich B. (1998). Non-IgE mediated anaphylaxis to sesame. Allergy 53: 325-326
- Um, M.Y., Ahn, J.Y., Kim, S., Kim, M.K., Ha, T.Y., (2009). Sesaminol glucosides protect beta-amyloid peptide-induced cognitive deficits in mice. Biological and Pharmaceutical Bulletin 32(9):1516–1520. <http://doi:10.1248/bpb.32.1516>.
- Uzun, B., Arslan, Ç., Furat, Ş., (2008). Variation in fatty acid compositions, oil content and oil yield in a germplasm collection of sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of the American Oil Chemists' Society 85: 1135-1142. <https://doi.org/10.1007/s11746-008-1304-0>
- Wu, W.H., Kang, Y.P., Wang, N.H., Jou, H.J., Wang, T.A., (2006). Sesame ingestion affects sex hormones, antioxidant status, and blood lipids in postmenopausal women. The Journal of Nutrition 136(5):1270–1275. <http://DOI:10.1093/jn/136.5.1270>
- Xu, H., Yang X., Yang, J., Qi, W., Liu C., Yang, Y., (2003). Antitumor effect of alcohol extract from *Sesamum indicum* flower on S180 and H22 experimental tumor. Zhong Yao Cai 26(4):272–273 (in Chinese)
- Yadav R, Kalia S, Rangan P, Pradheep K, Rao GP, Kaur V, Pandey R, Rai V, Vasimalla CC, Langyan S, Sharma S, Thangavel B, Rana VS, Vishwakarma H, Shah A, Saxena A, Kumar A, Yamashita, K., Kawagoe, Y., Nohara, M., Namiki, M., Osawa, T., and Kawakishi, S. (1990). Effects of sesame in the senescence-accelerated mouse. Eiyō Shokuryō Gakkaishi, 43:445–449.
- Yamashita, K., Nohara, Y., Katayama, K., and Namiki, M. (1992). Sesame seed lignans and  $\gamma$ -tocopherol act synergistically to produce vitamin E activity in rats. The Journal of Nutrition, 122:2440–2446.
- Yamashita, K., and Namiki, M. (1994). Suppressive effect of sesame seed and its lignans in senescence-accelerated mouse (SAMP-1). In: The SAM Model of Senescence. pp 153–156. T., Takeda, Ed, Elsevier Science B.V. Amsterdam.
- Yamashita, K., Iizuka, Y., Imai, T., and Namiki, M. (1995). Sesame seed and its lignans produce marked enhancement of vitamin E activity in rats fed a low  $\alpha$ -tocopherol diet. Lipids, 30:1019–1028