



KSÜ Tarım ve Doğa Derg

KSU J. Agric Nat

e-ISSN : 2619-9149

T.C.

KAHRAMANMARAŞ

SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

# TARIM ve DOĞA DERGİSİ

Journal of Agriculture and Nature

Cilt-Volume 27 Sayı-Number 2 Yıl-Year: 2024



# KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

## TARIM ve DOĞA DERGİSİ

Dergimiz aşağıdaki indeksler tarafından taranmaktadır (This journal is indexed and abstracted by)

- Emerging Sources Citation Index
- TUBİTAK-TR Dizin
- CAB Abstracts
- CiteFactor
- DRJI (Directory of Research Journal Indexing)
- Google Scholar
- Index Copernicus
- International Directory of Agriculture, Food and The Environment
- Journal Index
- Scientific Indexing Services (SIS)
- The International Plant Names Index

**Yazışma Adresi / Corresponding Address**  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi  
Tarım ve Doğa Dergisi,  
46100 – Kahramanmaraş/TÜRKİYE  
Tel : (+90-344) 300 2108

E-mail: [dogabilimleri@ksu.edu.tr](mailto:dogabilimleri@ksu.edu.tr)  
Web: <http://dergipark.org.tr/ksudobil>  
<http://dogadergi.ksu.edu.tr>

Bu dergi uluslararası hakemli olup yılda 6 kez yayınlanır.  
This journal is international peer-reviewed and published 6 issues per year.

Dergimiz, herhangi bir başvuru veya yayımlama ücreti almamaktadır  
*The Journal doesn't have APC or any submission charges.*

**Derginin Eski Adı/Previous Name of Journal**  
KSU Fen ve Mühendislik Dergisi  
KSU Journal of Science and Engineering  
KSU Doğa Bilimleri Dergisi  
KSU Journal of Natural Science  
**Derginin Eski ISSN Numarası/Previous ISSN Number**  
1301-2053

Cilt-Volume **27**

Sayı-Number **2**

Yıl-Year **2024**



# KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

## TARIM ve DOĞA DERGİSİ

### Sahibi/ Owner

Prof. Dr. Alptekin YASIM  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Rektörü

### Editörler / Editors

[Prof.Dr. Ali KAYGISIZ](#) (Baş Editör/Editor in Chief)  
KSÜ Ziraat Fak. Zootečni Böl.  
dogabilimleri@ksu.edu.tr

[Prof.Dr. İ. Ersin AKINCI](#)  
KSÜ Ziraat Fak.  
Bahçe Bitkileri Böl.  
akinci.ie@ksu.edu.tr

[Prof.Dr. İsmail AKYOL](#)  
Ankara Üniv. Ziraat Fak.  
Zootečni Böl.  
ismail.akyol@ankara.edu.tr

[Prof.Dr. Burhan ARSLAN](#)  
Tekirdağ Namık Kemal Üniv.  
Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl.  
barslan@nku.edu.tr

[Doç.Dr. Ali CAYLI](#)  
KSÜ Türkoğlu MYO  
alicayli@ksu.edu.tr

[Prof.Dr. Kerim Mesut ÇİMRİN](#)  
Hatay Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fak.  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl.  
mcimrin@mku.edu.tr

[Doç.Dr. Mustafa KÜSEK](#)  
KSÜ Ziraat Fak.  
Bitki Koruma Böl.  
mkusek@ksu.edu.tr

[Doç.Dr. Ahmet Levent İNANC](#)  
KSÜ Mühendislik-Mimarlık Fak.  
Gıda Müh.Böl.  
linanc@ksu.edu.tr

### İngilizce Editörü/English Editor

[Dr. Öğr. Üyesi Turhan YILMAZ](#)

### İstatistik Editörü/Statistics Editor

[Prof. Dr. Ömer AKBULUT](#)  
Giresun Üniv. Fen Bilimleri Ens.  
omer.akbulut@giresun.edu.tr

[Dr. Öğr. Üyesi Rabia ALBAYRAK DELİALİOĞLU](#)  
A.Ü Ziraat Fak. Zootečni Böl.  
ralbayrak@ankara.edu.tr

[Doç.Dr. Senol CELİK](#)  
Bingöl Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl.  
senolcelik@bingol.edu.tr

[Prof.Dr. Hikmet ORHAN](#)  
SDÜ Tıp Fak. Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim ABD  
hikmetorhan@sdu.edu.tr

### Alan Editörü/Associate Editor

[Prof. Dr. Ömer AKBULUT](#)  
Giresun Üniv. Fen Bilimleri Ens.  
omer.akbulut@giresun.edu.tr

[Doç.Dr. Tugay AYASAN](#)  
Osmaniye Korkut Ata Üniv. Kadırlı Uygulamalı  
Bilimler Fak.  
tavasan@hotmail.com

[Doc. Dr. Kadyrbai CHEKIROV](#)  
Kyrgyz-Turkish Manas University  
Faculty of Sciences  
kadyr.chekirov@manas.edu.kg

[Doc.Dr. Köksal KARADAS](#)  
İğdır Üniv. Ziraat Fak.  
Tarım Ekonomisi Böl.  
kkaradas2002@gmail.com

[Doc. Dr. Oğuz Ayhan KİRECCİ](#)  
Bitlis Eren Üniv. Hizan MYO  
kireccioguzayhan@gmail.com

[Prof. Dr. Murat KÜTÜK](#)  
Gaziantep Üniv. Fen-Edebiyat  
Fak. Biyoloji Böl.  
mkutuk@gantep.edu.tr

[Prof. Dr. Ayşe Dilek ÖZSAHİN](#)  
Bitlis Eren Üniv. Fen-Edebiyat Fak.  
molekuler@gmail.com

[Prof. Dr. Selami SELVİ](#)  
Balıkesir Üniv. Altınoluk MYO  
Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Pr  
sselvi@balikesir.edu.tr

[Doç.Dr. Parisa LOTFOLLAHI](#)  
Azərbaycan Şahid Mədani Üniv.  
prslotfollahy@yahoo.com

[Doc. Dr. Nuran TAPKI](#)  
Hatay MKÜ Ziraat Fak.  
ntapki@mku.edu.tr

[Doç. Dr. Mustafa Abdullah YILMAZ](#)  
Dicle Üniv. Eczacılık Fak. Böl.  
mustafaabdullahyilmaz@gmail.com



# KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

## TARIM ve DOĞA DERGİSİ

### Uluslararası Danışmanlar Kurulu (International Advisory Board)

Doç. Dr. Khairulmazmi AHMAD Putra University, MALAYSIA	Prof. Dr. Larisa CAÏSİN State Agrarian University, MOLDOVA	Prof. Dr. Mohammed H. Abu-DİEYEH Qatar University, QATAR
Assist. Prof. Dr. Eslam FAID-ALLAH Minoufiya University, EGYPT	Prof. Dr. Wayne GARDNER The University of Georgia, USA	Prof. Dr. Stanislaw HURUK Jan Kochanowski Univ. POLAND
Prof. Dr. Khalid JAVED University of Veterinary and Animal Sciences, PAKİSTAN	Prof. Dr. A Salah KHATTAB Tanta University, EGYPT	Prof. Dr. K Mahmood KHAWAR Ankara Üniversitesi, ANKARA
Dr. Ram Prasad MAINALI National Agriculture Genetic Resources Center, NEPAL	Prof. Dr. Alisa PİRLOG State Agrarian University, MOLDOVA	Assist. Prof. Dr. Mehdi RAHİMİ Graduate University of Advanced Technology, İRAN
Dr. Ahmad K. SALAMA Autonomous University of Barcelona, SPAIN	Dr. Vivekanandarajah SARAVANAN KnowledgeLink Group, Inc., SRI LANKA	Prof. Dr. Vytautas TAMUTIS Uniwersytet Aleksandra, LITVANIA
Prof. Dr. Muhammed Masood TARIQ Balochistan University, PAKİSTAN	Dr. Thobela Louis TYASI University of Limpopo Polokwane, SOUTH AFRICA	Prof. Dr. Abdulmojeed YAKUBU Nasarawa State University, NIGERIA
Doç. Dr. Daniel ZABORSKI West Pomeranian University of Technology, POLAND	Prof. Dr. Navid GHAVİ HOSEİN-ZADEH University of Guilan, Rasht, IRAN	Prof. Dr. Jose Cola ZANUNCIO Federal Univ. of Vicosa, BRAZIL

### Ulusal Danışmanlar Kurulu (Advisory Board)

Doç. Dr. Tugay AYAŞAN Korkutata Üniversitesi OSMANİYE	Prof. Dr. Fikri BALTA Ordu Üniv. ORDU	Prof. Dr. Levent BAT Sinop Üniv. SİNOP
Prof. Dr. H. Murat BÜYÜKÇAPAR Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv. KAHRAMANMARAŞ	Prof. Dr. Mahfuz ELMASTAŞ Sağlık Bilimleri Üniv. İSTANBUL	Prof. Dr. İlhami GÜLÇİN Atatürk Üniv. ERZURUM
Prof. Dr. Rüştü HATİPOĞLU Kırşehir Ahi Evran Üniv. KIRŞEHİR	Prof. Dr. Murat KÜTÜK Gaziantep Üniv. GAZİANTEP	Prof. Dr. Ramazan MERAL Bilecik Şeyh Edebali Üniv. BİLECİK
Prof. Dr. Yeşim Yalçın MENDİ, Çukurova Üniversitesi, ADANA	Prof. Dr. Fatih SATIL Balıkesir Üniv. Balıkesir	Prof. Dr. Hüseyin SÜZEK Muğla Sıtkı Koçman Üniv. MUĞLA
Prof. Dr. Nazım ŞEKEROLU Gaziantep Üniv. GAZİANTEP	Prof. Dr. İbrahim YILMAZ Akdeniz Üniv. ANTALYA	Prof. Dr. Kadir YILMAZ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv. KAHRAMANMARAŞ



# KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

## TARIM ve DOĞA DERGİSİ

### İÇİNDEKİLER

#### ARAŞTIRMA MAKALESİ - RESEARCH ARTICLE

- A Biochemical Study on the Development of *Actinidia deliciosa* Callus by Combinations of Naphthalene Acetic Acid, 6-Benzylaminopurine and Indole-3-Butyric Acid** 249-260  
Naftalin Asetik Asit, 6-Benzilaminopürin ve İndol-3-Bütirik Asit Kombinasyonlarının *Actinidia deliciosa* Kallus Gelişimi Üzerine Biyokimyasal Bir Araştırma  
Aykut TOPDEMİR, Tuba OKUTAN, Görkem KIRMIZIKAYA, Ökkeş YILMAZ
- In vitro Antimicrobial Activity, Antioxidant Activity and Synergistic/Antagonistic Effect of *Arum maculatum* L. in Mersin Province, Turkey** 261-272  
*Arum maculatum* L.'nin in vitro Antimikrobiyal Aktivitesi, Antioksidan Aktivitesi ve Sinerjistik/Antagonistik Etkisi  
Mürüvvet DÜZ
- Seasonal Gene Profiling in Tuz Lake with Regard to Biogeochemical Cycling** 273-284  
Biyojeokimyasal Döngüyle İlişkili Tuz Gölü'ndeki Mevsimsel Gen Profili  
Suzan SAHİN DOĞAN, Aytaç KOCABAŞ
- Green Synthesis and Antibiofilm Activity of Silver Nanoparticles by *Camellia sinensis* L. (White Tea Leaf)** 285-292  
*Camellia sinensis* L. (Beyaz Çay Yaprağı) ile Gümüş Nanopartiküllerin Yeşil Sentezi ve Antibiyofilm Aktivitesi  
Nurcihan HACIOĞLU, İlke KARAKAŞ, Bahri Emirhan ÖZDEMİR
- Investigation of Cytotoxic, Antimetastatic and Apoptotic Activities of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Extracts: Comparison with MCF-7 and MCF-12A Cells** 293-303  
Yer Elması (*Helianthus tuberosus* L.) Ekstraktlarının Sitotoksik, Antimetastatik ve Apoptotik Aktivitelerinin Araştırılması: MCF-7 ve MCF-12A Hücrelerinin Karşılaştırılması  
Fadime BEYAZYÜZ, Emine ARSLAN, Gozde KOYGUN
- Investigation of Genotoxic and Development Effects of Tetramethrin on *Drosophila melanogaster*** 304-315  
Tetramethrin'in *Drosophila melanogaster*'de Genotoksik ve Gelişim Üzerine Etkilerinin Araştırılması  
Burcin YALCİN, Merve GÜNEŞ, Ayşen Yağmur KURŞUN, Ghada TAGORTİ, Ezgi GOLAL  
Bülent KAYA
- Investigation of the Genotoxic Effect of Fluoxetine Hydrochloride in *Drosophila melanogaster*** 316-324  
Fluoksetin Hidroklorür'ün Genotoksik Etkisinin *Drosophila melanogaster*'de Araştırılması  
Selda ÖZ, Zeynep Nur SARIKAYA, Özüm LARÇIN, Rabia SARIKAYA
- A New Gigantic *Vicia* (Perennial Wild Vetch) (Fabaceae) Taxon From Eastern Anatolia, Türkiye** 325-332  
Doğu Anadolu (Türkiye)'dan Yeni Bir İri *Vicia* (Çok Yıllık Yabani Fiğ) (Fabaceae) Taksonu  
Lütfi BEHÇET, İbrahim Halil GÜLBASAN
- Morphological and Molecular Characterization of Garlic (*Allium sativum* L.) Genotypes Growing in Altınözü District** 333-343  
Altınözü İlçesinde Yetiştirilen Sarımsak (*Allium sativum* L.) Genotiplerinin Morfolojik ve Moleküler Karakterizasyonu  
Faika YARALI KARAKAN, Ayhan KILIÇ, Berna ERGUN ÇETİN



# KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

## TARIM ve DOĞA DERGİSİ

- Rapid Bioassay for Detection of Insecticide Resistance in *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) 344-350  
*Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) Insektisit Direncini Tanımlamada Hızlı Biyoasay Metodu  
Selçuk ULUSOY
- Theoretical Progeny and Population Monitoring Studies of the Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae) 351-361  
Patates böceği *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae)'nin Popülasyon Takibi ve Teorik Döl Sayısının Belirlenmesi  
Sedat AKÇIN, Gülay KAÇAR
- The Possible Role of Bird Migrations on Introduction and Spread of Invasive Alien Plants: A Case Study, *Solanum elaeagnifolium* Cav. 362-376  
İstilacı Yabancı Bitkilerin Girişi ve Yayılmasında Kuş Göçlerinin Muhtemel Rolü: Bir Durum Tespiti, *Solanum elaeagnifolium* Cav.  
Ahmet ULUDAG, İlhan ÜREMİŞ, Ayşegül İLİKER KOZBAŞ, Soner SOYLU,  
Lerzan BAKIRCIOĞLU ERKİLİÇ, Ahmet İLÇİM
- Insect Pests on Berries of *Juniperus excelsa* M. Bieb and Their Natural Enemies in Kütahya 377-381  
Kütahya İlinde Boylu Ardeş (Juniperus excelsa M. Bieb) Meyvelerinde Zarar Yapan Böcek Türleri ve Doğal Düşmanları  
Erdal ZENGİN
- Evaluation of The Use of Plant Protection Products in Türkiye and in The World and Recommendations 382-392  
Türkiye'de ve Dünya'da Bitki Koruma Ürünlerinin Kullanımının Değerlendirilmesi ve Öneriler  
Cem ERDOĞAN
- A Study on Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) Fauna of Yavşan Plateau Nature Park (Kahramanmaraş-Türkiye) 393-406  
Yavşan Yaylası Tabiat Parkı (Kahramanmaraş-Türkiye) Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) Faunası Üzerine Bir Araştırma  
Elif MERCAN, Sakine Serap AVGIN, Merve BALIK AKPINAR
- New Data on the Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) Fauna of Bozdağ at Eskişehir in Central Anatolia Region 407-416  
İç Anadolu Bölgesi Eskişehir İli Bozdağ'ın Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) Faunasına Üzerine Yeni Veriler  
Mehmet GÜLMEZ, Yakup ŞENYÜZ
- The Effect of Different Harvest Times on Phenolic Content and Antioxidant Activity in Some Microgreens 417-422  
Farklı Hasat Zamanlarının Bazı Mikroyesilliklerin Fenolik İçerik ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi  
Sıla BARUT GÖK, Fatma ÖZDÜVEN, Funda ERYILMAZ AÇIKGÖZ
- Amino Acid Profile of *Rhus coriaria* L. (Sumac) Grown in Different Regions 423-429  
Farklı Bölgelerde Yetişen *Rhus coriaria* L.'nin (Sumak) Amino Asit Profili  
Haval ALI, Dursun ÖZER, Fikret KARATAŞ, Sinan SAYDAM



# KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

## TARIM ve DOĞA DERGİSİ

- Determining Consumers' Willingness to Pay According to Sensory Attributes of Erzurum Stuffed-Kadayif with Protected Geographical Indication** 430-442  
Tüketicilerin Mahreç İşaretli Erzurum Kadayıf Dolması Duyusal Niteliklerine Göre Ödeme İstekliliğinin Belirlenmesi  
Yavuz TOPCU, Tuba GÜLER
- Comparison of Predictive Performance of Data Mining Algorithms in Predicting Tomato Yield with the A Case Study in Iğdır** 443-452  
Farklı Veri Madenciliği Algoritmalarının Domates Verimindeki Tahmin Performanslarının Karşılaştırılması: Iğdır İli Örneği  
Köksal KARADAŞ, Osman Doğan BULUT
- Economic Analysis of Palm Kernel Nut Processing: Evidence from Ogun State, Southwestern Nigeria** 453-459  
Kazeem ABOABA, Oyeyode OBALOLA, Dare AKERELE, Samson Oluwaseyi AFOLAYAN
- Analysis of Factors Affecting Dairy Farms' Animal Life Insurance: A Case Study Van Province** 460-468  
Süt Sığırçılığı İşletmelerinin Hayvan Hayat Sigortası Yaptırmalarına Etki Eden Faktörlerin Analizi: Van İli Örneği  
Mustafa TERİN, Melike CEYLAN, Kenan ÇİFTÇİ, İbrahim YILDIRIM
- Freshwater Malacofauna and Distribution of Trabzon, Türkiye** 469-477  
Trabzon'un Tatlı Su Malakofaunası ve Dağılımı, Türkiye  
Cemil KARA, Nuri BOZALI, Mustafa Emre GÜRLEK
- Determination of Milk Components of Cows and Effective Factors in Some Dairy Cattle Farms in Etimesgut district of Ankara** 478-488  
Ankara Etimesgut'daki Bazı Süt Sığırını İşletmelerindeki İneklerin Süt Bileşenlerinin ve Bunlara Etkili Faktörlerin Belirlenmesi  
Büyüamin DAĞ, Ugur ZULKADİR
- Comparison of Some Biochemical Parameters and Somatic Cell Count in The Different Period of Lactation From Goats of Different Breed** 489-499  
Farklı İrk Keçilerden Laktasyonun Farklı Dönemlerinde Alınan Sütlerin Bazı Biyokimyasal Parametreler ve Somatik Hücre Sayısı Bakımından Karşılaştırılması  
Sinan BAŞ, Ali KAYGISIZ, Hatice KAHVECİ



# KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

## TARIM ve DOĞA DERGİSİ

### HAKEMLER/Referees\*

Dr. Öğr.Üyesi	Hande Işıl AKBAÇ	Çanakkale Onsekiz Mart Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Çanakkale
Prof. Dr.	İzzet AKÇA	Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Samsun
Prof. Dr.	Muhammet Mustafa AKINER	Recep Tayyip Erdoğan Üniv. Fen Edebiyat Fak. Biyoloji Böl. Rize
Dr. Öğr.Üyesi	Rabia ALBAYRAK DELİALİOĞLU	Ankara Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Ankara
Prof. Dr.	Sinan ANLAŞ	Manisa Celâl Bayar Üniv. Alaşehir MYO Manisa
Dr. Öğr.Üyesi	Emine AŞKAN	Iğdır Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Iğdır
Prof. Dr.	Ebru ATAŞLAR	Eskişehir Osmangazi Üniv. Fen Fak. Biyoloji Böl. Eskişehir
Prof. Dr.	Mustafa AVCI	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniv. Orman Fak. Orman Mühendisliği Böl. Isparta
Dr.	Fatma AYDOĞMUŞ-ÖZTÜRK	Muğla Sıtkı Koçman Üniv. Köyceğiz MYO Bitkisel ve Hayvansal Ür. Böl. Muğla
Doç. Dr.	İbrahim AYTEKİN	Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Konya
Doç. Dr.	Mehmet Fırat BARAN	Batman Üniv. Teknik Bilimler MYO Gıda İşleme Böl. Batman
Doç. Dr.	Mehmet Fırat BARAN	Batman Üniv. Teknik Bilimler MYO Gıda İşleme Böl. Batman
Prof. Dr.	Özlem BARIŞ	Atatürk Üniv. Fen Fak. Biyoloji Böl. Erzurum
Prof. Dr.	Sinan BAŞ	Ordu Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Ordu
Prof. Dr.	Korkmaz BELLİTÜRK	Tekirdağ Namık Kemal Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bil. ve Bitki Bes. Böl. Tekirdağ
Prof. Dr.	Seda BEYAZ	Balıkesir Üniv. Fen Edebiyat Fak. Kimya Böl.
Prof. Dr.	Serdar BİLEN	Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl. Erzurum
Prof. Dr.	Serdar BİLEN	Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl. Erzurum
Prof. Dr.	Avni BİRİNCİ	Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Erzurum
Prof. Dr.	Ender BÜYÜKGÜZEL	Zonguldak BEÜ Fen Fak. Moleküler Biyoloji ve Genetik Böl. Zonguldak
Dr. Öğr.Üyesi	Arzu COŞKUNTUNA	Tekirdağ Namık Kemal Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Tekirdağ
Prof. Dr.	Ali COŞKAN	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bil. ve Bitki Bes. Böl. Isparta
Dr. Öğr.Üyesi	Nevin ÇANKAYA	Uşak Üniv. Sağlık Hizmetleri MYO Uşak
Prof. Dr.	Yusuf ÇELİK	Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Konya
Prof. Dr.	Emine ÇIKMAN	Harran Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Şanlıurfa
Prof. Dr.	Vedat DAĞDEMİR	Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Erzurum
Doç. Dr.	Ersin DEMİR	Düzce Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Biyoteknoloji Böl. Düzce
Doç. Dr.	Tuğba DEMİR	Sivas Cumhuriyet Üniv. Veteriner Fak. Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Böl. Sivas
Doç. Dr.	Abdulahad DOĞAN	Van Yüzüncü Yıl Üniv. Eczacılık Fak. Temel Eczacılık Bilimleri Böl. Van
Prof. Dr.	M. Nedim DOĞAN	Aydın Adnan Menderes Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Aydın
Dr. Öğr.Üyesi	Fatma Nur ELMA	Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Konya
Dr. Öğr.Üyesi	Cem ERDOĞAN	Başkent Üniv. Fen Edebiyat Fak. Moleküler Biyoloji ve Genetik Böl. Ankara
Prof. Dr.	Funda ERYILMAZ AÇIKGÖZ	Tekirdağ Namık Kemal Üniv. Teknik Bilimler MYO. Tekirdağ
Dr. Öğr.Üyesi	Selçuk GÖÇMEZ	Aydın Adnan Menderes Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Bes. Böl. Aydın

\* Soyada göre sıralanmıştır.





# KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

## TARIM ve DOĞA DERGİSİ

- Doç. Dr. Zehra GÖKÇE  
Doç. Dr. Temel GÖKTÜRK  
Dr. Öğr.Üyesi Gülşen GÜÇLÜ  
Prof. Dr. Sabri GÜL  
Prof. Dr. Burçin Aşkın GÜMÜŞ  
Dr. Öğr.Üyesi Senem GÜNER  
Prof. Dr. Adem GÜNEŞ  
Prof. Dr. Aytekin GÜNLÜ  
Prof. Dr. İsmail GÜVENÇ  
Dr. Öğr.Üyesi Abdussamat GÜZEL  
Dr. Öğr.Üyesi Abdussamat GÜZEL  
Prof. Dr. Ergin HAMZAOĞLU  
Prof. Dr. Ahmet İlçim  
Prof. Dr. İsmail KARACA  
Dr. Öğr.Üyesi Murat KARACA  
Prof. Dr. A. Alev KARAGÖZLER  
Doç. Dr. Süleyman KARAMAN  
Dr. Öğr.Üyesi Elife KAYA  
Prof. Dr. Osman KILIÇ  
Prof. Dr. Atakan KOÇ  
Prof. Dr. Safiye Elif KORCAN  
Doç. Dr. Banu KUTLU  
Prof. Dr. Murat KÜTÜK  
Prof. Dr. Asko Tapio LEHTİJARVİ  
Doç. Dr. Mehmet MAMAY  
Prof. Dr. Yavuz MAZLUM  
Prof. Dr. Deniz Anıl ODABAŞI  
Doç. Dr. Damla ÖZSAYIN  
Doç. Dr. Işıl ÖZDEMİR  
Prof. Dr. Emin ÖZKÖSE  
Dr. Öğr.Üyesi Gonca SAKİN  
Dr. Öğr.Üyesi Muhammet Hanifi SELVİ  
Prof. Dr. Mehmet İhsan SOYSAL  
Dr. Öğr.Üyesi Onur ŞAHİN  
Doç. Dr. Meryem Şenay ŞENGÜL  
Prof. Dr. Ahmet Zafer TEL  
Prof. Dr. Ahmet Zafer TEL
- Kilis 7 Aralık Üniv. Yusuf Şerefoğlu Sağlık Bilimleri Fak. Kilis  
Artvin Çoruh Üniv. Orman Fak. Orman Mühendisliği Böl. Artvin  
Sivas Cumhuriyet Üniv. Sağlık Hizmetleri MYO Sağlık Programları Böl. Sivas  
Hatay Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Hatay  
Gazi Üniv. Fen Fak. Biyoloji Böl. Ankara  
Aydın Adnan Menderes Üniv. Mühendislik Fak. Gıda Mühendisliği Böl. Aydın  
Erciyes Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl. Kayseri  
Selçuk Üniv. Veteriner Fak. Zootečni ve Hayvan Besleme Böl. Konya  
KSÜ Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Kahramanmaraş  
İnönü Üniv. Sağlık Hizmetleri MYO Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Böl. Malatya  
İnönü Üniv. Sağlık Hizmetleri MYO Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Böl. Malatya  
Gazi Üniv. Gazi Eğitim Fak. Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Böl. Ankara  
Hatay Mustafa Kemal Üniv. Fen-Edebiyat Fak. Biyoloji Böl. Hatay  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Isparta  
Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Konya  
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen-Edebiyat Fak. Kimya Böl. Aydın  
Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Antalya  
KSÜ Teknik Bilimler MYO Gıda İşleme Böl. Kahramanmaraş  
Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Samsun  
Aydın Adnan Menderes Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Aydın  
Uşak Üniv. Sağlık Hizmetleri MYO Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Böl. Uşak  
Munzur Üniv. Su Ürünleri Fak. Su Ürünleri Temel Bilimleri Böl. Tunceli  
Gaziantep Üniv. Fen Edebiyat Fak. Biyoloji Böl. Gaziantep  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniv. Sütçüler Prof.Dr.Hasan Gürbüz MYO Isparta  
Harran Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Şanlıurfa  
İskenderun Teknik Üniv. Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fak. Hatay  
ÇOMÜ Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fak. Su Ürünleri Temel Bil. Böl. Çanakkale  
ÇÖMÜ Gökçeada Uygulamalı Bilimler YO Organik Tarım İşlet. Böl. Çanakkale  
Kocaeli Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl.  
KSÜ Ziraat Fak. Zootečni Böl. Kahramanmaraş  
Balıkesir Üniv. Edremit MYO /Bitkisel ve Hayvansal Üretim Böl. Balıkesir  
Necmettin Erbakan Üniv. Veteriner Fak. Zootečni ve Hayvan Besleme Böl. Ereğli  
Tekirdağ Namık Kemal Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Tekirdağ  
Muş Alparslan Üniv. Uygulamalı Bilimler Fak. Muş  
Tokat Gaziosmanpaşa Üniv. Fen-Edebiyat Fak. Tokat  
İğdır Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Biyoteknoloji Böl. İğdır  
İğdır Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Biyoteknoloji Böl. İğdır



# KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

## TARIM ve DOĞA DERGİSİ

Prof. Dr. Serdar TEZCAN

Prof. Dr. Tolga TİPİ

Prof. Dr. Azize TOPER KAYGIN

Doç. Dr. Cemil TÖLÜ

Prof. Dr. Nihat TURSUN

Doç. Dr. Mehmet TUZCU

Prof. Dr. Naci TÜZEMEN

Prof. Dr. Yavuz TOPCU

Prof. Dr. Handan UYSAL

Prof. Dr. Hasan VURAL

Doç. Dr. Abdurrahim YILMAZ

Doç. Dr. İsa YILMAZ

Doç. Dr. Onur YILMAZ

Prof. Dr. Zehranur YUKSEKDAG

Prof. Dr. Uğur ZÜLKADİR

E. Ü. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Bornova, İzmir

Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Bursa

Bartın Üniv. Bartın Orman Fak. Orman Mühendisliği Böl. Bartın

Çanakkale Onsekiz Mart Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Çanakkale

Malatya Turgut Özal Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Malatya

Fırat Üniv. Fen Fak. Biyoloji Böl. Elazığ

Kastamonu Üniv. Mühendislik ve Mimarlık Fak. Kastamonu

Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Erzurum

Atatürk Üniv. Fen Fak. Biyoloji Böl. Erzurum

Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Bursa

Bolu Abant İzzet Baysal Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Bolu

Muş Alparslan Üniv. Uygulamalı Bilimler Fak. Muş

Aydın Adnan Menderes Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Aydın

Gazi Üniv. Fen Fak. Biyoloji Böl.

Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Konya

## Naftalin Asetik Asit, 6-Benzilaminopürin ve İndol-3-Bütirik Asit Kombinasyonlarının *Actinidia deliciosa* Kallus Gelişimi Üzerine Biyokimyasal Bir Araştırma

Aykut TOPDEMİR<sup>1</sup>, Tuba OKUTAN<sup>2,4</sup>, Görkem KIRMIZIKAYA<sup>3</sup>, Ökkeş YILMAZ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, Elazığ <sup>2,3,4</sup>Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Elazığ

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-9112-4767>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-8745-0343>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0001-8516-4933>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0002-8276-4498>

✉: tokutan@firat.edu.tr

### ÖZET

Bu çalışmada oksin türevi olan naftalin asetik asit (NAA), sitokinin türevi 6-Benzilaminopürin (BAP) ile indol-3-butirik asit (IBA)'in farklı konsantrasyonları ve kombinasyonları kivi bitkisinin (*Actinidia deliciosa*) kotiledon eksplantlarına uygulandı. Kallus hücrelerinin fenolik bileşik, antioksidan aktivite, yağ asidi bileşimi ve lipofilik molekül içerikleri incelendi. Kültür ortamında yetiştirilen *Actinidia deliciosa* sürgünleri 5 santimetreye ulaşınca kotiledonları eksplant kaynağı olarak kullanıldı. Farklı doz ve kombinasyonlarda bitki büyüme düzenleyicileri (BBD) içeren kültür ortamlarında kallus indüksiyonu sağlandı. Kalluslar ile yapılan analiz sonuçlarına göre total fenolik içeriği 0.5 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1 mg L<sup>-1</sup> BAP + 0.5 mg L<sup>-1</sup> IBA kombinasyonu içeren F grubunda kontrol grubuna göre azaldığı halde (p<0.05), diğer gruplarda belirgin düzeyde yüksek bulundu (p<0.001). DPPH ve ABTS antioksidan kapasite değerleri NAA ve BAP kombinasyonu verilen gruplarda yüksek olduğu halde, NAA+BAP+IBA kombinasyonun bulunduğu gruplarda düşük olduğu belirlendi. Antioksidan etkili lipofilik moleküllerden  $\alpha$ -tokoferol düzeyi farklı konsantrasyon uygulanan NAA ve BAP gruplarında yüksek (p<0.001), farklı konsantrasyon kullanılan NAA ile BAP ve NAA+BAP+IBA kombinasyon gruplarında ise azaldığı saptandı (p<0.001). Ergosterol, stigmasterol ve betasitosterol gibi fitosterol düzeylerinin bitki büyüme düzenleyicilerinin (BBD) uygulandığı kombinasyon gruplarında farklı oranlarda azaldığı gözlemlendi. Yağ asidi kombinasyonu içinde kontrol grubuna göre BBD gruplarının çoğunda palmitik asit oranı arttığı halde (p<0.01), bazı BBD gruplarında istatistik farklılık bulunmadı. BBD'nin farklı kombinasyonlarının verildiği grupların yağ asidi bileşimi içinde palmitoleik, stearik ve linoleik asit oranlarında azalma gözlenirken, linolenik asit oranlarında yükselme belirlendi (p<0.05, p<0.01, p<0.001). Sonuç olarak kivi bitkisinin kallus oluşumu üzerinde farklı oranlarda kullanılan oksin ve sitokinin türevlerinin kallus dokusunun biyokimyasal metabolitleri üzerinde farklı etkilere sahip olduğu belirlendi.

## A Biochemical Study on the Development of *Actinidia deliciosa* Callus by Combinations of Naphthalene Acetic Acid, 6-Benzylaminopurine and Indole-3-Butyric Acid

### ABSTRACT

In this study, different concentrations and combinations of auxin derivative naphthalene acetic acid (NAA), cytokinin derivative 6-Benzylaminopurine (BAP) and indole-3-butyric acid (IBA) were applied to cotyledon explants of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). Phenolic compound, antioxidant activity, fatty acid composition and lipophilic molecule contents of callus cells were investigated. When the shoots of *Actinidia deliciosa* grown in a culture medium reached 5 cm, their cotyledons were used as explant source. Callus induction was achieved in culture media containing plant growth regulators (BBD) in different doses and combinations. According to the results of the analysis made with calli, the total phenolic content of the F group containing 0.5 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1 mg L<sup>-1</sup> BAP + 0.5 mg L<sup>-1</sup> IBA combination was decreased

### Biyokimya

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 05.05.2023

Kabul Tarihi : 28.09.2023

### Anahtar Kelimeler

*Actinidia deliciosa*

Mikroçoğaltım

Total fenolikler

DPPH

Yağ asidi bileşimi

### Biochemistry

### Research Article

### Article History

Received : 05.05.2023

Accepted : 28.09.2023

### Keywords

*Actinidia deliciosa*

Micropropagation

Total phenolics

DPPH

Fatty acid composition

compared to the control group ( $p<0.05$ ), but it was significantly higher in the other groups. ( $p<0.001$ ). Although DPPH and ABTS antioxidant capacity values were higher in the groups given NAA and BAP combination, it was determined that they were lower in the groups with NAA+BAP+IBA combination. The level of  $\alpha$ -tocopherol, an antioxidant-effective lipophilic molecule, was higher in NAA and BAP groups applied at different concentrations ( $p<0.001$ ), but decreased in NAA and BAP and NAA+BAP+IBA combination groups used in different concentrations ( $p<0.001$ ). It was observed that phytosterol levels such as ergosterol, stigmasterol and betasitosterol decreased at different rates in the combination groups in which plant growth regulators (BBD) were applied. Although the palmitic acid ratio increased in most of the BBD groups compared to the control group in the fatty acid combination ( $p<0.01$ ), no statistical difference was found in some BBD groups. While a decrease was observed in palmitoleic, stearic and linoleic acid ratios in the fatty acid composition of the groups in which different combinations of BBD were given, an increase was observed in linolenic acid ratios ( $p<0.05$ ,  $p<0.01$ ,  $p<0.001$ ). As a result, it was determined that the auxin and cytokinin derivatives used at different rates on the callus formation of the kiwi plant had different effects on the biochemical metabolites of the callus tissue.

- Atıf Şekli:** Topdemir, A., Okutan, T., Kırmızııkaya, G & Yılmaz, Ö (2024) Naftalin Asetik Asit, 6-Benzilaminopürin ve İndol-3-Bütirik Asit Kombinasyonlarının *Actinidia deliciosa* Kallus Gelişimi Üzerine Biyokimyasal Bir Araştırma. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(2), 249-260. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1281016>
- To Cite :** Topdemir, A., Okutan, T., Kırmızııkaya, G & Yılmaz, Ö (2024). A Biochemical Study on the Development of *Actinidia deliciosa* Callus by Combinations of Naphthalene Acetic Acid, 6-Benzylaminopurine and Indole-3-Butyric Acid. *KSU J. Agric Nat* 27(2), 249-260. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1281016>

## GİRİŞ

*Actinidia deliciosa* anavatanı Orta ve Güney Çin olan, küresel öneme sahip ticari bir bitkidir (Wang ve ark., 2021; Guo ve ark., 2017). *A. deliciosa* içeriğindeki biyoaktif bileşen çeşitliliği sebebiyle insanlar için oldukça yararlı olduğu tespit edilmiştir (Giangrieco ve ark., 2016). *A. deliciosa* içeriğinde, flavonol ve flavanon bileşenlerinin mevcut olduğu belirtilmiştir (Pinelli ve ark., 2013). Bu flavonoid bileşiklerin antioksidan özellikte olup patojenik organizmalara karşı etkili mantar önleyici maddeler olduğu bildirilmiştir (Mohamed & Suresh, 2020). Adaptasyon yeteneği yüksek olan *A. deliciosa* bitkisi farklı ekolojik şartlarda yetiştirilebilmektedir (Ekşi & Özen, 2012). Ancak büyük ölçekli, hızlı, ekonomik ve kolay fidan üretimi için doku kültürü teknikleri ile mikro çoğaltım önerilmektedir (Kumar & Sharma, 2002). Verimi yüksek bitki üretiminin yanı sıra, sekonder metabolitlerin üretiminde de bitki hücre ve doku kültürü yöntemleri kullanılmaktadır (Rout ve ark., 2000; Verpoorte ve ark., 2007; Shinde ve ark., 2010). Doku kültürü uygulamalarında, besi yeri içerisindeki bitki büyüme düzenleyicilerinin oranları, büyüme ve morfogenezin kontrolü için kritik öneme sahiptir. Genellikle yüksek oksin düşük sitokinin oranı, hızlı hücre çoğalması ve kallus oluşumunu teşvik etmektedir (Chawala & Wenzel, 1987). Oksin veya sitokininin çeşidi, konsantrasyonu veya oksin/sitokinin oranı, kültüre alınmış bitki hücrelerinde gelişme ve ürün biçiminde önemli

derecede değişikliklere neden olur (Mantell & Smith, 1983). NAA ve IBA konsantrasyonlarının değiştirilmesiyle bazı bitki kültürlerinde sekonder metabolit üretiminin arttığı gözlenmiştir (Vasil & Schell, 1984). Sitokininlerin etkisi metabolitin tipine ve incelenen türlere göre çeşitlilik gösterir. Bazı bitki türlerinde sekonder metabolit üretimini artırırken bazı bitki kültürlerinde sekonder metabolit üretimini inhibe etmektedir (Mok ve ark., 1976). Alkaloidler, saponinler, karotenoidler, antosiyaninler, polifenoller gibi bir dizi kimyasal bileşik, bitki hücre ve doku kültürlerinde sentezlenip, biriktirilirlir (Mulabagal & Tsay, 2004; Yeşil-Çelikaş ve ark., 2007; Shinde ve ark., 2010). Bunlar arasında polifenoller dejeneratif ve yaşlanmayla ilgili birçok hastalıktaki rolleri nedeniyle son yıllarda dikkat çekmiş ve birçok çalışmaya konu olmuştur. (Brewer, 2011; Prochazkova ve ark., 2011). Polifenoller farklı *in vitro* ortamlarda güçlü antioksidan aktivite sergileyerek çeşitli reaktif oksijenleri (ROS) süpürme yoluyla koruyucu olmuşlardır (Halliwell, 2008).

*A. deliciosa* bitkisinin sekonder metabolit içerikleri ve antioksidan kapasite tayinlerine dair çalışmalar yapılmış olsa da *in vitro* şartlarda yetiştirilmiş *A. deliciosa* bitkisinde bu çalışmalar yapılmamıştır. Bu çalışmada *A. deliciosa* bitkisinin *in vitro* şartlarda kallus kültürü oluşturmak üzere farklı bitki büyüme düzenleyicilerini farklı kombinasyonlarla optimize edip, kallus ekstraktlarının antioksidan kapasite tayinleri, total fenolik ve flavanoid değişimlerle

birlikte birtakım biyokimyasal parametrelerin araştırılması hedeflenmiştir.

## MATERYAL ve METOD

Bu araştırma Fırat Üniversitesi Bitki Doku Kültürü Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Çalışma materyali olarak olgun *A. deliciosa* meyvelerinden alınan tohumlar kullanılmıştır. 24 saat karanlık ortamda su içerisinde bekletilen tohumlar sonrasında saf suyla yıkayıp % 70' lik etil alkolde 60 saniye bekletilip % 2' lik sodyum hipoklorid çözeltisinde 15 dakika boyunca karıştırılmıştır. Yüzey sterilizasyonunun son işlemi olarak 5'er dakika arayla 3 kez steril saf sudan geçirilerek bitki büyüme düzenleyicisi içermeyen ve bitki doku kültüründe sıklıkla kullanılan Murashige Skoog (MS) besin ortamında kültüre alınmıştır. Elde edilen bitkiler eksplant kaynağı olarak kullanılmıştır.

## Kallus Oluşumu

Kültüre alınan tohumlardan oluşan sürgünler 4.

Çizelge 1. MS besiyeri içerikleri ve konsantrasyonları  
Table 1. MS medium contents and concentrations

BBD/ BESİN ORTAMLARI	Kontrol Grubu	A Grubu	B Grubu	C Grubu	D Grubu	E Grubu	F Grubu	G Grubu	H Grubu
NAA (mg L <sup>-1</sup> )	-	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25	0.5
BAP (mg L <sup>-1</sup> )	-	1	1	1.5	1.5	1	1	1.5	1.5
IBA (mg L <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	0.5	0.5	1	1

## Kallus Ekstraksiyonu

Besiyerinde yetiştirilen *A. deliciosa* kallusları pens yardımıyla dikkatli bir şekilde magentadan alınmış, kalluslar saf sudan geçirilerek besiyeri kalıntılarını uzaklaştırılmıştır. Her bir kallus örneğinden 1'er g tartılarak, 10 ml metanol ile homojenizatörde parçalanıp, santrifüj edildi. Elde edilen süpernatant kısmından DPPH, ABTS, total fenolik ve total flavonoid tayinleri yapıldı. Yağ asidi, ADEK ve sterollerin analizleri için 1 g kallus örnekleri üzerlerine 10 ml % 0.03 BHT içeren n-hekzan izopropanol karışımı eklenerek homojenize edilip, santrifüj sonrası süpernatant kısmı kullanıldı.

## Serbest Radikal (DPPH) Giderme Aktivitesi

Serbest radikal olarak 25 mg L<sup>-1</sup> 1,1 difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) metanolde çözündürülerek kullanıldı. Deney tüplerine sırasıyla DPPH çözeltisinden 4 ml ilave edilmiş, daha sonra 100 µL bitki ekstraktları ilave edilip vortekslenildi ve 30 dakika oda sıcaklığında karanlık ortamda inkübe edildi. İnkübasyon sonunda absorbansları 517 nm'de blanka karşı spektrofotometrede okundu (Brand-Williams ve ark., 1995).

Azalan şekilde değişen absorbans değerleri, geriye kalan DPPH miktarı serbest radikal giderme aktivitesi olarak belirlenmiş ve sonuçlar aşağıdaki

haftanın sonunda 5 cm'ye ulaştığında eksplant kaynağı olarak kullanıldı. Yaprak eksplantlarının kallus indüksiyonunu sağlaması için kültüre alındığı MS besiyeri ortamlarına 6-benzilaminopürin (BAP), indol-3-bütirik asit (IBA) ve naftalin asetik asit (NAA) bitki büyüme düzenleyicileri eklenmiştir (Kumlay & Ercişli, 2015). Çalışma bitki doku kültüründe yaygın kullanılan MS ortamı yapıldı (Murashige & Skoog, 1962). Besiyerleri hazırlanmasında 4.4 g L<sup>-1</sup> MS, 30 g L<sup>-1</sup> sükröz olacak şekilde tartılıp, manyetik karıştırıcı yardımıyla çözünmesi sağlandı. Çözünen besiyerleri pH değeri 5.8 şekilde ayarlanmış ve katılaşması için 6.8 g L<sup>-1</sup> plant agar eklendi. Daha sonra kültür ortamına ilave edilen bitki büyüme düzenleyicileri (BBD) konsantrasyonlarına göre 9 farklı grup oluşturuldu. Kombinasyon şeklinde besi yerlerine ilave edilen BBD grupları Çizelge 1'de gösterilmiştir. BBD içeren besiyerlerinde 5 hafta boyunca kallus indüksiyonuna bırakılan *A. deliciosa* eksplantlarının her bir kombinasyonu 3 tekrerrür olacak şekilde hazırlandı.

formüle göre hesaplanmıştır:

$$\% = [(Kontrol\ Absorbans - Örnek\ Absorbans) / Kontrol\ Absorbans \times 100]$$

## ABTS Aktivitesinin Belirlenmesi

Kallus örneklerinin ABTS• radikal süpürücü aktivite tayini için 7 mM ABTS ile 2.45 mM potasyum persülfat karıştırılarak çözelti hazırlandı. Bu çözelti 16 saat karanlık ortamda oda sıcaklığında bekletildi. ABTS ile potasyum persülfatın oksidasyonu sonucu oluşan ABTS• radikal katyonu çözeltisi 734 nm dalga boyunda absorbansı 0.70 olacak şekilde etanol ile seyreltildi. Yoğunluğu ayarlanmış ABTS• radikal katyonundan 2 ml alıp üzerine 100 µL ekstrakt solüsyonu ekleyerek 15 dk karanlıkta bekletildi. Hazırlanan örneklerin absorbansları 734 nm dalga boyunda ölçüldü. Ekstraktların ortamdaki ABTS radikallerinin ne kadarını yok ettiği aşağıdaki formül ile hesaplandı.

$$\% ABTS\ Yok\ Etme\ Aktivitesi = [(A_0 - A_1) / A_0] \times 100$$

A<sub>0</sub> kontrolün absorbansı

A<sub>1</sub> örneklerin absorbansı olacak şekilde denklem kurulmuştur (Pellegrini ve ark., 2003).

### Toplam Fenolik Bileşik Miktarı Tayini

Toplam fenolik bileşik miktarları Singleton ve ark. (1999) metoduna göre yapıldı. Bunun için, 50 µL bitki ekstresi deney tüpüne alınarak üzerine 500 µL Folin - Ciocalteu reaktifi eklendi. 3 dk sonra 3 mL % 2' lik Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisi eklenen örnekler 2 saat karanlıkta bekletildi. Bu sürenin sonunda 760 nm dalga boyunda örneklerin absorpsiyon değerleri spektrofotometrede okundu. Sonuçlar gallik asit çözeltisi ile hazırlanan kalibrasyon eğrisine göre hesaplandı.

### Toplam Flavonoid Madde Analizi

Toplam flavonoid madde miktarı analizi Kim ve ark. (2003) tarafından uygulanan metoda göre yapıldı. 200 µL ekstrakta 0.3 mL %5'lik NaNO<sub>2</sub> eklenip, 5 dakika bekletildi. 0.3 mL % 10'luk AlCl<sub>3</sub> ilave edildi daha sonra, 2 mL 1 M NaOH eklenip ve 2.4 mL saf su ilave edilerek karışım vorteks ile karıştırıldı ve UV-Vis spektrofotometre yardımıyla 510 nm'de ölçüldü. Bitki örneklerinin toplam flavonoid madde miktarları (+)-katesin ile hazırlanan kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplandı.

### ADEK Vitaminleri ve Sterollerin HPLC Yöntemi ile Analizi

5 mL süpernatant 25 mL 'lik ağız kapaklı tüpler içine alınarak üzerine % 5'lik KOH çözeltisi ilave edildi ve 57 °C'de 2 saat bekletildi. Tüpler çıkartılarak oda sıcaklığına kadar soğutuldu ve üzerine 5 mL distile su ilave edilerek karıştırıldı. Sabunlaşmayan lipofilik moleküller 2x5 mL hekzan ile ekstrakte edilerek nitrojen gazı altında çözücü uçuruldu. Daha sonra 1 mL (% 50 + % 50, v/v) asetonitril/metil alkol karışımında çözülerek otosampler viallerine alındı ve analizleri yapıldı. Analiz için PDA-UV dedektör kullanıldı, kolon olarak da Nucleodur C18 (15x4,6 cm, 5 µm; Sigma, USA) kolonu kullanıldı. 202 nm boyunda lipofilik vitaminler ile fitosterollerin analizleri gerçekleştirildi (Katsanidis & Addis 1999, López-Cervantes ve ark., 2005, Karpińska ve ark., 2006).

### Yağ Asidi Düzeylerinin Gaz Kromatografisi İle Analizi

Ekstrakte edilmiş örneklerden 5'er ml deney tüplerine alınarak üzerine % 2'lik sülfürik asit ve metanol ilave edildi. 57 °C'lik etüvde 24 saat süre ile metilasyona bırakıldı. Oda sıcaklığına kadar soğutuldu ve 5 mL % 5' lik NaCl ilave edildi. Tüpler içinde oluşan yağ asidi metil esterleri 5 mL hekzan ile ekstre edilip, hekzan fazı üstten pipetle alınarak 5 mL % 2'lik KHCO<sub>3</sub> ile muamele edilip 24 saat bekletildi. Ayrılan fazlardan üstte kalan kısım, küçük cam tüplere alındı ve çözücüsü 37 °C'de etüvde uçurularak kalan kısım 1 ml kloroformda çözünerek gaz kromatografisi ile analizi yapıldı (Christie, 1990).

### İstatistiksel Analiz

Bu çalışmadaki bütün parametreler 3 tekrarlı analiz edilmiştir. Verilerin doğruluk değerleri SPSS 15 paket programı kullanılarak, One-way ANOVA ile test edilmiştir. Sonuçlar, üç tekrarın ortalama ± standart sapması şeklinde ifade edilip, gruplar arasındaki farklılıklar da p ≤ 0.05 önemlilik seviyesinde ayırt edilmiştir.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

#### DPPH ve ABTS Aktiviteleri

DPPH aktivite tayini hızlı, kolay ve güvenilir olduğu için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Antioksidan kapasite tayini olarak DPPH ve ABTS analizleri yapıldı. Bulgulara göre DPPH düzeyi kontrol grubuna göre A, B, C, D ve E etiketli gruplarda belirgin şekilde azaldığı tespit edilmesine rağmen F, G ve H etiketli gruplarda belirgin şekilde yüksek olduğu belirlendi. (p<0.001) (Çizelge 2). ABTS düzeyi kontrol grubuna göre D, E, F, G ve H gruplarında farklı oranlarda azaldığı gözlemlendi (p<0.05, p<0.001). Kontrol grubuna göre A grubunda kısmen artış (p<0.05) saptanmasına rağmen C grubunda istatistiksel farklılık bulunmadı (p>0.05) (Çizelge 2).

#### Toplam Fenolik

*A. deliciosa* bitkisinden elde edilen kallus ekstraktlarının toplam fenolik madde içeriği analiz edildi. Sonuçlar gallik asit kalibrasyon eğrisine göre mg gallik asit eşdeğer g<sup>-1</sup> ekstre şeklinde ifade edilmiştir (Çizelge 2). Çizelge 2' deki toplam fenolik madde içeriklerinin düzeyleri karşılaştırıldığında kontrol grubuna göre F grubunda kısmen bir azalma tespit edildi (p<0.05). Kontrol grubuna göre E grubundaki kısmen artış istatistiksel anlamda farklılık göstermemesine rağmen, diğer gruplarda toplam fenolik miktarının belirgin düzeyde yüksek olduğu belirlendi (p<0.001) (Çizelge 2).

#### Toplam Flavonoid

*A. deliciosa* kallus ekstraktlarında bulunan toplam flavonoid bileşiklerin konsantrasyonları analiz edildi. Çizelge 2' teki toplam flavonoid madde içeriklerinin düzeyleri karşılaştırıldığında kontrol grubuna göre E grubunda kısmen artış, F grubunda kısmen azalma tespit edilse de istatistiksel farklılık bulunmadı (p>0.05). BBD'nin farklı konsantrasyonlarının uygulandığı diğer tüm gruplarda total flavonoid içeriğinin farklı oranlarda yüksek olduğu saptandı (p<0.01, p<0.001) (Çizelge 2).

#### ADEK Vitaminleri ve Fitosteroller

ADEK vitaminleri ile lipofilik fitosterollerin analizleri, HPLC cihazı ile yapıldı. Bu moleküllerden vitamin K2 düzeyi kontrol grubuna göre E, F, G ve H gruplarında belirgin düzeyde azaldığı halde B grubunda belirgin

düzye de yüksek olduğu gözlendi ( $p<0.001$ ). Kontrol grubuna göre D grubundaki artışın önemli düzeyde olduğu belirlendi ( $p<0.01$ ). Diğer gruplarda ise kontrol gruba göre istatistiksel farklılığın olmadığı tespit edildi ( $p>0.05$ ) (Çizelge 3).

$\delta$ -Tokoferol, Vitamin D2 ve Vitamin D3 düzeylerinin kontrol grubuna göre E, F ve H gruplarında belirgin düzeyde azaldığı saptandı ( $p<0.001$ ).  $\delta$ -Tokoferol düzeyinin kontrol grubuna göre B ve D gruplarında farklı düzeylerde artışının olduğu belirlendi ( $p<0.05$ )

( $p<0.001$ ) (Çizelge 3).

D2 vitamin düzeyleri kontrol grubuna göre farklı konsantrasyonun uygulandığı gruplarda birbirinden farklı oranlarda azaldığı tespit edildi ( $p<0.05$ ,  $p<0.01$ ,  $p<0.001$ ). A ve D gruplarında kontrol grubuna istatistiksel farklılık bulunmadı ( $p>0.05$ ) (Çizelge 3). D3 vitamin düzeyinin kontrol grubuna göre A, B, C, D ve G gruplarında farklı oranlarda artış gösterdiği belirlendi ( $p<0.05$ ,  $p<0.01$ ,  $p<0.001$ ) (Çizelge 3).

Çizelge 2. Farklı bitki büyüme düzenleyicileri ile stimule edilen *A. deliciosa* kallus kültürlerindeki antioksidan aktivitelerinin kontrol grubuna göre değişimi (Ortalama  $\pm$  Standart sapma)

Table 2. Variation of antioxidant activities of *A. deliciosa* callus cultures stimulated with different plant growth regulators compared to the control group (Mean  $\pm$  Standard deviation)

Gruplar	Total Fenolik	Total Flavonoid	DPPH	ABTS
K	3.29 $\pm$ 0.36	0.57 $\pm$ 0.02	67.19 $\pm$ 0.97	76.57 $\pm$ 0.63
A	24.49 $\pm$ 2.47 <sup>d</sup>	2.64 $\pm$ 0.24 <sup>d</sup>	85.46 $\pm$ 0.26 <sup>d</sup>	80.45 $\pm$ 0.23 <sup>b</sup>
B	15.61 $\pm$ 0.82 <sup>d</sup>	1.17 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>	84.64 $\pm$ 0.25 <sup>d</sup>	74.32 $\pm$ 0.46 <sup>a</sup>
C	22.48 $\pm$ 0.22 <sup>d</sup>	2.15 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup>	83.01 $\pm$ 0.66 <sup>d</sup>	77.83 $\pm$ 0.32 <sup>a</sup>
D	14.30 $\pm$ 0.29 <sup>d</sup>	1.38 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>	83.42 $\pm$ 0.84 <sup>d</sup>	72.61 $\pm$ 0.21 <sup>b</sup>
E	5.22 $\pm$ 0.21 <sup>b</sup>	0.62 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	76.82 $\pm$ 1.31 <sup>d</sup>	63.15 $\pm$ 1.19 <sup>d</sup>
F	1.37 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	0.24 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	53.00 $\pm$ 2.48 <sup>d</sup>	34.41 $\pm$ 2.07 <sup>d</sup>
G	27.96 $\pm$ 0.42 <sup>d</sup>	3.29 $\pm$ 0.34 <sup>d</sup>	35.08 $\pm$ 3.04 <sup>d</sup>	48.37 $\pm$ 2.60 <sup>d</sup>
H	34.62 $\pm$ 0.41 <sup>d</sup>	2.92 $\pm$ 0.20 <sup>d</sup>	33.45 $\pm$ 1.46 <sup>d</sup>	22.88 $\pm$ 0.96 <sup>d</sup>

K= Kontrol, A= 0.25 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1 mg L<sup>-1</sup> BAP; B= 0.50 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1 mg L<sup>-1</sup> BAP; C= 0.25 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1.5 mg L<sup>-1</sup> BAP; D=0.50 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1.5 mg L<sup>-1</sup> BAP; E=0.25 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1 mg L<sup>-1</sup> BAP + 0.5 mg L<sup>-1</sup> IBA; F=0.50 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1 mg L<sup>-1</sup> BAP + 0.5 mg L<sup>-1</sup> IBA; G=0.25 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1.5 mg L<sup>-1</sup> BAP + 1 mg L<sup>-1</sup> IBA; H=0.50 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1.5 mg L<sup>-1</sup> BAP + 1 mg L<sup>-1</sup> IBA

a:  $p>0.05$  Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemli değil

b:  $p<0.05$  Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan kısmen önemli

c:  $p<0.01$  Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önem derecesi yüksek

d:  $p<0.001$  Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan belirgin düzeyde önemli

Çizelge 3. Farklı bitki büyüme düzenleyicileri ile stimule edilen *A. deliciosa* kallus kültürlerindeki lipofilik moleküllerin kontrol grubuna göre değişimi (Ortalama  $\pm$  Standart sapma)

Table 3. Change of lipophilic molecules in *A. deliciosa* callus cultures stimulated with different plant growth regulators compared to the control group (Mean  $\pm$  Standard deviation)

Gruplar	Vitamin K2	$\delta$ -Tokoferol	Vitamin D2	Vitamin D3	$\alpha$ -Tokoferol
Kontrol	0.73 $\pm$ 0.03	1.20 $\pm$ 0.04	32.17 $\pm$ 12.35	9.40 $\pm$ 0.83	12.28 $\pm$ 1.02
A	0.73 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	7.46 $\pm$ 0.06 <sup>d</sup>	22.62 $\pm$ 0.91 <sup>a</sup>	22.13 $\pm$ 0.87 <sup>d</sup>	18.91 $\pm$ 1.41 <sup>d</sup>
B	2.07 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup>	0.55 $\pm$ 0.17 <sup>d</sup>	18.88 $\pm$ 0.29 <sup>b</sup>	22.60 $\pm$ 0.54 <sup>d</sup>	6.11 $\pm$ 0.40 <sup>d</sup>
C	0.75 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	1.11 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	17.97 $\pm$ 0.75 <sup>b</sup>	10.93 $\pm$ 0.36 <sup>b</sup>	10.93 $\pm$ 0.44 <sup>a</sup>
D	0.55 $\pm$ 0.05 <sup>c</sup>	1.40 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	28.09 $\pm$ 0.59 <sup>b</sup>	11.35 $\pm$ 0.21 <sup>c</sup>	18.06 $\pm$ 0.38 <sup>d</sup>
E	0.31 $\pm$ 0.01 <sup>d</sup>	0.20 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup>	3.71 $\pm$ 0.39 <sup>d</sup>	4.22 $\pm$ 0.07 <sup>d</sup>	5.82 $\pm$ 0.45 <sup>d</sup>
F	0.40 $\pm$ 0.07 <sup>d</sup>	0.14 $\pm$ 0.01 <sup>d</sup>	2.93 $\pm$ 0.46 <sup>d</sup>	3.55 $\pm$ 0.13 <sup>d</sup>	7.91 $\pm$ 0.48 <sup>d</sup>
G	0.37 $\pm$ 0.02 <sup>d</sup>	0.95 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	18.09 $\pm$ 0.25 <sup>b</sup>	11.73 $\pm$ 0.52 <sup>c</sup>	5.53 $\pm$ 0.19 <sup>d</sup>
H	0.22 $\pm$ 0.02 <sup>d</sup>	0.37 $\pm$ 0.02 <sup>d</sup>	5.47 $\pm$ 0.11 <sup>d</sup>	5.33 $\pm$ 0.17 <sup>d</sup>	5.80 $\pm$ 0.39 <sup>d</sup>

K= Kontrol, A= 0.25 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1 mg L<sup>-1</sup> BAP; B= 0.50 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1 mg L<sup>-1</sup> BAP; C= 0.25 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1.5 mg L<sup>-1</sup> BAP; D=0.50 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1.5 mg L<sup>-1</sup> BAP; E=0.25 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1 mg L<sup>-1</sup> BAP + 0.5 mg L<sup>-1</sup> IBA; F=0.50 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1 mg L<sup>-1</sup> BAP + 0.5 mg L<sup>-1</sup> IBA; G=0.25 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1.5 mg L<sup>-1</sup> BAP + 1 mg L<sup>-1</sup> IBA; H=0.50 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1.5 mg L<sup>-1</sup> BAP + 1 mg L<sup>-1</sup> IBA

a:  $p>0.05$  Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemli değil

b:  $p<0.05$  Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan kısmen önemli

c:  $p<0.01$  Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önem derecesi yüksek

d:  $p<0.001$  Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan belirgin düzeyde önemli

$\alpha$ -Tokoferol düzeyinin kontrol grubuna göre A ve D gruplarında belirgin düzeyde artış gösterdiği, diğer gruplarda azaldığı tespit edildi ( $p<0.001$ ) (Çizelge 4). Ergosterol düzeyinin kontrol grubuna göre E, F ve H gruplarında belirgin şekilde azaldığı belirlendi ( $p<0.001$ ). C grubunda ise kontrol grubuna göre önemli düzeyde artış olduğu tespit edildi ( $p<0.01$ ). Diğer gruplarda istatistiksel anlamda farklılık bulunmadı (Çizelge 4).

Stigmasterol düzeyinin kontrol grubuna göre D grubunda belirgin düzeyde arttığı, diğer gruplarda ise azaldığı belirlendi ( $p<0.001$ ). B grubunda kontrol grubuna göre yükselme tespit edilse de istatistiksel

farklılık gözlenmedi ( $p>0.05$ ) (Çizelge 4).  $\beta$ -Sitosterol düzeyi kontrol grubuna göre A grubunda belirgin düzeyde yüksek bulundu ( $p<0.001$ ). D ve G gruplarında istatistiksel anlamda farklılık bulunmadı ( $p>0.05$ ). B, E, F ve H gruplarında ise kontrol grubuna göre önemli düzeyde azaldığı ( $p<0.01$ ) saptandı (Çizelge 4).

Retinol düzeyi kontrol grubuna göre bütün gruplarda belirgin düzeyde azaldığı saptandı ( $p<0.001$ ). Retinol asetat miktarı ise kontrol grubuna göre G ve grubunda yüksek bulunmasına rağmen ( $p<0.001$ ), diğer gruplar arasında farklılık gözlenmedi (Çizelge 4).

Çizelge 4. Farklı bitki büyüme düzenleyicileri ile stimule edilen *A. deliciosa* kallus kültürlerindeki lipofilik moleküllerin kontrol grubuna göre değişimi (Ortalama  $\pm$  SD)

Table 4. Change of lipophilic molecules in *A. deliciosa* callus cultures stimulated with different plant growth regulators compared to the control group (Mean  $\pm$  Standard deviation)

Gruplar	Ergosterol	Stigmasterol	$\beta$ -Sitosterol	Retinol	Retinol asetat
Kontrol	2.35 $\pm$ 0.14	389.31 $\pm$ 12.10	122.91 $\pm$ 5.29	2.35 $\pm$ 0.14	0.11 $\pm$ 0.00
A	2.51 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	250.40 $\pm$ 3.57 <sup>d</sup>	203.82 $\pm$ 1.93 <sup>d</sup>	0.44 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup>	0.07 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>
B	1.46 $\pm$ 0.10 <sup>d</sup>	408.80 $\pm$ 9.00 <sup>a</sup>	87.15 $\pm$ 3.05 <sup>d</sup>	0.31 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup>	0.09 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>
C	3.13 $\pm$ 0.21 <sup>c</sup>	142.93 $\pm$ 6.96 <sup>d</sup>	100.73 $\pm$ 1.61 <sup>c</sup>	0.95 $\pm$ 0.07 <sup>d</sup>	0.07 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>
D	2.29 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	729.08 $\pm$ 20.22 <sup>d</sup>	113.42 $\pm$ 0.39 <sup>a</sup>	0.67 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup>	0.07 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>
E	0.48 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup>	41.33 $\pm$ 1.41 <sup>d</sup>	66.84 $\pm$ 2.47 <sup>d</sup>	0.24 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup>	0.11 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>
F	0.51 $\pm$ 0.06 <sup>d</sup>	38.51 $\pm$ 1.67 <sup>d</sup>	87.42 $\pm$ 6.62 <sup>d</sup>	0.33 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup>	0.09 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>
G	2.64 $\pm$ 0.26 <sup>a</sup>	99.17 $\pm$ 3.63 <sup>d</sup>	114.20 $\pm$ 3.50 <sup>a</sup>	0.11 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup>	0.35 $\pm$ 0.28 <sup>d</sup>
H	0.55 $\pm$ 0.02 <sup>d</sup>	55.11 $\pm$ 2.90 <sup>d</sup>	71.84 $\pm$ 9.17 <sup>d</sup>	0.41 $\pm$ 0.06 <sup>d</sup>	0.11 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>

K= Kontrol, A= 0.25 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1 mg L<sup>-1</sup> BAP; B= 0.50 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1 mg L<sup>-1</sup> BAP; C= 0.25 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1.5 mg L<sup>-1</sup> BAP; D=0.50 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1.5 mg L<sup>-1</sup> BAP; E=0.25 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1 mg L<sup>-1</sup> BAP + 0.5 mg L<sup>-1</sup> IBA; F=0.50 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1 mg L<sup>-1</sup> BAP + 0.5 mg L<sup>-1</sup> IBA; G=0.25 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1.5 mg L<sup>-1</sup> BAP + 1 mg L<sup>-1</sup> IBA; H=0.50 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1.5 mg L<sup>-1</sup> BAP + 1 mg L<sup>-1</sup> IBA

a:  $p>0.05$  Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemli değil

b:  $p<0.05$  Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan kısmen önemli

c:  $p<0.01$  Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önem derecesi yüksek

d:  $p<0.001$  Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan belirgin düzeyde önemli

### Yağ Asitleri

*A. deliciosa* bitki kalluslarında miristik (C14:0), pentadekenoik C15:1), palmitik (C16:0), palmitoleik (C16:1, n-7), stearik C18:0), oleik (C18:1, n-9), linoleik (C18:2, n-6) ve linolenik (C18:3, n-3) asitler gibi yağ asitlerinin bulunduğu belirlendi. Bu yağ asitlerinin farklı BBD uygulanan gruplar arasındaki değişimi incelendiğinde, miristik asit düzeyinin kontrol grubuna göre E, F ve G gruplarında belirgin düzeyde azaldığı halde, B ve D gruplarında belirgin düzeyde yükseldiği tespit edildi ( $p<0.001$ ). Kontrol grubuna göre A grubunda miristik asit düzeyinde kısmen artış olduğu saptandı ( $p<0.05$ ). G grubunda ise farklılık bulunmadı (Çizelge 5). Pentadekenoik asit düzeyi kontrol grubuna göre C ve G gruplarında belirgin düzeyde azaldığı halde, diğer bütün gruplarda yüksek olduğu ( $p<0.001$ ) belirlendi (Çizelge 5). Palmitik asit düzeyinin kontrol grubuna göre A, B, E ve H gruplarında istatistiksel farklılık gözlenmedi

( $p>0.05$ ) (Çizelge 5).

Palmitoleik asit düzeyinin kontrol grubuna göre G grubunda önemli düzeyde bir azaldığı belirlendi ( $p<0.01$ ). Kontrol grubuna göre B ve E gruplarında istatistiksel farklılık gözlenmedi ( $p>0.05$ ). Bunların dışındaki diğer gruplarda belirgin düzeyde azalma eğilimi ( $p<0.001$ ) tespit edildi (Çizelge 5).

Stearik asit düzeyi kontrol grubuna göre A, C ve D gruplarında belirgin düzeyde azaldığı halde E, G ve H gruplarında artış gözlemlendi ( $p<0.001$ ) (Çizelge 5). F grubunun kontrol grubuna göre artışı önemli düzeydeydi ( $p<0.01$ ), B grubunda ise stearik asit düzeyinde istatistiksel farklılık bulunmadı ( $p>0.05$ ) (Çizelge 5).

Oleik asit düzeyinin kontrol grubuna göre C ve F gruplarında istatistiksel farklılık göstermediği saptandı ( $p>0.05$ ). G grubunda belirgin düzeyde artış tespit edildiği halde diğer bütün gruplarda belirli oranlarda azalmanın olduğu ( $p<0.001$ ) belirlendi



(Çizelge 5). Linoleik asit düzeyinin kontrol grubuna göre C ve F gruplarında istatistiksel anlamda farklılık gözlenmedi ( $p>0.05$ ). Diğer gruplarda ise belirgin düzeyde azalmanın ( $p<0.001$ ) olduğu saptandı (Çizelge

5). Esansiyel yağ asitlerinden olan linolenik asit düzeyinin kontrol grubuna göre F ve G grupları haricinde diğer bütün gruplarda belirgin düzeyde artış gösterdiği ( $p<0.001$ ) tespit edildi (Çizelge 5).

Çizelge 5. Farklı bitki büyüme düzenleyicileri ile stimule edilen *A. deliciosa* kallus kültürlerindeki yağ asidi değerlerinin kontrol grubuna göre değişimi (Ortalama  $\pm$  SD)

Table 5. Variation of fatty acid values in *A. deliciosa* callus cultures stimulated with different plant growth regulators compared to the control group (Mean  $\pm$  Standard deviation)

Gruplar	C14:0	C15:1	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Kontrol	1.13 $\pm$ 0.04	1.57 $\pm$ 0.06	22.00 $\pm$ 0.36	2.45 $\pm$ 0.21	9.91 $\pm$ 0.19	11.36 $\pm$ 0.49	22.25 $\pm$ 0.75	29.29 $\pm$ 0.21
A	1.26 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	2.17 $\pm$ 0.08 <sup>d</sup>	24.82 $\pm$ 0.25 <sup>c</sup>	0.86 $\pm$ 0.03 <sup>d</sup>	6.95 $\pm$ 0.49 <sup>d</sup>	4.29 $\pm$ 0.12 <sup>d</sup>	15.00 $\pm$ 0.10 <sup>d</sup>	44.55 $\pm$ 0.25 <sup>d</sup>
B	1.72 $\pm$ 0.02 <sup>d</sup>	3.03 $\pm$ 0.01 <sup>d</sup>	24.51 $\pm$ 0.45 <sup>c</sup>	2.35 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>	9.15 $\pm$ 0.48 <sup>a</sup>	5.11 $\pm$ 0.51 <sup>d</sup>	10.24 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup>	44.00 $\pm$ 0.05 <sup>d</sup>
C	1.30 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>	1.00 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup>	22.48 $\pm$ 0.61 <sup>a</sup>	1.23 $\pm$ 0.06 <sup>d</sup>	7.18 $\pm$ 0.07 <sup>d</sup>	9.92 $\pm$ 0.41 <sup>a</sup>	21.30 $\pm$ 0.27 <sup>a</sup>	35.64 $\pm$ 0.25 <sup>d</sup>
D	2.02 $\pm$ 0.01 <sup>d</sup>	2.21 $\pm$ 0.02 <sup>d</sup>	23.19 $\pm$ 0.87 <sup>a</sup>	1.85 $\pm$ 0.03 <sup>d</sup>	6.80 $\pm$ 0.21 <sup>d</sup>	7.84 $\pm$ 0.06 <sup>d</sup>	13.92 $\pm$ 0.35 <sup>d</sup>	42.12 $\pm$ 0.14 <sup>d</sup>
E	0.75 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup>	5.16 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup>	24.44 $\pm$ 0.57 <sup>c</sup>	2.20 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	11.82 $\pm$ 0.19 <sup>b</sup>	8.27 $\pm$ 0.43 <sup>d</sup>	15.89 $\pm$ 0.37 <sup>d</sup>	31.51 $\pm$ 0.24 <sup>b</sup>
F	0.70 $\pm$ 0.09 <sup>d</sup>	2.47 $\pm$ 0.08 <sup>d</sup>	23.59 $\pm$ 0.40 <sup>a</sup>	1.03 $\pm$ 0.03 <sup>d</sup>	11.38 $\pm$ 0.17 <sup>b</sup>	11.18 $\pm$ 0.41 <sup>a</sup>	22.10 $\pm$ 0.45 <sup>a</sup>	27.58 $\pm$ 0.22 <sup>b</sup>
G	1.07 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.83 $\pm$ 0.04 <sup>d</sup>	23.12 $\pm$ 0.75 <sup>a</sup>	2.12 $\pm$ 0.05 <sup>c</sup>	14.52 $\pm$ 0.43 <sup>d</sup>	22.18 $\pm$ 1.27 <sup>d</sup>	10.32 $\pm$ 0.23 <sup>d</sup>	25.82 $\pm$ 0.10 <sup>c</sup>
H	0.67 $\pm$ 0.01 <sup>d</sup>	3.71 $\pm$ 0.06 <sup>d</sup>	24.91 $\pm$ 0.52 <sup>c</sup>	1.07 $\pm$ 0.00 <sup>d</sup>	13.07 $\pm$ 0.02 <sup>d</sup>	6.21 $\pm$ 0.14 <sup>d</sup>	15.75 $\pm$ 0.28 <sup>d</sup>	34.68 $\pm$ 0.43 <sup>d</sup>

K= Kontrol, A= 0.25 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1 mg L<sup>-1</sup> BAP; B= 0.50 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1 mg L<sup>-1</sup> BAP; C= 0.25 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1.5 mg L<sup>-1</sup> BAP; D=0.50 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1.5 mg L<sup>-1</sup> BAP; E=0.25 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1 mg L<sup>-1</sup> BAP + 0.5 mg L<sup>-1</sup> IBA; F=0.50 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1 mg L<sup>-1</sup> BAP + 0.5 mg L<sup>-1</sup> IBA; G=0.25 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1.5 mg L<sup>-1</sup> BAP + 1 mg L<sup>-1</sup> IBA; H=0.50 mg L<sup>-1</sup> NAA + 1.5 mg L<sup>-1</sup> BAP + 1 mg L<sup>-1</sup> IBA

a:  $p>0.05$  Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemli değil

b:  $p<0.05$  Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan kısmen önemli

c:  $p<0.01$  Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önem derecesi yüksek

d:  $p<0.001$  Gruplar arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan belirgin düzeyde önemli

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bitki yaprak eksplantlarında kallus oluşumunu uyarmak için eksojen bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanılması gerekmektedir. Bitki büyüme düzenleyicilerinden oksin ve sitokin türevleri, hücre bölünmesinin düzenlenmesinde önemli rol oynar (Grossmann, 2009; Schaller ve ark., 2014). Oksin türevi olan NAA ve sitokin türevi olan BAP kullanılmasıyla mitotik hücre döngüsünün gelişim yollarını aktive eden hormon sinyal yollarının aktivitesi artırılmış olur ve kallus oluşumu desteklenir (Ikeuchi ve ark., 2013). Kallus kültürleri sınırlı sayıda bitki materyalinin sayısını çoğaltma avantajına sahiptir. Aynı zamanda mevsimlik kısıtlamalara rağmen üretimde istenilen ürünleri bütün yıl boyunca üretme imkan sağlar. Bazı sekonder metabolitlerin ekstraksiyonu organize olmuş bitki organ dokulardan daha zor elde edilirken kallus kültürlerinden kolay elde edilir (Keskin ve Kunter, 2007; Maharik ve ark., 2009; Çetin ve ark., 2011). Sekonder metabolit üretiminde kallus kültürleri diğer *in vitro* yapılan diğer biyoteknolojik yöntemlere göre daha fazla kullanılmaktadır. Kallus kültürlerinin kullanılması ile elde edilmesi hedeflenmiş bileşiğin miktarı, ortamda kullanılan bitki büyüme düzenleyicileri, uyarıcı veya öncü maddeler katkısı ile düzenlenerek artırılabilir (Demir, 2018). Bu çalışmada önemli derecede yüksek fenolik içeriği sergilemiş olan A grubundaki kallus hücrelerinin aynı derecede önemli DPPH aktivitesi gösterdiği

görülmektedir. Buda kallus hücrelerinin antioksidan aktivitesinin fenolik içeriklerinin yüksek olmasından kaynaklandığını göstermektedir. Polifenoller, sahip oldukları hidroksil gruplarından dolayı radikalleri yok etme kabiliyetine sahip bileşiklerdir (Das & Pereira, 1990). Bu nedenle bitki ekstraktlarının antioksidan kapasitesini belirlemek için fenolik bileşik miktarının belirlenmesi oldukça önemlidir (Hatano ve ark., 1989). Bu çalışma sonuçlarında, toplam fenol içeriği ve toplam flavonoid içeriği ile antioksidan aktiviteler arasında pozitif bir korelasyonun bulunması daha önceki çalışmalarla desteklenebilmektedir (Sengül ve ark., 2009; Jayasinghe ve ark., 2003). Flavonoidler, hidroksil gruplarının radikalleri süpürebilme özelliklerinden dolayı antioksidan etkileriyle bilinirler (Nacz & Shahidi, 2004). Ekstraktların serbest radikal temizleme aktiviteleri, antioksidan bileşiklerin hidrojen kaybetme yeteneklerine ve bu bileşenlerin yapısal konformasyonlarına bağlıdır (Fukumoto ve ark., 2000; Baskar ve ark., 2008). Kausalya ve Bai'nin yaptığı çalışmada NAA ve BAP uygulaması yapılmış bitki eksplantlarının oluşturduğu kalluslarda DPPH aktivite değerleri arasındaki korelasyon bu çalışmadaki DPPH aktivite sonuçlarını desteklemektedir (Kausalya & Bai, 2016). ABTS radikal katyonu analizi antioksidan aktiviteyi değerlendirmek için kullanılan bir diğer yöntemdir. Sodyum persülfat ile inkübasyonda ABTS serbest radikali, koyu mavi renk oluşturur.

Antioksidanlara karşı oldukça reaktif olan ABTS kationunu oluşturur. Bir antioksidan ile karıştırıldığında, radikal olmayan bir forma dönüştürülen ABTS radikallerine bir elektron verir. Mavi renk yoğunluğundaki azalma, ABTS radikalının azaldığını gösterir. Kausalya ve Bai, (2016), tarafından yapılan bir çalışmada IBA ile desteklenmiş MS ortamlarındaki kallusun düşük ABTS aktivitesi ile oksin yoğunluğunun arttırıldığı MS ortamlarındaki düşük ABTS aktivitesi bu çalışmanın bulgularını desteklemektedir. Bitki büyüme düzenleyicilerinin uygulandığı bütün gruplarda DPPH aktivitesinin bulgularında istatistiksel anlamlılık tespit edilmemiş olsa da *A. deliciosa* kallus ekstraktlarının DPPH radikalini temizleme konusunda ABTS kation radikalinden daha güçlü olduğu da tespit edilmiştir (Giri ve ark., 2012). Khoo ve ark. (2015)'nin yaptığı çalışmadaki DPPH aktivitesine bağlı ve fenolik madde miktarı arasındaki ilişkiye benzerlik göstermektedir. Toplam fenolik ve toplam flavonoid miktarlarının bitki büyüme düzenleyicilerinin uygulaması ile artması, fenoller ve flavonoidleri sentezlemek için fenilpropanoid yolunda stratejik bir enzim olan fenilalanin amonyak-liyaz'ın (PAL) daha yüksek aktivitesi ile de bağlantılı olabilir (Ali ve ark., 2018). Fenilpropanoid ve flavonoid biyosentetik yolu, bitki doku kültüründe eksojen hormon uygulamaları ile metabolik aktivite sergileyen mekanizmalarından biridir (Barber ve ark., 2000). F grubundaki kallus hücrelerinde fenolik madde miktarının azalması, doku kültürlerinde salgı yapılarının yokluğu ile ilişkilendirilebilir. Salgı maddelerinin yokluğu öncü enzim aktivitelerinin olmamasına sebep olur bu da ikincil metabolitlerin birikimini sınırlayabilmektedir (Smetanska, 2018). Kalluslardaki toplam flavonoid değerleri bitki için oldukça önemli olan sekonder metabolitlerin üretiminin bitki büyüme düzenleyicileri tarafından desteklendiği bilinmektedir (Kumar ve ark., 2020).

Kültür ortamında geliştirilen *A. deliciosa* bitkisinin kalluslarının yağ asidi kompozisyonu içinde palmitik, stearik, oleik, linoleik ve linoleik asitlerin yüksek oranda olduğu belirlenmiştir. Miristik asit, pentadekenoik ve palmitoleik asitlerin toplam oranının ise ancak % 5'i oluşturduğu gözlenmiştir. Bilindiği gibi palmitik asit bitkisel organizmalarda yağ asidi sentetaz enziminin son ürünüdür. Palmitik asit miktarının kontrol grubuna göre A, B, E ve H gruplarında yükseldiği belirlenmiştir. Bu gruplara bitki büyüme maddesi, NAA, BAP ve IBA karışımları değişik konsantrasyonlarda verilmiştir. Palmitik asit miktarındaki artışın meydana gelmesi lipid biyosentezi olayının yürüdüğünü ve yağ asidi sentetaz enzim ekspresyonunun bir artışın olduğunu gösterir. Özellikle A ve B gruplarına uygulanan oksin türevi NAA ve sitokinin türevi BAP kombinasyonunun

bu olayda önemli bir rol oynadığı görülmüştür. E ve H grubunda bu karışıma IBA eklenmesinin sonuca etki etmediği görülmektedir. Diğer uygulama gruplarında kontrol grubuna göre istatistiksel farklılığın gözlenmemesi uygulama yapılan konsantrasyonlarda yağ asidi sentetaz üzerinde etkili olmadığı sonucuna varılabilir. Del poza ve ark. (2005), oksinlerin biyosentetik metabolizma üzerinde olumlu etkilerinin olduğunu ve George ve ark. (2008) oksinlerin bitki büyümesini kolaylaştırma için hücre bölünmesi ve gelişimi üzerinde etkilerinin olduğunu vurgulamışlardır. Aly ve ark. (2008), 2,4-D ve benziladenin (BA) 'in *in vitro* olarak yağ asitleri sentezinin uyarılması üzerindeki etkisini incelemişler ve besi ortamındaki büyüme düzenleyicilerinin değişmesiyle yağ asidi içeriklerinde farklılıklar olduğunu tespit etmişlerdir. Kontrol grubuna göre bitki büyüme düzenleyicisi eklenen kombinasyon gruplarında uzun zincirli doymuş yağ asitlerinden palmitik (C16:0) ve stearik asit (C18:0) düzeylerinde azalma olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık farklı büyüme düzenleyicisi kombinasyonları ile farklı besiyerlerinde yetiştirilen bitkilerde oleik asit (C18:1) ve linolenik asit (C18:3) değerlerinin arttığı saptanmıştır. Doymuş yağ asitlerinden stearik asit oranı kontrol grubuna göre A, C ve D gruplarında azaldığı halde, E, F, G ve H gruplarında yükselmiştir. Bitkilerde stearik asidin tek kaynağı palmitik asitten elongaz enzimi vasıtasıyla 2 C'lu asetil biriminin eklenmesi ile stearik asidin oluşmasıdır. A ve C gruplarına farklı konsantrasyonlarda aynı bitki büyüme maddeleri uygulanmasına rağmen D grubuna IBA ilavesi de sonucu değiştirmemiştir. Ancak diğer gruplardaki farklı kombinasyon ve konsantrasyonların elongaz enzimi üzerinde arttırıcı bir etkiye sahip olduğu düşünülebilir. Stearik asit grup sonuçlarının Aly ve ark. (2008)'nin yapmış oldukları çalışma sonuçlarının aksine bitki büyüme düzenleyicilerinin içeriğinin artmasıyla stearik asit miktarının da arttığı görülmektedir. Bu çalışmadaki sonucun farklı bitki türünün materyal olarak kullanılması ve uygulanan BBD maddelerinin farklılığından kaynaklı olduğu düşünülebilir. Palmitoleik asit oranı kontrol grubuna göre A, C, D, F ve H gruplarında ve oleik asit oranı da F grubu dışında diğer gruplarda azaldığı saptanmıştır. Palmitoleik ve oleik asitler delta 9 desaturaz veya sterol CoA desaturaz (SCD) olarak bilinen enzim molekülünün son ürünüdürler. Palmitoleik asit palmitik asitten ve oleik asit de stearik asitten SCD enzim aktivitesiyle sentezlenir. Kontrol grubuna göre G grubu kalluslarında oleik asit miktarı iki kat artmıştır. G grubunun bitki büyüme madde konsantrasyonu uygun düzeyde olduğu için SCD enzim üzerinde pozitif etki yaparak oleik asit miktarında yükselme olduğu düşünülebilir.

18 C'lu yağ asitlerinden linoleik asit de oleik asit miktarında olduğu gibi A, B, D, E, G ve H gruplarında kontrol grubuna göre azalmıştır. C ve F gruplarında ise kontrol grubuna göre farklılık bulunmamıştır. Bitkilerde linoleik asit sentezi  $\Delta^{12}$  desaturaz enzimi tarafından katalize edilmektedir.  $\Delta^{12}$  desaturaz enzimi substrat olarak oleik asidi kullanılır. Bu enzim karbon zincirinde 11. ile 12. C atomları arasında bir çift bağ girişi sağlar ve linoleik asit (18:2,  $\Delta^{9,12}$ ) sentezini sağlar (He & Ding 2020; He ve ark., 2020). Besiyerine uygulanan bitki büyüme düzenleyicilerinin SCD enzim üzerinde inhibitör etkiye sahip olduğu gibi,  $\Delta^{12}$  desaturaz enzimi üzerinde de inhibitör etkiye sahip olduğu düşünülebilir veya  $\Delta^{12}$  desaturaz enzimin substratı olan oleik asit miktarının azalmasından dolayı bu gruplarda da linoleik asit miktarının azaldığı sonucuna varılabilir. Linoleik asit miktarı azalmasına rağmen, A, B, C, D ve H gruplarında linolenik asit miktarlarında değişik oranlarda artış gözlenmiştir. Linolenik asit (18:3,  $\Delta^{9,12,15}$ )  $\Delta^{15}$  desaturaz enzimi tarafından sentezlenen bir yağ asididir. Linolenik asit, bitkilerde 18 C'lu olan ve çift bağ taşıyan yağ asidi metabolizmasının son basamağında yer alır (He ve ark., 2020). Kontrol grubuna göre F ve G grubu dışında diğer gruplarda linolenik asit miktarının artması 18 C' lu ve çift bağlı yağ asidi metabolizmasının son basamağında yer almasından kaynaklanabilir. Çünkü ara metabolitler olarak kabul edilen 18:1 ve 18:2'in miktarı kontrol grubuna göre oksin ve sitokin türevi ilave edilen gruplarda azaldığı belirlenmiştir. Özellikle A, B ve D gruplarında uygulanan oksin ve sitokin türevi BBD konsantrasyonlarının  $\Delta^{15}$  desaturaz enzim aktivitesini arttırmada oldukça olumlu etkiye sahip olduğu söylenebilir. Yağ asitleri dışında diğer lipofilik moleküller, ADEK vitaminleri ile fitosterollerdir. Bitki hücrelerindeki fitosteroller içinde ergosterol, stigmasterol ve  $\beta$ -Sitosterol molekülleri bulunmaktadır. Bitkilerde A vitamini olarak bilinen retinol yüksek oranda bulunmaz, bunun yerine beta karoten bulunur. Bitkilerde karotenoidler, terpenler, skualen, giberellinler, steroller ve fitol gibi diğer önemli bileşiklerin sentezi izoprenoid yolu vasıtasıyla plastidlerde içinde sentezlenir. Tüm izoprenoidler, izopentenil difosfattan (IDP) sentezlenir. Plastidlerdeki başlıca IDP kaynağı, 3-hidroksi-3-metilglutaril-CoA ve mevalonik asit yoluyla piruvat ve gliseraldehit-3-fosfattan kaynaklanır (Lichtenthaler ve ark., 1997). Bu çalışmada lipofilik moleküller içinde D vitaminleri, vitamin E, stigmasterol ve  $\beta$ -Sitosterol değerleri yüksek bulunmuştur. Diğer lipofilik moleküller bileşenlerin değerleri ise daha düşük miktarlarda bulunmuştur. Bitkilerde D2 vitamini ergosterol molekülünün öncülüdür. D2 vitamini miktarı kontrol grubuna göre azalmış, ergosterol miktarı da A, D ve G grupları haricinde diğer gruplarda azaldığı saptanmıştır. Diğer fitosterollerden stigmasterol kontrol grubuna göre B grubunda yüksek miktarda olduğu halde, diğer

gruplarda bu miktar azalmıştır. Ayrıca,  $\beta$ -Sitosterol miktarının kontrol grubuna göre D ve G gruplarında değişim göstermediği halde diğer gruplarda azaldığı belirlenmiştir. Steroller, bütün ökaryotik hücrelerde bulunan temel işlevleri olan izoprenoid sınıfına ait doğal organik bileşiklerdir. Fosfolipidler ile birlikte steroller, hücre zarının yapısal bileşenleridir ve hücre zarının geçirgenliği ile akışkanlığının korunmasına katkıda bulunurlar (Hartmann, 1998; Clouse, 2002). Steroller, membran yapısındaki açıl zincir yapısının düzenlenmesine yardımcı olarak, hücre zarlarının alan yapısını sürdürmesini ve güçlendirilmesini sağlar (Schaller, 2004; Dufourc, 2008). Bazı steroller ayrıca sfingolipidlerle mikro alanlar olarak adlandırılan özel yapılar oluşturarak membranlarla ilişkili metabolik süreçleri kontrol etmede rol oynarlar. Bu çalışmada oksin ve sitokin türevi BBD ilave edilmiş gruplarda vitamin ve sterol moleküllerinin miktarlarının azaldığı belirlenmiştir. Genellikle oksin ve sitokin türevleri metabolik olayları artırıcı yönde etkili olmasına rağmen *A. deliciosa* kalluslarında bu maddelerin miktarlarında azalma olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak bitkilerde bitkisel hormonlar dahil bu moleküllerin izoprenoid adı verilen metabolik yoldaki sentezde moleküller arasındaki çakışmalardan kaynaklanacağı düşünülebilir. *A. deliciosa* bitkisinin kalluslarının oluşumunda uygulanmış BBD'ler, bitki tarafından sentezlenen BBD molekülleri ile antagonistik ilişkiye girerek bu moleküllerin miktarında azalmaya neden olduğu düşünülebilir (Yavaş & Yelda, 2021).

Vitamin E molekülünün aktif formu olan  $\alpha$ -tokoferol miktarının A ve D grupları haricinde diğer gruplarda azaldığı belirlenmiştir.  $\alpha$ -tokoferol, yağ asidi metabolizması ve hücre zarı koruması için gereklidir. Antioksidan potansiyeli çok yüksek bir molekül olduğu için serbest radikal zincir reaksiyonlarını kırma ve çoklu doymamış yağ asitlerini ve hücre zarlarını koruma eğilimindedir (Hata ve ark., 2010; Tufaralli, 2014).

Sonuç olarak oksin ve sitokin türevleri olan NAA, BAP ve IBA gibi bitki büyüme düzenleyicileri *A. deliciosa* bitkisi kalluslarının polifenolik bileşikler içeriğinde, yağ asidi ve lipofilik moleküller içeriğinde konsantrasyon ve kombinasyon şekline bağlı olarak pozitif veya negatif yönde etkilere sahip olduğu gözlenmiştir. *A. deliciosa* kallus dokularında gözlenen pozitif etkilerle hedef sekonder metabolit üretimi ve izolasyonu için sonraki çalışmalara öncü bir çalışma niteliğindedir. Ayrıca bu çalışma sonuçları *in vitro* ortamda yetiştirilen bitkilerdeki yağ asidi bileşenlerinin tespiti için de literatüre katkı sağlamaktadır.

#### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

- Açıkgöz, M.A., Kara, Ş.M., Aygün, A., Özcan M.M, & Ay, E.B. (2019). Effects of methyl jasmonate and salicylic acid on the production of camphor and phenolic compounds in cell suspension culture of endemic Turkish yarrow (*Achillea gypsicola*) species. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 43(3), 351-359.
- Ali, H., Khan, M.A., Ullah, N., & Khan, R.S. (2018). Impacts of hormonal elicitors and photoperiod regimes on elicitation of bioactive secondary volatiles in cell cultures of *Ajuga bracteosa*. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 183, 242-250.
- Aly, M. A., Amer, E. A., Al-Zayadneh, W. A., & Eldin, A. E. N. (2008). Growth regulators influence the fatty acid profiles of in vitro induced jojoba somatic embryos. *Plant cell, tissue and organ culture*, 93, 107-114.
- Barber, M. S., McConnell, V. S., & DeCaux, B. S. (2000). Antimicrobial intermediates of the general phenylpropanoid and lignin specific pathways. *Phytochemistry*, 54(1), 53-56.
- Baskar, R., Lavanya, R., Mayilvizhi, S., & Rajasekaran, P. (2008). Free radical scavenging activity of antitumour polysaccharide fractions isolated from *Ganoderma lucidum* (Fr.) P. karst.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Brewer, M. S. (2011). Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action, and potential applications. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 10(4), 221-247.
- Chawla, H.S. & Wenzel G. (1987). Regeneration potential of callus from wheat and barley. *Archiv für Zuchtungsforchung*. 17(6), 337-343.
- Christie, W.W. (1990). Gas chromatography and lipids, *The Oily Press*, 1-184.
- Clouse, S. D. (2002). Arabidopsis mutants reveal multiple roles for sterols in plant development. *The Plant Cell*, 14(9), 1995-2000.
- Çetin, E. S., Uzunlar, F., & Baydar, N. G. (2011). UV-C uygulamasının Gamay üzüm çeşidine ait kalluslarda sekonder metabolit üretimi üzerine etkileri. *Gıda*, 36(6), 335-342.
- Das, N. P., & Pereira, T. A. (1990). Effects of flavonoids on thermal autoxidation of palm oil: Structure-activity relationships. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 67(4), 255-258.
- Del Pozo, J. C., Lopez-Matas, M. A., Ramirez-Parra, E., & Gutierrez, C. (2005). Hormonal control of the plant cell cycle. *Physiologia Plantarum*, 123(2), 173-183.
- Demir, E. (2018). Aksenik juvenil sakız ağacı (*Pistacia lentiscus* L.) eksplantlarından kallus kültürlerinin başlatılması ve optimizasyonu (Master's thesis, Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Dufourc, E. J. (2008). The role of phytosterols in plant adaptation to temperature. *Plant signaling & behavior*, 3(2), 133-134.
- Ekşi, A. & Özen, İ. T. (2012). Kivi meyvesinin kimyasal bileşenleri ve fonksiyonel özellikleri. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(2), 54-67.
- Fukumoto, L. R., & Mazza, G. (2000). Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(8), 3597-3604.
- George, E. F., Hall, M. A., & Klerk, G. J. D. (2008). Plant growth regulators I: introduction; auxins, their analogues and inhibitors. *Plant Propagation by Tissue Culture: Volume 1. The Background*, 175-204. Dordrecht: Springer Netherlands.
- Giangrieco, I., Proietti, S., Moscatello, S., Tuppo, L., Battistelli, A., La Cara, F., ... & Ciardiello, M. A. (2016). Influence of geographical location of orchards on green kiwifruit bioactive components. *Journal of Agricultural and food chemistry*, 64(48), 9172-9179.
- Giri, L., Dhyani, P., Rawat, S., Bhatt, I. D., Nandi, S. K., Rawal, R. S., & Pande, V. (2012). In vitro production of phenolic compounds and antioxidant activity in callus suspension cultures of *Habenaria edgeworthii*: A rare Himalayan medicinal orchid. *Industrial Crops and Products*, 39, 1-6.
- Grossmann, K. (2010). Auxin herbicides: current status of mechanism and mode of action. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 66(2), 113-120.
- Guo, J., Yuan, Y., Dou, P., & Yue, T. (2017). Multivariate statistical analysis of the polyphenolic constituents in kiwifruit juices to trace fruit varieties and geographical origins. *Food chemistry*, 232, 552-559.
- Halliwell, B. (2008). Are polyphenols antioxidants or pro-oxidants? What do we learn from cell culture and in vivo studies?. *Archives of biochemistry and biophysics*, 476(2), 107-112.
- Hartmann, M. A. (1998). Plant sterols and the membrane environment. *Trends in plant science*, 3(5), 170-175.
- Hata, M., Ishii, Y., Watanabe, E., Uoto, K., Kobayashi, S., Yoshida, K. I., ... & Ando, A. (2010). Inhibition of ergosterol synthesis by novel antifungal compounds targeting C-14 reductase. *Medical mycology*, 48(4), 613-621.
- Hatano, T., Edamatsu, R., Hiramatsu, M., MORI, A., Fujita, Y., Yasuhara, T., & OKUDA, T. (1989). Effects of the interaction of tannins with co-existing substances. VI.: effects of tannins and related polyphenols on superoxide anion radical, and on 1,

- 1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. *Chemical and pharmaceutical bulletin*, 37(8), 2016-2021.
- He, M., & Ding, N. Z. (2020). Plant unsaturated fatty acids: multiple roles in stress response. *Frontiers in plant science*, 11, 562785.
- He, M., Qin, C. X., Wang, X., & Ding, N. Z. (2020). Plant unsaturated fatty acids: biosynthesis and regulation. *Frontiers in Plant Science*, 11, 390.
- Ikeuchi, M., Sugimoto, K., & Iwase, A. (2013). Plant callus: mechanisms of induction and repression. *The plant cell*, 25(9), 3159-3173.
- Jayasinghe, C., Gotoh, N., Aoki, T., & Wada, S. (2003). Phenolics composition and antioxidant activity of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 51(15), 4442-4449.
- Karpińska, J., Mikołuc, B., Motkowski, R., & Piotrowska-Jastrzębska, J. (2006). HPLC method for simultaneous determination of retinol,  $\alpha$ -tocopherol and coenzyme Q10 in human plasma. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 42(2), 232-236.
- Katsanidis, E. & Addis, P.B. (1999). Novel HPLC analysis of tocopherols and cholesterol in tissue. *Free Radical Biology and Medicine*. 27, 1137-1140.
- Keskin, N., & Kunter, B. (2007). Ercis üzüm çeşidinin kallus kültürlerinde UV ışını etkisiyle resveratrol üretiminin uyarılması. *Journal of Agricultural Sciences*, 13(04), 379-384.
- Khoo, L. W., Mediani, A., Zolkeflee, N. K. Z., Leong, S. W., Ismail, I. S., Khatib, A., ... & Abas, F. (2015). Phytochemical diversity of *Clinacanthus nutans* extracts and their bioactivity correlations elucidated by NMR based metabolomics. *Phytochemistry Letters*, 14, 123-133.
- Kim, D. O., Jeong, S. W., & Lee, C. Y. (2003). Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. *Food Chemistry*. 81(3), 321-326.
- Kousalya, L., & Bai, V. N. (2016). Effect of growth regulators on rapid micropropagation and antioxidant activity of *Canscora decussata* (Roxb.) Roem. & Schult.–A threatened medicinal plant. *Asian Pacific Journal of Reproduction*, 5(2), 161-170.
- Kumar, S. S., Arya, M., Mahadevappa, P., & Giridhar, P. (2020). Influence of photoperiod on growth, bioactive compounds and antioxidant activity in callus cultures of *Basella rubra* L. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 209, 111937.
- Kumar, S., & Sharma, D. R. (2002). Review Article In vitro propagation of kiwifruit. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 77(5), 503-508.
- Kumlay, A. M., & Ercisli, S. (2015). Callus induction, shoot proliferation and root regeneration of potato (*Solanum tuberosum* L.) stem node and leaf explants under long-day conditions. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 29(6), 1075-1084.
- Lichtenthaler, H. K., Schwender, J., Disch, A., & Rohmer, M. (1997). Biosynthesis of isoprenoids in higher plant chloroplasts proceeds via a mevalonate-independent pathway. *FEBS letters*, 400(3), 271-274.
- López-Cervantes J, Sánchez-Machado DI, Ríos-Vázquez NJ. (2005). High-performance liquid chromatography method for the simultaneous quantification of retinol, alpha-tocopherol, and cholesterol in shrimp waste hydrolysate. *Chromatography*, 10;1105(1-2), 135-9.
- Maharik, N., Elgengaihi, S., & Taha, H. (2009). Anthocyanin production in callus cultures of *Crataegus sinaica* boiss. *Int J Acad Res*, 1(1), 30-34.
- Mantell, S. H., & Smith, H. (1983). Cultural factors that influence secondary metabolite accumulations in plant cell and tissue cultures. In *Seminar series-society for experimental biology*.
- Mohammed S., Suresh M. (2020). Antifungal efficacy and mechanism of flavonoids Antibiotics, Basel, Switzerland, 9 pp. 1-58.
- Mok, M. C., Gabelman, W. H., & Skoog, F. (1976). Carotenoid Synthesis in Tissue Cultures of *Daucus carota* L. 1. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 101(4), 442-449.
- Mulabagal, V., & Tsay, H. S. (2004). Plant cell cultures-an alternative and efficient source for the production of biologically important secondary metabolites. *International journal of applied science and engineering*, 2(1), 29-48.
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia plantarum*, 15(3), 473-497.
- Pellegrini, N., Serafini, M., Colombi, B., Del Rio, D., Salvatore, S., Bianchi, M., & Brighenti, F. (2003). Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *The Journal of nutrition*, 133(9), 2812-2819.
- Pinelli, P., Romani, A., Fierini, E., Remorini, D., & Agati, G. (2013). Characterisation of the Polyphenol Content in the Kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) Exocarp for the Calibration of a Fruit-sorting Optical Sensor. *Phytochemical Analysis*, 24(5), 460-466.
- Procházková, D., Boušová, I., & Wilhelmová, N. (2011). Antioxidant and prooxidant properties of flavonoids. *Fitoterapia*, 82(4), 513-523.
- Ramirez-Estrada, K., Vidal-Limon, H., Hidalgo, D., Moyano, E., Golenioswki, M., Cusidó, R. M., & Palazon, J. (2016). Elicitation, an effective strategy for the biotechnological production of bioactive high-added value compounds in plant cell factories. *Molecules*, 21(2), 182.
- Rout, G. R., Samantaray, S., & Das, P. (2000). In vitro manipulation and propagation of medicinal

- plants. *Biotechnology advances*, 18(2), 91-120.
- Schaller, G. E., Street, I. H., & Kieber, J. J. (2014). Cytokinin and the cell cycle. *Current opinion in plant biology*, 21, 7-15.
- Schaller, H. (2004). New aspects of sterol biosynthesis in growth and development of higher plants. *Plant physiology and biochemistry*, 42(6), 465-476.
- Sengul, M., Yildiz, H., Gungor, N., Cetin, B., Eser, Z., & Ercisli, S. (2009). Total phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of some medicinal plants. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 22(1), 102-106.
- Shinde, A. N., Malpathak, N., & Fulzele, D. P. (2010). Determination of isoflavone content and antioxidant activity in *Psoralea corylifolia* L. callus cultures. *Food Chemistry*, 118(1), 128-132.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In *Methods in enzymology*. 299, 152-178.
- Smetanska, I. (2018). Sustainable production of polyphenols and antioxidants by plant in vitro cultures. In *Bioprocessing of plant in vitro systems* (pp. 225-269). Springer, Cham.
- Tufarelli, V. (2014). Enhancing egg quality by dietary vitamin E and selenium supplementation. *Vitamins and Minerals*, 3, e131.
- Vasil, I. K., Constabel, F., & Schell, J. (Eds.). (1984). Cell culture and somatic cell genetics of plants (Vol. 1, pp. 645-p). New York: Academic Press.
- Verpoorte, R., Contin, A., & Memelink, J. (2002). Biotechnology for the production of plant secondary metabolites. *Phytochemistry reviews*, 1, 13-25.
- Wang, K., Li, M., Han, Q., Fu, R., & Ni, Y. (2021). Inhibition of  $\alpha$ -amylase activity by insoluble and soluble dietary fibers from kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Food Bioscience*, 42, 101057.
- Yavaş, İ., & Yelda, E. M. E. K. (2021). Bitkilerin Abiyotik Stres Koşullarıyla Başa Çıkmasına Yardımcı Strigolaktonlar. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (31), 686-690.
- Yesil-Celiktas, O., Nartop, P., Gurel, A., Bedir, E., & Vardar-Sukan, F. (2007). Determination of phenolic content and antioxidant activity of extracts obtained from *Rosmarinus officinalis* calli. *Journal of plant physiology*, 164(11), 1536-1542.



## In vitro Antimicrobial Activity, Antioxidant Activity and Synergistic/Antagonistic Effect of *Arum maculatum* L. in Mersin Province, Turkey

Mürüvvet KURT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemistry, Afyon Kocatepe University, Afyonkarahisar, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-7339-9858>

✉: [muruvvetduz@aku.edu.tr](mailto:muruvvetduz@aku.edu.tr)

### ABSTRACT

*Arum maculatum* is used for the treatment of colitis and internal bleeding haemorrhoids among the local people in Turkey. This study was designed to evaluate the antioxidant and antimicrobial activity and protective effects of the leaf and root methanol extract of *Arum maculatum* L. The phenolic compound content of the root and leaf extract was determined as 207.135±0.07 µg GAE g<sup>-1</sup>, and 386.054±0.7 µg GAE g extract<sup>-1</sup>, respectively. The total flavonoid amount was determined as 53.386±0.220 µg QE g<sup>-1</sup> and 347.704±0.352 µg QE g<sup>-1</sup> extract, respectively. DPPH free radical scavenging of leaf and root extracts was determined as 76.69% and 67.33%, respectively.. The metal chelating effect was determined as 46.585±0.025 mg EDTA/g extract and 35.610±0.087 mg EDTA g extract<sup>-1</sup> for roots and leaves, respectively. All extracts were effective against all tested bacteria, and *Staphylococcus mutans* ATTC 10449 was the most sensitive bacterium with the lowest MIC value (0.20 mg mL<sup>-1</sup>, 0.81 mg mL<sup>-1</sup>) for leaf and root extracts, respectively. The biggest diameter of growth inhibition zone (8±2.44 mm, 9±3.26) compared to Chloramphenicol. *Arum* leaf extracts showed a synergistic effect with OFX against *Escherichia coli* and *Staphylococcus mutans*, and *Arum* root extracts have a synergistic effect with OFX against *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus mutans*. These results displayed that *A. maculatum* has notable natural bioactive compounds with antioxidant and antibacterial properties.

### *Arum maculatum* L.'nin in vitro Antimikrobiyal Aktivitesi, Sinerjistik/Antagonistik Etkisi

### ÖZET

*Arum maculatum* kolit ve iç kanamalı hemoroid tedavisinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, *Arum maculatum* L.'nin yaprak ve kök metanol ekstraktının in vitro antimikrobiyal aktivitesi, antioksidan aktivitesi ve sinerjistik/antagonistik etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kök ve yaprak ekstraktının fenolik bileşik içeriği sırasıyla 207.135±0.07 µg GAE g<sup>-1</sup>, 386.054±0.7 µg GAE g<sup>-1</sup> ekstrakt olarak belirlenmiştir. Toplam flavonoid miktarı sırasıyla 53.386±0.220 µg QE g<sup>-1</sup> ve 347.704±0.352 µg QE g<sup>-1</sup> ekstrakt olarak belirlenmiştir. Yaprak ve kök ekstraktlarının DPPH serbest radikal süpürmesi sırasıyla %76.69 ve %67.33 olarak belirlendi. Metal şelatlama etkisi yapraklar ve kök için sırasıyla 35.610±0.087 mg EDTA g<sup>-1</sup> ve ekstrakt 46.585±0.025 mg EDTA/g ekstrakt olarak tespit edilmiştir. Tüm ekstraktlar, test edilen tüm bakterilere karşı etkili olmuş ve *Staphylococcus mutans* ATTC 10449, yaprak ve kök ekstraktları için sırasıyla en düşük MİK değeri (0,20 mg mL<sup>-1</sup> 0,81 mg mL<sup>-1</sup>) ile en duyarlı bakteri olmuştur. Kloramfenikol ile karşılaştırıldığında en büyük zon inhibisyon bölgesi çapı (8±2,44 mm, 9±3,26) bulunmuştur. *Arum* yaprak ekstraktı *Escherichia coli* ve *Staphylococcus mutans*'a karşı OFX ile sinerjistik bir etki göstermiştir ve *Arum* kök ekstraktı *Staphylococcus aureus* ve *Staphylococcus mutans*'a karşı OFX ile sinerjistik bir etkiye sahiptir. Bu

### Biochemistry

### Research Article

### Article History

Received : 27.12.2022

Accepted : 27.09.2023

### Keywords

*Arum maculatum* L.

CUPRAC method

Time-killing assay

Antibiotic combination tests

Synergistic effect

### Antioksidan Aktivitesi ve

### Biyokimya

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 27.12.2022

Kabul Tarihi : 27.09.2023

### Anahtar Kelimeler

*Arum maculatum* L.

CUPRAC metod

Time-killing assay

Antibiyotik kombinasyon testi

Sinerjik etki

sonuçlar, *A. maculatum*'un antioksidan ve antibakteriyel özelliklere sahip kayda değer doğal biyoaktif bileşiklere sahip olduğunu göstermiştir.

**Atıf Şekli:** Kurt, M (2024) *Arum maculatum* L.'nin in vitro Antimikrobiyal Aktivitesi, Antioksidan Aktivitesi ve Sinerjistik/Antagonistik Etkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (2), 261-272. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.1225076>

**To Cite :** Kurt, M (2024) In vitro Antimicrobial Activity, Antioxidant Activity and Synergistic/Antagonistic Effect of *Arum maculatum* L. in Mersin Province, Turkey. *KSU J. Agric Nat* 27 (2), 261-272. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.1225076>

## INTRODUCTION

Despite their toxic properties, Arum plants have been used for nutritional and medicinal purposes for hundreds of years (Everest & Ozturk 2005; Azab 2017). *Arum maculatum* L., a locust plant belonging to the Araceae family, is popularly called "yeast root" (Uzun et al., 2004). *A. maculatum*, a natural wild plant, produces bright red fruits in late summer (Christie 2003). Its leaves are cooked and consumed as a soup (Erbil et al., 2018). *A. maculatum*, a perennial herb whose roots form tubercles, has bright green leaves that look like arrowheads at the end of a long stem. Uzun et al. (2004) determined the wild-growing plant species used as a folk medicine in Sakarya province after a 2-month field study. It has been reported that the roots of *A. maculatum* have an antifungal effect and the fresh roots are crushed and mixed with flour and used by preparing tablets. In ethnopharmacological records from western Turkey, *A. maculatum* is a cure for haemorrhoid and, at the same time, applied for colitis (Tuttolomondo, 2014; Everest & Ozturk, 2005).

It is a rich source of important chemical compounds in its fresh leaves and tubers. When the phytochemical properties of arum plants are examined, it has been determined that these plants contain alkaloids, polyphenols, glycosides (flavonoids, saponin and cyanogenic groups), proanthocyanidins, 2-heptanone, p-cresol, (E)-caryophyllene, monoterpenes, two sesquiterpenes and lectins (Safari et al., 2014).

The antimicrobial, proinflammatory, and antioxidant activity of Arum species was investigated (Uzun et al., 2004; Alencar et al., 2005; Dayısoylu, 2010). Additionally, its insecticidal activity was reported by Majumder and Mondal (2005). Substances such as glycosides and saponins in the plant content have made the plant toxic (Kızılarıslan, 2008; Kocabaş & Gedik, 2016; Gül & Topcu, 2017). In addition to this feature, saponins provide the plant with a strong antifungal activity (Çolak et al., 2009). For this reason, saponins, one of the phytochemicals considered an alternative to antibiotics, is a herbal ingredient that is concentrated. Although this plant varies from region to region, it is called names such as (Şimşek Yurt et al., 2019), Tırşik, Andırın doktoru, Pancar (Demirci ve Özatay, 2012), Yılan Dili ve Yılan Bıçağı (Turkish Herbology Association 2020). Turkey is located in the

geography where this plant grows naturally and is among the plants exported from country. However, it is forbidden to collect the onions or tubers of Arum species from nature and export them.

In this study, phytochemical properties, antimicrobial activity, and protective effect of root and leaf methanol extracts of *A. maculatum* obtained from Mersin province were investigated.

## MATERIAL and METHOD

### Chemicals

All analytical reagents used in the study were of analytical grade and were purchased from Sigma. Nutrient agar (NB) (Merck 105443) was used for bacterial culture and Mueller–Hinton broth and agar (MHA) (Merck, 105437) was used for microbiological assays.

### Collection and processing of plant samples

Healthy disease-free leaves and roots of *A. maculatum* L. were collected from 293 m in the orange garden of Buluklu village of Mersin in April 2021. The description of the plant was made by Mustafa Kargıoğlu from the Faculty of Arts and Sciences, Department of Molecular Biology and Genetics, and herbarium number was determined as AKU9962.

### Extract preparation

Twenty-five grams of powdered leaf was continuously extracted with 300 mL methanol for six hours using Soxhlet extraction. Methanolic root and leaf extracts of *A. maculatum* L. were concentrated under reduced pressure with a rotary evaporator. Thereafter, the collected crude methanolic extract was carefully stored in an airtight container until further use (Korcan et al., 2013).

### Determination of Total Phenolic Content and Total Flavonoids by the Colorimetric Method

The total phenolic content was determined by the Folin–Ciocalteu method (Dipankar & Murugan, 2012; Öztürk et al., 2018). Gallic acid was used as a standard for the determination of total phenolic content ( $\text{mg mL}^{-1}$ ) using a calibration curve ( $A = 0,0037c + 0,1666$ ,  $r^2 = 0,99$ ,  $n = 3$ ) and content was expressed as Gallic acid equivalents. The total flavonoid content of Arum



extracts was estimated using the colorimetric method as described by Baba and Malik (2015). As a standard, Quercetin (QE) was used for the determination of total flavonoids contents using a calibration curve ( $A =$

$0,0088x c + 0,0552$ ,  $r^2 = 0.99$ ,  $n = 3$ ) and content was expressed as Gallic acid (GA) equivalents (mg GA g dryweight<sup>-1</sup>).



**Fig.1** *Arum maculatum* L.  
**Resim 1** *Arum maculatum* L.

### In vitro antioxidant assays

#### DPPH radical scavenging assay

When the DPPH solution is mixed with a substance that can donate hydrogen atoms (antioxidant), the reduced form is formed with the loss of the dark violet color (Lee et al., 1998). Briefly, 100  $\mu$ L (1.56-100 $\mu$ g mL<sup>-1</sup>) of each extract was mixed with 1 mL of DPPH solution, vigorously shaken, and incubated for 20 min at room temperature in the dark.

#### The CUPRAC method

This method is based on the reduction of Cu(II) to Cu(I) by the antioxidants (reductants) present in the sample (Apak et al., 2004). The chromogenic reagent bathocuproin (2,9-dimethyl-4,7-diphenyl-1,10phenanthroline) forms a complex with Cu (I) in a ratio of 2:1. This complex has a maximum absorbance at 490 nm. The cupric reducing antioxidant capacity (CUPRAC) was calculated based on the Trolox calibration curve and expressed as mM trolox/mg extract.

#### Metal chelating activity

The chelating activities of Arum extracts and standard (EDTA) were estimated using the method of Dinis et al.(1994). The method is based on the competition of ferrozine, which has high iron chelating power, and metalbinding compounds in the extracts. If the iron binding power of the compounds in the extracts is high, the formation of the red colored. Ferrozine+Fe<sup>2+</sup> complex will be prevented. 370  $\mu$ l of distilled water and 10  $\mu$ l of 2 mM FeCl<sub>2</sub> solution were added to the test

tubes containing the different concentrations (62,5-100  $\mu$ g mL<sup>-1</sup>) of 100  $\mu$ l of extract and left for incubation at room temperature for 5 min. The reaction was started by adding the ferrozine (5 mM; 20  $\mu$ l). After shaking forcefully, the mixture was incubated at room temperature for 10 min. The absorbance was recorded at 562 nm with UV-vis spectrophotometer. EDTA (1-100  $\mu$ g mL<sup>-1</sup>) was used as a standard for the preparation of a calibration curve. The metal chelating ability of antioxidant was expressed as mg EDTA g<sup>-1</sup>.

### Determination of Antimicrobial Activities of Root and Leaf Extract of *Arum maculatum*

#### Test Microorganisms

*Escherichia coli* ATCC 35213, *Staphylococcus aureus* ATCC 12600, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 11778, and *Staphylococcus mutans* ATCC 10449 were obtained from the culture collections of the Uşak University, Department of Medical Laboratory Techniques.

#### Determination of Antibacterial Activity

The paper disc diffusion method was used to detect the antibacterial activity (Avaz et al. 2013). 200 mL mg<sup>-1</sup> stock solutions were prepared by dissolving the extracts in 5 mL methanol. Sterilized filter paper discs (5 mm) were soaked with 50  $\mu$ l of a stock solution. The soaked discs were put inoculated with McFarland 0.5 tested bacterium on MHA. The plates were incubated at 37°C for 24 h. The diameter (mm) of inhibition zones was measured. Chloramphenicol (C30) was used as a positive control, and methanol was used as a negative control. All tests were done in triplicate.

### Determination of minimum inhibitory concentration (MIC) by the microdilution method

The microdilution method was used to investigate the extracts obtained from plants and their antimicrobial effects. Sterile microdilution plates (Nunc® 96 DeepWell™) with 96 U-bottom wells were used for antimicrobial tests. The turbidity of the bacterial suspension was adjusted to 0.5 McFarland and then diluted to  $10^6$  cfu mL<sup>-1</sup>. Different concentration (from 200 to 0.20 mg mL<sup>-1</sup>) of the extracts was prepared. MHB, which is used as a medium, was prepared and sterilized at 121°C for 15 minutes. Then, 95 µl of Mueller-Hinton Broth (Merck 110293) (MHB), 5 µl of bacteria, and 100 µl of antibacterial extract were added with an automatic pipette. The 96-well plates were covered with a sterile label and incubated for 24 hours in an incubator at 37 °C. As a result of incubation, 100 microliter samples were taken from each well and planted on Mueller-Hinton Agar (Merck 1.05437) (MHA). Chloramphenicol (C30) was used as a positive control, and methanol was used as a negative control. The inoculated petri dishes were incubated for 24 hours at 37°C, and the Minimum Inhibition Concentrations (MIC) were determined according to the lowest final concentration with bacterial growth as a result of the incubation (Jennifer 2001).

### Time-killing assay

For each extract, 900 µl of active ingredient was taken from 5 mL of stock solution and the first  $10^{-1}$  dilution was prepared with 100 µl of nutrient broth medium. Serial dilution was prepared by adding 100 µl of nutrient broth to all eppendorf, starting from the first dilution and transferring up to  $10^{-6}$ , and 100 µl of microorganism was added to each eppendorf. This process was prepared in two series for Arum root and Arum leaf: the first was prepared for *Pseudomonas aeruginosa*, and the second was prepared for *Escherichia coli*. From the prepared stocks, three replications were made in the form of spot sowing on nutrient agar at 0 min. It is incubated for 24 hours at 37 °C. Additionally, a negative control containing microorganisms is cultivated in 1 mL of nutrient broth medium without an active substance, and as a positive control, 1 mL of nutrient broth medium + microorganism + OFX (ofloxacin) antibiotic disc stock is cultivated. The same procedures are repeated from each stock solution at the 4th, 8th, and 24th hours. The same procedures are repeated for the positive and negative controls.

### Antibiotic Combination Tests

As in the Kirby-Bauer method, the bacterial suspension at 0.5 McFarland turbidity was spread on the petri dish, the combination effect of the extract was investigated, and Ofloxacin (OFX5), Vancomycin (VA30), and Clindamycin (DA2) antibiotic discs were placed side by side. In the evaluation after incubation, expansion or bridge formation on the side of the two-zone diameters facing each other is defined as synergy (Köksal, 2010).

## RESULT AND DISCUSSION

### Determination of Total Phenolic and Flavonoid Content

The total amount of phenolic compounds of *A. maculatum* L. extracts was determined as gallic acid equivalent using Folin-Ciocalteu Reagent (FCR) (Table 1). Solutions of gallic acid were used as standard and plant extracts were prepared in methanol. For the gallic acid calibration curve (Fig 2), six different concentrations of methanol solutions of gallic acid were prepared.

Phenolic compounds and flavonoids are important types of phytochemicals with antioxidant activity. Phenolic contents are one of the important plant components with free radical scavenging effect (Hatano et al., 1980).

Accordingly, the phenolic compound content of the root extract was determined as  $207.135 \pm 0.07$  µg GAE/g extract and the leaf extract as  $386.054 \pm 0.7$  µg GAE/g extract<sup>1</sup>. In the results in Table 1, it was observed that *A. maculatum* L. leaf extract contained a higher amount of phenolic substance compared to the root extract. Erbil et al., (2018) found the amount of total phenolic compounds in the berries as 960.6 mg GAE 100 mg<sup>-1</sup> whereas the total phenolic compounds were detected as  $134.9 \pm 2.3$  mg GAE 100 mg<sup>-1</sup> in the extracts obtained from leaves by these researchers. Jaradat and Abualhasan (2016) found the total phenolic content in the methanolic extract of *A. elongatum* to be 27.49 mgGAE/g.

In addition to phenolic compounds, plants' most common antioxidant components are flavonoids (Nagy & Attaway, 1992). Flavonoids having rich hydroxyl groups are emphasized with antioxidant activity, metal ion chelation activity, radical scavenging capacity, and enzyme activators (Packer et al., 1999).

**Table 1** Total phenolics, tannin, and flavonoid contents of *A. maculatum* extract  
**Çizelge 1** *A. maculatum* ekstraktının toplam fenolikler, tanen ve flavonoid içerikleri

Samples	Total phenolics (µg GAE g extract <sup>-1</sup> )	Flavonoids (µg QE g extract <sup>-1</sup> )
Root (M)	207.135±0.07	53.386±0.220
Leaf (M)	386.054±0.7	347.704±0.352

Values are means of three independent analyses ± standard deviation (n = 3)

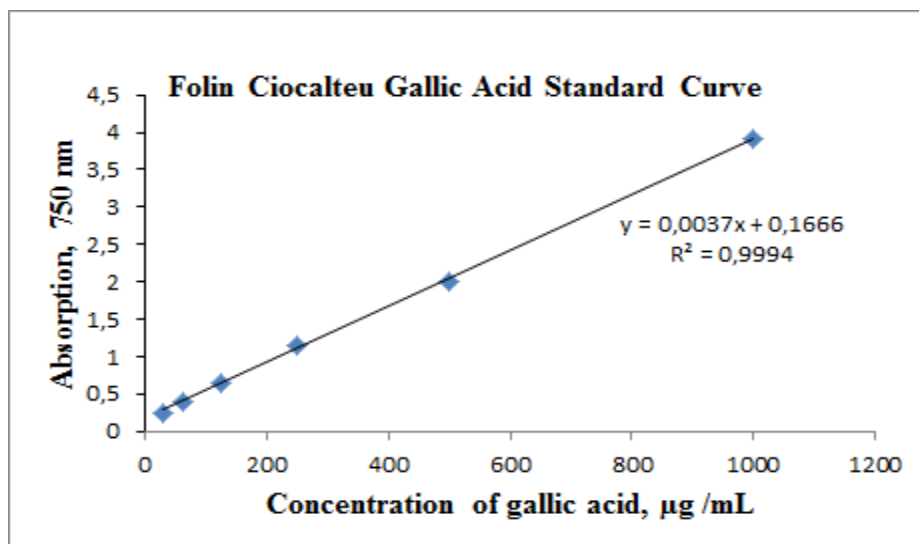


Fig. 2 Gallic acid calibration curve graph.

Şekil 2 Gallik asit kalibrasyon eğrisi grafiği

The total flavonoid content of the extracts was determined by determining the equivalent amount of quercetin, a flavonoid substance (Table 1). The concentration of total flavonoid content was determined using an equation derived from the quercetin calibration curve (Fig. 3) ( $r^2=0.9983$ ,  $n=4$ ).

In this study, as a result of the calculations made by obtaining the quercetin calibration curve, the total

flavonoid amount was determined as  $53.386 \pm 0.220$  µg QE /g extract of the root extract and  $347.704 \pm 0.352$  µg QE g extract<sup>-1</sup> of the leaf extract. Farahmandfar et al., (2019) reported the phenolic content of *A. maculatum* as 51.09 mg GA g<sup>-1</sup> and the flavonoid value as 4.42 mg CE g<sup>-1</sup> in the extracts prepared in ethanol: water (50:50) by the ultrasonic extraction method.

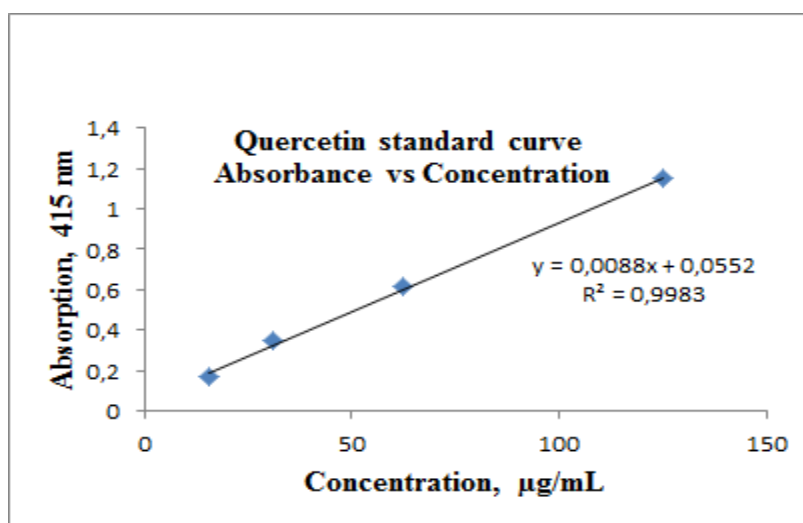


Fig 3. Quercetin calibration curve graph

Şekil 3. Quercetin kalibrasyon eğrisi grafiği

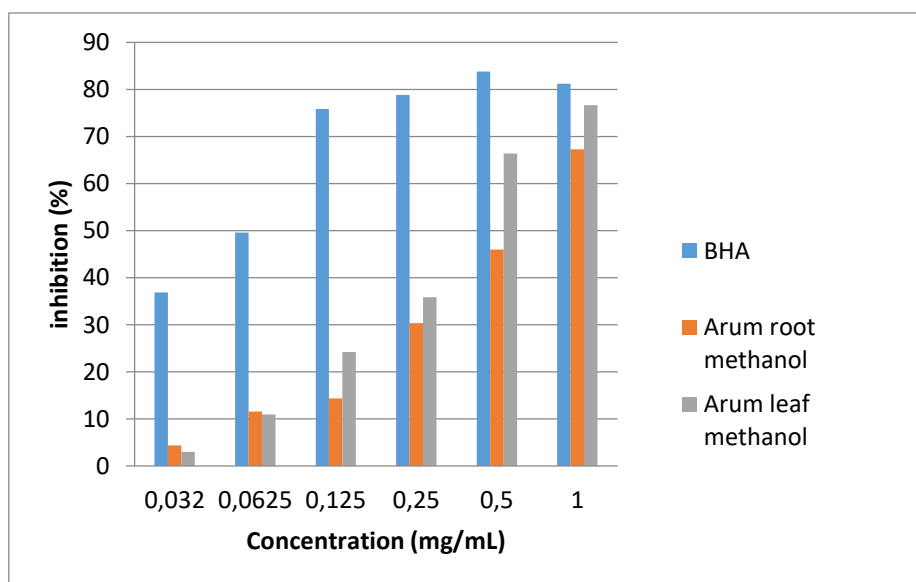
#### DPPH radical scavenging assay

Polar (methanol) extracts were obtained from *A. maculatum* L., and antioxidant and antimicrobial activities of these extracts were determined. Polar extracts obtained from the roots and leaves of *A. maculatum* L. were subjected to various test systems for the determination of antioxidant activity. The DPPH free radical scavenging capacity of the extract is shown in Figure 4. It was observed that the

absorbance values increased depending on the dose in the measurements performed based on 0.032, 0.0625 and 0.125, 0.25, 0.5, and 0.1 mg.mL<sup>-1</sup> concentration levels. While DPPH free radical scavenging was determined at the rate of 76.69% in methanolic arum leaf extract at 0.1 mg mL<sup>-1</sup> concentration, it was determined as 67.33 % in methanolic arum root extract. These values are also relatively close to the synthetic antioxidant BHA (83.86% ± 0.01). Ibraheem and Mohammed, (2015) reported that 0.500 mg mL<sup>-1</sup>

concentration of *A. maculatum* displayed a DPPH radical cleaning activity as  $93.33 \pm 0.58\%$  inhibition. Mahomoodally et al. (2023) found the highest antioxidant activity in the MeOH/water extract of *Arum elongatum* plant, equivalent to 38.90 mg Trolox per gram, against DPPH\* radical and Ethylacetate extract showed the lowest antioxidant activity against DPPH ( $1.17 \text{ mg TE g}^{-1}$ ). In a study of Alan (2018) *A. elongatum Stevens* extracts, ethanol and purified water extracts were found to have low DPPH activity.

Antioxidant activity has been attributed to the presence of defined phytochemicals such as chlorogenic acids (Manuja et al., 2013), which donate hydrogen atoms to reduce free radicals and cause oxidation of phenoxy radicals (Liang and Kitts, 2015). As a result, in this study, it was observed that the leaf and root extracts showed DPPH radical scavenging activity against different concentrations, and this was more in the leaf extract.



**Fig. 4** Antioxidant activity (DPPH free radical scavenging assay) of ARM, ALM, and BHA.  
**Şekil 4** ARM, ALM ve BHA'nın antioksidan aktivitesi (DPPH serbest radikal süprücü etkisi).

#### CUPRAC assay

The extracts prepared from the leaves and roots of *A. maculatum L.* plant and the standard antioxidant compounds convert the Cu (II) neocuproin complex to Cu (I) neocuproin at 450 nm by the antioxidant compounds in the medium, and the Antioxidant Capacity (TEAC) of this complex equivalent to  $\mu\text{g}$  Trolox and ascorbic acid is shown (Table 2). Trolox and ascorbic acid were used as standard antioxidants. The graphs obtained for the CUPRAC assay are shown in Figure 5.

According to the CUPRAC antioxidant test results, it was determined that the leaf extract was equivalent to  $36.018 \pm 0.03 \text{ Eq } \mu\text{g mL}^{-1}$  Trolox and  $157.086 \pm 0.044 \text{ Eq } \mu\text{g}^{-1}$  Ascorbic acid  $\text{mL}^{-1}$  at  $1 \text{ mg mL}^{-1}$  concentration while the root extract was  $10.222 \pm 0.025 \text{ Eq } \mu\text{g mL}^{-1}$  Trolox' at  $1 \text{ mg mL}^{-1}$  concentrations and  $41.962 \pm 0.037 \text{ Eq } \mu\text{g}$  Ascorbic acid  $\text{mL}^{-1}$  was found to be equivalent. Additionally, a linear decrease is observed in equivalent amounts of Trolox and Ascorbic acid depending on the decrease in concentration. According to Mahomoodally et al. (2023) found CUPRAC values in *Arum elongatum* extracts were the highest ( $102.22 \text{ mg TE g}^{-1}$ ) in methanol/water extract and the lowest ( $50.44 \text{ mg TE g}^{-1}$ ) in ethyl acetate extract. Alan (2018)

reported that  $100 \mu\text{L}$  concentration of ethanol and purified water extracts and standards for *A. elongatum* species changed as  $\text{BHT} > \text{BHA} > \text{A. elongatum (ethanol)} > \text{A. elongatum (pure water)}$  in terms of reducing the power of  $\text{Cu}^{2+}$  ions according to the CUPRAC method. Uguzlar et al. (2011) determined the CUPRAC values equivalent to Trolox for antioxidant studies of *Arum dioscoridis* as  $1.55 \pm 0.23 \text{ mg mL}^{-1}$  in methanolic extract and  $1.36 \pm 0.18 \text{ mg mL}^{-1}$  in acetone extract. According to the results given in Table 2, since the *A. maculatum L.* leaf extract contains a higher amount of phenolic substances than the root extract, it was observed that the amount of TEAC was higher in the leaf than in the root by reducing more cupric ions to the cuprose.

#### Metal chelating activity

As can be seen from Table 3, the root extract has a metal chelating effect of  $46.585 \pm 0.025 \text{ mg EDTA g}^{-1}$  extract and the leaf extract  $35.610 \pm 0.087 \text{ mg EDTA g extract}^{-1}$ .

It has been reported that *Arum italicum* collected around Ordu/Fatsa, it has a metal chelating capacity of 82% at a concentration of  $0.1 \text{ g L}^{-1}$  (Yılmaz, 2008). Uguzlar et al. (2011) reported that chelating ability of

the standard (92.1±1.1%), rutin, was approximately similar to that of the methanolic extract from *Arum dioscoridis* (85.4±2.1%) whereas chelating ability of the

methanolic extract was more effective than that of the acetone extract (42.3±1.2%) at an extract concentration of 0.5 mg mL<sup>-1</sup>

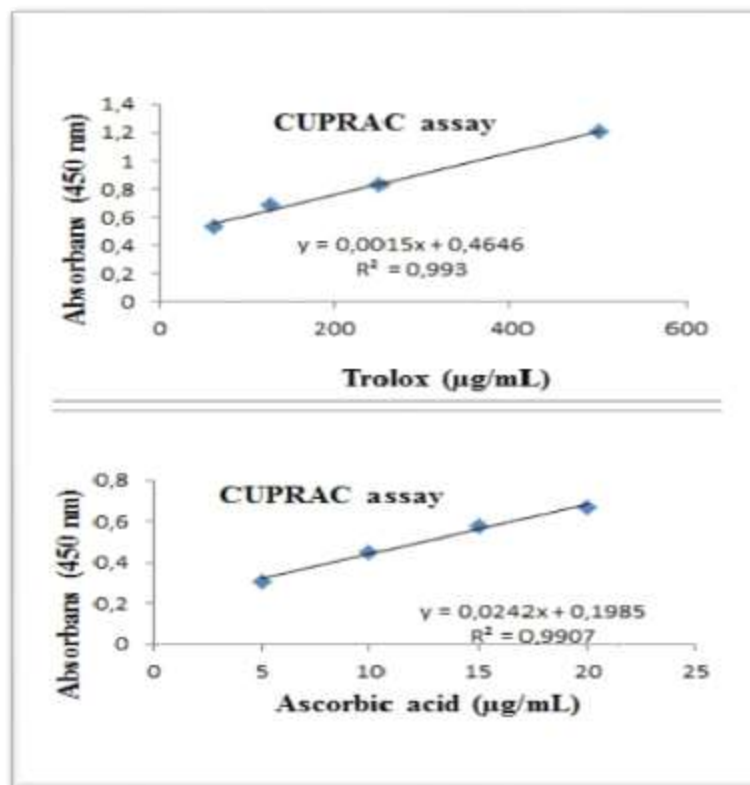


Fig.5 Standard curve of Trolox and Ascorbic acid  
Şekil 5 Trolox ve Askorbik asidin standart eğrisi

**Table 2.** Metal chelating activities of methanol extract of *A. maculatum L.*

Çizelge 2. *Arum maculatum L.* metanol ekstraktının metal şelatlama aktiviteleri.

Conc. (µg mL <sup>-1</sup> )	Metal chelating activity (mg EDTA g extract <sup>-1</sup> ) A = -11,335c + 0,3012 (r = 0,9933)	
	Extract	
	Root	Leaf
1000	35.610±0.087	46.585±0.025
500	20.488±0.005	23.659±0.045
250	15.366±0.089	17.073±0.067
125	7.073±0.075	9.756±0.01
62.5	2.195±0.036	4.390±0.004

Values are means of three independent analyses ± standard deviation (n = 3).

It was observed that the reducing capacity of *A. maculatum L.* extracts increased with increasing concentration as well as antioxidant activity. The reducing power can be an important factor in the antioxidant activity of a compound (Meir et al., 1995). However, the antioxidant properties of any pure substance can go on different mechanisms. In

summary, antioxidant compounds can exhibit their antioxidative properties by different mechanisms such as binding transition metals, breaking down peroxides, and removing radicals (Diplock, 1997).

#### Antimicrobial Activities of Root and Leaf Extract of *A. maculatum L.*

The antimicrobial activity of leaf and root methanol extracts obtained from *A. maculatum L.* was determined by the disk diffusion method and MIC tests, and the results are given in Table 4.

In a study investigating the antimicrobial activity of *A. maculatum* extract on Gram-positive (*Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*) and Gram-negative bacteria (*Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*), Although the plant extract was found to be effective against the tested bacteria, it was determined that the most sensitive bacteria was *L. monocytogenes* (Farahmandfar et al., 2019). Çolak et al., (2009) reported that extracts of *A. maculatum* had good activity against *Bacillus cereus*, *Micrococcus luteus*, *Pseudomonas phaseolicola*, *Yersinia enterocolitica*, *Enterobacter aerogenes*, and *Aspergillus niger*.

**Table 3.** CUPRAC assay of metanol extract of *A. maculatum* L.

**Çizelge 3.** *A. maculatum* L'nin metanol ekstraktının CUPRAC testi.

Conc. ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ )	CUPRAC assay Trolox $A = 0.108c + 0.11$ ( $r = 0.9977$ ) (Eq $\mu\text{g mL}^{-1}$ Troloks)		CUPRAC assay Ascorbic acid $A = 0,0242c + 0,1985$ ( $r = 0.9907$ ) (Eq $\mu\text{g Ascorbic acid mL}^{-1}$ )	
	Extract		Extract	
	Leaf	Root	Leaf	Root
1000	36.018±0.03	10.222±0.025	157.086±0.044	41.962±0.037
500	22.611±0.034	5.833±0.014	97.252±0.012	22.376±0.025
250	11.851±0.028	3.944±0.065	49.235±0.009	13.946±0.093
125	7.287±0.045	2.379±0.087	28.863±0.023	6.962±0.058
62.5	4±0.001	1.537±0.047	14.194±0.019	3.202±0.004

Values are means of three independent analyses  $\pm$  standard deviation (n = 3).

**Table 4.** Antimicrobial activities of *A. maculatum* L. against test microorganisms

**Çizelge 4.** *A. maculatum* L.'nin test mikroorganizmalarına karşı antimikrobiyal aktiviteleri

Microorganisms	Inhibition zone (mm)(SD) (200mg $\text{mL}^{-1}$ )			MIC (mg $\text{mL}^{-1}$ )	
	Leaf	Root	C30	Leaf	Root
Escherichia coli ATCC 35213	14±1.63	9±0.81	34±0.83	0,41	3.25
Staphylococcus aureus ATCC 12600	13±1.63	14±1.64	21±0.84	1,625	3.25
Pseudomonas aeruginosa ATCC 11778	8±2.44	8±2.44	32±1.64	13	1.625
Staphylococcus mutans ATTC 10449	8±2.44	9±3.26	8±1.67	0.20	0.81

Chloramphenicol: C30 All values are presented as "means  $\pm$  SD"(n=3)

MIC : Minimum Inhibitor Concentration (mg/mL).

The antimicrobial effect of *A. maculatum* was investigated by Kianinia and Farjam (2016) with extracts prepared with petroleum ether, methanol and ethyl acetate. Minimum Inhibiting Concentration (MIC) of 17 microorganisms including 10 bacteria, 6 molds, and 1 yeast were investigated. The strong antimicrobial effects of the plant were found on *Staphylococcus aureus* (MIC= 32 mg  $\text{mL}^{-1}$ ), *Staphylococcus epidermidis* (MIC=4 mg  $\text{mL}^{-1}$ ), and *Escherichia coli* (MIC=4 mg  $\text{mL}^{-1}$ ) (Kianinia & Farjam, 2016).

*A. maculatum* exerted inhibition feature on these microorganisms. Erbil et al. (2018) determined that *Arum maculatum* leaf extract showed more effective antibacterial properties than fruit extract. TA 98 and TA 100 strains of *Salmonella typhimurium* were used to test the antimutagenic activities of the extracts. In total, 10 and 80  $\mu\text{l}$  plaque<sup>-1</sup> doses of the leaves were effective against mutagenesis of *Salmonella typhimurium* TA 98 strain. Moreover, *A. maculatum* L. essential oil demonstrated higher MIC against *S. aureus* (32 mg  $\text{mL}^{-1}$ ) and *E. coli* (4 mg  $\text{mL}^{-1}$ ) than the outcomes revealed in this study (Kianinia & Farjam, 2018). Uzun et al. (2004) reported that petroleum ether extract of *A. maculatum* displayed antibacterial effect against *Staphylo-coccus epidermidis* with MIC value of 39.1  $\mu\text{g mL}^{-1}$ .

In this study, inhibition against *Escherichia coli* ATCC 35213 microorganism in leaf extract was measured as 14±1.63 mm, and it was found to be more effective than

root extract. It was determined that root extract (9±3.26 mm) showed greater diameters of zone inhibition against *Staphylococcus aureus* ATCC 12600 microorganism and even showed a higher antimicrobial effect than Chloramphenicol (8±1.67 mm), which was used as a positive control. Chloramphenicol standard antibiotic disc was used as a positive control in antimicrobial activity tests (30  $\mu\text{g}/\text{disc}$ ). The result of microdilution assay showed that the leaf and root extracts had the lowest MIC values and at the same time showed high inhibition against *Staphylococcus mutans* ATTC 10449 (Çizelge 4). Among the Arum species, *A. maculatum* is the most promising one for further bioactive research (ComLekcioglu et al., 2021). Mansur et al., (2015) showed that methanol extracts were the best producing-antimicrobial activity. Therefore, in this study, methanol extracts were used to determine the antimicrobial activity. Nitiema et al. (2012) reported that phenolic compounds may have antimicrobial activity. The antimicrobial effect of phenolic ingredients may be due to their ability to alter the membrane permeability of microbial cells (Shahidi & Naczki, 1995).

### Time Killing

Gram-negative bacteria, which have additional protection from the cell wall, are more resistant to antimicrobial agents than gram-positive bacteria. So far, the necessity of this rare combination of properties

has prevented the accumulation of many antimicrobials in Gram-negative pathogens (Kristen et al., 2021). For this reason, in our study, a time-killing assay was performed to observe the time-dependent antimicrobial effect of flow pumps in gram-negative bacteria.

Dilutions of  $10^{-1}$  to  $10^{-4}$  of *A. maculatum* root extract *Pseudomona aeruginosa* showed a cidal effect in the first 4 hours while dilutions of  $10^{-5}$  and  $10^{-6}$  did not

show a cidal effect after 24 hours. For *Escherichia coli*, only  $10^{-1}$  and  $10^{-2}$  dilutions showed a cidal effect after 4 hours,  $10^{-3}$  dilutions at 8 hours, and  $10^{-4}$  dilutions after 24 hours (Table 5). In the samples taken from *A. maculatum* leaf extracts after 24 hours, a weak growth was detected in all dilutions of both bacteria. It was observed that Arum maculatum root extract was more effective than leaf extract in 24 hours, reducing growth but not killing bacteria.

**Table 5.** Time-kill effect of the bactericidal effect of *A. maculatum* L. Root and Leaf extract  
**Çizelge 5.** *A. maculatum* L. Kök ve Yaprak ekstraktının bakterisidal etkisinin zaman öldürücü etkisi

Arum Root extract												
Time	<i>Pseudomona aeruginosa</i>						<i>Escherichia coli</i>					
	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$
0. min.	++	++	+++	+++	+++	+++	++	++	+++	+++	+++	+++
4. hour	-	-	-	-	++	+++	-	-	++	++	++	++
8. hour	-	-	-	-	++	++	-	-	-	++	++	++
24. hour	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+

Arum Leaf extract												
Time	<i>Pseudomona aeruginosa</i>						<i>Escherichia coli</i>					
	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$
0. min.	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
4. hour	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	+++	+++	+++	+++
8. hour	+	+	+	++	++	++	+	++	++	++	+++	+++
24. hour	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	++	++

(+++ = heavy growing, ++ = moderate growing, + = low growing, - = no growing)

**Table 6.** Antibiotic Combinations and Synergistic Interactions (Kirby Bauer disc diffusion method)  
**Çizelge 6.** Antibiyotik Kombinasyonları ve Sinerjik Etkileşimler (Kirby Bauer disk difüzyon yöntemi)

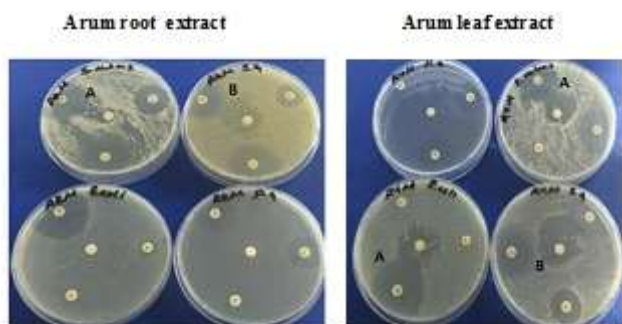
Microorganisms	Arum extract	Antibiotic Combinations and Synergistic Interactions		
		Vancomycin (VA30)	Clindamycin (DA2)	Ofloxacin (OFX5)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	L	Ad	Ad	Ad
	R	Ad	Ad	Ad
<i>Escherichia coli</i>	L	Ad	Ad	Sy
	R	Ad	Ad	Ad
<i>Staphylococcus aureus</i>	L	An	Sy	An
	R	An	Sy	Sy
<i>Staphylococcus mutans</i>	L	An	Ad	Sy
	R	Ad	Ad	Sy

Ad: Additive, Antagonism: An, Synergism: Sy, L: Leaf, R: Root

Three different interactions occur between antibiotics in combination antibiotic therapy. These are synergy, additive effect, and antagonism (Bal, 1999, Koksall, 2010). If the effect of the tested antibiotics together is significantly higher than the effect of using each antibiotic alone, it is called synergistic effect. There is a positive interaction here. If the effect of the tested antibiotics together is significantly lower than the effect of using each drug alone, it is called antagonist effect. There is a negative interaction here. If the effect of antibiotics used in combination is the sum of their separate effects, this is called additive effect also known as partial synergy. With the emergence of multidrug-resistant organisms, there are few or no

treatment options for infections with certain microorganisms, as bacteria are resistant to 21 different antibiotics, and each isolate is resistant, on average, to 7-8 antibiotics (D'Costa et al., 2006). Several studies have shown various interactions between plant extracts and antibiotics (Braga et al., 2005; Kumar et al., 2009; Aiyegoro et al., 2011). In this study, the combination of Arum root and leaf extracts with different antibiotics was investigated against potential pathogens in vitro to identify synergistic or antagonistic antibacterial combinations that could provide empirical use and treatment of poly-microbial infections where combination therapy is required. From our previous studies, Vancomycin(VA30)

Clindamycin (DA2) Ofloxacin (OFX5) antibiotics were found to be effective, and these antibiotics were preferred (Table 6). Arum leaf extracts showed a synergistic effect with OFX against *E. coli* and *S. mutans*. It has been determined that Arum root extracts have a synergistic effect with OFX against *S. aureus* and *S. mutans*. Arum leaf and root extracts have a synergistic effect with DA against *S. aureus* (Fig.6).



**Fig 6.** Antibiotic Combinations and Synergistic Interactions, A=Sinerjizim, B= Antagonizm  
**Şekil 6.** Antibiyotik Kombinasyonları ve Sinerjik Etkileşimler, A=Sinerjizim, B= Antagonizm

## CONCLUSION

The total phenolic substance and flavonoid content of *A. maculatum* L. leaf extracts was higher than the root extract. Additionally, it was observed that the DPPH radical scavenging and cupric ion-reducing properties of the leaf extract were stronger. This is because phenolic compounds and flavonoids can easily donate hydrogen in their hydroxyl groups. The bond between oxygen and hydrogen in phenolic compounds can be easily broken down homologically due to the stability of the phenol radical to be formed, and it can give hydrogen containing one electron. Thus, while scavenging the radical itself, it transforms into a more stable radical. As a result of our study, the presence of both glucosides and saponins in the leaf extracts of *A. maculatum* is the main reason for the antimicrobial activity demonstrated by the leaf extracts. Since the development of new classes of antibacterial agents is of great importance, methanolic extracts of *A. maculatum* have been found to show potential synergy when combined with some antibiotics against clinically important resistant bacteria. This study showed that *A. maculatum* methanol extract is both a strong source of antioxidants and a high level of antimicrobial activity. It has been shown that this plant can be a source of new chemotherapeutic agents in the production of synthetically developed therapeutic agents that can be combined with antibiotics. Further studies are underway, including the isolation of bioactive phytochemical compounds, investigation of their mechanism of action, and in vivo cancer studies to confirm the plant's potential.

## Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

## Acknowledgment

The author gratefully thanks Prof. Dr. Safiye Elif Korcan for providing Research Laboratory facilities and scientific contributions.

## REFERENCES

- Aiyegoro, O., Adewusi, A., Oyedemi, S., Akinpelu, D., & Okoh, A (2011). Interactions of antibiotics and methanolic crude extracts of *Azelaia africana* (Smith.) against drug resistance bacterial isolates. *International Journal of Molecular Sciences*, 12, 4477–4487.
- Alan, Y. (2018). Evaluation of phenolic substance content and biological activities of *Arum elongatum* steven extracts. *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*, 7, 370–379.
- Alencar, V.B.M., Alencar, N.M.N., Assreuy, A.M.S., Mota, M.L., Brito, G.A.C., Aragao, K.S., Bittencourt, F.S., Pinto, V.P.T., Debray, H., Ribeiro, R.A., & Cavada, B.S. (2005). Pro-inflammatory effect of *Arum maculatum* lectin and role of resident cells. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 37(9), 1805-1814.
- Apak, R., Guçlu, K., Ozyurek, M., & Karademir, S.E. (2004). Novel Total Antioxidant Capacity Index for Dietary Polyphenols and Vitamins C and E, Using Their Cupric Ion Reducing Capability in the Presence of Neocuproine: CUPRAC Method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26, 7970–7981.
- Avaz, S., Korcan, S.E., Kargiöglu, M., Serteser, A., Konuk, M., & Erol, I. (2013). Antimicrobial activities in root extracts of *Limonium* spp. growing in Afyonkarahisar, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 34, 561–568.
- Azab, A. (2017). *Arum*: A Plant Genus With Great Medicinal Potential. *European Chemical Bulletin*, 2, 59-68.
- Baba, S.A., & Mahk, S.A. (2015). Determination of total phenolic and flavonoid content, antimicrobial and antioxidant activity of a root extract of *Arisaema jacquemontii* Blume. *Journal of Taibah University for Science*, 9, 449-454.
- Bal, C. (1999). Determination of In Vitro Efficacy of Antibiotic Combinations. *Flora* 4, 219-229.
- Braga, L.C., Leite, A.A.M., Xavier, K.G.S., Takahashi, J.A., Bemquerer, M.P., Chartone-Souza, B., & Nascimento, A.M.A. (2005). Synergistic interaction between pomegranate extract and antibiotics against *Staphylococcus aureus*. *Canadian Journal of Microbiology*, 51, 541–547.
- Christie, W.W. (2003). 13-Phenyltridec-9-enoic and 15-phenylpentadec-9-enoic acids in *Arum maculatum* seed oil. *European Journal of Lipid Science and*



- Technology*, 12, 779-780.
- Colak, F., Savaroğlu, F., & İlhan, S. (2009). Antibacterial and Antifungal Activities of *Arum maculatum* L. Leaves Extracts. *Journal of Applied Biological Sciences*, 3, 13-16.
- D'costa, V.M., Mcgrann, K.M., Hughes, D.W., & Wright, G.D. (2006). Sampling the antibiotic resistome. *Science*, 311, 374-377.
- Dayısoylu, K.S. (2010). Changes of Antioxidant Activity in Different Forms and Meal of *Arum maculatum* in Kahramanmaraş Province from Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 8, 6595-6599.
- Demirci, S., & Ozhatay, N. (2012). An ethnobotanical study in Kahramanmaraş (Turkey); wild plants used for medicinal purpose in Andırın, Kahramanmaraş. *Turkish Journal Of Pharmaceutical Sciences*, 9, 75-92.
- DİNİS, T.C.P., Madeira, V.M.C., & Almeida, L.M. (1994). Action of phenolic derivatives (acetaminophen, salicylate, and 5-aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation and as peroxy radical scavengers. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 315, 161-169.
- Dıpankar, C., & Murugan, S. (2012). The green synthesis, characterization and evaluation of the biological activities of silver nanoparticles synthesized from *Iresine herbstii* leaf aqueous extracts. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 98, 112-119.
- Diplock, A.T. (1997). Will the 'good fairies' please prove to us that vitamin E lessens human degenerative disease? *Free Radical Research*, 5, 511-32.
- Erbil, N., Arslan, M., & Murathan, Z.T. (2018). Antioxidant, Antimicrobial, And Antimutagenic Effects And Biochemical Contents Of *Arum Maculatum* L. That Is A Medical Plant From Turkish Flora. *Fresenius Environmental Bulletin*, 12A, 8709-8714.
- Everest, A., & Ozturk, E. (2005). Focusing on the ethnobotanical uses of plants in Mersin and Adana provinces (Turkey). *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 6(1), 6. doi: 10.1186/1746-4269-1-6. PMID: 16270936; PMCID: PMC1277086.
- Farahmandfar, R., Kenarı, R.E., Asnaashari, M., Shahrampour, D., & Bakhshandeh, T. (2019). Bioactive compounds, antioxidant and antimicrobial activities of *Arum maculatum* leaves extracts as affected by various solvents and extraction methods. *Food Science & Nutrition*, 7, 465-475.
- Gül, V., & Topcu, E. (2017). A Study on Toxic Plants Spreading in the District of Salıpazarı (Samsun) *TURKJANS*, 42, 162-168.
- Hatano, T., Edamatsu, R., Mori, A., Fujita, Y., & Yasuhara, E. (1989). Effect of interaction of tannins with co-existing substances. VI. Effects of tannins and related polyphenols on superoxide anion radical and on DPPH radical. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 37, 2016-2021.
- Ibraheem, R.M., & Mohammed, Z.H. (2015). Antioxidant Activity of Methanol Extracts of *Arum maculatum* L. and *Physalis peruviana* L. Plants. *Ibn Al-Haitham Journal For Pure And Applied Science* 2, 1-7.
- Jaradat, N., & Abualhasan, M. (2016). Comparison of phytoconstituents, total phenol contents and free radical scavenging capacities between four *Arum* species from Jerusalem and Bethlehem. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 22, 120-125.
- Jennifer, M.A. (2001). Determination of minimum inhibitory concentrations. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 48, 5-16.
- Kianinia, S., & Farjam, M.H. (2018). Chemical and biological evolution of essential oil of *Arum maculatum*. *Iranian Journal of Science and Technology, Transaction A*, 42, 395-399.
- Kocabaş, Y.Z., & Gedik, O. (2016). An Ethnobotanical Study of wild plants sold in district bazaar in Kahramanmaraş. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 4, 41-50.
- Kochmarov, V., Kozuharova, E., Naychov, Z., Momekov, G., & Mincheva, I. (2015) Ethnobotany and ethnopharmacology of *Arum maculatum* L. (Araceae) in Bulgaria with an emphasis on its effect against haemorrhoids. *International Journal of Pharmaceutical, Chemical and Biological Sciences*, 5(2), 394-402.
- Koksal, I. (2010). The Clinical Place of Synergy Strains 34 Turkish Microbiology Congress Girne. 7-11 November Congress Book, Istanbul: 178.
- Korcan, S.E., Aksoy, O., Erdoğan, S.F., Çiğerci, I.H., & Konuk, M. (2013). Evaluation of antibacterial, antioxidant and DNA protective capacity of *Chenopodium album*'s ethanolic leaf extract. *Chemosphere*, 2, 374-379.
- Kozuharova, E., Matkowski, A., Woźniak, D., Naychov, Z., Gibernau, M., Momekov, G., Kochmarov, V., & Atanasov, A.G. (2017). *Arum*: Chemistry, Bioactivities, and Application as a Cure for Hemorrhoids, Conference: 3rd International Conference on Natural Products Utilization From Plants to Pharmacy Shelf 18-21 Bansko, Bulgaria.
- Kristen, A.M., & Paul, J.H. (2021). Facilitating Compound Entry as a Means to Discover Antibiotics for Gram-Negative Bacteria. *Accounts of Chemical Research*, 6, 1322-1333.
- Kumar, A.S., Venkateshwaran, K., Vanitha, J., Saravanan, V.S., Ganesh, M., Vasudevan, M, & Sivakumar, T (2009). Synergistic activity of methanolic extract of *Thespesia populnea* (Malvaceae) flowers with oxytetracycline. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 4, 13-16.
- Lee, S.K., Mbwambo, Z.H., Chung, H., Luyengi, L., Gamez, E.J., & Mehta, R.G. (1998). Evaluation of the antioxidant potential of natural products *Combinatorial Chemistry & High Throughput*

- Screening, 1, 35-46.
- Liang, N., & Kitts, D.D. (2015). Role of chlorogenic acids in controlling oxidative and inflammatory stress conditions, *Nutrients*, 8, 16.
- Mahomoodally, M. F., Zengin, G., Roumita, S., Caprioli, G., Mustafa, A. M., Piatti, D., Yıldıztuğay, E., Ak, G., Karadağ, A.E., Khalid, A., Abdalla, A.N., Uba, A.I., & Demirci, F. (2023). Chemical Characterization and Multidirectional Biological Effects of Different Solvent Extracts of *Arum elongatum*: In Vitro and in Silico Approaches. *Chemistry & Biodiversity*, 20(4), e202201181
- Majumder, P., Mondal, H.A., & Das, S. (2005). Insecticidal activity of *Arum maculatum* tuber lectin and its binding to the glycosylated insect gut receptors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 17, 6725-6729.
- Mansour, O., Salamma, R., & Abbas, L (2015). Screening of antibacterial activity in vitro of *Arum maculatum* L. leaves extracts. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 31, 231-234.
- Manuja, R., Sachdeva, S., Jain, A., Chaudhary, J. (2013). A comprehensive review on biological activities of p-hydroxybenzoic acid and its derivatives. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 22, 109-115.
- Meir, S., Kanner, J., Akiri, B., & Hadas, S.P. (1995). Determination and involvement of aqueous reducing compounds in oxidative defense systems of various senescing leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 1813.
- Nagy, S., & Attaway, J.A. (1992). Anticarcinogenic activity of phytochemicals in citrus fruit and their juice products Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 105, 162-165.
- Nazan, C., Sevilay, Ç., & Ashabil, A. (2021). A study on the bioactivity of plant extracts obtained from *Arum maculatum* leaves by different extraction techniques. *Czech Journal of Food Sciences*, 16, 1-2.
- Nitiema, L.W., Savadogo, A., Simporé, J., Dianou, D., & Traore, A.S. (2012). In vitro antimicrobial activity of some phenolic compounds (coumarin and quercetin) against gastroenteritis bacterial strains. *International Journal of Microbiology Research*, 3, 183-187.
- Öztürk, M., Bulduk, I., Korcan, S.E., Lıman, R., Karabag, & Coban, F. (2018). Total phenolics, flavonoids contents, antioxidant activity and DNA protective effect of Lenten Rose (*Helleborus orientalis*). *Asian Journal of Biochemistry, Genetics and Molecular Biology*, 4, 1-12.
- Packer, L., Rimbach, G., & Virgılı, F. (1999). Antioxidant activity and biologic properties of a procyanidin-rich extract from pine (*Pinus maritima*) bark, pycnogenol. *Free Radical Biology and Medicine*, 27, 704-724.
- Safari, E., Amiri, M., Bahador, A., Amiri, M., & Esmaeilı, D. (2014). The study of antibacterial effects of alcoholic extracts of *Arum maculatum*, *Allium hirtifolium* and *Teucrium polium* against nosocomial resistance bacteria. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3, 601-605.
- Shahidi, F., & Naczki, M. (1995). Nutritional and pharmacological effects of food phenolics. In *Food Phenolics: Sources, Chemistry, Effects and Applications*, pp. 171-191. New York, NY: CRC Press LLC.
- Turkish Herbology Association. (2020). *Arum maculatum* Access: [http://www.turkiyeherboloji.org.tr/upload/File/YabancıOt/2-ARUMA.pdf], Accessed on: 24.04.2020.
- Tuttolomondo, T., Licata, M., Leto, C., Savo, V., Bonsangue, G., Letizia Gargano M, Venturella, G., & La, Bella S. (2014). Ethnobotanical investigation on wild medicinal plants in the Monti Sicani Regional Park (Sicily, Italy). *Journal of Ethnopharmacology*, 153(3), 568-86. doi: 10.1016/j.jep.2014.02.032. Epub 2014 Mar 12. PMID: 24632020.
- Uğuzlar, H., Maltas, E., & Yıldız, S. (2016). Antioxidant Activity and Fatty Acid Compositions of *Arum dioscoridis* Extracts. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 8(1), 75-82.
- Uzun, E., Sarıyar, G., Adersen, A., Karakoc, B., Otuk, G., Oktayoglu, E., & Pirildar, S. (2004). Traditional medicine in Sakarya province (Turkey) and antimicrobial activities of selected species. *Journal of Ethnopharmacology*, 95, 287-296.
- Yılmaz, A.D. (2008). Pharmacognosic research on the antioxidant activities of medicinal plants used in liver and bile disorders, M.Sc, Marmara University, Institute of Health Sciences, Istanbul, Turkey..



## Seasonal Gene Profiling in Tuz Lake with Regard to Biogeochemical Cycling

Suzan ŞAHİN DOĞAN<sup>1</sup>, Aytaç KOCABAŞ<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Karamanoğlu Mehmet Bey University, Kamil Özdağ Faculty of Sciences, Department of Biology, Karaman-Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-1554-0080>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-7622-1932>,

✉: [sdogan@kmu.edu.tr](mailto:sdogan@kmu.edu.tr)

### ABSTRACT

Tuz Lake, a thalassohaline lake with a salt rate of 32%, is a unique habitat for a halophilic microbiome. Culture-dependent and independent methods have been applied to identify prokaryotic microbial diversity in Tuz Lake. However, the key processes and genes involved in biogeochemical cycles in Tuz Lake have not been investigated seasonally. The aim of the study is to investigate seasonal gene profiling in Tuz Lake associated with biogeochemical cycling and thereby reveal more about the ecosystem dynamics of this extreme environment. Therefore, the PICRUSt2 tool was applied to analyze the metabolic function of archaeal and bacterial diversity in Tuz Lake. As a result of metabolic functions based on 16S rDNA amplicon sequencing data, it was observed that methane production by H<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> by anaerobic archaea in Tuz Lake was the predominant methanogenesis pathway. It was determined that sulfur oxidation was the dominant sulfur metabolism, while the reductive citric acid cycle was the dominant carbon fixation pathway.

### Microbiology

### Research Article

### Article History

Received : 30.11.2022

Accepted : 01.06.2023

### Keywords

PICRUSt2

Hypersaline

Bioinformatics

Metabolic functions

Biogeochemical cycles

## Biojeokimyasal Döngüyle İlişkili Tuz Gölü'ndeki Mevsimsel Gen Profili

### ÖZET

Tuz oranı %32 olan talassohalin bir göl olan Tuz Gölü, halofilik mikrobiyom için önemli bir yaşam alanıdır. Tuz Gölü'ndeki prokaryot mikrobiyal çeşitliliği belirlemek için kültüre bağlı ve bağımsız yöntemler uygulanmıştır. Tuz Gölü'ndeki prokaryot mikrobiyal çeşitliliği belirlemek için kültüre bağımlı ve bağımsız yöntemler uygulanmıştır. Bununla birlikte, Tuz Gölü'ndeki biojeokimyasal döngülerde yer alan temel süreçler ve genler mevsimsel olarak araştırılmamıştır. Çalışmanın amacı, Tuz Gölü'ndeki biojeokimyasal döngü ile ilişkili mevsimsel gen profilini araştırmak ve bu ekstremofilik ortamın ekosistem dinamiklerini ortaya çıkarmaktır. Bu nedenle, Tuz Gölü'ndeki arke ve bakteri çeşitliliğinin metabolik işlevlerini analiz etmek için PICRUSt2 aracı kullanılmıştır. 16S rDNA amplicon dizileme verilerine dayanan metabolik fonksiyonlar sonucunda, Tuz Gölü'ndeki anaerobik arkelerin H<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> ile metan üretiminin baskın metanojenez yolu olduğu gözlenmiştir. Kükürt oksidasyonu baskın kükürt metabolizması iken indirgeyici sitrik asit döngüsü de baskın karbon fiksasyon yolu olarak saptanmıştır.

### Mikrobiyoloji

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 30.11.2022

Kabul Tarihi : 01.06.2023

### Anahtar Kelimeler

PICRUSt2

Hipersalin

Biyoinformatik

Metabolik fonksiyonlar

Biojeokimyasal döngüler

**Atıf Şekli :** Şahin-Doğan, S & Kocabaş, A (2024) Biojeokimyasal Döngüyle İlişkili Tuz Gölü'ndeki Mevsimsel Gen Profili. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(2), 273-284. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1212062.

**To Cite:** Şahin-Doğan, S & Kocabaş, A (2024) Seasonal Gene Profiling in Tuz Lake with Regard to Biogeochemical Cycling. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(2), 273-284. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1212062.

## INTRODUCTION

Hypersaline environments are one of the unique and important extreme environments that affect biology, climate, and global geochemistry. The biogeochemical cycles of hypersaline environments differ considerably from those of freshwater and marine conditions, as they are strongly influenced by changes in the

physicochemical parameters of the brine as well as the composition of microbial communities due to the fluctuation of salinity (Sternai et al., 2017; Isaji et al., 2019). Hypersaline environments are also described by extreme conditions including high alkalinity, low oxygen concentration, and high UV irradiation as well as high salinity (Ventosa, 2006). Furthermore,

temperature, pH, total organic carbon, oxygen, K<sup>+</sup> and Mg<sup>2+</sup> levels stand out as critical factors in the taxonomic distribution of microbial communities in hypersaline ecosystems (Zhu et al., 2020; Shi et al., 2021).

With the developing technology, microorganisms can be detected with 16S rRNA and 18S rRNA sequencing by the next-generation sequencing technology without culturing and cloning in the laboratory (Check Hayden, 2014; Başkaya & Kocabaş, 2016; Akyol et al., 2017). The prediction of metagenome functions from 16S rDNA gene sequences data by bioinformatics tools like PICRUSt allows investigation of the metabolomes of complex microbial communities with high precision and confidence at a high taxonomic resolution besides a much lower cost compared to metagenomic sequencing (Douglas et al., 2020). Microorganisms have a role in the biogeochemical cycles of carbon (C), nitrogen (N), phosphorus (P), and sulfur (S) in ecosystem dynamics. Thus, they regulate most biosphere activities associated with fluxes of greenhouse gases, such as CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and N<sub>2</sub>O. The metagenomic approach gives an opportunity to unveil the composition and functional profile of microorganisms in extreme environments to understand their significant role in biogeochemical cycles.

Tuz Lake is one of the extreme environments with a salt rate of 32% (w/v) and a thalassohaline lake close to neutral pH. Tuz Lake is a class A wetland and is important for protecting biological diversity in Turkey. Hypersaline ecosystems such as salt lakes, sea salts, and salty soils are composed of high salt concentration, the most important life-limiting factor for microorganisms. In studies conducted with extremophile microbial communities living in salt lakes, it has been revealed that the existence of functional microbial groups is involved in the cycles of carbon, nitrogen, sulfur and other elements. The investigation of the biogeochemical cycle that interacts with microbial diversity and primary productivity provides the basis for understanding such ecosystems (Shi et al., 2021). The aim of the study is to investigate biogeochemical cycles and environmental factor relationships by seasonally and thereby reveal more about the ecosystem dynamics of this extreme environment. Picrust2 tool was used to determine functional profile of microbiome in Tuz Lake, including nutrient-cycling processes, as well as their seasonal fluctuation with environmental parameters in the period of November 2018 to January 2020.

## MATERIALS and METHOD

The water samples were obtained from Cihanbeyli and Sereflikochisar regions of Tuz Lake at three different points of both sites (38°46'33"N-33°14'59"E, 38°45'20"N-33°13'50"E, 38°45'25"N-33°15'6"E,

38°47'1"N-33°26'42"E, 38°46'34"N-33°28'25"E, 38°45'50"N-33°27'6"E). Conductivity, temperature, dissolved oxygen, humidity, and pH values were measured while collecting the samples. Water samples were taken aseptically and delivered to the laboratory at 4°C in the period of November 2018 to January 2020 except in August and September due to drought.

## Nucleic Acid Extraction and 16S rDNA Amplicon Sequencing

The DNA extraction by the phenol-chloroform method in the previous study was applied (Doğan & Kocabaş, 2021). Firstly, the samples were filtered with 0.22 µm membrane filters and homogenized with liquid nitrogen. Extraction buffer was added to homogenized filter and centrifuged at 15000 g for 20 min. After the supernatant was taken and RNase added, RNase was inactivated by keeping it at 37 °C for two hours. Phenol: chloroform: isoamyl alcohol (25: 24: 1), pH: 8 was added and centrifuged at 15000g for 15 min. 3M sodium acetate solution was mixed with the supernatant and kept overnight at -20 °C to precipitate nucleic acids. The pellet was washed with 70% ethanol and dissolved in 10 mM Tris (pH, 8) after final centrifugation at 13000 g. V4 variable region of 16S rDNA was amplified by 515F (5'-GTGYCAGCMGCCGCGGTAA-3') and 806R (5'-GGACTACNVGGGTWTCTAAT-3') primers. Illumina MiSeq platform was applied for 16S rDNA amplicon sequencing with 2 × 300 bp paired-end protocol.

## Bioinformatics Analysis

Dada2 pipelines were applied for filtering, dereplication, chimera identification, and merging paired-end reads. Reads were trimmed to the length of 260 nt by --p-trunc-len-f/r function of Dada2 based on the quality control (Phred score >20). QIIME2 tool was used for bioinformatics analysis of raw sequencing reads and constructed table.qza and rep\_seqs.qza files for functional analysis of sequences by the Picrust2 pipeline (Bolyen et al., 2019).

Picrust2 pipeline was applied for the functional gene analysis (Douglas et al., 2020). First of all, the table.qza and rep\_seqs.qza files generated by the QIIME2 tool were converted to BIOM format. place\_seqs.py command was used ASV (amplicon sequence variant) placement into a reference phylogenetic tree by EPA-NG and gappa. Hidden state prediction was applied using the castor R package. hsp.py script runs in Picrust2 to predict the copy number of gene families and output the nearest-sequenced taxon index (NSTI) values for each ASV. The enzyme Classification (EC) and KEGG databases were used to construct predictive metagenome. NSTI scores higher than 2.0 were removed due to not having a representative genome in the reference phylogenetic tree. metagenome\_pipeline.py script was run to infer

the metagenomes of the communities. Furthermore, the --strat\_out option was added to the metagenome\_pipeline.py script for the stratified output file, a long-format table representing how ASVs contribute KOs and ECs. pathway\_pipeline.py command was run to infer KEGG pathway levels against the KEGG database. Moreover, add\_descriptions.py command was run for adding the description of each functional id to the output abundance tables. Finally, results were analyzed with STAMP tool (Parks et al., 2014).

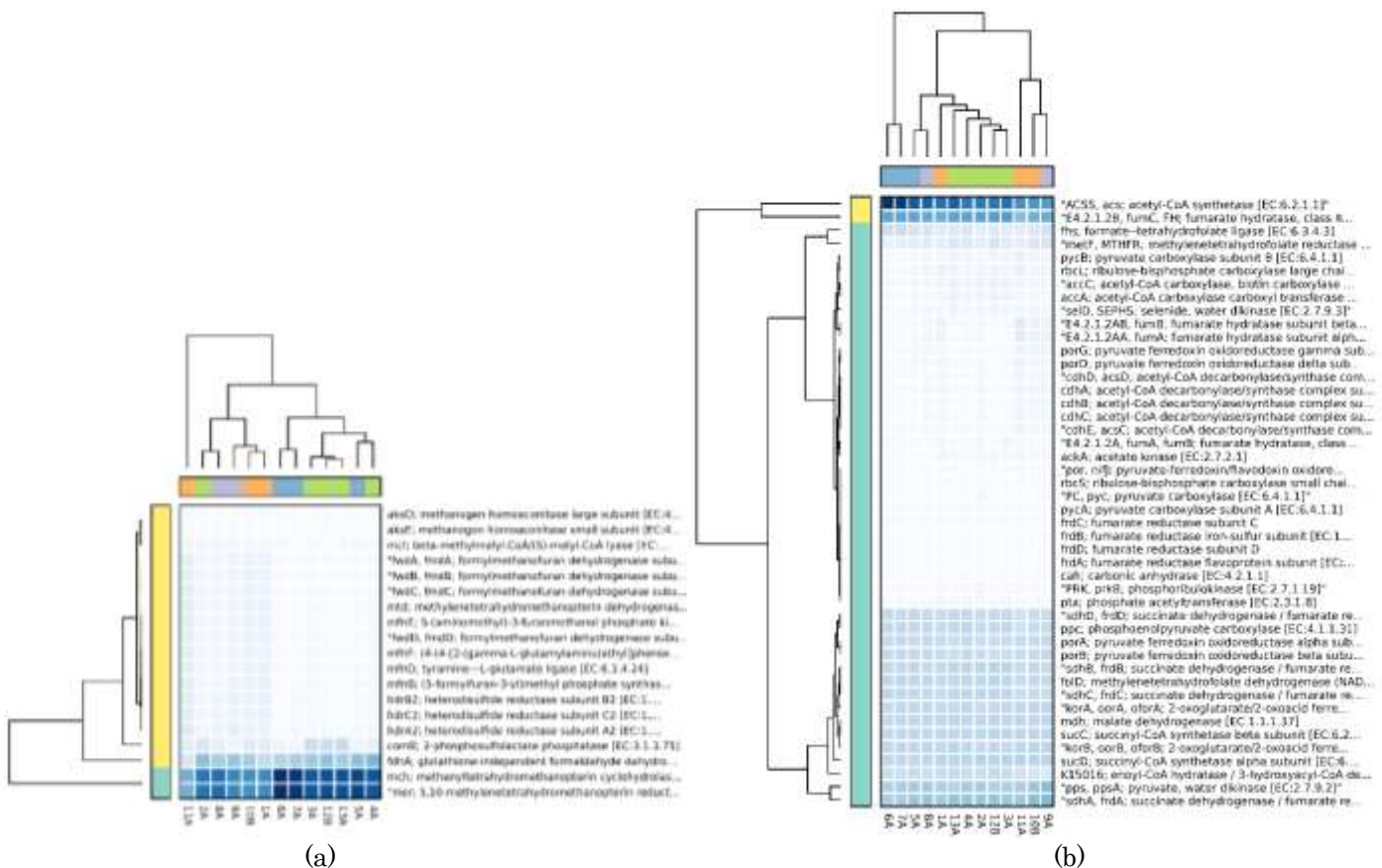
### RESULTS and DISCUSSION

The previous study, it was investigated and published the composition of prokaryotic diversity in Tuz Lake by 16S rDNA amplicon sequencing (Doğan & Kocabaş, 2021). In the present study, the same water samples were used to generate functional profiles in Tuz Lake. As a result of predictive functional analysis with the PICRUSt2 tool, functional genes related to biogeochemical cycles were found in the samples, and their seasonal changes with environmental parameters were investigated. The accuracy of the metagenome constructed using PICRUSt2 was tested via the nearest-sequenced taxon index (NSTI), which reflects the presence of reference genomes closely related to the samples in the analysis. The means of NSTI values were found as  $0.19 \pm 0.04$ . This result appears similar to previously reported microbiome

studies: hypersaline microbiome (mean NSTI =  $0.23 \pm 0.07$ ), from the cold deserts of the McMurdo Dry Valleys of Antarctica, and the hot deserts of the Southwestern United States soil samples (mean NSTI =  $0.17 \pm 0.02$ ), and the rhizosphere microbiome (mean NSTI =  $0.23 \pm 0.02$ ) (Langille et al., 2013; Zeng et al., 2015; Lopes et al., 2016; Yuan et al., 2016). Carbon fixation (ko00720), sulfur (ko00920), nitrogen (ko00910), and methane (ko00680) metabolism and genes involved in these metabolisms were determined monthly (Figure 1).

### Methane Metabolism

Three types of methanogenic pathways, including H<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> to methane (M00567), methanol to methane (M00356), and acetate to methane (M00357), were recognized in the samples. The sequences related to the M00356 and M00357 pathways were very rare and observed only in February (Figure 1d). It was observed that the seasonal variation of methane metabolism was statistically significant. The mer gene associated with hydrogenotrophic methanogenesis was also detected at a high proportion and was found at a higher proportion in spring than in autumn and winter (Figure 2a and b). The abundance of fwdA/B/C/D genes related to this pathway also increased during the summer and fall when the temperature was high, and the dissolved oxygen level decreased (Fig. 1a, Fig. 2a)



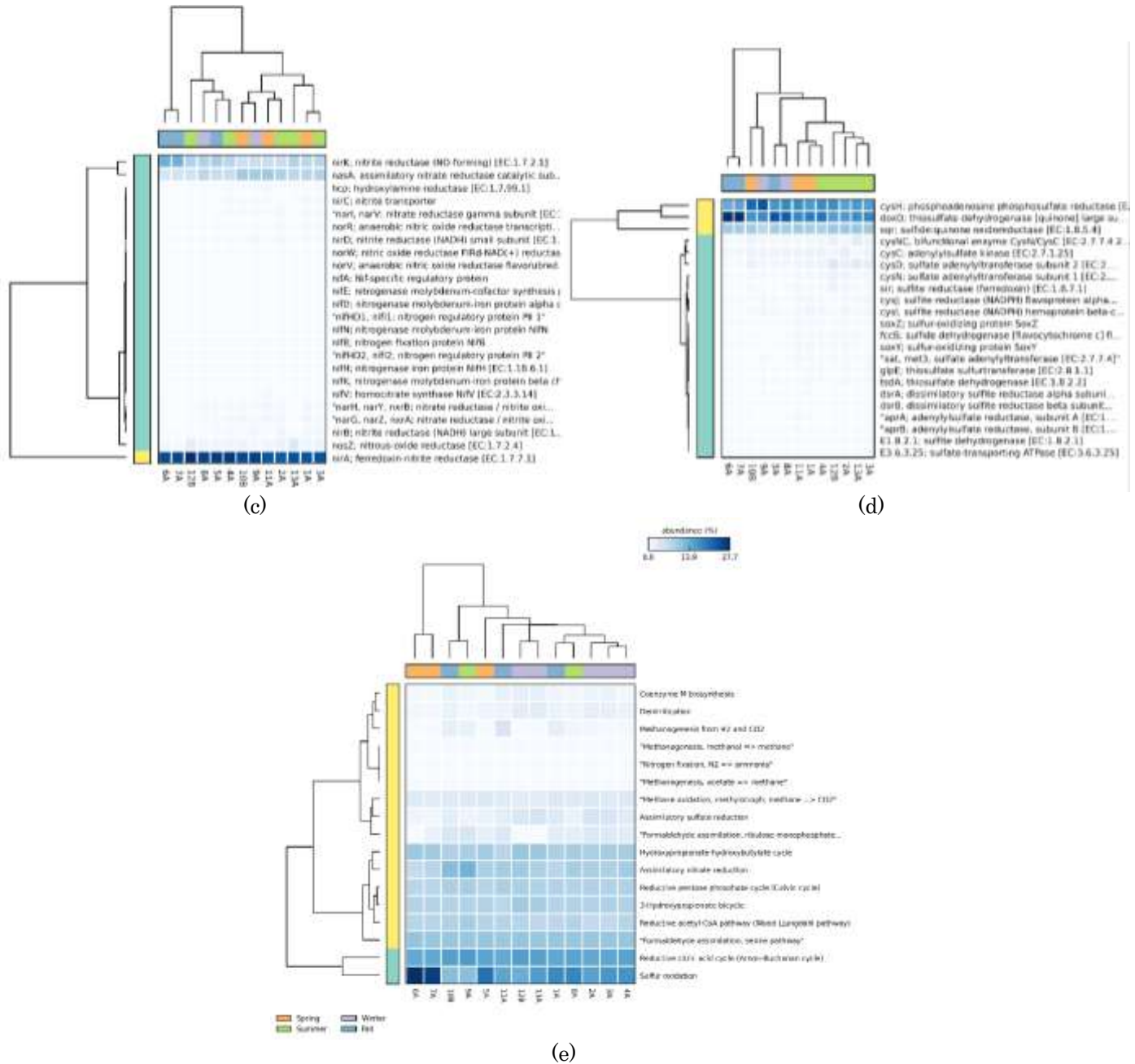


Figure 1. Change of functional genes related to biogeochemical cycles by months with heatmap graph (a) Methane metabolism (b) Carbon fixation metabolism (c) Nitrogen metabolism (d) Sulfur metabolism (Spring: Blue, Fall: Orange, Summer: Purple, Winter: Green) (e) Metabolic pathways related to energy metabolism. (1A: November 2018, 2A: December 2018, 3A: January 2019, 4A: February 2019, 5A: March 2019, 6A: April 2019, 7A: May 2019, 8A: June 2019, 9A: July 2019, 10B: October 2019, 11A: November 2019, 12B: December 2019, 13A: January 2020).

Şekil 1. Isı haritası grafiği ile biyojeokimyasal döngülere ilişkin fonksiyonel genlerin aylara göre değişimi (a) Metan metabolizması (b) Karbon fiksasyon metabolizması (c) Azot metabolizması (d) Kükürt metabolizması (İlkbahar:Mavi, Sonbahar:Turuncu, Yaz:Mor, Kış: Yeşil) (e) Enerji metabolizması ile ilgili metabolik yollar. (1A: Kasım 2018, 2A: Aralık 2018, 3A: Ocak 2019, 4A: Şubat 2019, 5A: Mart 2019, 6A: Nisan 2019, 7A: Mayıs 2019, 8A: Haziran 2019, 9A: Temmuz 2019, 10B: Ekim 2019, 11A: Kasım 2019, 12B: Aralık 2019, 13A: Ocak 2020).

(Doğan & Kocabaş, 2021). The mfnB/D/E/F genes, which take part in the biosynthesis of methanofuran, the carbon carrier cofactor group involved in the first step in reducing CO<sub>2</sub> to methane, were found high

abundance in fall and summer (Figure 1a and Figure 2a). Anaerobic hydrogenotrophic methanogen *Methanococcus* can convert CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> into valuable cleaner energy fuel (CH<sub>4</sub>) (Goyal et al., 2016). Also, sequences related to the aks genes involved in methane

metabolism were found to be associated with *Methanococcus* (Table 1).

Methane oxidation was observed in very little abundance in October and November (Fig. 1d). The pmob (methane monooxygenase subunit B) gene, involved in the aerobic oxidation of biogenic methane, was not detected in the samples. Therefore, it was thought that the oxidation of methane to CO<sub>2</sub> may occur by using different electron acceptors such as sulfate, nitrate/nitrite, or Fe(III)/Mn(IV) instead of O<sub>2</sub>. In addition, methanotrophs and methylotrophs can oxidize methane to CO<sub>2</sub> for biosynthesis and further

energy source. Also, formaldehyde is converted to C<sub>2</sub> or C<sub>3</sub> compounds in two ways: the serine pathway (M00346) and the ribulose monophosphate pathway (M00345). The serine pathway was found to be more abundant than the ribulose monophosphate pathway (Fig. 1d). In general, methanogenesis genes were not detected at a high proportion in the samples. It was stated that methanogens and sulfate-reducing bacteria share H<sub>2</sub> as the same substrate (Shi et al., 2021). In addition to the low proportion of organic matter and minerals in the hypersaline environment, this competition mechanism may also limit the habitat of methanogens in Tuz Lake.

Table 1. Taxonomic units associated with the functional profiles of biogeochemical cycles  
Çizelge 1. Biyojeokimyasal döngülerin fonksiyonel profilleriyle ilişkili taksonomik birimler

Sample	Function	Taxon	Taxon abundance	Taxon relative abundance	Genome function number	Taxon function abundance	Taxon relative function abundance
4A	K16792	<i>Methanococcus</i>	30	0.03	1	30	0.03
12B	K00266	<i>Salinibacter</i>	454	11.7	1	454	11.7
13A	K00266	<i>Chitinophagales;</i> <i>uncultured bacterium</i>	136	1.9	1	136	1.9
11A	K01601	<i>Natronomonas</i>	362	1.8	1	362	1.8
12B	K01601	<i>Halorhodospira</i>	31	0.8	2	62	1.6
1A	K00380	<i>Halorhodospira</i>	481	2.0	1	481	2.03
1A	K17226	<i>Halorhodospira</i>	481	2.0	1	481	2.03
6A	K11180	<i>Desulfovermiculus</i>	7	0.01	1	7	0.01

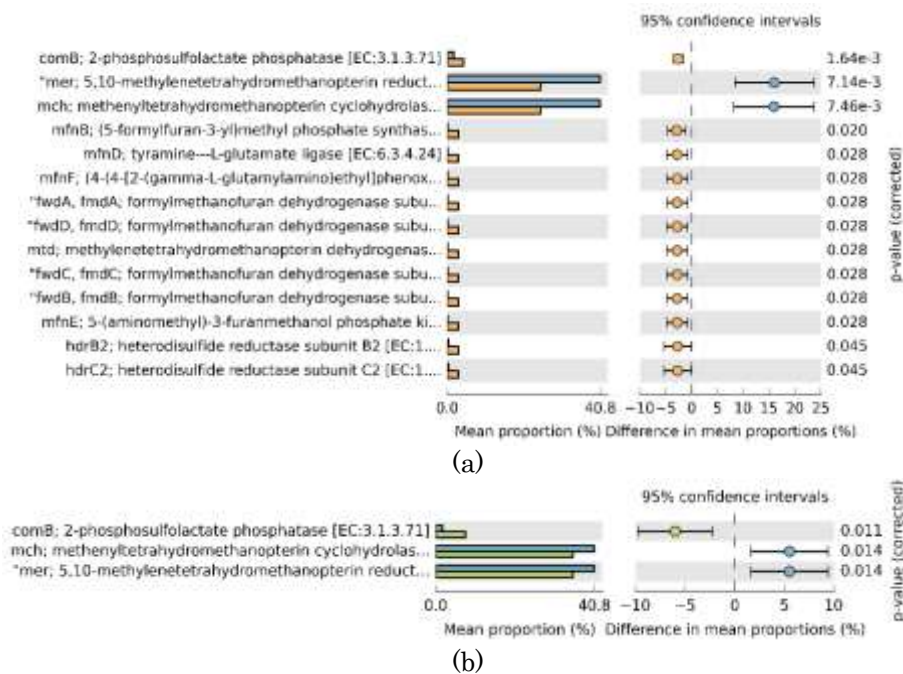


Figure 2. Analysis of seasonal variation of the relative abundances of functional genes involved in methane metabolism using the Stamp program and Welch t-test (95% confidence interval,  $p < 0.05$ ) (a) Spring and Fall (b) Spring and Winter (Spring: Blue, Fall: Orange, Summer: Purple, Winter: Green)

Şekil 2. Stamp programı ve Welch t-testi (%95 güven aralığı,  $p < 0,05$ ) kullanılarak metan metabolizmasında yer alan fonksiyonel genlerin göreceli bolluklarının mevsimsel değişiminin analizi (a) İlkbahar ve Sonbahar (b) İlkbahar ve Kış (İlkbahar : Mavi, Sonbahar: Turuncu, Yaz: Mor, Kış: Yeşil)

### Carbon Fixation Metabolism

The reducing citric acid cycle (Arnon-Buchanan cycle) (M00173), the reducing acetyl-CoA pathway (Wood-Ljungdahl pathway) (M00377), 3-hydroxypropionate cycle (M00376), the hydroxypropionate-hydroxybutyrate cycle (M00375) and the reductive pentose phosphate cycle (Calvin-Benson cycle) (M00165) were determined for carbon fixation metabolism. The reductive citric acid cycle was observed as the highest carbon fixation pathway (Fig. 1d). The seasonal difference related to carbon fixation was statistically significant and the highest proportion in the spring.

The reductive citric acid cycle reverses the energy-producing oxidative TCA cycle. Instead of oxidizing acetyl-CoA and producing ATP, reducing CO<sub>2</sub> by consuming ATP forms carbon compounds. CorA/B (2-oxoglutarate ferredoxin oxidoreductase), mdh (malate dehydrogenase), fumA/B/C (fumarate hydratase), frdA/B/C/D (fumarate reductase), porA (pyruvate ferredoxin oxidoreductase), icd (isocitrate dehydrogenase), acnA (aconitate hydratase) and sucD/C (succinyl-CoA synthetase) genes were detected related to the reductive citric acid cycle (Fig. 1b). No seasonal differences were observed in the sequences associated with the korA/B gene, one of the key enzymes of this cycle. While all enzymes related to the cycle were present, ATP citrate lyase, one of the key enzymes, was not detected in the samples. However, citryl-CoA lyase enzyme was detected, which enables the degradation of citryl-CoA to acetyl-CoA and oxaloacetate.

Moreover, an incomplete reductive TCA cycle was also observed in the samples. In this cycle, acetyl-coA is converted to oxoglutarate. Some hydrogenotrophic, autotrophic, and methylotrophic methanogens have been reported to use the incomplete reductive TCA cycle (Ferrer et al., 2012). The reductive TCA cycle and incomplete reductive TCA cycle in Tuz Lake might be related to anaerobic hydrogenotrophic methanogens *Methanococcus* detected in Tuz Lake samples (Doğan & Kocabaş, 2021).

The reductive acetyl-CoA pathway is used in CO<sub>2</sub> fixation by acetogen as well as anaerobic sulfate-reducing microorganisms and methanogens. The sequences related to the reductive acetyl-CoA pathway were changed seasonally and were highest in summer (p-value, 0.045). cdh A/B/C/D/E and fhs (formate tetrahydrofolate ligase) genes, the key enzymes related to the reducing acetyl-CoA pathway (Wood-Ljungdahl pathway), were determined (Fig. 1b). CdhC/D genes encode the corrinoid iron-sulfur protein component of the complex responsible for reactions in the methyl branch of the WL pathway, while acsAB encodes the catalytic component responsible for CO<sub>2</sub> reduction and acetyl-coA synthesis (McGonigle et al., 2021). In

addition, the folD (metylenetetrahydrofolate dehydrogenase) was also detected in all samples (Fig. 1b). WL is the most energy-efficient pathway in anaerobic acetogens to convert CO<sub>2</sub> to formate and acetyl-CoA. With this advantage, acetogens are accepted as an important industrial source for producing biofuels and chemical products by fermentation (Song et al., 2020). The WL pathway has been reported to be an important component of the metabolic process in a wide variety of anaerobic prokaryotes, including numerous uncultured bacterial phyla. Most *Acetothermia* genomes have been noted to be capable of autotrophic growth using the reductive WL pathway (Youssef et al., 2019). The *Acetothermia* phylum, which was reported to use the WL pathway, was also detected in Tuz Lake samples (Doğan & Kocabaş, 2021). Acs (acetyl-CoA synthetase), which was highly observed in the samples, was responsible for the oxidation of acetate (Fig. 1b). Ferrer et al. (Ferrer et al., 2012) stated that acetyl-CoA synthetase is related to the methanogenic *Euryarchaeota*.

Moreover, syntrophic acetate oxidizers, some sulfate-reducing bacteria, and acetylastic methanogens have been reported to reverse the WL pathway (Vavourakis et al., 2018). It was thought that this enzyme might be related to the anaerobic members of *Euryarchaeota*, which was the most abundant phylum in Tuz Lake (Doğan & Kocabaş, 2021). The WL pathway was the most prevalent metabolic pathway after the reductive TCA cycle as a part of carbon fixation metabolism in Tuz Lake (Fig. 1d).

Furthermore, the microbiome study in the Red Sea revealed that the reductive TCA cycle and WL metabolism were higher at low oxygen levels and high salinity (Michoud et al., 2021). Hypersaline environments are characterized by high salt concentration and low oxygen levels. In Tuz Lake the reductive TCA cycle and WL pathway were detected as the dominant carbon fixation metabolism (Fig. 1d).

The hydroxypropionate-hydroxybutyrate cycle identified in *Archaea* is an important carbon fixation pathway in the global carbon cycle (Ferrer et al., 2012). This pathway was also revealed in Tuz Lake as carbon fixation metabolism (Fig. 1d). The sequences related to the accC/A (acetyl-CoA carboxylase) gene catalyzing the synthesis of 3-hydroxypropionate by fixing CO<sub>2</sub> in the 3-hydroxypropionate cycles were identified (Fig. 1b). It was observed that the change in the sequences related to this gene was statistically significant and elevated in winter when the conductivity was high, the temperature was low, and therefore the dissolved CO<sub>2</sub> ratio might be high (Fig. 3) (Doğan & Kocabaş, 2021). In addition, these two cycles were seasonally changed and were observed in the highest proportion in winter (p-value < 0.05).



The RbcL/S (ribulose 1,5-biphosphate carboxylase) and PRK (phosphoribulokinase) genes, the key enzymes in the reducing pentose phosphate cycle, were found as a result of functional analysis (Fig. 1b). It has been stated that ribulose-1,5-biphosphate carboxylase is not only used by photoautotrophs to fix CO<sub>2</sub> in the reductive pentose phosphate cycle but also different RubisCO forms are found in ecologically and evolutionarily diverse chemoautotrophic bacteria (Alfreider & Tartarotti, 2019). It has been reported that environmental CO<sub>2</sub> concentration has a function

in the regulation of RbcL/S gene. Furthermore, the genes responsible for regulation allow the microorganism to respond rapidly to environmental fluctuations in CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> concentrations. RubisCO (rbcL/cbbL) enzyme in Tuz Lake is similar to Type I RubisCO enzymes, which are common in plants, autotrophic and chemoautotrophic bacteria (Alfreider et al., 2017). They also reported that these genes were related to *Thiohalorhabdaceae* and *Halothecae-like cyanobacteria* species (McGonigle et al., 2021).

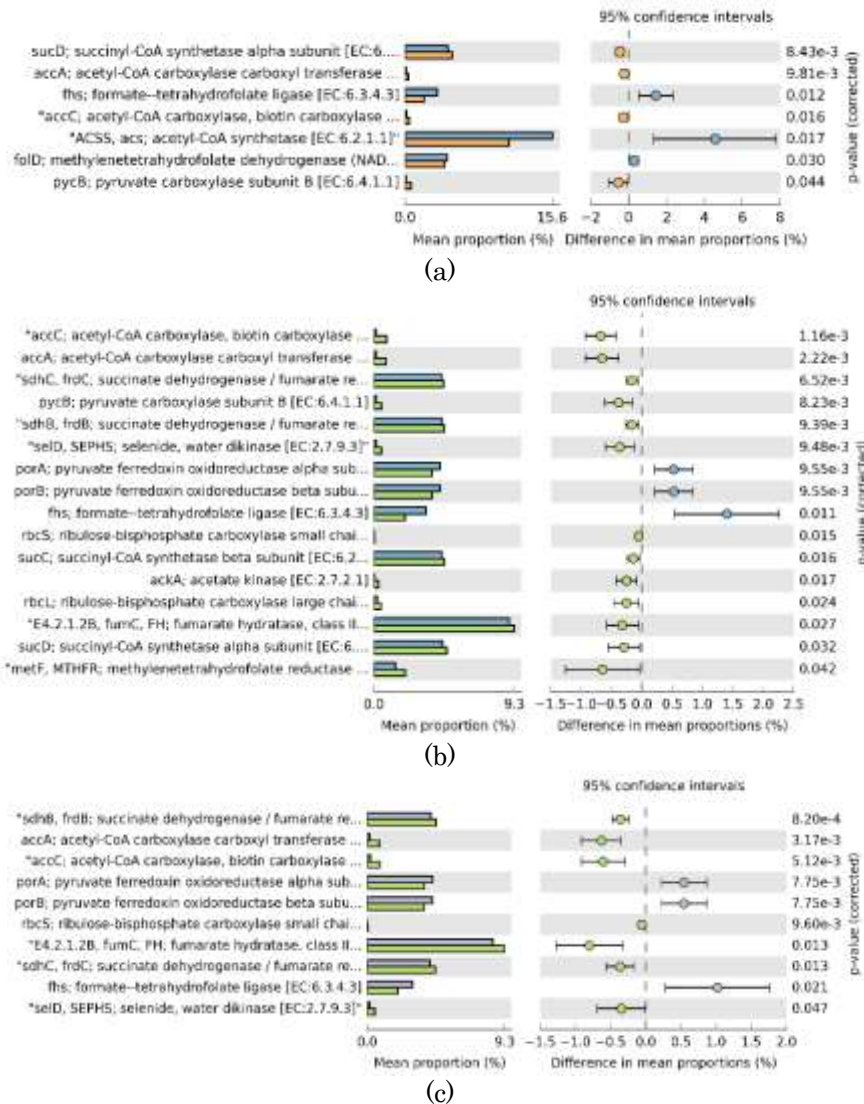


Figure 3. Analysis of seasonal variation of the relative abundances of functional genes involved in carbon metabolism using the Stamp program and Welch t-test (95% confidence interval,  $p < 0.05$ ) (a) Spring and Fall (b) Spring and Winter (c) Summer and Winter (Spring:Blue, Fall:Orange, Summer:Purple, Winter:Green)

Şekil 3. Stamp programı ve Welch t-testi (%95 güven aralığı,  $p < 0,05$ ) kullanılarak karbon metabolizmasında yer alan fonksiyonel genlerin göreceli bolluklarının mevsimsel değişiminin analizi (a) İlkbahar ve Sonbahar (b) İlkbahar ve Kış (c) Yaz ve Kış (İlkbahar:Mavi, Sonbahar:Turuncu, Yaz:Mor, Kış:Yeşil)

Members of the *Cyanobacteria* and autotrophic *Proteobacteria* also conducted the reductive pentose phosphate cycle in Tuz Lake. It was thought that

anoxygenic phototroph *Halorhodospira*, which was highly observed in the Tuz Lake microbiome, has genes involved in sulfur oxidation and RubisCO, to be

effective in CO<sub>2</sub> fixation (Doğan & Kocabaş, 2021). Moreover, it was detected that *Natronomonas* and *Halorhodospira* had the highest abundance of RubisCO genes (Table 1). Biomass production based on CO<sub>2</sub> assimilation with the reductive TCA cycle is more energy favorite than the reductive pentose phosphate cycle (Alfreider et al., 2017). As a result of the analysis, the reductive TCA cycle was dominant over the reductive pentose phosphate cycle and all other carbon fixation pathways in the samples (Fig. 1d).

### Nitrogen Metabolism

Nitrogen is an essential element for all microorganisms and is required to synthesize essential cellular components such as amino acids and nucleotides (Hu et al., 2014; Kuypers et al., 2018). While assimilatory nitrate reduction (M00531) and denitrification pathways (M00529) play an important role in the nitrogen cycle in Tuz Lake, nitrogen fixation was found to be negligible (Fig. 1d). Although statistically significant differences were observed in the genes associated with nitrogen metabolism, no difference was observed in total nitrogen metabolism seasonally.

*Marinobacter* and *Arhodomonas* genera belonging to the *Gammaproteobacteria* group have been noted to perform assimilatory nitrate reduction (Sorokin et al., 2014). It was seen that these species, which were also found in Tuz Lake, contributed to nitrate reduction (Doğan & Kocabaş, 2021). The *nif* gene responsible for nitrogen fixation was found at very low abundance in February and April (Fig. 1c). The low level of nitrogen fixation is thought to belong to the *Geitlerinema* cyanobacteria, which is capable of nitrogen fixation, observed as a result of taxonomic analysis (Doğan & Kocabaş, 2021). No pathway information was found regarding nitrification and anammox. A metagenomic research performed by Fernández et al., in a hypersaline environment were found a significant number of assimilatory nitrate and nitrite reduction genes were found while no nitrification related genes determined (Fernández et al., 2014). The 13 genes most abundantly associated with the nitrogen cycle were identified, including assimilatory nitrate reduction and denitrification (Fig. 1c). The sequences related to *nir*, *nos*, *nar*, and *nor* using nitrate as an electron acceptor for denitrification have been identified. Nitrate reductases are mainly involved in anaerobic nitrate respiration and denitrification (Feng et al., 2014). It was determined that the *nar* G/H gene increased in fall (Fig. 4a and b). The sequences associated with *nosZ* were also higher in fall than in spring (Fig. 4a). The low amount of dissolved oxygen in the fall may have caused an increase in the number of those genes. Microorganisms, capable of denitrification, prefer nitrogen instead of oxygen as a terminal electron acceptor during respiration

(Robertson & Groffman, 2015). *Halomonas*, which can grow anaerobically and perform denitrification, has been encountered in the samples (Doğan & Kocabaş, 2021). The *nirA* and *nasA* genes, which catalyzes the reduction of nitrite to ammonium, which is used in assimilatory nitrate reduction, were also detected at an elevated level in the samples (Fig. 1c). Assimilatory nitrate reductases (*Nas*) are cytoplasmic enzymes usually stimulated by nitrate or nitrite while inhibited by ammonium. They also use NAD(P)H or ferredoxin as electron donors (Feng et al., 2014). The sequences associated with the *NasA* gene was exhibited statistically significant differences and increased in the fall (Fig. 4). Also, the *NasA* gene showed high abundance in summer based on the heatmap graph (Fig. 1c). Kırkağaç et al. (Kırkağaç et al., 2017) also stated that the amount of nitrate and nitrite in the spring and summer was higher than in the winter in Tuz Lake. When available, most microorganisms favorably use ammonium to avoid reducing nitrate to ammonium, an energy-requiring process (Maier, 2015). It has been reported that genes related to nitrate assimilation are increased when ammonia and other forms of nitrogen fixation are limited, and nitrate is present (Shapleigh, 2009).

### Sulfur Metabolism

The conversion of sulfur in the environment is mainly dependent on microbial activities. Microorganisms use the reduction and oxidation of inorganic sulfur compounds to generate and conserve biochemical energy (Wasmund et al., 2017). The sulfur cycle in Tuz Lake consists of assimilatory sulfate reduction and sulfur oxidation. Although no dissimilatory sulfate reduction pathway was found, the dissimilatory sulfide reductase gene (*dsr*) and adenylylsulfate reductase (*apr*) were observed at very low abundant in February (Fig. 1d). While there was no statistically significant difference between the seasons related to total sulfur metabolism, there were monthly differences in the related genes. In addition, it was observed that sulfur oxidation varied seasonally and was highest in spring (p-value, 0.006).

The *cys* and *sat* genes responsible for assimilatory sulfate reduction were increased in winter (Fig. 5). In addition, *SoxY/Z* (sulfur-oxidizing protein), *tsdA* (thiosulphate dehydrogenase), and *glpE* (thiosulfate sulfurtransferase) genes were found as a part of sulfur oxidation (Fig. 1d). *Sox* genes were determined to be higher in spring and winter (Fig. 5). High oxygen and conductivity (Doğan & Kocabaş, 2021) may affect the increase of the sequences associated with these genes. The increase in the conductivity may also affect the amount of thiosulfate, sulfite, and sulfide used as substrate in the *Sox* system. In addition, the sulfur:quinone oxidoreductase (*sqr*) gene, responsible for sulfur oxidation, was also detected as a high

proportion (Fig. 1d). It has been stated that sulfur-oxidizing bacteria can obtain high energy from the oxidation of sulfide/thiosulfate to sulfate with high salt concentrations (Sorokin et al., 2014). Sulfur oxidation was observed in a very high proportion in the samples (Fig. 1e). In addition, the genes related to sulfur

metabolism were found to be primarily associated with *Gammaproteobacteria*. Cys and sox genes were predominantly associated with *Halorhodospira*, and the dsr gene, which was observed in very low abundance, was associated with *Desulfovermiculus* (Table 1).

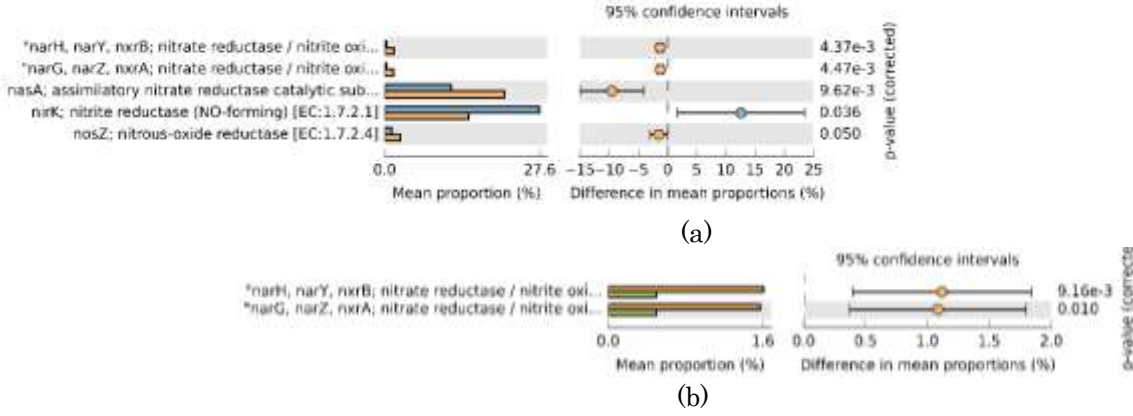


Figure 4. Analysis of seasonal variation of the relative abundances of functional genes involved in nitrogen metabolism using the Stamp program and Welch t-test (95% confidence interval,  $p < 0.05$ ) (a) Spring-Fall (b) Spring-Winter (Spring: Blue, Fall: Orange, Summer: Purple, Winter: Green)

Şekil 4. Stamp programı ve Welch t-testi (%95 güven aralığı,  $p < 0,05$ ) kullanılarak nitrojen metabolizmasında yer alan fonksiyonel genlerin göreceli bolluklarının mevsimsel değişiminin analizi (a) İlkbahar-Sonbahar (b) İlkbahar-Kış (İlkbahar : Mavi, Sonbahar: Turuncu, Yaz: Mor, Kış: Yeşil)

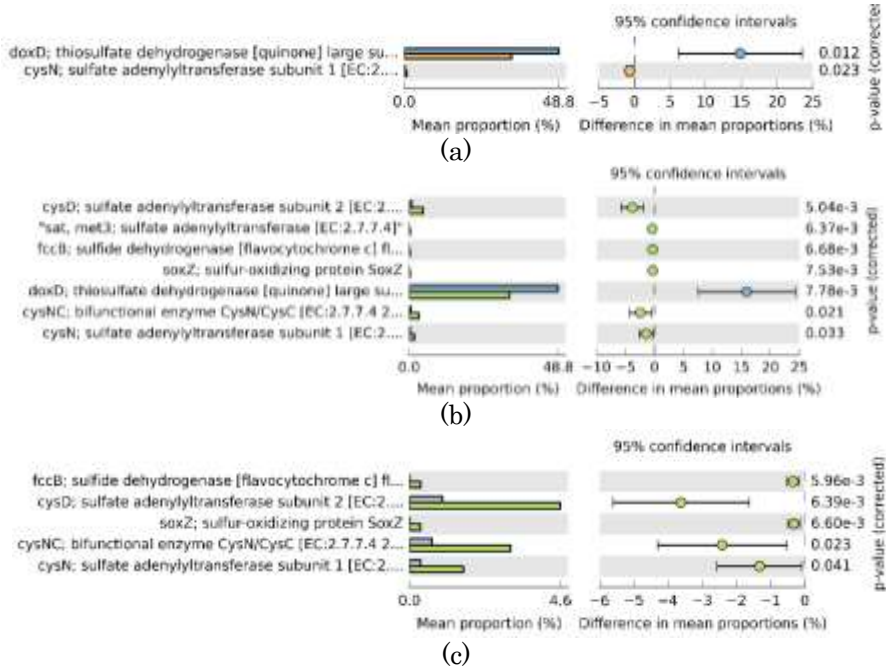


Figure 5. Analysis of seasonal variation of relative abundances of functional genes involved in sulfur metabolism using Welch t-test (95% confidence interval,  $p < 0.05$ ) with Stamp program (a) Spring-Fall (b) Spring-Winter (c) Summer-Winter (Spring:Blue, Fall:Orange, Summer:Purple, Winter:Green)

Şekil 5. Stamp programı ve Welch t-testi (%95 güven aralığı,  $p < 0,05$ ) kullanılarak sülfür metabolizmasında yer alan fonksiyonel genlerin göreceli bolluklarının mevsimsel değişiminin analizi (a) İlkbahar-Sonbahar (b) İlkbahar-Kış (c) Yaz-Kış (İlkbahar: Mavi, Sonbahar: Turuncu, Yaz: Mor, Kış: Yeşil)

## CONCLUSION

Genes related to biogeochemical cycles in Tuz Lake were analyzed, and their seasonal variation was investigated. It was noted that methane production by H<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> by anaerobic archaea in Tuz Lake was the dominant methanogenesis pathway. The abundance of genes related to this pathway also increased during the summer and fall. The reductive citric acid cycle, reductive acetyl-CoA pathway, 3-hydroxypropionate cycle, hydroxypropionate-hydroxybutyrate cycle producing acetyl-CoA, and reductive pentose phosphate cycle were determined as pathways associated with carbon fixation. Furthermore, it was seen that carbon fixation was statistically significant and had the highest proportion in the spring. The reductive citric acid cycle was determined as the predominant carbon fixation pathway. While assimilatory nitrate reduction and denitrification pathways were found as part of the nitrogen cycle, nitrogen fixation was negligible. No pathway information was detected linked to nitrification and anammox. Although statistically significant differences were observed in the genes associated with nitrogen metabolism, no difference was observed in total nitrogen metabolism seasonally. Furthermore, it was determined that the sulfur cycle consisted of assimilatory sulfate reduction and sulfur oxidation. Also, the genes responsible for assimilatory sulfate reduction were increased in winter. The results showed that metabolic pathway and functional genes profiles were changed by seasonally in Tuz Lake. It was thought that the changes in environmental parameters depending on the seasons might affect the genes associated with these pathways. These results related to the seasonal changes of functional profiles in Tuz Lake might be valuable sources for future ecological and biotechnological research in extremophile environments.

## ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the TUBITAK (Turkish Scientific and Technical Research Council) – [Project no: 117z966].

## Contribution of Authors

SSD: Designed, Performed, Analyzed, Writing-review and editing; AK: Designed, Funding, Project Administration.

## Conflict of Interests and Ethical Statement

None.

## REFERENCES

- Akyol, İ., Yıldız, M.A., & Tutar, E. (2017). Yeni Nesil Nükleotid Dizileme Metotlarının Biyokimyasal Temelleri. *KSU Doğa Bilimleri Dergisi*, 20(1), 1–15.

- Alfreider, A., Baumer, A., Bogensperger, T., Posch, T., Salcher, M.M., & Summerer, M. (2017). CO<sub>2</sub> assimilation strategies in stratified lakes: Diversity and distribution patterns of chemolithoautotrophs. *Environmental Microbiology*, 19(7), 2754–2768. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.13786>
- Alfreider, A. & Tartarotti, B. (2019). Spatiotemporal dynamics of different CO<sub>2</sub> fixation strategies used by prokaryotes in a dimictic lake. *Scientific Reports*, 9(1), 15068. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51584-0>
- Başkaya, Y. & Kocabaş, A. (2016). Topraktan İzole Edilen Mikroorganizmaların Antimikrobiyal Madde Üretim Potansiyellerinin Belirlenmesi. *KSU Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(4), 393–398.
- Bolyen, E., Rideout, J. R., Dillon, M. R., Bokulich, N. A., Abnet, C. C., Al-Ghalith, G. A., Alexander, H., Alm, E. J., Arumugam, M., Asnicar, F., Bai, Y., Bisanz, J. E., Bittinger, K., Brejnrod, A., Brislawn, C. J., Brown, C. T., Callahan, B. J., Caraballo-Rodríguez, A. M., Chase, J., ... Caporaso, J. G. (2019). Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. *Nature Biotechnology*, 37(8), 852–857. <https://doi.org/10.1038/s41587-019-0209-9>
- Check Hayden, E. (2014). Technology: The \$1,000 genome. *Nature*, 507(7492), 294–295. <https://doi.org/10.1038/507294a>
- Doğan, S. Ş. & Kocabaş, A. (2021). Metagenomic Assessment of Prokaryotic Diversity within Hypersaline Tuz Lake, Turkey. *Microbiology*, 90(5), 647–655. <https://doi.org/10.1134/S0026261721050118>
- Douglas, G. M., Maffei, V. J., Zaneveld, J. R., Yurgel, S. N., Brown, J. R., Taylor, C. M., Huttenhower, C. & Langille, M. G. I. (2020). PICRUSt2 for prediction of metagenome functions. *Nature Biotechnology*, 38(6), 685–688. <https://doi.org/10.1038/s41587-020-0548-6>
- Feng, H., Sun, Y., Zhi, Y., Wei, X., Luo, Y., Mao, L. & Zhou, P. (2014). Identification and characterization of the nitrate assimilation genes in the isolate of *Streptomyces griseorubens* JSD-1. *Microbial Cell Factories*, 13(1), 174. <https://doi.org/10.1186/s12934-014-0174-4>
- Fernández, A. B., Ghai, R., Martin-Cuadrado, A.-B., Sánchez-Porro, C., Rodríguez-Valera, F. & Ventosa, A. (2014). Prokaryotic taxonomic and metabolic diversity of an intermediate salinity hypersaline habitat assessed by metagenomics. *FEMS Microbiology Ecology*, 88(3), 623–635. <https://doi.org/10.1111/1574-6941.12329>
- Ferrer, M., Werner, J., Chernikova, T. N., Bargiela, R., Fernández, L., La Cono, V., Waldmann, J., Teeling, H., Golyshina, O. V., Glöckner, F. O., Yakimov, M. M. & Golyshin, P. N. (2012). Unveiling microbial life in the new deep-sea hypersaline Lake Thetis.

- Part II: a metagenomic study. *Environmental Microbiology*, 14(1), 268–281. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2011.02634.x>
- Goyal, N., Zhou, Z. & Karimi, I. A. (2016). Metabolic processes of *Methanococcus maripaludis* and potential applications. *Microbial Cell Factories*, 15(1), 107. <https://doi.org/10.1186/s12934-016-0500-0>
- Hu, B. -l., Shen, L. -d., Lian, X., Zhu, Q., Liu, S., Huang, Q., He, Z. -f., Geng, S., Cheng, D. -q., Lou, L. -p., Xu, X. -y., Zheng, P. & He, Y. -f. (2014). Evidence for nitrite-dependent anaerobic methane oxidation as a previously overlooked microbial methane sink in wetlands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(12), 4495–4500. <https://doi.org/10.1073/pnas.1318393111>
- Isaji, Y., Kawahata, H., Ogawa, N. O., Kuroda, J., Yoshimura, T., Jiménez-Espejo, F. J., Makabe, A., Shibuya, T., Lugli, S., Santulli, A., Manzi, V., Roveri, M. & Ohkouchi, N. (2019). Efficient recycling of nutrients in modern and past hypersaline environments. *Scientific Reports*, 9(1), 3718. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40174-9>
- Kırkağaç, M., Gümüş, E. & Yokuş, G. (2017). Tuz Gölü'nde Çevresel Faktörlerin *Artemia* Populasyonu'na Etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 303–312.
- Kuypers, M. M. M., Marchant, H. K. & Kartal, B. (2018). The microbial nitrogen-cycling network. *Nature Reviews Microbiology*, 16(5), 263–276. <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2018.9>
- Langille, M. G. I., Zaneveld, J., Caporaso, J. G., McDonald, D., Knights, D., Reyes, J. A., Clemente, J. C., Burkepille, D. E., Vega Thurber, R. L., Knight, R., Beiko, R. G. & Huttenhower, C. (2013). Predictive functional profiling of microbial communities using 16S rRNA marker gene sequences. *Nature Biotechnology*, 31(9), 814–821. <https://doi.org/10.1038/nbt.2676>
- Lopes, L. D., Pereira e Silva, M. de C. & Andreote, F. D. (2016). Bacterial Abilities and Adaptation Toward the Rhizosphere Colonization. *Frontiers in Microbiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01341>
- Maier, R. M. (2015). Biogeochemical Cycling. In *Environmental Microbiology* (pp. 339–373). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394626-3.00016-8>
- McGonigle, J. M., Bernau, J. A., Bowen, B. B. & Brazelton, W. J. (2021). Metabolic Potential of Microbial Communities in the Hypersaline Sediments of the Bonneville Salt Flats. *BioRxiv*, 2021.10.18.464844. <https://doi.org/10.1101/2021.10.18.464844>
- Michoud, G., Ngugi, D. K., Barozzi, A., Merlino, G., Calleja, M. L., Delgado-Huertas, A., Morán, X. A. G. & Daffonchio, D. (2021). Fine-scale metabolic discontinuity in a stratified prokaryote microbiome of a Red Sea deep halocline. *The ISME Journal*, 15(8), 2351–2365. <https://doi.org/10.1038/s41396-021-00931-z>
- Parks, D. H., Tyson, G. W., Hugenholtz, P. & Beiko, R. G. (2014). STAMP: statistical analysis of taxonomic and functional profiles. *Bioinformatics*, 30(21), 3123–3124. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btu494>
- Robertson, G. P. & Groffman, P. M. (2015). Nitrogen Transformations. In *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry* (pp. 421–446). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-415955-6.00014-1>
- Shapleigh, J. P. (2009). *Dissimilatory and Assimilatory Nitrate Reduction in the Purple Photosynthetic Bacteria* (pp. 623–642). [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8815-5\\_31](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8815-5_31)
- Shi, W., Tang, S., Huang, W., Zhang, S. & Li, Z. (2021). Distribution Characteristics of C–N–S Microorganism Genes in Different Hydraulic Zones of High-Rank Coal Reservoirs in Southern Qinshui Basin. *ACS Omega*, 6(33), 21395–21409. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c02169>
- Song, Y., Lee, J. S., Shin, J., Lee, G. M., Jin, S., Kang, S., Lee, J.-K., Kim, D. R., Lee, E. Y., Kim, S. C., Cho, S., Kim, D. & Cho, B.-K. (2020). Functional cooperation of the glycine synthase-reductase and Wood–Ljungdahl pathways for autotrophic growth of *Clostridium drakei*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(13), 7516–7523. <https://doi.org/10.1073/pnas.1912289117>
- Sorokin, D. Y., Berben, T., Melton, E. D., Overmars, L., Vavourakis, C. D. & Muyzer, G. (2014). Microbial diversity and biogeochemical cycling in soda lakes. *Extremophiles*, 18(5), 791–809. <https://doi.org/10.1007/s00792-014-0670-9>
- Sternai, P., Caricchi, L., Garcia-Castellanos, D., Jolivet, L., Sheldrake, T. E. & Castelltort, S. (2017). Magmatic pulse driven by sea-level changes associated with the Messinian salinity crisis. *Nature Geoscience*, 10(10), 783–787. <https://doi.org/10.1038/ngeo3032>
- Vavourakis, C. D., Andrei, A.-S., Mehrshad, M., Ghai, R., Sorokin, D. Y. & Muyzer, G. (2018). A metagenomics roadmap to the uncultured genome diversity in hypersaline soda lake sediments. *Microbiome*, 6(1), 168. <https://doi.org/10.1186/s40168-018-0548-7>
- Ventosa, A. (2006). Unusual micro-organisms from unusual habitats: Hypersaline environments. In *Prokaryotic Diversity: Mechanisms and Significance: Published for the Society for General Microbiology* (pp. 223–254). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511754913.015>
- Wasmund, K., Mußmann, M. & Loy, A. (2017). The life sulfuric: microbial ecology of sulfur cycling in marine sediments. *Environmental Microbiology Reports*, 9(4), 323–344. <https://doi.org/10.1111>

1758-2229.12538

- Youssef, N. H., Farag, I. F., Rudy, S., Mulliner, A., Walker, K., Caldwell, F., Miller, M., Hoff, W. & Elshahed, M. (2019). The Wood-Ljungdahl pathway as a key component of metabolic versatility in candidate phylum Bipolaricaulota (Acetothermia, OP1). *Environmental Microbiology Reports*, 11(4), 538–547. <https://doi.org/10.1111/1758-2229.12753>
- Yuan, Z., Druzhinina, I. S., Labbé, J., Redman, R., Qin, Y., Rodriguez, R., Zhang, C., Tuskan, G. A. & Lin, F. (2016). Specialized Microbiome of a Halophyte and its Role in Helping Non-Host Plants to Withstand Salinity. *Scientific Reports*, 6(1), 32467. <https://doi.org/10.1038/srep32467>
- Zeng, B., Han, S., Wang, P., Wen, B., Jian, W., Guo, W., Yu, Z., Du, D., Fu, X., Kong, F., Yang, M., Si, X., Zhao, J. & Li, Y. (2015). The bacterial communities associated with fecal types and body weight of rex rabbits. *Scientific Reports*, 5(1), 9342. <https://doi.org/10.1038/srep09342>
- Zhu, D., Han, R., Long, Q., Gao, X., Xing, J., Shen, G., Li, Y. & Wang, R. (2020). An evaluation of the core bacterial communities associated with hypersaline environments in the Qaidam Basin, China. *Archives of Microbiology*, 202(8), 2093–2103. <https://doi.org/10.1007/s00203-020-01927-7>



## Green Synthesis and Antibiofilm Activity of Silver Nanoparticles by *Camellia sinensis* L. (White Tea Leaf)

İlke KARAKAŞ<sup>1</sup>, Nurcihan HACIOĞLU DOĞRU<sup>2</sup>, Bahri Emirhan ÖZDEMİR<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Vocational School of Health Services, Pharmacy Services Program, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye, <sup>2,3</sup> Department of Biology, Faculty of Science, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-6596-0879>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-5812-9398>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-5870-1171>

✉: ilkekarakass@gmail.com

### ABSTRACT

Biosynthesis of nanoparticles refers to the production or synthesis of nanoparticles using organisms, such as bacteria, fungi, plants or their byproducts. This approach offers several advantages over conventional chemical methods, including eco-friendliness, cost-effectiveness, and potential for large-scale production. The silver nanoparticles (AgNPs) synthesized using aqueous *Camellia sinensis* L. (white tea leaf) extracts as reducing and stabilizing agents were reported and evaluated for antibiofilm activity against test microorganisms (*Acinetobacter baumannii* ATCC 19606 NRRLB 3704, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 (Gram -), and *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Staphylococcus haemolyticus* ATCC 43252 (Gram +), and *Candida albicans* ATCC 10231) in the study. The synthesized AgNPs were observed and characterized using Uv-Vis spectroscopic analysis, scanning electron and transmission electron microscopy energy-dispersive spectra and Fourier transform infrared spectroscopy. The synthesized AgNP was also screened for antibiofilm activity against test microorganisms. Our results show that the synthesized AgNPs have the potential to be used for antibiofilm materials and different biomedical applications.

### Microbiology

### Research Article

### Article History

Received : 15.05.2023  
Accepted : 12.10.2023

### Keywords

*Camellia sinensis* L.,  
Silver Nanoparticle,  
Antibiofilm Activity

## *Camellia sinensis* L. (Beyaz Çay Yaprağı) ile Gümüş Nanopartiküllerin Yeşil Sentezi ve Antibiyofilm Aktivitesi

### ÖZET

Nanopartiküllerin biyosentezi bakteriler, mantarlar, bitkiler veya yan ürünleri gibi organizmaları kullanarak nanopartiküllerin üretimini veya sentezini ifade eder. Bu yaklaşım, çevre dostu, maliyet etkinliği ve büyük ölçekli üretim potansiyeli dahil olmak üzere geleneksel kimyasal yöntemlere göre çeşitli avantajlar sunar. İndirgeyici ve stabilize edici ajan olarak *Camellia sinensis* L. (beyaz çay yaprağı) ekstraktları kullanılarak sentezlenen gümüş nanopartiküller (AgNP'ler) rapor edilmiş ve çalışmada test mikroorganizmalarına (*Acinetobacter baumannii* ATCC 19606 NRRLB 3704, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 (Gram -), *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Staphylococcus haemolyticus* ATCC 43252 (Gram +), ve *Candida albicans* ATCC 10231) karşı antibiyofilm aktivitesi açısından değerlendirilmiştir. Sentezlenen AgNP'ler Uv-Vis spektroskopik analizi, taramalı elektron mikroskobu, enerji dağıtıcı spektrumları ve Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi kullanılarak gözlemlendi ve karakterize edildi. Sentezlenen AgNP'nin test mikroorganizmalarına karşı antibiyofilm aktivitesi de taranmıştır. Sonuçlarımız, sentezlenen AgNP'lerin antibiyofilm materyalleri ve farklı biyomedikal uygulamalar için kullanılma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

### Mikrobiyoloji

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 15.05.2023  
Kabul Tarihi : 12.10.2023

### Anahtar Kelimeler

*Camellia sinensis* L.,  
Gümüş Nanopartikül,  
Antibiyofilm Aktivite

**Atf Şekli:** Karakaş, İ., Hacıoğlu-Doğru, N & Özdemir, B.E (2024). *Camellia sinensis* L. (Beyaz Çay Yaprağı) ile Gümüş Nanopartiküllerin Yeşil Sentezi ve Antibiyofilm Aktivitesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (2), 285-292. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.1297130>.

**To Cite :** Karakaş, İ., Hacıoğlu-Doğru, N., & Özdemir, B.E (2024). Green Synthesis and Antibiofilm Activity of Silver Nanoparticles by *Camellia sinensis* L. (White Tea Leaf). *KSU J. Agric Nat* 27 (2), 285-292. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.1297130>.

## INTRODUCTION

The term nanoparticle refers to particles with dimensions of 100 nm and below. Unlike large-structured materials, nanoparticles have unique physico-chemical, industrial and biological properties with their nano-sized structures. Thanks to their unique structure, metal nanoparticles have a high function for use in the electronics and materials industry and allow the development of new methods in medical applications such as the production of antimicrobial substances, drug delivery, disease diagnosis and treatment (Skladanowsk et al. 2017). Due to this feature of nanoparticles, synthesizing them has gained a very important dimension in recent years. Chemical methods are expensive and unstable methods that require high energy, reducing/stabilizing agents and toxic chemicals. In addition, the produced nanoparticles may have biological side effects (Skladanowski et al. 2017). Therefore, biological, non-toxic, environmentally friendly and economical syntheses come to the fore in nanoparticle production.

Plants, fungi, actinomycetes and bacteria can be used for non-toxic nanoparticles such as gold, silver, cadmium sulfide, selenium, zinc oxide, and copper (Qi et al. 2016; Umaz et al. 2019; Atalar et al. 2022; İpek et al. 2023). *Camellia sinensis* L., whose homeland is known as China and Thailand, is a drink as important as water in the world. It is obtained from the leaves and buds of the plant *C. sinensis*, and different varieties such as black, green, oolong, white, and pu-erh tea are obtained according to different processing methods, and they are becoming important commercial products that are widely used in the world (İlgaz et al. 2006). It has been investigated in type of research that different tea varieties produced as a result of differences in business have different biological activities in addition to having unique tastes and aromas. Tea polyphenols, especially catechin derivatives, are powerful antioxidant agents with positive effects on human health. Antioxidant compounds have aroused great interest due to their ability to scavenge free radicals and thus inhibit oxidative stress. Many studies have focused on the natural antioxidants found in tea extracts, especially because of the chemical compounds they contain. In addition, the polyphenols contained in teas are thought to be responsible for anticarcinogenic, antimutagenic and protection. Among commercial tea varieties, white tea undergoes very little processing and is reported to have strong hypoactivity such as antioxidant, anti-inflammatory, anti-mutagenic, and anti-cancer activities (El-Taher, 2011). Especially silver nanoparticles (AgNPs) are being used in various fields such as medicine and healthcare, electronics, textiles, water treatment, cosmetics - personal care products and food packaging, due to their unique properties and potential applications. The AgNPs with small particle

size and without bulking between particles are also favorable to exploring new pharmaceutical, antimicrobial, anticancer and antibiofilm agents (Ghaffari-Moghaddam & Hadi-Dabanlou, 2014).

Biofilm is a complex community of microorganisms that form a protective matrix or slime layer, adhering to surfaces such as rocks, pipes, medical devices, and even living tissues. It is composed of various species of bacteria, fungi, algae, and other microorganisms embedded within a self-produced extracellular polymeric substance (EPS) matrix. This matrix provides structural support and protection to the microorganisms within the biofilm. The high antibiotic resistance of microbial biofilms has necessitated the investigation of new antimicrobial agents, such as the use of green synthesis nanoparticles. Biofilms provide pathogens with a protected niche where they can thrive, resist treatment, and cause chronic infections, making them an important focus of research and clinical management. Understanding how biofilms function and their role in infection is crucial for developing effective strategies to prevent and treat biofilm-associated diseases (Göse & Hacıoğlu Doğru, 2021).

The current study was to explore the use of *C. sinensis* L. for the synthesis and characterization of AgNPs. The AgNPs were also investigated for antibiofilm activity against some human pathogens.

## MATERIALS and METHODS

### Synthesis of AgNPs by Green Method

Air-dried *C. sinensis* (CS) leaves (5 g) obtained from herbalists were ground and extracted with 100 mL of sterile distilled water at 65-70°C for 60 minutes. For AgNP synthesis, an aqueous solution of AgNO<sub>3</sub> (1 mM - 500 mL) and CS extract (125 mL) prepared beforehand were left to react in a flask at room temperature. The dark solution was centrifuged at 10,000 rpm for 5 minutes. The obtained solid part (AgNP) was left to dry in an oven at 65°C for 48 hours (Bayđu, 2020). The synthesized AgNPs were dried and collected in eppendorfs and used for other analyses. The silver nitrate solution was obtained by dissolving the appropriate amount of silver nitrate salt and double distilled water, with a final concentration of 1 mM.

### Characterization of Synthesized AgNPs

#### UV-Visible (Uv-Vis) Spectroscopy Analysis

UV-Vis provides knowledge about the structure, size, stability, concentration and aggregation of nanoparticles (Chandran et al. 2006). Synthesized AgNPs were characterized by measuring the UV-Vis spectra at wavelengths between 200 and 875 nm.



### Scanning Electron Microscopy (SEM) Analysis

Synthesized powder crystal AgNPs were performed using a Quanta FEG 250 (FEI, USA) SEM as service procurement by DAYTAM, (Atatürk University Eastern Anatolia High Technology Application and Research Center).

### Transmittance Electron Microscopy (TEM) Analysis

The size and shape of powder AgNPs were determined using TEM (Hitachi HT-7700) by service procurement by DAYTAM.

### Energy Distribution Spectroscopy (EDS) Analysis

EDS is an analytical test system applied for chemical analysis of nanoparticles (Hodoroaba, 2020). A powder crystal structure of AgNPs was carried out as service procurement by DAYTAM.

### Fourier Transforms Infrared Spectroscopy (FT-IR) Analysis

The FT-IR (KBr disk) spectra of the extracts and AgNPs were recorded in the Perkin Elmer BX II FT spectrometer with 16 scan numbers, in the range of 4000-400  $\text{cm}^{-1}$ , at 1  $\text{cm}^{-1}$  resolution.

### Antibiofilm Activity of AgNPs

*Acinetobacter baumannii* ATCC 19606 NRRLB 3704, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Staphylococcus haemolyticus* ATCC 43252, and *Candida albicans* ATCC 10231 test cultures were used for antibiofilm activity of AgNPs extract. For antibiofilm detection, the minimum inhibitory concentrations (MIC) (Barry, 2007) of CS and AgNP were used. The medium, 0.1% (w/v) Streptomycin (ST), NYS100 and 10% DMSO were used as the non-treated, positive and negative controls,

respectively. The antibiofilm capacity of CS and AgNPs was determined using the crystal violet (CV) staining method (Merritt et al. 2005). According to Göse & Hacıoğlu Doğru (2021), a measurement of the antibiofilm effect of the extracts was made.

$\% \text{ Inhibition} = (A_{\text{control}} - A_{\text{sample}} / A_{\text{control}}) \times 100$ ;  $A_{\text{control}}$ : Absorbance of the control reaction;  $A_{\text{sample}}$ : Absorbance of test compounds

Statistical analyzes of the obtained data were carried out using the SPSS program. Differences between data were compared with ANOVA using the minimum significant difference test (LSD,  $P \leq 0.05$ ).

## RESULTS and DISCUSSION

### Characterization Results of AgNPs

The toxicity and structural properties of metallic nanoparticles can be affected by many properties such as their size, load, dimensional structure, and chemical activities (Mohanta et al. 2020). For this reason, good characterization of nanoparticles is very important in order to obtain accurate results in studies (Bayğu, 2020). The reduction of  $\text{Ag}^+$  into AgNPs during exposure to the leaves of CS extract could be seen by the color change. During formation; we just noted the colors as the first color, the intermediate color, and the last color. Afterward, we continued our experiment according to these colors.

### The UV-Vis Spectroscopy

The first obvious observation of nanoparticles is color change. Ag ions reduced by white tea leaves are observed as the extract changes from yellowish to burgundy-brown (Figure 1). The resulting color change is thought to be an indicator that plant components are successful in the synthesis of AgNPs (Mohanta et al. 2020).

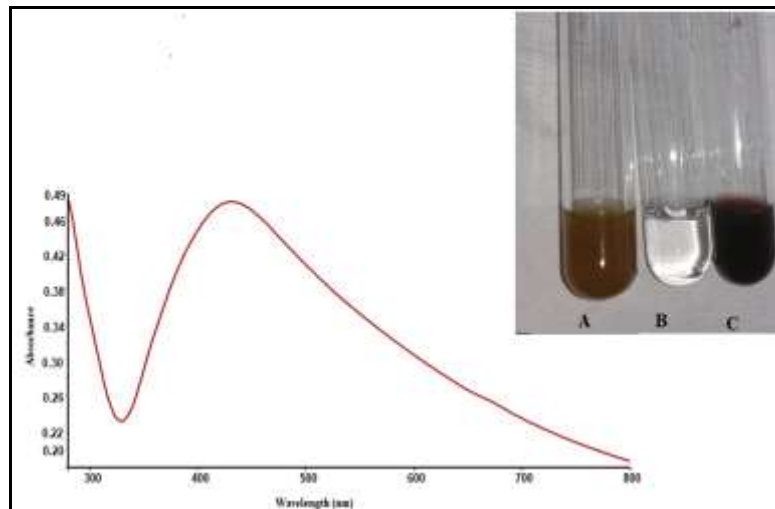


Figure 1. UV-Vis spectra of AgNP using CS extract; Inset figure: A: CS extract, B:  $\text{AgNO}_3$  solution, CS – AgNPs  
Şekil 1. CS ekstraktı kullanılarak AgNP'nin UV-Vis spektrumları; Ek şekil: A: CS ekstraktı, B:  $\text{AgNO}_3$  çözeltisi, CS – AgNP'ler

Synthesized AgNPs were measured in the wavelength range of 200-800 nm. The peak at 432 nm in the UV-Vis spectrum is due to the plasmon vibration of the metallic Ag particles, which is also the peak range characteristic for AgNPs (Figure 1). Findings showed that the UV-Vis analyzes of the synthesized AgNPs were compatible with the literature (Gan & Li, 2012; Baran, 2019). In the study conducted in 2021, AgNP synthesis was performed using olive leaves and the maximum absorbance value was determined at 433.5 nm (Atalar et al. 2022).

### SEM and TEM Analysis of AgNPs

SEM determines size, shape and surface morphology of nanoparticles (Joshi & Viswanathan, 2006). SEM is an important technique used to investigate the surface morphology of nanostructures. It is seen that AgNPs are randomly dispersed on the plant platform and have sizes ranging from 49 to 89 nm (Figure 2). Normally spherical AgNPs have an expanded structure due to the aggregation of two or more Ag nanoparticles during the synthesis in our study. This finding have also similar to the literatures (Tamuly et al. 2013; Baran et al. 2019; Atalar et al. 2022).

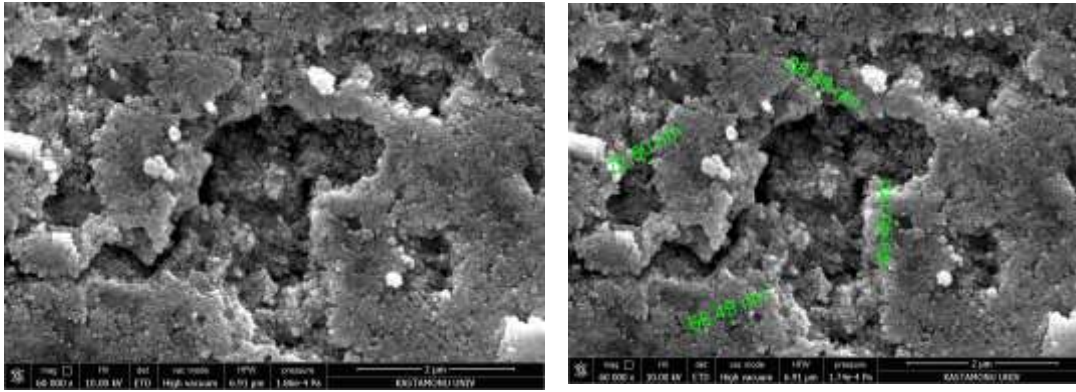


Figure 2. SEM images of synthesized AgNPs  
*Şekil 2. Sentezlenen AgNP'lerin SEM görüntüleri*

TEM images of AgNPs, which is almost spherical in particle size and shape, ranges from 51 to 56 nm (Figure 3). TEM images revealed that the small particle aggregates were covered with a thin organic

layer that acts as a sealing organic agent. This can also explain the fact that nanoparticles show very good dispersion in bio reduced aqueous solution, even on a macroscopic scale (Kouvaris et al. 2012).

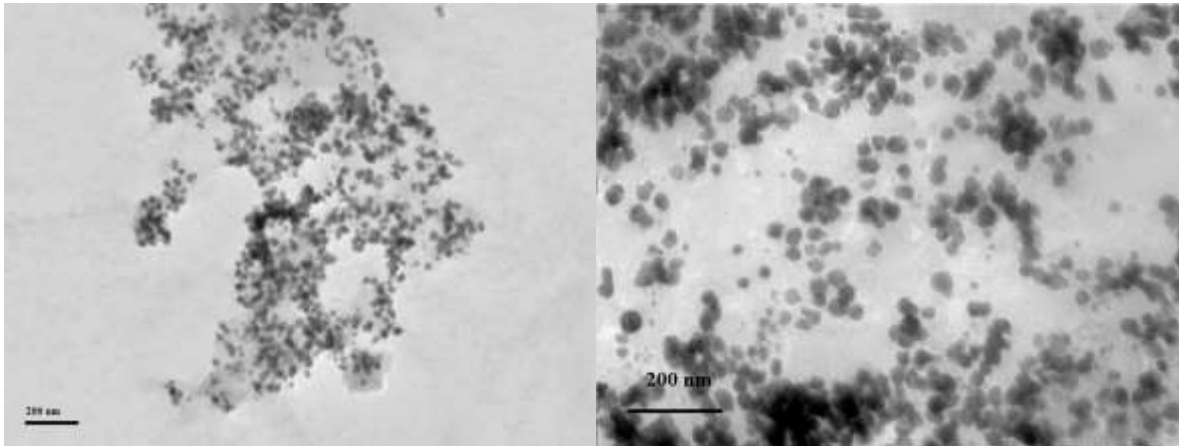


Figure 3. TEM images of synthesized AgNPs  
*Şekil 3. Sentezlenen AgNP'lerin TEM görüntüleri*

### EDS Analysis of AgNPs

One of the methods used to determine the elemental composition of solids is EDS analysis (Hodoroaba, 2020) which is also evidence of the formation of AgNPs, as silver ions produce strong signals at about 3.15 KeV

(Kumar et al. 2011). AgNPs typically showed an absorption peak at 3 KeV. Enzymes or proteins found in CS extract can be cited as the possible cause of other weak element signals (such as oxygen) (Baran, 2019). The presence of elemental silver by EDS analysis is given in Figure 4. In a similar study, it was said that

AgNPs were in spherical appearance (Pallela et al. 2018). In another study, the peaks of the EDX silver

were evaluated (Veisi et al. 2018).

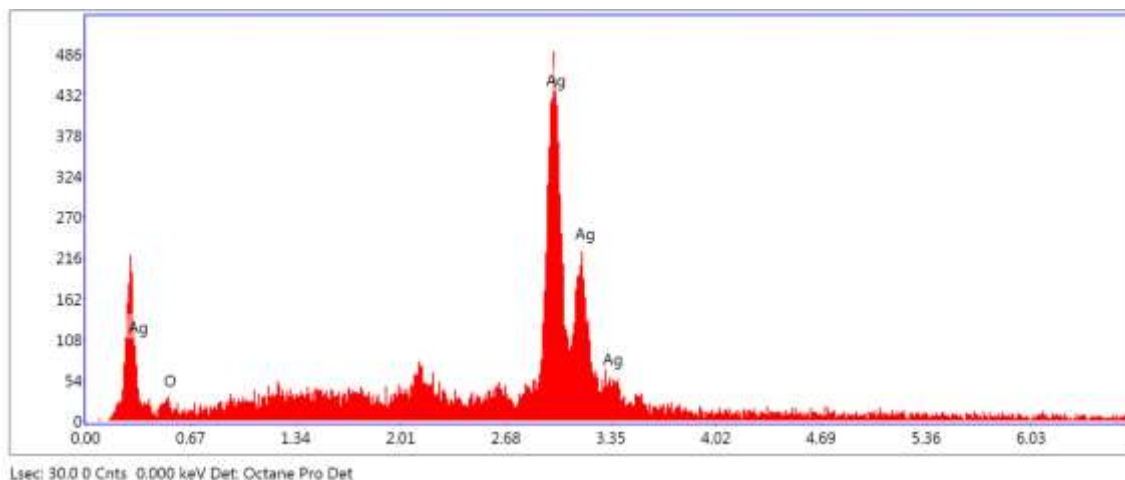


Figure 4. EDS spectra of AgNPs

Şekil 4. AgNP'lerin EDS spektrumları

### FTIR Spectroscopy Analysis of AgNPs

FT-IR analysis is accepted as a method used to make sense of the relationship of functional groups between biomolecules and metal nanoparticles (Chandran et al. 2006). Measurements taken with FT-IR analyzes are performed to identify the biomolecules responsible for the coating, effective stabilization and reduction of

silver nanoparticles. The peaks at  $3272\text{ cm}^{-1}$  and  $1615\text{ cm}^{-1}$  in the IR spectrum are the vibrational bands of the OH and C=O groups of flavonoids/phenolic groups, respectively. The band at  $1404\text{ cm}^{-1}$  belongs to the OH bending of the polyphenol group and confirms the presence of the aromatic group. The peak at  $1026\text{ cm}^{-1}$  belongs to the C-N vibration of the amine groups (Figure 5 and 6).

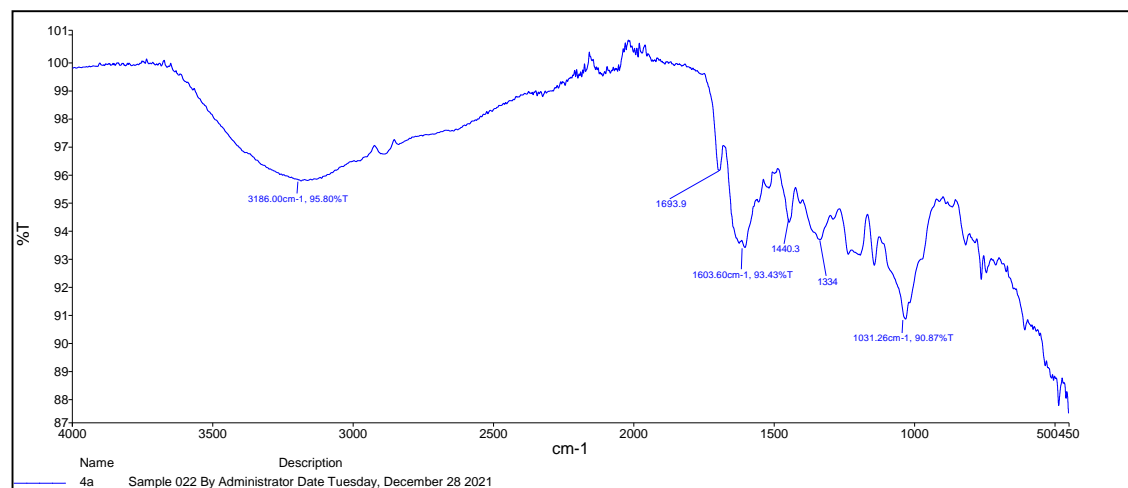


Figure 5. FTIR analysis of CS extract

Şekil 5. CS ekstraktının FTIR analizi

### Antibiofilm Activity Results of AgNPs

In order to determine the antibiofilm activities of CS and AgNPs, firstly, the MIC values of both extracts were detected (Table 1). MIC values of CS and AgNPs were found in the range of  $0.625\text{--}10\text{ }\mu\text{g/mL}$  against all tested cultures. MIC of AgNPs was higher than both CS extracts and comparison antibiotic against *A. baumannii*, *P. aeruginosa* and *B. subtilis* test cultures. No significant antagonistic effects of CS and AgNP

were detected against *C. albicans* test culture.

The results indicated that CS and AgNPs extracts reduced the metabolic activity of cells in biofilm of all test microorganisms, showing an inhibition percentage range of  $15.03\text{--}82.01\%$  and  $5.03\text{--}92.03\%$  respectively (Table 1). By comparison, CS and AgNPs extracts were the most effective in inhibiting the formation and growth of *S. haemolyticus* and *P. aeruginosa* biofilm by  $82.01\%$  and  $92.03\%$ , respectively.

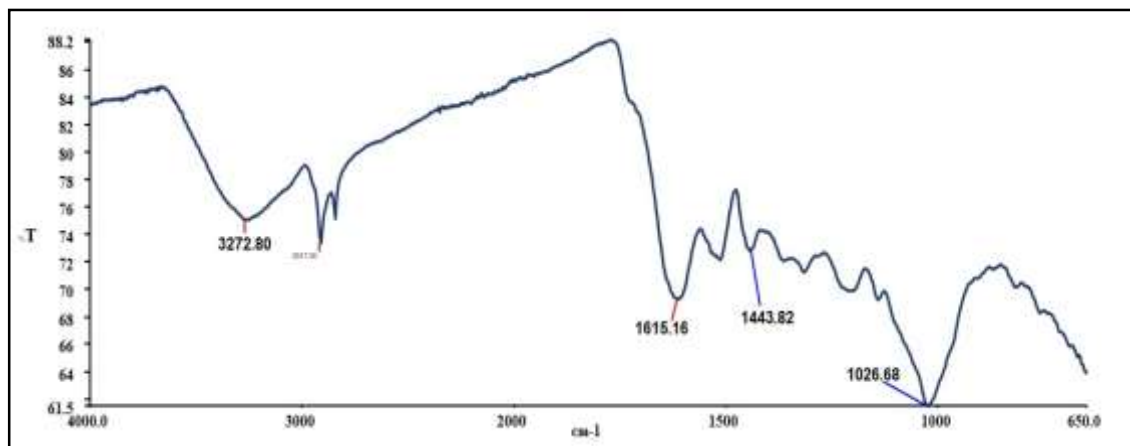


Figure 6. FT-IR analysis of synthesized AgNPs

Şekil 6. Sentezlenen AgNP'lerin FT-IR analizi

Table 1. MIC and antibiofilm activity of CS and AgNPs

Çizelge 1. CS ve AgNP'lerin MIC ve antibiyofilm aktivitesi

Test Cultures	MIC ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ )				Antibiofilm (% inhibition rates)			
	Extracts		Standard antibiotics		Extracts			
	CS	AgNP	ST	NY100	CS		AgNP	
					MIC	MIC/2	MIC	MIC/2
<i>A. baumannii</i>	2.5	0.625	4.0	NT	74.19±6.41	43.03±3.13	82.03±0.22	55.03±0.13
<i>P. aeruginosa</i>	5.0	0.625	1.0	NT	55.21±0.11	50.01±1.11	92.03±0.21	56.03±0.13
<i>B. subtilis</i>	10.0	2.5	4.0	NT	31.02±0.01	15.03±0.8	70.09±0.41	63.03±0.13
<i>S. haemolyticus</i>	1.25	10.0	5.0	NT	82.01±0.15	65.01±0.3	21.01±0.02	12.01±0.1
<i>C. albicans</i>	10.0	10.0	NT	5.0	22.02±0.01	15.03±0.8	12.02±0.01	5.03±0.8

ST: Streptomycin (10 ug/disc); NYS100: Nystatin (100 ug/disc) NT: Not detected

Although there are similar studies in the examples of black (Göl et al. 2020; Lake et al. 2020) and green tea (Elbossaty, 2017), white tea (palladium synthesis) (Azizi et al. 2017), this study has been shown for the first time that the use of *C. sinensis* (white tea) leaf extract as a reducing agent for the controlled preparation of NPs in size and shape may be a valuable source in the biological synthesis of NPs in an environmentally friendly way. In this study, *C. sinensis* was preferred for NP synthesis due to its rich content of naturally derived polyphenolic compounds and flavonoid group (Salah et al. 1995).

Before investigating any biological activity of AgNPs, it is important to reveal particle size, surface charge, morphology, and particle composition, which provides information on in vitro toxicity of AgNPs (Bhanumathi et al. 2017). Particle sizes <100 nm have greater potential in biomedical applications, as the type of interaction that occurs between nanoparticles and cells is highly dependent on the size of the nanoparticle. This shows that the particle synthesized in terms of size can be used for biomedical purposes.

## CONCLUSIONS

It has been demonstrated by this study that white tea leaves can be used as both reducing and stabilizing

agents. This procedure offers a cost-effective and "green" alternative to traditional protocols and demonstrates an easily scalable synthesis process for the industry given the low synthesis temperatures and time requirement. In addition, the high antibiofilm activity obtained against some bacteria indicates that AgNPs synthesized by *C. sinensis* may be an important pharmaceutical agent.

It seems to be much more common and intense towards applications of NPs. However, NP will come with further scrutiny and ethics of the biosynthesis exam without the underlying research at hand and the purchase of new forms of synthesis. Evaluating the endemic plant potential of the land, different plants are among those exhibited in the products.

## ACKNOWLEDGEMENT

This research is a part of Mr. Bahri Emirhan ÖZDEMİR's TÜBİTAK-2209 A Project which is supported with the frame of Undergraduate Students Grant in Biological Science.

## Contribution Rate Statement Summary of Researchers

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

### Conflict of Interest Statement

The authors of the article declare that there is no conflict of interest between them.

### KAYNAKLAR

- Atalar, M.N., Baran, A., Baran, M.F., Keskin, C., Aktepe, N., Yavuz, Ö., & İrtegun-Kandemir, S. (2022). Economic fast synthesis of olive leaf extract and silver nanoparticles and biomedical applications. *Particulate Science and Technology*, 40(5), 589-597.
- Azizi, S., Shahri, M.M., Rahman, H.S., Rahim, R.A., Rasedee, A., & Mohamad, R., (2017). Green synthesis palladium nanoparticles mediated by white tea (*Camellia sinensis*) extract with antioxidants, antibacterial and antiproliferative activities towards the human leukaemia (MOLT-4) cell line. *International Journal of Nanomedicine*, 12, 8841-8853.
- Baran, M.F. (2019). Synthesis and antimicrobial applications of silver nanoparticles from *Artemisia absinthium* plant. *Biological and Chemical Research*, 6, 96-103.
- Barry, A.L., Craig, W.A., Nadler, H., Barth Reller, L., Sanders, C.C., & Swenson, J.M., (1999). Methods for determining bactericidal activity of antimicrobial agents; approved guideline (4. edition), 1999, USA, *Clinical and Laboratory Standards Institute*.
- Bayğu, G., (2020). Cimin üzümü yaprağı kullanılarak yeşil sentez yöntemiyle elde edilen gümüş nanopartikülünün genotoksik etkisinin kanat benek testi ile belirlenmesi. Master thesis, Erzincan Binali Yıldırım University.
- Chandran, S.P., Chaudhary, M., Pasricha, R., Ahmad, A., & Sastry, M., (2006). Synthesis of gold nanotriangles and silver nanoparticles using *Aloevera* plant extract. *Biotechnology progress*, 22, 577-583.
- El-Taher, E.M., (2011). Kombucha: A new microbial phenomenon and industrial benefits. *African Journal of Biological Sciences*, 7(2), 41-60.
- Gan, P.P., & Li, S.F.Y., (2012). Potential of plant as a biological factory to synthesize gold and silver nanoparticles and their applications. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 11(2), 169-206.
- Ghaffari-Moghaddam, M., & Hadi-Dabanlou, R., (2014). Plant mediated green synthesis and antibacterial activity of silver nanoparticles using *Crataegus douglasii* fruit extract. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20(2), 739-744.
- Göl, F., Aygün, A., Seyrankaya, A., Gür, T., Yenikaya, C., & Şen, F., (2020). Green synthesis and characterization of *Camellia sinensis* mediated silver nanoparticles for antibacterial ceramic applications. *Materials Chemistry and Physics*, 250, 123-137.
- Göse, M., & Hacıoğlu-Doğru, N., (2021). Bioactive compounds, antimicrobial and antibiofilm activity of two *Verbascum* species. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi* 24(3), 479-487.
- Hodoroaba, V., (2020). Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) Characterization of Nanoparticles, 397-417.
- İlgaz, A.Ş., Kalcıoğlu, Z., & İslamoğlu, E., (2006). Türk beyaz çayı üretim yönetiminin optimizasyonu ve Türk beyaz çayının kalite parametrelerinin belirlenmesi. Çaykur Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü Atatürk Çay ve Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Teknoloji Kısım Müdürlüğü, 1-37.
- İpek, İ., Baran, M.F., Baran, A., Hatipoğlu, A., Keskin, C., Yıldıztekin, M., Küçükaydin, S., Becerekli, H., Kurt, K., Eftekhari, A., Huseynova, I., Khalilov, R., & Cho, W.C. (2023). Green synthesis and evaluation of antipathogenic, antioxidant, and anticholinesterase activities of gold nanoparticles (Au NPs) from *Allium cepa* L. peel aqueous extract. *Biomass Conversion and Biorefinery*, DOI: 10.1007/s13399-023-04362-y
- Kouvaris, P., Delimitis, A., Zaspalis, V., Papadopoulos, D., Tsipas, S.A., & Michailidis, N., (2012). Green synthesis and characterization of silver nanoparticles produced using *Arbutus unedo* leaf extract. *Materials Letters*, 76, 18-20.
- Kumar, S.P., Darshit, P., Ankita, P., Palak, D., Ram, P., Pradip, P., & Kaliaperumal, S., (2011). Biogenic synthesis of silver nanoparticles using *Nicotiana tobaccum* leaf extract and study of their antibacterial effect. *African Journal of Biotechnology*, 10(41), 8122-8130.
- Merritt, J.H., Kadouri, D.E., & O'Toole, G.A., (2005). Growing and analyzing static biofilms. *Current Protocol Microbiology*, 1(1B), 853.
- Mohanta, B., Chakraborty, A., Selvaraj, S., & Roy, A., (2020). Bactericidal effect of gentamicin conjugated gold nanoparticles. *Micro & Nano Letters*, 15(10), 640-716.
- Qi, P., Zhang, D., Zeng, Y., & Wan, Y., (2016). Biosynthesis of CdS nanoparticles: A fluorescent sensor for sulfate-reducing bacteria detection. *Talanta*, 147, 142-146.
- Pallela, P.N.V.K., Ummey, S., Ruddaraju, L.K., Pammi, S.V.N., & Yoon, S.G., (2018). Ultra Small, mono dispersed green synthesized silver nanoparticles using aqueous extract of *Sida cordifolia* plant and investigation of antibacterial activity. *Microbial Pathogenesis*, 124, 63-69.
- Salah, N., Miller, N.J., Paganga, G., Tijburg, L., Bolwell, G.P., & Rice-Evans, C., (1995). Polyphenolic flavanols as scavengers of aqueous phase radicals and as chain-breaking antioxidants. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 22, 339-346.

- Składanowski, M., Wypij, M., Laskowski, D., Golińska, P., Dahm, H., & Rai, M., (2017). Silver and gold nanoparticles synthesized from *Streptomyces* sp. isolated from acid forest soil With special reference to its antibacterial activity against pathogens. *Journal of Cluster Science*, 28(1), 59-79.
- Tamuly, C., Hazarika, M., Borah, S.C., Das, M.R., & Boruah, M.P., (2013). In situ biosynthesis of Ag, Au and bimetallic nanoparticles using *Piper pedicellatum* C.DC: green chemistry approach. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 102, 627-634.
- Umaz, A. , Koç, A. , Baran, M.F. , Keskin, C. & Atalar, M.N. (2019). *Hypericum Triquetrifolium* Turra bitkisinden gümüş nanopartiküllerin sentezi, karakterizasyonu ve antimikrobial etkinliğinin incelenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(3), 1467-1475.
- Veisi, H., Azizi, S., & Mohammadi, P., (2018). Green synthesis of the silver nanoparticles mediated by *Thymbra spicata* extract and its application as a heterogeneous and recyclable nanocatalyst for catalytic reduction of a variety of dyes in water. *Journal of Cleaner Production*, 170, 1536-1543.



## Investigation of Cytotoxic, Antimetastatic and Apoptotic Activities of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Extracts: Comparison with MCF-7 and MCF-12A Cells

Fadime BEYAZYUZ<sup>1</sup>, Emine ARSLAN<sup>2</sup>, Gözde KOYGUN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Forest Engineering, Düzce University, Düzce 81000, Türkiye, <sup>2,3</sup>Department of Biology, Selcuk University, Konya 42130, Türkiye

<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3629-0559> <sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0782-506X> <sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1571-2986>

✉: earslan@selcuk.edu.tr

### ABSTRACT

Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) is an important medicinal plant due to its composition of several bioactive substances, high antioxidant activity, rich inulin content and produces functional food ingredients. Complementary alternative medicine therapies become more popular for cancer treatments because of higher efficiency, lower cost and minimum side effects. This study reported anti-cancer efficiency of both shell and tuber extract of Jerusalem artichoke (JA) on different breast cell lines with the purpose of discovering new alternative medicine therapies. Cytotoxic effects of JA were evaluated by XTT method by using different concentrations on different incubation times (24h, 48h and 72h). Invasion, adhesion and apoptotic studies were performed with IC<sub>50</sub> values for 48h and 72h. JA extracts do not show cytotoxic activity on healthy human breast cell, while they induce tumoral cell death with dose and time-dependent manner. The most effective doses of tuber and shell extracts were 108.8 µM and 134.2 µM at 48h and 20 µM ve 5 µM at 72h, respectively. It demonstrated robust anti-metastatic activity on MCF-7 cell lines because it inhibited adhesion, and invasion, significantly. TMRE and AnnexinV/7AAD staining were used for determine to mitochondrial membrane potential and nuclear morphology, respectively The results were found consistent with each other. Overall, this paper which first in literature demonstrates the anti-cancer efficacy of the JA both tuber and shell extract which can be proposed as a potent candidate for the treatment of breast cancer.

### Molecular Biology

### Research Article

### Article History

Received : 05.05.2023

Accepted : 28.09.2023

### Keywords

Adhesion  
Apoptosis  
Cytotoxicity  
Invasion  
MCF-7 cells

## Yer Elması (*Helianthus tuberosus* L.) Ekstraktlarının Sitotoksik, Antimetastatik ve Apoptotik Aktivitelerinin Araştırılması: MCF-7 ve MCF-12A Hücrelerinin Karşılaştırılması

### ÖZET

Tamamlayıcı alternatif tıp tedavileri, daha yüksek verim, daha düşük maliyet ve yan etkilerinin minimum olması nedeniyle kanser tedavileri için daha popüler hale gelmektedir. Bu bağlamda çeşitli biyoaktif maddelerden oluşması, yüksek antioksidan aktivitesi, zengin inülin içeriği ve fonksiyonel gıda bileşenleri üretmesi nedeniyle yer elması (*Helianthus tuberosus* L.) önemli bir tıbbi bitkidir. Bu çalışma, yeni alternatif tıp tedavilerini keşfetmek amacıyla, yer elmasının hem kabuk hem de yumru özütünün farklı meme hücre hatları üzerinde kansere karşı etkinliğini araştırmak için yapılmıştır. Yer elmasının sitotoksik etkileri, farklı inkübasyon sürelerinde (24s,48s,72s) farklı konsantrasyonlar kullanılarak XTT yöntemi ile değerlendirilmiştir. İnvazyon, adezyon ve apoptotik çalışmalar 48 saat ve 72 saat uygulamalardan elde edilen IC<sub>50</sub> değerlerine göre yürütülmüştür. Yer elması özütleri sağlıklı insan meme hücresi üzerinde sitotoksik aktivite göstermezken, doz ve zamana bağlı olarak tümöral hücre ölümünü indüklemiştir. Yumru ve kabuk özlerinin etkili dozları 48 saatte sırasıyla 108.8 µM ve 134.2 µM ve 72 saatte 20 µM ve 5 µM olarak gözlenmiştir. Yer elması özleri MCF-7 hücre hatları üzerinde adezyon ve invazyonu önemli ölçüde engellemesi

### Moleküler Biyoloji

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 05.05.2023

Kabul Tarihi : 28.09.2023

### Anahtar Kelimeler

Adezyon  
Apoptoz  
İnvazyon  
MCF-7 hücreleri  
Sitotoksisite

nedeniyle güçlü bir anti-metastatik aktivite göstermiştir. Mitokondriyal membran potansiyelini ve nükleer morfolojiyi belirlemek için sırasıyla TMRE ve AnnexinV/ 7AAD boyaması kullanıldı. Sonuçlar birbiriyle uyumlu bulundu. Literatürde bir ilk olan bu çalışma, yer elmasının hem yumru hem de kabuk özütünün anti-kanser etkinliğini ortaya koyarak meme kanseri tedavisi için önerilebilir.

**Atf Şekli:** Beyazyüz, F., Arslan, E., & Koygun, G (2024). Yer Elması (*Helianthus tuberosus* L.) Ekstraktlarının Sitotoksik, Antimetastatik ve Apoptotik Aktivitelerinin Araştırılması: MCF-7 ve MCF-12A Hücrelerinin Karşılaştırılması. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg 27*(2), 293-303. DOI: 10.18016/ksutarimdog.1292478.

**To Cite :** Beyazyüz, F., Arslan, E., & Koygun, G (2024). Investigation of Cytotoxic, Antimetastatic and Apoptotic Activities of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Extracts: Comparison with MCF-7 and MCF-12A Cells. *KSU J. Agric Nat 27*(2), 293-303. DOI: 10.18016/ksutarimdog.1292478.

## INTRODUCTION

Cancer is a worldwide disease which is significantly affects human health due to uncontrolled division, reproduction and accumulation of cells in organism. Approximately 18% of cancer deaths are of breast cancer ranked origin third after lung and colorectal cancers (Çakır et al. 2016; Çapanoğlu and Bakar 2018). Most breast cancer deaths are substantially depend on metastasis to different parts of organs such as the lymph nodes, bones, lungs, brain and liver (Wang et al. 2010). Decreasing of cell-cell adhesion amount and anchorage-independent growth are two main hallmarks of cancer formation. Tumor cells circulating in the bloodstream are found in clusters and these cells migrate massively (Janiszewska et al. 2020). Cluster formation of circulating tumor cells originates from the primary tumor, and this cluster formation is more effective in metastasizing than individual cancer cells. Surgery, chemotherapy and radiotherapy have been used for cancer treatments (Debela et al.,2021) but these have various side effects, such as destruction of healthy cells, reaching insufficient dosage to the tumor site and drug instability. Several complementary and alternative medicine therapies have become increasingly popular for cancer treatments (Akhtar et al. 2018). In these sense, cancer chemoprevention strategies using foods and herbs has been recognized as one of the most visible areas for new and safe anti-cancer products (Islam et al. 2022) and various studies revealed that natural products are associated with a reduction in the incidence of breast cancer remains to be resolved (Yap et al. 2021).

Various studies are about proposed a series of compounds from medicinal plants with potential anti-cancer activities (Roy,2021). So, in a study which is about metastatic breast cancer patients showed the five-year survival rate was found to be 25%, indicating the importance of targeted therapy (Hortobagyi et al. 2003; Majumder et al. 2019). Besides, several phytochemical researches demonstrated that JA which include coumarins, unsaturated fatty acids polyacetylenic derivatives could be a therapeutic agent

for medicinal property (Pan et al.,2009; Gupta D & Chaturvedi, 2020).

Antioxidant, anti-inflammatory, antitumor and antibacterial capacity of plant extracts are related to phenolic, flavonoids, isoflavonoids and anthocyanins compounds which play a highly significant role in drug discovery and development process (Pan et al. 2009; Yuan et al. 2013; Wang et al. 2020). Therefore, high antioxidant capacities plants are commonly preferred to novel chemical compound for cancer research field (Iqbal et al. 2017; Gupta et al. 2020) and JA tuber has high antioxidant activity (Seljåsen et al. 2005; Saikaew et al. 2010; Amarowicz et al. 2020) and also it has biologically active substances constituents eg, caffeoylquinic acid isomers (Kapustaet al. 2013). JA is has all the essential amino acids for human (Mariadoss et al. 2021, includes flavonoids, terpenoids, and some protein complexes which are inhibited tumor cell proliferation and has toxic effects on tumor cells and also flavonoids and phenolic acids can exert antioxidant effects by removing various free radicals (Wang et al. 2020). JA tubers are rich in inulin, protein and other bioactive compounds which lead to it is traditionally used in folk medicine (Michalska-Ciechanowska et al. 2019; Sawicka et al. 2020). Inulin has been successfully applied in several anticancer therapy. It has been determined that inulin confers selective in vitro cytotoxicity to cancer cells both as a drug-loaded, self-forming nanocarrier and as self-organizing prodrugs (Giammona, et al. 2016). A study revealed that JA leaf and tuber extracts altered the cell proliferation (Nizioł-Lukaszewska et al. 2018). However, heliangin (source of sesquiterpene lactones) obtained from JA extracts showed significant activity against Ehrlich ascites carcinoma cells (Yang et al. 2015; Sawicka et al. 2020).

In this study it was aimed to determine the cytotoxicity effect of the methanol extracts of the peeled shell and tuber extracts of JA on MCF-7 breast cancer cell line and MCF-12A human breast epithelial cell line with comparasions to each other and also aimed to examine the effect on adhesion and invasion abilities for antimetastatic activity depend on obtained cytotoxic



doses for JA shell and tuber extracts. Furthermore this study is the first in the literature in terms of determining the cytotoxic effect of JA using the XTT method, performing adhesion and invasion analysis to determine the antimetastatic effects of both tuber and shell extracts of JA on MCF-7 cells and determining its apoptotic effects.

## MATERIAL and METHOD

Cell Proliferation Kit (XTT based) -(Biological Industries), Cell Adhesion Assay Kit (Thermo V13181), Cell Invasion Assay Kit (Collagen I)-(Biovision), Tetramethylrhodamine Ethyl Ester (TMRE) (Perchlorate) (Cayman), Annexin V, 7AAD Peridinin Chlorophyll Protein percip, (Becton Dickinson-Bd), Dimethyl sulfoxide (DMSO)(Biochrom), Tripian Blue (ABCAM), Trypsin-Edta (TE) (Biochrom -%0.05W/V, without Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>), Fetal Bovine Serum (FBS)(Biochrom), %1 Penicillin- Streptomycin (Biochrom), Phosphate Buffer Saline (PBS) (Biochrom), Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM).

### Extraction of plant

JA materials were purchased from local market in Turkey. JA gently washed and then tuber and shell were dried separately on blotter paper at room temperature. The dried plant material was ground separately with grinder and turned into powder. The extraction process was carried out by Downey et al. (2007) method. JA tuber and shell were extracted separately at 60 °C with orbital shaker at room temperature in the dark. After the mixture was filtered with Whatman filter paper no1 and then the clear filtrate was removed from methanol at 40 °C using a rotary evaporator. The crude extracts obtained were weighed in order to calculate the extraction efficiency. These extracts were lyophilized by lyophilizer device. After that, the extracts were weighed in accordance with the doses and prepared by dissolving in sterile water and stored at + 4°C to be applied to the cells.

### Cell culture

MCF-7 breast cancer cells (ATCC® HTB-22™) were obtained from American Type Culture Collection (Rockville, MD, USA). RPMI 1640 medium with broad applicability to support the proliferation of MCF-7 cell line and DMEM medium for human breast cell line, MCF-12A (ATCC® CRL-10782™) was used in this study (Figure1). RPMI 1640 medium was prepared by adding 10% FBS and 0.1% gentamicin and DMEM was prepared by adding 10% FBS, 0.1% penicillin strep, 20 ng/ml EGF, 500 ng/ml Hydrocortisone, 0.01 mg/ml Human insulin and %1 NEAA (nonessential amino acids).

Cells were proliferated at 37°C in a humidified atmosphere of 5% CO<sub>2</sub> incubator by changing the medium for every 24 to 48 h. The cells were counted by staining with trypan blue in order to evaluate whether the cells had grown in sufficient number and cell viability.

### Cell viability determination

The 2,3-bis [2-methoxy-4-nitro-5-sulfohenyl]-2H-tetrazolium5-carboxanilide inner salt (XTT) assay was used to measure metabolic activity of viable cell lines. Cells were seeded (1×10<sup>4</sup> cells/mL), in a final volume of 200 µL, in a 96-well microplate and treated with different concentrations of JA extracts (5000, 2500,1250, 615, 312.5, 156.25, 78.125, 39.06,19.53, 9.765 µM) for 24h,48h,72h. 100 µL of XTT solution was added to each well and further incubated for 4 h at 37 °C. A medium supplemented with DMSO was used as a control. The absorbance was measured at 490 nm with ELISA reader (Biotek). Then IC<sub>50</sub> values were calculated with linear regression plots as the sample concentration which resulted in 50% reduction of absorbance compared to controlled (untreated) cells. Cell viability was calculated by using the Graphpad Prism. Each concentration of JA extracts was independently assayed with three replicates.

### Adhesion analysis

The cell-adhesion study was analyzed by using Vybrant Cell Adhesion Assay Kit (V-13181). The method was applied according to the manufacturer's instruction. MCF-7 cells were seeded at 2.5×10<sup>5</sup> cells/well in 100 µl solution and incubated for 48h and 72h. Cytotoxic doses of shell extracts and tuber extracts of JA were added into plate wells MCF-7 cells were washed with PBS and resuspended with serum-free RPMI-1640 medium. Then, Calcein AM stock solution which is a sensitive method for determining the effect on DNA polymerization activity and for cell viability testing 27 was added and incubated for 120 min. After the non-adherent cells were washed away, 200 µl of PBS was added. The incubated cells were scanned in a fluorescent microplate (Biotek) reader at Ex / Em = 504 nm / 523 nm wavelength and the results were analyzed.

### Invasion analysis

The cell-invasion assay was analyzed with "EZCell Cell Invasion Assay Kit" (Biovision, K917-24). The kit procedure used a Boyden chamber lined with collagen-I in a 24-chamber plate, where cells invade the matrix and pass through a semipermeable membrane in the chamber in response to stimulants or inhibitory compounds. Cells were seeded at 1.5 × 10<sup>5</sup> cells /well in the upper chamber. Serum-free medium was added to the lower wells. 200µl of plant cell was added to the

upper chambers and incubated for 48h in accordance with the IC<sub>50</sub> concentrations. The cells were counted and the suspension in the upper chambers of the plate was aspirated. The upper chambers were dried and centrifugated at 1000×g for 5 min. Bottom chambers were washed with 500 µl and then wash buffer aspirated. Cell dye was added to the separation solution and mixed thoroughly. 500 µl of mix was added to each well of the lower chambers and the upper chambers were placed on the lower chambers and incubated at 37 °C for 30 min. The suspension in the lower chambers was transferred to plate for fluorescence reading (BioTek) at Ex / Em = 485/530 nm wavelength.

#### Analysis of MMP and determining the rates of early apoptotic and late apoptotic cells

Mitochondrial membrane potential (MMP) of MCF-7 cells treated with JA extracts was visualized by TMRE staining and nuclear morphology was analyzed by AnnexinV-7AAD staining for determination of apoptotic stages. Annexin V is a Ca<sup>2+</sup>-dependent protein that binds to phosphatidylserine (PS) molecules on the surface of the cell membrane in cells undergoing apoptosis (Demchenko,2013). 7-Aminoactinomycin D (7-AAD) which is used to distinguish and count living cells from dead or damaged cells is a nucleic acid dye used for the detection of late apoptotic cells (Wadkins and Jovin, 1991). The combination of AnnexinV and 7AAD staining was analyzed with fluorescence microscope which was used to identification for early and late apoptotic cells. Early apoptotic cells express phosphatidylserines (PS) on the outer leaflet of the plasma membrane. PS can be stained by labeled annexin V. Late apoptotic cells and necrotic cells lose their cell membrane integrity and are permeable to vital dyes such as 7-AAD (Zimmermann and Meyer,

2011). Cells were seeded into the plate and treated with JA extracts with IC<sub>50</sub> concentrations. Untreated cells were used as the control group. The cells were washed with PBS for 10 min at room temperature after 48h and 72h treatment. Next, MCF-7 cells were incubated with TMRE and Annexin V-7AAD solutions for 15 min, then washed twice with PBS solution and visualized with fluorescence microscope (ZEN 2.3 SP1).

#### Statistical analysis

The MCF-7 and MCF-12A cells were incubated 24h, 48h and 72 h for the cytotoxicity assay was performed in three replicates. Absorbance/fluorescence values of each repeat were calculated by the microplate reader as mean and ± SD values. Various concentrations of dose response curves of shell and tuber extracts of JA were performed by Graph-Pad Prism 8.2.0 software. The statistical difference among the experimental groups was measured by using one-way ANOVA followed by Duncan's analysis. *p*-value of <0.05 was considered statically significant.

## RESULTS

#### Results of cell viability

The cytotoxicity effects of 10 different concentrations (5000,2500,1250,615,312.5,156.25, 78.125, 39.06, 19.53 and 9.765 µM) of both JA tuber and shell extracts were determined for 24h, 48h and 72h incubation time. Tuber and shell extracts of JA were obtained for cytotoxicity effect on MCF-7 cells. Table 1 shows the inducing cytotoxicity doses of MCF-7 cells. The cytotoxic doses at 48h (108.80µM for tuber extract and 134.23µM for shell extract) and 72h (20.08µM for tuber extract and 4.75µM for shell extract) were used for adhesion, invasion, and apoptosis assays and the of IC<sub>50</sub> doses and lower concentration was used for the control group for these assays.

**Table 1.** Yer elmasının yumru ve kabuk özlerinin MCF-7 hücreleri üzerindeki IC<sub>50</sub> değerleri.

**Table 1.** IC<sub>50</sub> values of tuber and shell extracts of Jerusalem artichoke on MCF-7 cells.

Incubation Time İnkübasyon süresi	Tuber extract Yumru özütü	Shell extract Kabuk özütü
24h	79.16µM	78.69µM
48h	108.80µM	134.23µM
72h	20.08µM	4.75µM

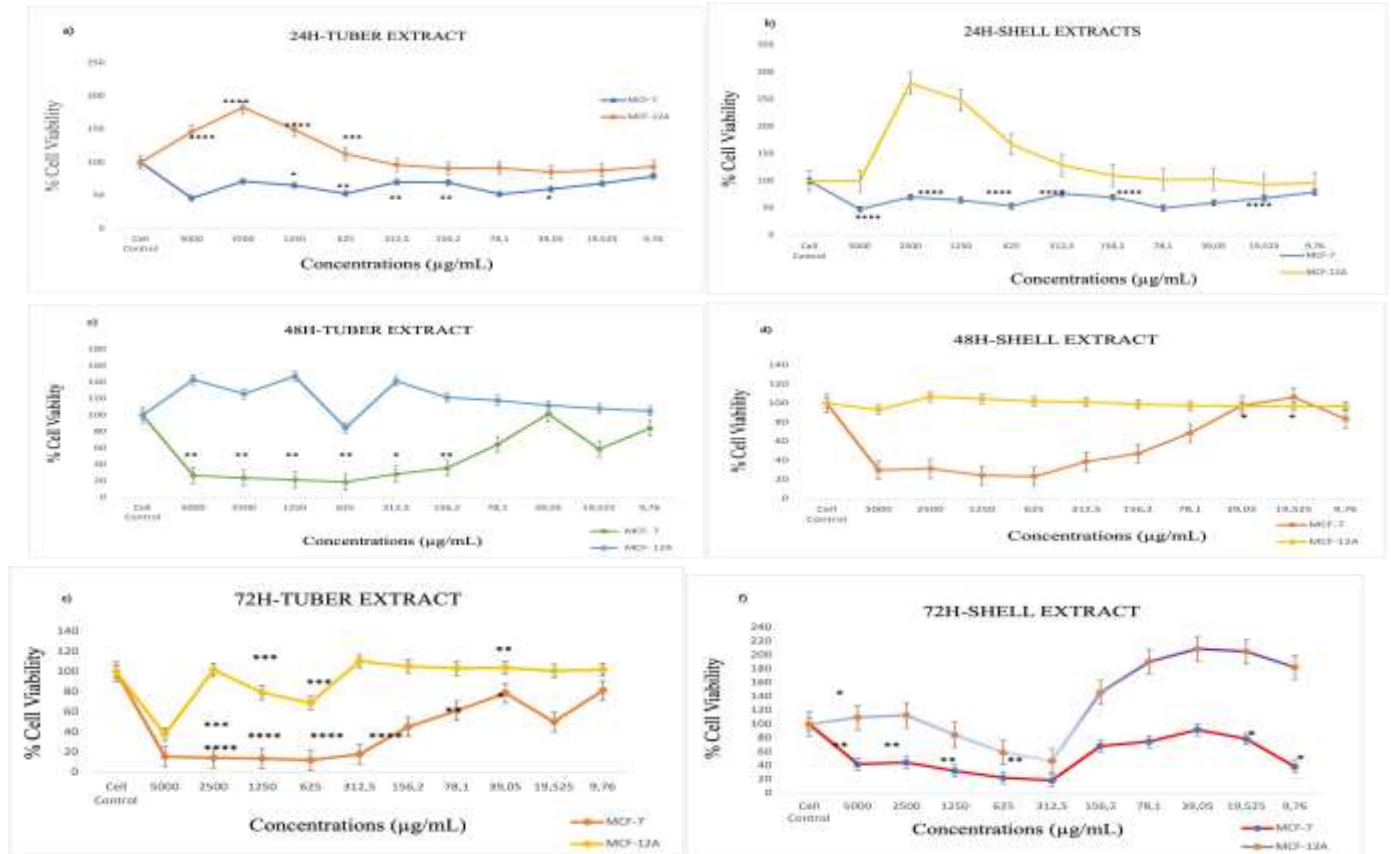
Tuber extracts of JA were 21.46µM on MCF-12A cells and it was determined that the shell extracts of JA did not fall below 80% at 24h (Figure 1a and 1b). The results showed that the tuber extracts did not have toxic effects on MCF-12A cells on 24h, 48h. A cytotoxic effect was observed only on 72h of both extracts' application (Figure 1e, 1f). The IC<sub>50</sub> value of shell extract was 225.99µM.

#### Adhesion results

The ability of malignancy is mostly dependent on the degree of increasing number of adherent cells. The amount of adhesion of cancer cells treated with JA extracts is expected to decrease compared to untreated cancer cells. In this context, the JA tuber extracts which treated with MCF-7 cell line on 20, 50, 100µM concentrations was decreased compared to the control group by 19%, 29% and 50% at 48h, respectively (Figure 2a). It was determined that a significant result

at 100µM concentration which is the IC<sub>50</sub> dose. However, it was observed that the shell extracts the treated 48h with MCF-7 cell line at 10, 50, 100 and 134µM decreased adhesion properties compared to the control group by 3%, 18%, 48% and 59%, respectively

(Figure 2b). It was observed that applying JA tuber extract at concentrations of 10, 20 and 40µM on 72h for MCF-7 cells decreased the adhesion properties of the cells compared to the control group by 19%, 50% and 62%, respectively (Figure 2c).



Şekil 1. Yer elmasının MCF-7 ve MCF-12A hücre hattı üzerindeki hücre canlılığına etkileri a) Yumru özlerinin 24 saat inkübasyonu, b) Kabuk özütlerinin 24 saat inkübasyonu, c) Yumru özütlerinin 48 saat inkübasyonu d) Kabuk özütlerinin 48 saat inkübasyonu, e) Yumru özütlerinin 72 saat inkübasyonu, f) Kabuk özütlerinin 72 saat inkübasyonu (Grafiklerdeki veriler ± standart hata 'dır. \*\*\*\* p <0,0001, \*\* p <0,001, \* p <0,005).

Figure 1. Cell viability effects of Jerusalem artichoke on MCF-7 and MCF-12A cell line a) 24h of tuber extracts, b) 24h shell extracts, c) 48h tuber extracts d) 48h extracts, e) 72h tuber extracts, f) 72h shell extracts (Data in graphs are mean ± SD \*\*\*\* p <0.0001, \*\* p <0.001, \* p <0.005).

Furthermore, it was observed that applying JA shell extract at concentrations of 2.5, 5 and 20µM on 72h for MCF-7 cells decreased the adhesion properties of the cells compared to the control group by 67%, 47% and 17%, respectively (Figure 2d).

### Invasion results

We analysed the invasive properties of MCF-7 cells treated with both tuber and shell extracts of JA with different concentrations depend on to IC<sub>50</sub> doses. It was determined that 20µM, 50µM and 100µM concentrations of tuber extract decreased the invasion properties on 48h of the cells compared to the control group by 2%, 30% and 35% respectively (Figure 3a). Also, 10µM, 50µM, 100µM and 134µM concentrations of JA shell extract decrease the invasion properties on

48h of the cells compared to the control group by 2%, 8%, 9% and 11%, respectively (Figure 3b).

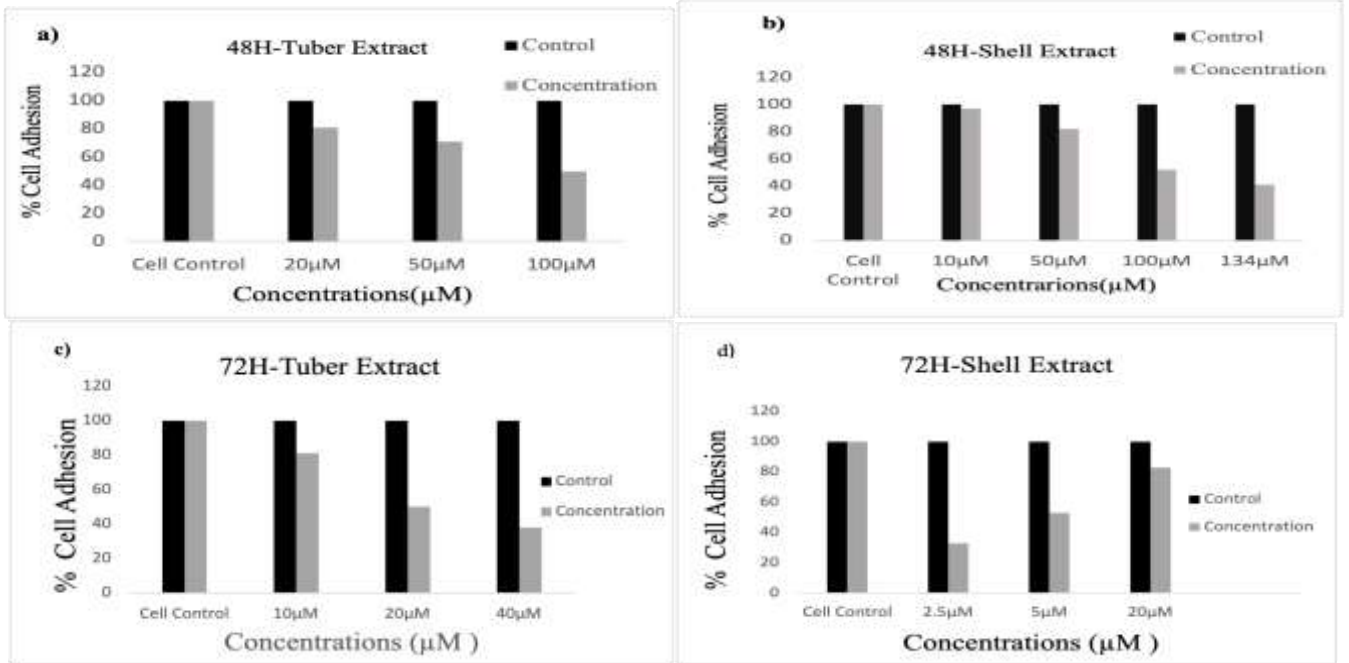
10µM concentration of tuber extract on 72h increased invasion properties by 1% while 20µM and 40µM concentrations of extracts were decreased invasion properties by 2% and 3%, respectively (Figure 3c). On the other hand, 2.5µM, 5µM and 20µM concentrations of shell extracts on 72h were decreased invasion properties compared to the control group by 1%, 2% and 50%, respectively (Figure 3d).

### Analysis of MMP

MMP was visualized by Tetrametilrodamin etil ester (TMRE) staining. According to the results, tuber extract application on MCF-7 cells 20µM, 50µM and 100µM concentrations decreased by MMP absorbance

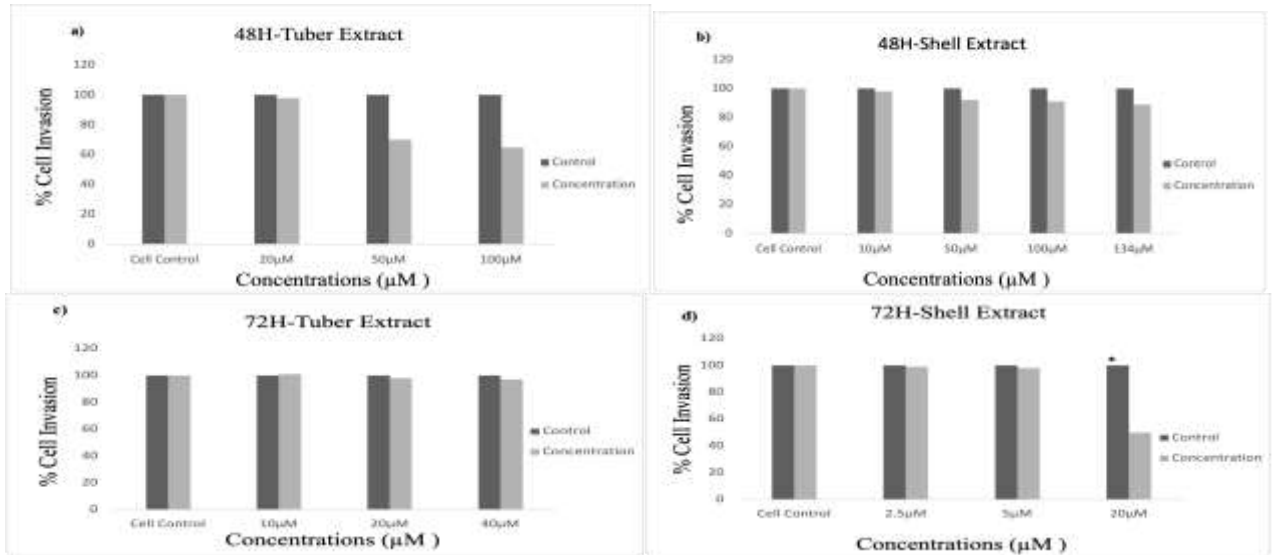
12%, 18% and 20%, respectively at 48h while the shell extract application on MCF-7 cells 10 $\mu$ M, 50 $\mu$ M, and 134 $\mu$ M concentrations increased by MMP absorbance

0%, 5%, and 20% compared to the control group, respectively (Figure 4a). In this context significant



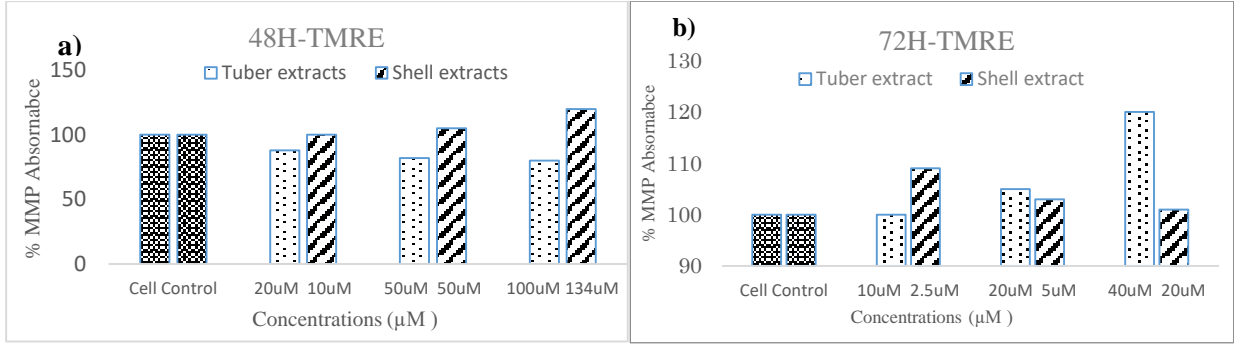
Şekil 2. Yer elmasıyla muamele edilmiş MCF-7 hücre hattının adezyon üzerindeki konsantrasyona bağlı etki grafiği a) 48 saatlik uygulamada yumru özütlerinin 20,50 ,100 $\mu$ M konsantrasyonları, b) 48 saatlik uygulamada kabuk özütlerinin 10, 50, 100,134 konsantrasyonları, c) 72 saatlik uygulama yumru özütlerinin 10,20,40 $\mu$ M konsantrasyonları, d) 72 saatlik uygulamada kabuk özütlerinin 2.5,5,20 $\mu$ M konsantrasyonları.

Figure 2. Concentration-dependent effect on adhesion of MCF-7 cell line treated with JA a) 20,50,100 $\mu$ M concentrations of tuber extracts in 48h application, b) 10, 50, 100,134 concentrations of shell extracts in 48h application, c) 10,20,40 $\mu$ M concentrations of tuber extracts in 72h application, d) 2.5,5,20 $\mu$ M concentrations of shell extracts in 72h application.

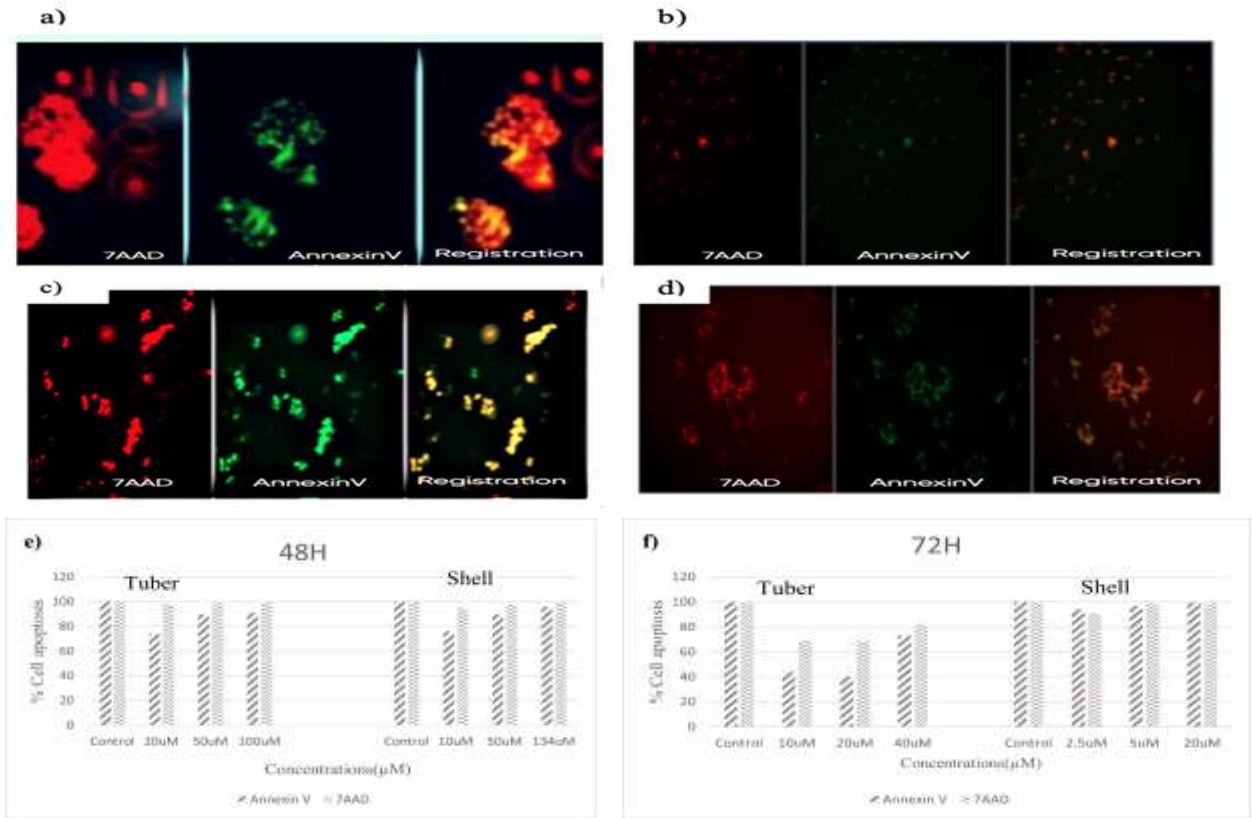


Şekil 3. Yer elmasıyla muamele edilmiş MCF-7 hücre hattının invazyon üzerindeki konsantrasyona bağlı etki grafiği a) 48 saatlik uygulamada yumru özütlerinin 20,50,100 $\mu$ M konsantrasyonları, b) 48 saatlik uygulamada kabuk özütlerinin 10,50,100,134 $\mu$ M konsantrasyonları, c) 72 saatlik uygulamada yumru özütlerinin 10,20,40 $\mu$ M konsantrasyonları, d) 72 saatlik uygulamada kabuk özütlerinin 2.5, 5,20 $\mu$ M konsantrasyonları.

Figure 3. Concentration-dependent effect on invasion of JA-treated MCF-7 cell line a) 20,50,100 $\mu$ M concentrations of tuber extracts at 48h b) 10,50,100,134 $\mu$ M concentrations of shell extracts at 48h, c) 10,20,40 $\mu$ M concentrations of tuber extracts at 72h, d) 2.5, 5,20 $\mu$ M concentrations of shell extracts at 72h.



Şekil 4. TMRE boyamasının MCF-7 hücre hattında analizi a) 48 saatlik uygulamasının yumru özütlerinin 20,50,100µM konsantrasyonları; kabuk özütlerinin 10, 50, 134µM konsantrasyonları, b) 72 saatlik uygulamasının yumru özütlerinin 10,20,40µM konsantrasyonları;kabuk özütlerinin 2.5,5,20µM konsantrasyonları,  
Figure 4. Analysis of TMRE staining in MCF-7 cell line a) 48h treatment with 20,50,100µM concentrations of tuber extracts; 10, 50, 134µM concentrations of shell extracts, b) 72h treatment with 10,20,40µM concentrations of tuber extracts; 2.5,5,20µM concentrations of shell extracts.



Şekil 5. MCF-7 hücreleri üzerinde Annexin V ve 7AAD boyaları ile boyanmış yer elması özütlerinin floresan mikroskop görüntüsü a) 48 saat 100µM konsantrasyonda işlenmiş yumru özütleri için b) 48 saat 134µM konsantrasyonda işlenmiş kabuk özütleri için. c) 72 saat 40µM konsantrasyonda işlenen yumru özütleri için d) 72 saat 5µM konsantrasyonda işlenen kabuk özütleri için. Veriler, MCF-7 hücre hattındaki yer elması karşılaştırmalı kabuk ve yumru özütlerinin apoptotik hücrelerin yüzdesini floresan plaka ile doza bağımlı bir şekilde değiştirdiğini gösterdi. e) 48 saatlik uygulamada, yumru özütleri için 20µM 50µM 100µM konsantrasyonları ve kabuk özütleri için 10µM, 50µM ,34µM konsantrasyonları f) 72 saatlik uygulamada yumru özütleri için 10µM, 20µM ,40µM konsantrasyonları ve kabuk özütleri için 2.5µM, 5µM,20µM konsantrasyonları.  
Figure 5. Fluorescent microscope image of Jerusalem artichoke extracts stained with Annexin V and 7AAD dyes on MCF-7 cells a) for tuber extracts treated 48h 100µM concentration b) for shell extracts treated 48h 134µM concentration. c) for tuber extracts treated 72h 40µM concentration d) for shell extracts treated 72h 5µM concentration. The data showed that Jerusalem artichoke comparative shell and tuber extracts on MCF-7 cell line changes the percentage of apoptotic cells a dose-dependent manner by fluorescent plate reader e) 48h treatment, for tuber 20µM 50µM 100µM concentrations and for shell extracts 10µM, 50µM ,34µM concentrations f) 72 h treatment for tuber 10µM, 20µM ,40µM concentrations and for shell extracts 2.5µM, 5µM,20µM concentrations.

MMP change was not observed in the tuber extract, while the shell extract significantly increases by MMP absorbance level at 48h applications. Furthermore, tuber extract application on MCF-7 cells 10 $\mu$ M, 20 $\mu$ M and 40 $\mu$ M concentrations increased by MMP absorbance 18%, 17% and 19%, respectively at 72h while the shell extract application on MCF-7 cells 2.5 $\mu$ M, 5 $\mu$ M, and 20 $\mu$ M concentrations increased by MMP absorbance 9 %, 3%, and 1% compared to the control group, respectively (Figure 4b). According to these results, MMP values were found to be significant in tuber extract for 48h, while significant in shell extract for 72h.

#### Determining the rates of early apoptotic and late apoptotic cells

When Annexin-V and 7-AAD are used together, early apoptotic cells are stained with annexin-V, while late apoptotic cells are stained with both Annexin-V and 7-AAD and living cells do not stain (Figure 5 a, b, c, d). The 20 $\mu$ M, 50  $\mu$ M and 100  $\mu$ M concentration of tuber extract on 48h showed that 26%, 10% and 9 % undergone early apoptosis and 2%, 1% and 0.9% gone to late apoptosis relative to the control, respectively and also the 10 $\mu$ M, 50 $\mu$ M, 134 $\mu$ M concentration of shell extract on 48h showed that 24%, 10%, and 4% undergone early apoptosis and 5%, 2% and 1% gone to late apoptosis relative to the control, respectively (Figure 5.e)

The 10 $\mu$ M, 20 $\mu$ M and 40 $\mu$ M concentration of tuber extracts showed that 56%, 60%, and 27% undergo early apoptosis at 72h and 31%, 31% and 18% went to late apoptosis, respectively and also the 2.5 $\mu$ M, 5  $\mu$ M and 20  $\mu$ M concentration of shell extracts showed that 6%, 3% and 0.9% undergo early apoptosis at 72h and 9%, 1% and 1% went to late apoptosis relative to the control, respectively (Figure 5.f). Furthermore 2.5 $\mu$ M, 5 $\mu$ M and 20 $\mu$ M concentration of shell extracts for 72 h results showed that 6%, 3%, and 0.9% undergo early apoptosis and 9%, 1% and 1% went to late apoptosis, respectively (Figure 5 f).

#### DISCUSSION

Various plants have been used to develop new cancer treatments (Roy,2021). JA is an alternative plant for cancer treatment because of "inulin" content which has protective properties against many diseases, and helps to eliminate toxin substances in the intestines (Wang et al.,2020). Although rare studies about the cytotoxicity of JA by MTT method (Pan et al. 2009; Yuan et al. 2013; Griffaut et al. 2007) no literature could found about antimetastatic and apoptotic effect of JA on breast cancer. In our study, XTT assay was used for JA tuber and shell extracts on MCF-7 cells. Researchers showed that stressed JA (non-dormant) tuber extracts decreased cytotoxicity on MCF-7 cell

lines (Griffaut et al. 2007) and we obtained both tuber extracts and shell extracts decreased cytotoxicity on MCF-7 cells time and dose-dependent manner. In this study, the effective dose for shell extracts of JA on cancer cell line at 24h and 48h, the doses do not toxic on healthy cell lines (MCF-12A) and effective doses at 72h for shell extracts of JA has changed on healthy cells by dose-dependent manner. Shortly, the JA extracts were effective on MCF-7 cells while MCF-12A cells (control group) were not effective at 24h,48h and 72h application.

Pan et al. (2009) showed that methanol extract of JA contained several bioactive substances eg, amino acids, flavonoids, phenolic acids and they determined that JA methanol extracts have cytotoxicity on the MCF-7 cell line. Furthermore, Petkova et al.(2014), showed that ethanol extracts of JA tubers and leaves have higher antioxidant activity than water extracts and Niziol Lukaszewska et al. (2018), determined that the JA ethanol extracts of leaves and tubers changes cell proliferation and may alter the oxidative stress gene expression levels on HaCaT and BJ fibroblast cells. We used methanol extraction method for JA tuber and shell similar to the Pan et al. (2009) and our results showed that JA tuber and shell extracts changes cell proliferation on MCF-7 cells. Yuan et al.(2013) investigated the cytotoxic effect of the compounds (Hydroxy-88-tigloyloxy-dehydroaliglovine, a newly known sesquiterpene lactone and sesquiterpene lactones and two known flavones) obtained from JA leaves for MCF-7 cells on 48h incubation with MTT method and as a result, they reported that some of these compounds (sesquiterpene lactones) had a cytotoxic effect for the MCF-7 cell line. On the other hand we used XTT method for cell proliferation different from these researchers and our results supported to them that JA both extracts significantly inhibits the proliferation of MCF-7 cells at 48h incubation. According to the researchers' MTT results, the proliferation and vitality decreased depending on the dose increase. In this context, it can be said that both the tuber and the shell extracts have an antiproliferative effects on MCF-7 cells and XTT method could be used as an alternative to MTT method.

An antimetastatic formulation would be a potential biological weapon in breast cancer treatment cause there are no antimetastatic drugs are available (Majumder et al. 2019). Determining the migration, adhesion and invasion phenomenon of cancer cells and molecular mechanism determinations are essential for new clinical strategies on cancer diagnosis, prognosis, drug development and treatment (Friedl and Wolf 2003)In addition, metastasis is the main cause of cancer death, 90% of deaths can be attributed to metastatic spread (Kramer et al. 2013) and determination adhesive and invasive properties of

progression is a very important and challenging step in cancer treatment (Anderson et al. 2019). Similarly to our study Beşli et al. (2019) showed that metformin caused a decrease in the expressions of some proteins involved in the breast cancer invasion pathway.

Various plant extracts that can be used for breast cancer treatment have been reported to have significant cytotoxic activity in a dose-time dependent manner and inhibit metastasis based on adhesion and invasion analysis (Majumder et al. 2019; Majumder et al. 2020; Tavares-Carreón et al. 2020, Demir et al. 2020). This study was the first to determine the antimetastatic effects (adhesion and invasion) of both the tuber extracts and the shell extracts of the JA on MCF-7 breast cancer cells the discussion was rather limited. In this context, the results showed that the shell extracts IC<sub>50</sub> dose (134µM) more effective to decreasing of adhesion ability for 48h while the tuber extracts IC<sub>50</sub> dose (100µM) was more effective for invasion rate at 48h. The tuber extract IC<sub>50</sub> dose (20µM) decreased 50% of adhesion rate while the shell extract IC<sub>50</sub> dose (5µM) decreased 47% of adhesion rate, so it can be said that both tuber and shell extracts are effective for decreasing adhesion rate on MCF-7 cell at 72h. The invasion results of tuber and shell extracts on MCF-7 cells at 72h the IC<sub>50</sub> values of both extracts were not effective but the 20 µM concentrations of shell extracts decreased 50% of invasion rate at 72h. These results showed that the invasion and adhesion analysis are significantly related to the cytotoxicity results.

Annexin-V was used for analysis of the early stages of apoptotic cells and also it combined with 7AAD for analysis apoptotic and necrotic cells. Analysis of the early stage of the intrinsic pathway indicates that MOMP leads to a collapse of the mitochondrial membrane potential. The mitochondrial membrane potential changes are another pointer of mid-phase apoptosis. TMRE is accumulated in the living cells of intact mitochondria when compared with cytosol (O'Reilly et al. 2003; Ricci et al. 2003).  $\Delta\Psi_m$  is measured by loss of TMRE fluorescent intensity which is a cationic, cell-permeant, and fluorescent dye (Matissek et al. 2003). After depolarization  $\Delta\Psi_m$  the TMRE intensity decreases in mitochondrial fluorescence intensity (Okal et al. 2013).

Afoakwah et al (2023)J showed that tuber extracts were able to inhibit cancer growth in HT-29 colon cancer cell line (HT-29 cc cell line) in a dose-dependent manner and they were also determined that these extracts inhibited HT-29 cc cell line growth resulting in programmed cell death. In this study, it was observed that JA tuber and shell variably reduced MMP in MCF-7 cells depending on IC<sub>50</sub> doses. It was observed that tuber extract decreased MMP in MCF-7 cells in 48h application, while shell extract application increased MMP. In addition, it was observed that both extracts increased MMP in 72h application, but the

increase in tuber extract was higher. In addition, in the study conducted to determine early and late apoptotic cells, it was determined that the effects of JA tuber and shell extract varied depending on the application hours and IC<sub>50</sub> doses. In this context, tuber and shell extract application with 48h caused significant effects in the early apoptotic phase of MCF-7 cells, but no significant changes were detected in the late apoptotic phase. It was determined that tuber extract application caused significant effects in both early and late apoptotic stages of MCF-7 cells with 72h application, and shell extract application did not show any significant changes in both stages. In short, the results of early and late apoptosis and TMRE staining showed that 72h of application of JA tuber extract had a higher apoptotic effect on MCF-7 cells than the other extracts and hour applications.

## CONCLUSION

Phytotherapy is one of the oldest methods of treatment for cancer. Because medicinal plants which are used in traditional medicines are cheaper than drugs from pharmaceutical companies medicinal plants derived from folk medicines are frequently used worldwide. In this sense, JA is one of the most popular plant widely cultivated in the Mediterranean area due to its nutritional and medicinal benefits. In this study, JA tuber and shell extracts showed high cytotoxic effect on the other hand MCF-12A breast epithelial cells have no cytotoxicity effect. The cytotoxic concentrations were used for metastatic and apoptotic analysis. This study is the first in the literature to use the XTT method to determine the cytotoxic effect of JA extracts in MCF-7 cells and also metastatic and apoptotic assays depend on cytotoxic doses of JA is also firstly analyzed. The results showed that JA extracts have antimetastatic properties and apoptosis-inducing ability. It is predicted that JA is a new therapeutic agent candidate for breast cancer treatment by determining for the first time the existence of antimetastatic and apoptotic effects on MCF-7 breast cancer cells. This further adds to the importance of validating using traditional medicinal plants and herbs in breast cancer therapy.

## ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by Selçuk University Scientific Research Project (BAP). This study was presented as an oral presentation 1st International Plant Biology Congress in 2018 (10-12May) and published as an abstract in the congress book. F. B and E.A. conceived the original idea and build E.A. supervised the project. The experiments were performed by F.B and G.K. and I would like to thank Mert SUDAĞIDAN for helping us with the devices for the experiments. This study was produced from the master thesis.

## Conflict of Interest Statement

The authors report no conflict of interest.

## REFERENCES

- Aceto N, Bardia A, Miyamoto DT, Donaldson MC, Wittner BS, Spencer JA, Yu M, Pely A, Engstrom A, Zhu H, Brannigan BW, Kapur R, Stott SL, Shioda, T., Ramaswamy, S. et al. (2014). Circulating tumor cell clusters are oligoclonal precursors of breast cancer metastasis. *Cell*; 158, 1110–1122.
- Afoakwah, N.A., Zhao, Y., & Dong, Y. (2023). Biological functionality and characteristics of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tuber extracts. *Acta Alimentaria*, 52(1), 12-26.
- Ahmed, M.S., El-Sakhawy, F.S., Soliman, S.N., & Abou-Hussein, D.M.R. (2005). Phytochemical and biological study of *Helianthus tuberosus* L. Egypt. *J. Biomedical Science*; 18, 134–147.
- Akhtar, K., & Rahman, M.M. (2018). Use of alternative medicine is delaying health-seeking behavior by Bangladeshi breast cancer patients. *European Journal of Breast Health*, 14(3), 166.
- Amarowicz, R., Cwalina-Ambroziak, B., Janiak, M. A., & Bogucka, B. (2020). Effect of N fertilization on the content of phenolic compounds in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers and their antioxidant capacity. *Agronomy*, 10(8), 1215.
- Anderson, R.L., Balasas, T., Callaghan, J., Coombes, R.C., Evans, J., et al. (2019). A framework for the development of effective anti-metastatic agents. *Nature Reviews Clinical Oncology*; 16, 185–204. doi: 10.1038/s41571-018-0134-8.
- Beşli, N., Yenmis, G., Tunçdemir, M., Sarac, E., Doğan, Y., Solakoğlu, S. & Sultuybek, G. K. (2019). Metformin suppresses the proliferation and invasion through NF-κB and MMPs in MCF-7 cell line. *Turkish Journal of Biochemistry*; 45(3), 295-304. DOI:10.1515/tjb-2019-0197.
- Çakır, S., Kafadar, M. T., Arslan, Ş.N., Türkan, A., Kara, B. & İnan, A. (2016). Review of risk factors in women diagnosed with breast cancer in the light of current data. *FNG & Bilim Tıp Dergisi*, 186-194.
- Çapanoğlu, G. & Bakar, E. (2018). Molecular prognostic factors in breast cancer and breast cancer metastasis, *Journal of Cumhuriyet University Health Sciences Institute*, 3(2), 40-48.
- Debela, D. T., Muzazu, S. G., Heraro, K. D., Ndalama, M. T., Mesele, B. W., Haile, D. C., ... & Manyazewal, T. (2021). New approaches and procedures for cancer treatment: Current perspectives. *SAGE Open Medicine*, 9, 20503121211034366.
- Demchenko, A. P. (2013). Beyond annexin V: fluorescence response of cellular membranes to apoptosis. *Cytotechnology*, 65(2), 157-172.
- Demir, T., Akpınar, Ö., Haki, K. A. R. A., & Güngör, H. (2019). Nar (*Punica granatum* L.) kabuğunun in vitro antidiyabetik, antienflamatuar, sitotoksik, antioksidan ve antimikrobiyal aktivitesi. *Akademik Gıda*, 17(1), 61-71.
- Downey, M.O., Mazza, M. & Krstic, M.P. (2007). Development of a stable extract for anthocyanins and flavonols from grape skin. *American Journal of Enology and Viticulture*, 58 (3), 358-364, 2007. ISSN: 0002-9254.
- Friedl, P. & Wolf, K. (2003). Tumour-cell invasion and migration: diversity and escape mechanisms. *Nature reviews cancer*, 3(5), 362-374.
- Giammona, G., Mauro, N. & Scialabba, C. (2016). Inulin for cancer therapy: present and perspectives. *International Journal*. 5(1), 63-69
- Giansanti, V. & Anna, I.S. (2008). Cell death: a one-way journey to the graveyard. *The Open Biology Journal* 1(1), 27-34. DOI: 10.2174/1874196700801010027.
- Griffaut, B., Debiton, E., Madelmont, J., Maurizis, J. & Ledoigt, G. (2007). Stressed jerusalem artichoke tubers (*Helianthus tuberosus* L.) excrete a protein fraction with specific cytotoxicity on plant and animal tumour cell, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*; 1770 (9), 1324-1330. doi: https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2007.06.007.
- Gupta, D. & Chaturvedi, N. (2020). Impact of processing on inulin and sugars content of Jerusalem Artichoke Tuber. *Research Journal of Pharmacy and Technology*; 13, 3143–3146.
- Hortobagyi, G. (2003). The curability of breast cancer: present and future. *European J of Cancer Supplements*; 1(1) 24–34. doi: 10.1016/S1359-6349(03)00003-
- Iqbal, J., Abbasi, B.A., Mahmood, T., Kanwal, S., Ali, B., Shah, S.A. & Khalil, A.T. (2017). Plant-derived anticancer agents: A green anticancer approach. *Asian Pacific J of Tropical Biomedicine*; 7, 1129–1150.
- Islam, M. R., Akash, S., Rahman, M. M., Nowrin, F. T., Akter, T., Shohag, S., ... & Simal-Gandara, J. (2022). Colon cancer and colorectal cancer: Prevention and treatment by potential natural products. *Chemico-Biological Interactions*, 110170.
- Janiszewska, M., Primi, M.C. & Izard, T. (2020). Cell adhesion in cancer: beyond the migration of single cells. *J of Biological Chemistry*; 295(8), 2495-2505.
- Kapusta, I., Krok, E., Jamro, D., Cebulak, T., Kaszuba, J. & Salach, R.T. (2013). Identification and quantification of phenolic compounds from jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers. *Journal of Food, Agriculture & Environment*; 11(3/4), 601-606.
- Kramer, N., Walzl, A., Unger, C., Rosner, M., Krupitza, G., Hengstschläger, M. & Dolzing, H. (2013). In vitro cell migration and invasion assays. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*; 752(1), 10–24. doi: 10.1016/j.mrrev.2012.08.001.
- Majumder, M., Debnath, S., Gajbhiye, R.L., Saikia, R., Gogoi, B., Samanta, S.K., Das, D.K. et al. (2019).



- Ricinus communis* L. fruit extract inhibits migration/invasion, induces apoptosis in breast cancer cells and arrests tumor progression in vivo. *Scientific Reports*; 9(1), 1-14. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50769-x>.
- Majumder, M., Sharma, M., Maiti, S. & Mukhopadhyay, R. (2020). Edible tuber amorphophallus paeoniifolius (dennst.) extract induces apoptosis and suppresses migration of breast cancer cells. *Nutrition and Cancer*; 1-14. DOI: 10.1080/01635581.2020.1830127.
- Mariadoss, A.V.A., Park, S., Saravanakumar, K., Sathiyaseelan, A. & Wang, M. H. (2021). Ethyl acetate fraction of *Helianthus Tuberosus* L. induces anti-diabetic, and wound-healing activities in insulin-resistant human liver cancer and mouse fibroblast cells. *Antioxidants*; 10(1), 99, 2021.
- Matissek, K.J., Mossalam, M., Okal, A. & Lim, C.S. (2013). The DNA binding domain of p53 is sufficient to trigger a potent apoptotic response at the mitochondria. *Molecular Pharmacology*; 10(10), 3592–3602. [PubMed: 23968395].
- Michalska-Ciechanowska, A., Wojdyło, A., Bogucka, B. & Dubis, B. (2019). Moderation of inulin and polyphenolics contents in three cultivars of *Helianthus tuberosus* L. by potassium fertilization. *Agronomy*; 9, 884, doi:10.3390/agronomy9120884
- Nizioł-Łukaszewska, Z., Furman-Toczek, D. & Zagórska-Dziok, M. (2018). Antioxidant activity and cytotoxicity of Jerusalem artichoke tubers and leaves extract on HaCaT and BJ fibroblast cells. *Lipids in Health and Disease*; 17(1), 280. doi: <https://doi.org/10.1186/s12944-018-0929-8>.
- Okal, A., Reaz, S. & Lim, C. (2013). Cancer biology: some causes for a variety of different diseases. In: Bae YH, Mrsny RJ, Park K. (editors). *Cancer Targeted Drug Delivery*. New York: Springer; 2013. 121-159, 2013.
- O'Reilly, C.M., Fogarty, K.E., Drummond, R.M., Tuft, R.A., Walsh, V. & Jr, J. (2003). Quantitative analysis of spontaneous mitochondrial depolarizations. *Biophys J*; 85(5), 3350–3357. [PubMed: 14581236].
- Pan, L., Sinden, M.R., Kennedy, A.H., Chai, H., Watson, L.E., Graham, T.L., & Kinghorn, A.D. (2009). Bioactive constituents of *Helianthus tuberosus* (Jerusalem artichoke). *Phytochemistry Letters*; 15-18. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2008.10.003>.
- Petkova, N., Ivanov, I., Denev, P., & Pavlov, A. (2014). Bioactive substance and free radical scavenging activities of flour from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers—a comparative study, Turkish Agricultural and Natural Sci J; 1 (Special Issue:2), 1773-1778, 2014.
- Ricci, J.E., Gottlieb, R.A. & Green, D. (2003). Caspase-mediated loss of mitochondrial function and generation of reactive oxygen species during apoptosis. *J of Cell Biology*; 160(1), 65–75. [PubMed: 12515825].
- Roy, A. (2021). Plumbagin: a potential anti-cancer compound. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, 21(6), 731-737.
- Saikaew, S., Tangwongchai, R., & Sae-Eaw, A. (2010). The effect of temperature and storage time on the chemical and physical compositions changes of kaentawan (*Helianthus tuberosus* L.) tubers after harvesting. *Agricultural Sci J*; 4 (3/1), 249-252.
- Sawicka, B., Skiba, D., Pszczó, Ą.P., Aslan, I., Sharifi, J. & Krochmal-Marczak, B. (2020). Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as a medicinal plant and its natural products. *Cellular and Molecular Bio*; 66(4), 160-177.
- Seljåsen, R. & Slimestad, R. (2005). Fructooligosaccharides and phenolics in flesh and peel of spring harvested Helianthus, *SHS Acta Horticulturae* 74; I International Symposium on Human Health Effects of Fruits and Vegetables.
- Van Engeland, M., Nieland, L.J., Ramaekers, F.C., Schutte, B. & Reutelingsperger, C.P. (1998). Annexin V-affinity assay: a review on an apoptosis detection system based on phosphatidylserine exposure. *Cytometry: The J of the Internat Soci for Analytical Cytology*; 31(1), 1-9.
- Wadkins, R. M., & Jovin, T. M. (1991). Actinomycin D and 7-aminoactinomycin D binding to single-stranded DNA. *Biochemistry*, 30(39), 9469-9478.
- Wang, L., Ling, Y., Chen, Y., Li, C.L., Feng, F., You, Q.D. et al. (2010). Flavonoid baicalein suppresses adhesion, migration and invasion of MDA-MB-231 human breast cancer cells. *Cancer Letters*; 297, 42–48.
- Wang, Y., Zhao, Y., Xue, F., Nan, X., Wang, H., et al. (2020). Nutritional value, bioactivity, and application potential of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as a neotype feed resource. *Animal Nutrition*. 6(4), 429-437.
- Yang, L., He, Q.S., Corscadden, K. & Udenigw, C.C. (2015). The prospects of Jerusalem artichoke in functional food ingredients and bioenergy production. *Biotechnology Reports*; 5, 77–88.
- Yap, K. M., Sekar, M., Fuloria, S., Wu, Y. S., Gan, S. H., Mat Rani, N. N. I., ... & Fuloria, N. K. (2021). Drug delivery of natural products through nanocarriers for effective breast cancer therapy: A comprehensive review of literature. *International Journal of Nanomedicine*, 16, 7891-7941.
- Yuan, X., Cheng, M., Gao, M., Zhuo, R., Zhang, L. & Xiao, H. (2013). Cytotoxic constituents from the leaves of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) and their structure–activity relationships, *Phytochemistry Letters*. 6(1), 21-25 doi: <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2012.10.007>.
- Zimmermann, M., & Meyer, N. (2011). Annexin V/7-AAD staining in keratinocytes. *Mammalian Cell Viability: Methods and Protocols*, 57-63.



## Investigation of Genotoxic and Development Effects of Tetramethrin on *Drosophila melanogaster*

Burçin YALÇIN<sup>1</sup>, Merve GÜNEŞ<sup>2</sup>, Ayşen Yağmur BURGAZLI<sup>3</sup>, Ghada TAGORTI<sup>4</sup>, Ezgi GOLAL<sup>5</sup>, Bülent KAYA<sup>6</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 6</sup> Department of Biology, Faculty of Sciences, Akdeniz University, Antalya, Türkiye, <sup>5</sup>Department of Histology and Embryology, Faculty of Medicine, Akdeniz University, Antalya, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-9694-5839>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-3278-0542>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0003-1657-6808>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0003-4597-8320>, <sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0002-7685-7479>, <sup>6</sup><https://orcid.org/0000-0002-0491-9781>

✉: bkaya@akdeniz.edu.tr

### ABSTRACT

The adverse effects of tetramethrin residues, a synthetic pyrethroid used in many insecticide formulations, on environmental health and living organisms are a matter of concern. The aim of this study was to evaluate the genotoxic and developmental effects of tetramethrin in a non-target organism, *Drosophila melanogaster*. Thus, its effect on DNA damage was evaluated using the Comet assay in hemocytes, and its mutagenic and recombinogenic effects were evaluated using *Drosophila* wing SMART. Also, the effects of tetramethrin on *Drosophila* development were evaluated by measuring larval weight, larval length, and fecundity. Results showed that tetramethrin induced a decrease in the larval weight and length only at a high concentration. Moreover, a decrease in fecundity in a dose-dependent manner was observed. According to the Comet assay results, DNA damage was not induced because there was no significant increase in % DNA. However, tetramethrin caused genotoxicity by inducing mitotic recombination in the SMART assay.

### Genetic

### Research Article

### Article History

Received : 03.01.2023

Accepted : 07.09.2023

### Keywords

Genotoxicity  
Larval development  
Pyrethroid  
SMART  
Tetramethrin

## Tetramethrin'in *Drosophila melanogaster*' de Genotoksik ve Gelişim Üzerine Etkilerinin Araştırılması

### ÖZET

Birçok insektisit formülasyonunda kullanılan sentetik bir piretroid olan tetramethrin kalıntılarının çevre sağlığı ve canlı organizmalar üzerindeki olumsuz etkileri endişe konusudur. Bu çalışmanın amacı, tetramethrin'in hedef dışı bir organizma olan *Drosophila melanogaster* üzerindeki genotoksik ve gelişimsel etkilerini değerlendirmektir. Bu nedenle *Drosophila* hemositlerinde komet testi kullanılarak DNA hasarı üzerindeki etkisi, *Drosophila* kanat SMART kullanılarak da mutasyon ve rekombinasyon etkileri değerlendirilmiştir. Ayrıca tetramethrin'in *Drosophila* gelişimi üzerindeki etkileri larva ağırlığı, larva uzunluğu ve yumurta verimi ölçülerek değerlendirilmiştir. Sonuçlar, tetramethrin'in sadece yüksek konsantrasyonda larva ağırlığında ve uzunluğunda bir azalmaya neden olduğunu göstermiştir. Ayrıca yumurta veriminde konsantrasyona bağlı bir şekilde azalma gözlenmiştir. Komet testi sonuçlarına göre, % DNA'da anlamlı bir artış olmadığı için DNA hasarı indüklenmemiştir. Ancak tetramethrin, SMART testinde mitotik rekombinasyonu indükleyerek genotoksisiteye neden olmuştur.

### Genetik

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş tarihi : 03.01.2023

Kabul tarihi : 07.09.2023

### Anahtar Kelimeler

Genotoksisite  
Larval gelişim  
Piretroid  
SMART  
Tetramethrin

**Atıf Şekli:** Yalçın, B., Güneş, M., Burgazlı, A.Y., Tagorti, G., Gokal, E., & Kaya, B (2024). Tetramethrin'in *Drosophila melanogaster*' de Genotoksik ve Gelişim Üzerine Etkilerinin Araştırılması. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(2), 304-315. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1224968>

**To Cite :** Yalçın, B., Güneş, M., Burgazlı, A.Y., Tagorti, G., Gokal, E., & Kaya, B (2024). Investigation of Genotoxic and Development Effects of Tetramethrin on *Drosophila melanogaster*. *KSU J. Agric Nat* 27(2), 304-315. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1224968>

## INTRODUCTION

Pyrethroids are synthetic insecticides that have a structure close to pyrethrin whose extract is derived from *Chrysanthemum cinerariaefolium* (United States Environmental Protection Agency, 2019). Nowadays,

pyrethroids are one of the most used insecticides to control pests in agriculture, urban and suburban areas (Horton et al., 2011; Saillenfait et al., 2015), with a global market size that will reach \$2258 million in 2026 (QYResearch Group, 2021). Of note, Ukraine,

Pakistan, Turkey, Paraguay, and India are the top five countries in terms of pyrethroid use (Li et al., 2017; Kuzukiran et al., 2021). In toxicity studies with different pyrethroids, it has been reported that pyrethroids cause highly toxic effects on non-target organisms. For example, it is highly toxic to many organisms including aquatic invertebrates (Arias et al., 2020; Hartz et al., 2021; Arslan, 2022), nematodes (Shashikumar & Rajini, 2010; Shen et al., 2017; Yuan et al., 2019), insects (Singh et al., 2011; Yan et al., 2011; Ballesteros et al., 2020), fish (Bej et al., 2021; Greno et al., 2021; Beken et al., 2022), plants (Çavuşoğlu et al., 2012), rat (Zhong et al., 2021; Ileriturk et al., 2022; Ileriturk & Kandemir, 2023; Lesseur et al., 2023) and human cells (Barrios-Arpi et al., 2022; Elser et al., 2022).

Tetramethrin, a synthetic pyrethroid with a broad spectrum of action is used in indoor and outdoor environments (Chedik et al., 2017; Mendis et al., 2018; United States Environmental Protection Agency, 2019; 2020). It is effective against flying and crawling insects as a fast knockdown agent that ensures the partial paralysis of insects within a few minutes (United States Environmental Protection Agency, 2020). Although this insecticide is used for pest control, no specific species are targeted, thereby detrimental effects can be observed on non-target insects (Zaller & Brühl, 2019). In a previous study, the honeybee (*Apis mellifera*) and bumblebee (*Bombus terrestris*), which are important pollinators, tetramethrin exposure has been shown to cause modifications in voltage-gated sodium channels in olfactory receptor neurons (Kadala et al., 2011, 2014, 2019). In another study, tetramethrin (70 ng/bee) at non-lethal doses (non-lethal in 48 hours) caused a deficiency in locomotor ability (cleaning brood cells, feeding larvae, etc.) in honey bees and it has been suggested that this deficiency is due to their mode of action on ion channels (Charreton et al., 2015). Chen et al. (2018) studies showed that the knockout of the *Drosophila* Sodium Channel 1 (DSC1) gene in *Drosophila* adults and larvae, causes *Drosophila* to be more sensitive to pyrethroids and that DSC1 channels have important roles in regulating the action of pyrethroids. However, the number of studies investigating the toxic effects of tetramethrin on non-target insects is limited.

It has been shown in different studies that cypermethrin, one of the pyrethroid varieties, causes a significant increase in DNA damage in the brain ganglia and anterior midgut of *Drosophila*, causes Hsp70 expression and tissue damage, and causes larval death at high doses (Mukhopadhyay et al., 2004; 2006). In addition, studies have shown that cypermethrin can cause reproductive toxicity in *Drosophila* in both males and females (Batiste Alentorn et al., 1986; Karataş & Bahçeci 2009). It has been shown that exposure to permethrin and

deltamethrin, which are types of pyrethroids, can cause a neurotoxic effect in *Drosophila* (Yan et al., 2011; Abdulbaki & Al-Deeb 2023). Moreover, Cruces et al. (2023) showed that bifenthrin can cause genotoxic effects in *Drosophila*.

Generally, humans are exposed to insecticides through the ingestion of food contaminated with insecticide residues, inhalation of contaminated house dust, and dermal contact with particles adhered to surfaces after domestic use (Corcellas et al., 2017; Simaremare et al., 2021). Simaremare et al. (2021) determined that tetramethrin was the most common pesticide residue among six pesticides with a rate of 78.7% in indoor dust samples compared to 34% in outdoor dust samples. In addition, tetramethrin residues have been detected in the body fluids of some living organisms such as pig milk, human blood, and urine (Zhang et al., 2016; Nozawa et al., 2021; Göl et al., 2023). Thus, these findings highlight the persistence of tetramethrin in the environment, subsequently, humans are also exposed to this insecticide. Therefore, a crucial need to assess the effects of tetramethrin in non-target organisms is recommended.

*Drosophila melanogaster* is a promising model organism for detecting the non-lethal effects of pesticides (Singh et al., 2011; Yan et al., 2011; Tasman et al., 2021). It is also used to investigate the effects of pesticides on larval development and reproduction (Kissoum et al., 2020). In addition, *Drosophila* is an ideal model organism used in genotoxicity studies, as it has homology with almost 75% of human disease-causing genes (Reiter et al., 2001; Pandey & Nichols, 2011).

Therefore, the present study aimed to assess the effects of tetramethrin on larval development, reproduction, and its genotoxic effects on *D. melanogaster* as a model organism. The mutagenic and recombinogenic effects of tetramethrin in trans-heterozygous individuals (normal winged) and balancer-heterozygous individuals (serrate winged) were assessed using the *Drosophila* wing somatic mutation and recombination test (SMART). Moreover, the potential of tetramethrin to cause DNA single-strand breaks in *Drosophila* hemocytes was evaluated using the single-cell gel electrophoresis assay (Comet assay). In addition, the effects of tetramethrin on the development of *Drosophila* larvae were assessed by measuring the larval weight, larval length, and fertility.

## MATERIALS and METHODS

### Chemicals

Tetramethrin (Sigma-Aldrich, 97%, CAS No: 7696-12-0) solutions were prepared by dissolving in 3% acetone (Tekkim, 99,5%, CAS No:67-64-1). The rest of the chemicals were obtained from Sigma-Aldrich. Acetone

solvent (3%) and distilled water were used as the negative control. Five different concentrations (0.1, 0.5, 2, 5, and 10 mM) were selected to determine the highest non-lethal tetramethrin concentration. The concentration of tetramethrin that ensures at least 50% eclosion of eggs was determined as 1.33 mM by Probit analysis (IBM SPSS Statistics 20 package program) (Charpentier et al., 2014; Jameel et al., 2019; Anushree et al., 2023). Three different concentrations of tetramethrin (0.1, 0.5, and 2 mM) were used in the assays. The selected concentrations were used based on a survival rate.

### ***Drosophila* Strain and Treatment**

*Drosophila* strains were maintained in a standard *Drosophila* medium containing corn flour, sugar, yeast, agar, propionic acid, and ortho-phosphoric acid at 25 ± 1°C under 60% humidity. In all the assays, eggs were collected during 8 h periods from the *Drosophila* strain suitable for the assay and set up in glass vials (5 cm x 14 cm; diameter x height) containing standard *Drosophila* medium. After, the third instar larvae (72 ± 4 h old) were dispensed into plastic vials (3.5 cm x 8 cm; diameter x height) with approximately 4.5 g of instant *Drosophila* medium (Carolina Biological Supply, Burlington, NC, USA), which was rehydrated with 9 mL of three different concentrations of tetramethrin (0.1, 0.5, and 2 mM).

### **SMART**

*Drosophila mwh* (multiple wing hair) and *flr<sup>3</sup>* (flare-3) strains were used in the SMART assay (Lindsley & Zimm, 1992). Crosses between males (*mwh/mwh*) and virgin females (*flr<sup>3</sup>/In (3LR) TM3, Bd<sup>S</sup>*) individuals were performed to obtain trans-heterozygous individuals (*mwh/flr<sup>3</sup>*, normal winged) and balancer-heterozygous individuals (*mwh/TM3, Bd<sup>S</sup>*, serrate winged). SMART is an *in vivo* assay that enables the detection of various mutations (deletion, point mutation, and non-disjunction) and recombination in the phenotype (Würgler & Vogel, 1986). Although wings with the normal phenotype (*mwh/flr<sup>3</sup>*) contain mutant spots resulting from both mutation and recombination, wings with the non-uniform phenotype known as serrate winged (*mwh/TM3, Bd<sup>S</sup>*) contain only mutation-induced spots resulting from the suppressed recombination of the balancer chromosome (Zordan et al., 1994; Kaya et al., 1999; 2006). The assay was performed as described by Kaya et al. (2004) and Demir et al. (2008). Trans-heterozygous individuals that were treated with three different concentrations of tetramethrin: 0.1, 0.5, and 2 mM (with three repetitions) were scored. Following this, balancer-heterozygous individuals treated with a 2 mM concentration of tetramethrin (Only this concentration at which genotoxicity was induced in trans-heterozygous individuals) were examined in order to

determine whether the genotoxicity that occurred after treatment with these concentrations was caused by a mutation or recombination. 1 mM of ethyl methanesulfonate (EMS, Sigma Aldrich, CAS No: 62-50-0) was used as the positive control (Demir et al., 2008; Karadeniz et al., 2011). Wings from trans-heterozygous and balanced heterozygous individuals were separately mounted on slides with Faure solution (30 g gum arabic, 50 g chloral hydrate, 20 mL glycerol, 50 mL distilled water). The wings were scored for the presence of small single spots, large single spots, twin spots, total *mwh* spots, and total spots (Graf et al., 1984). For each concentration, 80 wings (40 individuals) were examined. SMART results were analyzed using the multiple-decision procedure of Frei and Würgler (1988). The conditional binomial test was used according to Kastenbaum and Bowman's (1970) charts ( $p < 0.05$ ) for statistical calculations. To characterize the mutagenic and recombinogenic effects, the frequency of mutant spots was calculated by dividing the number of spots by the total wing number (80 wings, the number of cells inspected in a wing is 24400) for each counted wing (Szabad et al., 1983).

### **Comet Assay**

*Drosophila* Oregon R+ strain was used in the Comet assay. The third instar larvae (72 ± 4 h-old) were separately treated with three different concentrations of tetramethrin (0.1, 0.5, and 2 mM) with three repetitions. EMS (4mM) was used as the positive control (Sierra et al., 2014). After 24 h, larvae (96 ± 4 h-old) were removed from the treated medium, sterilized with 5 % sodium hypochlorite, and dried with filter paper. Following this, hemocytes were isolated according to the methods of Irving et al. (2005). The cuticle of each larva was disrupted using two fine forceps in cold PBS (120 µl) containing 0.07% phenylthiourea (PTU) in a cavity in the center of the single concave slide. For every 10 larvae, the hemocytes collected in the pit were collected in a 1.5 ml centrifuge tube. Hemocytes were isolated from 60 larvae for each treatment. The tubes were then centrifuged at 1300 rpm for 10 minutes at +4 °C. Finally, the supernatant was removed and the cell pellet was resuspended in 20 µL of cold PBS containing 0.07% PTU (Sierra et al., 2014). The hemocytes were then mixed with 80 µL of low melting agarose (LMA, 0.75%) and were spread over lamellae already coated with normal melting agarose (NMA, 1%). Later, the slides were kept on a cold plate for 10 min and the coverslips were removed. Again, 80 µL of LMA was added and the slides were kept on a cold plate for 10 min. Lysis was performed for 1 h at 4°C in a dark chamber. Then, the slides were kept in a cold electrophoresis buffer (1 mM Na<sub>2</sub>EDTA and 300 mM NaOH, pH > 13) for 30 min. The cells were run in the

same buffer for the next 30 min (25 V and 300 mA). After electrophoresis, the slides were washed with 400 mM Tris buffer (pH= 7.5). This process was repeated two more times for neutralization. The slides were then stained with 50  $\mu$ L ethidium bromide (60  $\mu$ g / mL) for 20 min (Sierra et al., 2014). Following this, the slides were examined at 40X magnification on a 480–550 nm wideband excitation filtered and a 590 nm barrier filtered fluorescence microscope (Nikon Eclipse E200) with a charge-coupled device (CCD) camera attachment using (Comet assay IV version 4.11, Kinetic Imaging, UK). Fifty randomly selected comets were analyzed per treatment (Sierra et al., 2014). DNA damage was evaluated according to the tail length ( $\mu$ m), tail intensity (% DNA), and tail moment (the combination of the first two parameters: tail length  $\times$  % DNA in the tail). Statistical analysis of Comet assay results was performed using one-way ANOVA (Tukey) in the IBM SPSS Statistics 20 package program (SPSS, NY, US) ( $p < 0.05$ ).

### Larval Weight, Length, and Fertility Measurement

*Drosophila* Oregon R+ strain was used to measure larval weight, larval length, and fertility. Third instar larvae ( $72 \pm 4$  h-old) were separately treated with three different concentrations of tetramethrin (0.1, 0.5, and 2 mM) and the negative control groups (acetone 3% and distilled water). After 24 h, larvae ( $96 \pm 4$  h-old) of each treatment group were separately collected under tap water with a sieve. The weight of larvae was calculated by weighing 30 larvae on a precision scale; the average weight was considered (three repetitions). Lengths of larvae were measured with a cold steel ruler placed on an ice plate to enable a more accurate measurement by restricting larval movement (Parimi et al., 2019). Therefore, 30 larvae from each treatment group were measured one by one with the ruler under a stereomicroscope; the average length was considered (three repetitions). Statistical analysis of larval weight and length measurements was performed using one-way ANOVA (Tukey) in the IBM SPSS Statistics 20 package program (SPSS, NY, US) ( $p < 0.05$ ). To measure fertility, individuals exposed to tetramethrin at the larval stage ( $72 \pm 4$  h-old) were allowed to reach the adult stage (approximately 7 days after exposure). After waiting 24 hours for the mating of adult male and female flies, 2 female individuals were selected from each exposed concentration (10 female individuals in total, five repetitions) and transferred to an instant *Drosophila* medium without tetramethrin. Females in the instant *Drosophila* medium without tetramethrin were removed at the end of 48 hours and the eggs' eclosion success was recorded (the average of five repetitions was accepted). Statistical analysis of fecundity was performed with the Mann-Whitney U test after testing its significance with Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ).

## RESULTS and DISCUSSION

SMART results showed that compared to the negative control group (acetone 3%), trans-heterozygous wings (*mwh/flr<sup>9</sup>*) that were exposed to different concentrations of tetramethrin (0.1, 0.5, and 2 mM) showed a concentration-dependent increase in the small single spot, total *mwh* spot, and total spot frequencies. However, inconclusive results were obtained for all parameters at 0.1 and 0.5 mM concentrations. On the other hand, positive results were reported for the total *mwh* spot and the total spot at 2 mM concentration (Table 1). The increase obtained for a small single spot at 2 mM indicated that tetramethrin reached its cellular targets (wing imaginary discs) mostly at late developmental stages. Later, balancer-heterozygous individuals treated with a 2 mM concentration of tetramethrin were examined in order to determine whether the positive result observed after treatment with these concentrations in trans-heterozygous wings was due to a mutation or recombination. The results obtained in balancer-heterozygous wings were inconclusive for all categories at 2 mM concentration (Table 1). While single *mwh* spots are formed by a point mutation, nondisjunction, or deletion, twin spots are only formed by recombination. The difference between the total spot frequencies in the trans-heterozygous wings and balancer-heterozygous wings indicates the recombination rate (Frei et al., 1992). The recombination percentages were 15.79% for distilled water, 36.84% for acetone 3%, 44.44% for EMS, and 57.14% for 2 mM tetramethrin (Data not shown in the table). This suggests that tetramethrin mainly induces mitotic recombination at high concentrations.

The Comet assay results showed that compared to the negative control group (acetone 3%), tetramethrin significantly increased the tail length at 0.5 and 2 mM concentrations (Table 2). Moreover, compared to the acetone 3%, tetramethrin increased the tail intensity and tail moment at 2 mM concentration. Of note, only the increase in the tail moment was statistically significant. However, tail intensity (% DNA) is accepted as a better parameter than tail length and moment to evaluate genotoxicity using the Comet assay (Dhawan et al., 2009; Sanchez-Alarcon et al., 2016). Since some xenobiotics cause small breaks, the tail length of the comet may be excessive. Accordingly, since the tail moment is "tail length  $\times$  % DNA in the tail", the tail moment may appear high due to the high tail length. However, the percentage of DNA in the damaged part of the comet is not high (Kumaravel & Jha, 2006; Sanchez-Alarcon et al., 2016). The results of the Comet assay revealed that the concentrations of tetramethrin used in this study did not cause significant DNA strand breaks in *Drosophila* hemocytes. Genotoxicity was induced at a high concentration in the SMART assay, but not in the

Table 1. SMART results of 72±4 h *Drosophila* larvae after exposure to tetramethrin

Çizelge 1. Tetrametrin maruziyetinden sonra 72 ± 4 saatlik *Drosophila* larvalarının SMART sonuçları

	Number of wings (N)	Small single spot (1-2 cells; m=2)			Large single spot (> 2 cells; m=5)			Twin spot (m=5)			Total <i>mwh</i> spot (m=2)			Total spot (m=2)			Frequency of clone formation (10 <sup>5</sup> cells)
		No.	Fr.	D.	No.	Fr.	D.	No.	Fr.	D.	No.	Fr.	D.	No.	Fr.	D.	
<b>Normal Wing (Trans-heterozygous wings – <i>mwh/flr<sup>3</sup></i>)</b>																	
Distilled water	80	13	(0.16)		2	(0.02)		0	(0.00)		15	(0.19)		15	(0.19)		0.77
Acetone 3%	80	13	(0.16)	i	1	(0.01)	i	1	(0.01)	i	15	(0.19)	-	15	(0.19)	-	0.77
EMS (1 mM)	80	67	(0.84)	+	24	(0.30)	+	9	(0.11)	+	86	(1.08)	+	100	(1.25)	+	4.40
0.1 mM	80	14	(0.18)	i	2	(0.02)	i	1	(0.01)	i	17	(0.21)	i	17	(0.21)	i	0.87
0.5 mM	80	15	(0.19)	i	6	(0.08)	i	0	(0.00)	i	21	(0.26)	i	21	(0.26)	i	1.08
2 mM	80	23	(0.29)	i	3	(0.04)	i	2	(0.02)	i	28	(0.35)	+	28	(0.35)	+	1.43
<b>Serrate Wing (Balancer heterozygous wings – <i>mwh/TM<sup>6</sup></i>)</b>																	
Distilled water	80	12	(0.15)		1	(0.01)					13	(0.16)		13	(0.16)		0.67
Acetone 3%	76	8	(0.10)	-	1	(0.01)	i				9	(0.12)	-	9	(0.12)	-	0.48
EMS (1mM)	44	24	(0.54)	+	2	(0.04)	i				26	(0.60)	+	26	(0.60)	+	2.42
2 mM	80	11	(0.14)	i	1	(0.01)	i				12	(0.15)	i	12	(0.15)	i	0.62

No: number, Fr: frequency, D: showing the results of the Statistics, +: positive (genotoxic), -: negative (not genotoxic), i: inconclusive, m: multiplication factor, probability level = 0.05, Acetone 3% and distilled water are negative control, EMS (Ethyl methanesulfonate, 1mM) is a positive control.

Table 2. The genotoxic effects of tetramethrin in *Drosophila* hemocytes using the Comet assay  
 Çizelge 2. Comet testi kullanılarak tetrametrinin *Drosophila* hemositlerindeki genotoksik etkileri

	Tail intensity (%) <sup>a</sup>	Tail Moment <sup>a</sup>	Tail length (µm) <sup>a</sup>
Distilled water	24.83 ± 2,34	6.43 ± 0.75	66.24 ± 3.43
EMS 4 mM	44.22 ± 2.73***	14.87 ± 1.08***	95.92 ± 2.83***
Acetone 3%	27.41 ± 3.80	3.04 ± 0.44	58.60 ± 3.60
<b>Tetramethrin</b>			
0.1 mM	15.56 ± 2.36	2.63 ± 0,47	59.74± 2.18
0.5 mM	20.57 ± 3.28	3,46 ± 0,68	85.06 ± 4.50***
2 mM	29.20 ± 3.15	8.08 ± 1.31**	102.18 ± 4.28***

<sup>a</sup>Mean ± standard error; 50 comets were counted for each experiment. Acetone 3% and distilled water are negative control, EMS (Ethyl methanesulfonate, 4mM) is a positive control.

\* 0.01 < p < 0.05, \*\* 0.001 < p < 0.01, \*\*\* p < 0.001

Comet assay because these test systems evaluate different genotoxic mechanisms. This shows the importance of investigating the genotoxicity of tetramethrin with different test systems.

Morphological differences in development are important parameters to evaluate the effect of pesticide exposure at levels below lethal concentrations on the organism. Weight and length are the most used parameters to study *Drosophila* larval development (Ormerod et al., 2017). The larval weights after exposure to 0.1, 0.5, and 2 mM concentrations of tetramethrin are provided in Figure 1A. When the average weights of the treatment groups were compared, the weights after exposure to 2 mM concentration (0.0280 g) were found to be significantly lower than those in the control groups (acetone 3%, 0.0351 g, and distilled water, 0.0390 g). The larval lengths are provided in Figure 1B. The larval length was 3.117 mm and 3.367 mm in the control groups (acetone 3% and distilled water, respectively); it was not statistically significant although it decreased to 3.058 mm after treatment with 2 mM tetramethrin. In addition, the increase in larval length and weight at a low concentration (0.5 mM) suggests that it may be an example of hormesis (adaptive response). However, hormetic responses are also generally characterized by increases in reproductive performance (Berry-III & Lopez-Martinez, 2020). On the other hand, herein, no hormesis pattern has been reported in the fertility results. Comparing the fertility results of the treatment groups, it was observed that fertility was decreased in a dose-dependent manner at 0.1, 0.5, and 2 mM concentrations (n=54, n=19, and n=15, respectively, number of individuals eclosion from the egg) compared to the negative control groups (acetone 3% n=80, distilled water n=85) (Figure 1C).

There are limited studies on the genotoxic effects of tetramethrin on non-target organisms (Kim et al., 2005; United States Environmental Protection Agency, 2010; Kloplic et al., 2015). Most studies on tetramethrin toxicity have been conducted with aquatic animals (United States Environmental Protection Agency,

2016; Greno et al., 2021). For example, *Lepomis macrochirus* (LC<sub>50</sub>, 96h 16 µg/L), *Oncorhynchus mykiss* (LC<sub>50</sub>, 96h 3.7 µg/L) and *Danio rerio* (LC<sub>50</sub>, 96h 33 µg/L) (Greno et al., 2021). Previous studies on the toxicity of tetramethrin have reported different findings depending on the model organisms and assays used. Dikmen et al. (2018) found that lactate dehydrogenase leakage, which is an indicator of cell damage during apoptosis and necrosis, increased after exposure to 10 and 20 ng / mL of tetramethrin in the RTG2 rainbow trout cell line. Yavuz et al. (2010) investigated the dermal toxicity of different combinations of some pyrethroids (cypermethrin, alphacypermethrin, deltamethrin) and piperonyl butoxide (PBO) and tetramethrin in Wistar rats. The insecticide combinations caused low acute dermal toxicity by causing decreased body weight and feed consumption, increased organ weights, hematological, biochemical and histopathological changes. In another study conducted with the same treatment groups, biochemical changes related to liver, kidney functions and protein metabolism occurred in male Wistar rats (Yavuz et al., 2013). Kim et al. (2005) stated that tetramethrin has an endocrine-disrupting effect on Sprague–Dawley rats. The estrogenic and androgenic activities of tetramethrin revealed that subcutaneous exposure to tetramethrin (5–800 mg / kg/day) resulted in a statistically significant decrease in the absolute and relative uterine wet weights of Sprague–Dawley rats. However, they found that tetramethrin did not exhibit androgenic and antiandrogenic activities. Hence, they suggested that tetramethrin exerts endocrine-disrupting effects on female rats through antiestrogenic activity. Similarly, Kloplic et al. (2015) observed that tetramethrin has an endocrine-disrupting effect on human mammalian cells (MDA-kb2) and causes cytotoxicity. In addition, tetramethrin has been classified as a category 2 carcinogen by the Publication Office of the European

Commission (Official Journal of the European Union, 2018). Chedik et al. (2017) found that tetramethrin inhibited various ABC and SLC drug transporters,

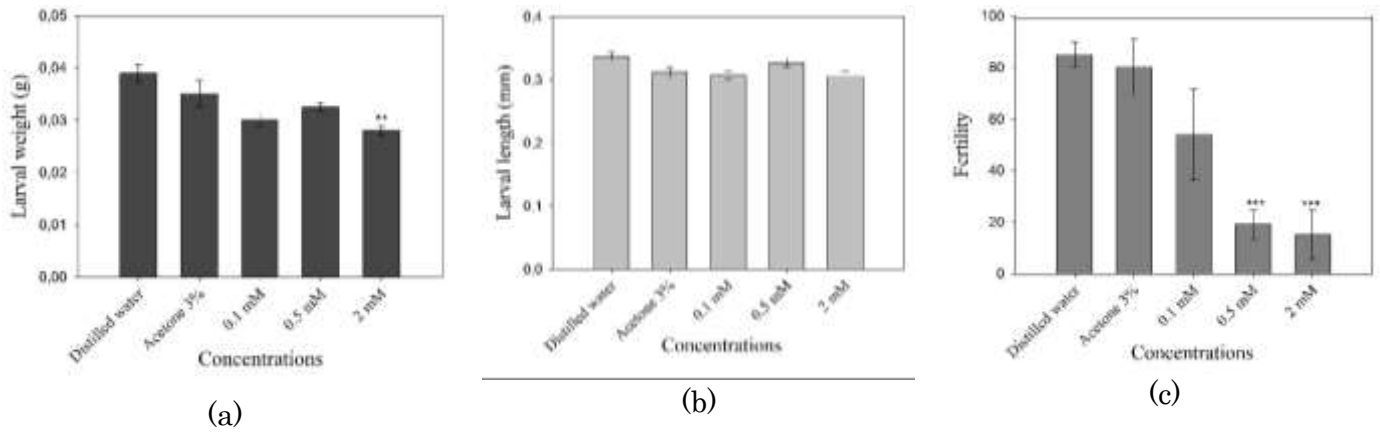


Figure 1. Larval development of *Drosophila* larvae after exposure to tetramethrin (a) Larval weights (g), (b) Larval lengths (mm), and (c) Fertility.

Şekil 1. Tetrametirin maruziyetinden sonra *Drosophila* larvalarının larva gelişimi (a) Larval ağırlık (g), (b) Larval uzunluk (mm) ve (c) Fertilite.

including multidrug resistance-associated protein (MRP) 2, breast cancer resistance protein (BCRP), organic anion transporter polypeptide (OATP) 1B1, organic anion transporter (OAT) 3, multidrug and toxin extrusion transporter (MATE) 1, organic cation transporter (OCT) 1, and OCT2, at very high concentrations. Mitotic recombination leads to increased loss of heterozygosity (LOH), resulting in genetic instability. Spontaneous mitotic recombination in the *Drosophila* adult midgut has been shown to accumulate in senescent adult intestinal stem cells and frequently gives rise to LOH (Siudeja & Bardin, 2017). LOH is one of the mechanisms that cause the complete loss of function of tumor suppressor genes (Luo et al., 2000). Mitotic recombination is involved in carcinogenesis by causing the upregulation of protooncogenes as well as the loss of tumor suppressor genes (Wang et al., 2007). It has been widely used to test the genotoxicity of different compounds in the SMART developed to measure recombination events that occur during wing formation in *Drosophila* (Siudeja & Bardin, 2017). In this context, considering that mitotic recombination is a mechanism involved in carcinogenesis (Abrahams et al., 2003; Orsolin et al., 2012), our SMART result suggests that tetramethrin may cause carcinogenic effects by inducing recombination at its highest concentration. Apart from tetramethrin, there are also studies investigating the effects of other pyrethroids on non-target Diptera members and *Drosophila*. Abeyasuriya et al. (2017) investigated the effect of the insecticide Pesguard (d-tetramethrin + cyphenothrin), which is commonly used for adult *Aedes mosquito* control, on non-target insects for controlling the incidence of dengue fever in Sri Lanka. That study revealed that the most affected

populations were Diptera (36%), Collembola (30%), and Thysanoptera (17%), in the given order. In addition, measurements of the knockdown activity against the mosquito *Aedes albopictus* (n = 417) and the bee *Trigona iridipennis* (n = 122) revealed 83.5% mosquito and 93.5% bee deaths. Thus, Pesguard showed a significant effect on non-target insects. Moreover, Mendis et al. (2018) recorded the coagulation of zebrafish embryos and the lack of both somite formation and heartbeat after exposure to Pesguard. Bifenthrin exposure to *Chironomus tepperi* (Diptera) larvae used for biomarker responses significantly affected the activity of glutathione peroxidase, an oxidative stress enzyme (Ballesteros et al., 2020). Mukhopadhyay et al. (2004) evaluated the *in vivo* genotoxicity of cypermethrin (0.0004, 0.0008, 0.002, 0.2 and 0.5 ppm) in the brain ganglia and anterior midgut of *Drosophila* by Comet method and showed a significant dose-dependent increase in DNA damage. In another study, cypermethrin was found to have adverse effects on reproduction in *Drosophila*, evidenced by Hsp70 expression and tissue damage and in addition, larval death was observed in high dose groups (0.2, 0.5 and 50.0 ppm). They also observed that the negative effects were relatively more pronounced in male flies than in females (Mukhopadhyay et al., 2006). Karataş & Bahçeci (2009) found that cypermethrin did not cause a significant difference in oviposition rates of adult females in *Drosophila*, but the decrease in egg development rate, eggs and early embryonic stages were sensitive to toxic effects. In another study, cypermethrin was tested for the induction of genetic damage to male germ cells in *Drosophila*. No significant increase in the frequency of sex chromosome loss or non-separation was observed



after exposure of male flies to cypermethrin at concentrations up to 20 ppm (Batiste-Alentorn et al., 1986). Yan et al. (2011) found that in *Drosophila* brain, exposure to permethrin at a concentration of 2.5 µM significantly reduced calcium current and cholinergic mini-synaptic current.

## CONCLUSION

To our knowledge, this is the first study to assess the genotoxicity of tetramethrin using SMART and the Comet assay and to evaluate the effects of tetramethrin on larval development in *D. melanogaster*. Our results showed that tetramethrin, which is widely used in pesticide formulations, can cause genotoxicity in *Drosophila* (a non-target organism) at high concentrations. Concentrations detected in humans after exposure to environmental tetramethrin are in the nM range (Nozawa et al., 2021). Therefore, the studied tetramethrin concentrations are relatively higher than the amount of tetramethrin that humans will be exposed to from the environment. However, considering the excessive use during spraying that may lead to high exposure, careful preparation of tetramethrin concentrations used for applications is required. Moreover, it should be kept in mind that exposure is not solely related to one pyrethroid or xenobiotic since a mixture of compounds is found in the environment. Consequently, different results can be observed due to tetramethrin interaction with other xenobiotics. In addition, genotoxicity may vary depending on the organism and the exposure route. Therefore, further studies are recommended to understand the genotoxicity of tetramethrin.

## Author Contribution Statement

The authors declare the contribution of the authors is equal.

## Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

## REFERENCES

- Abdulkaki H, & Al-Deeb M.A (2023). Neuroprotective effects of ferulic acid and thymoquinone against deltamethrin-induced neurotoxicity in *Drosophila melanogaster*. *Advancements in life sciences*, 10(2), 289-297.
- Abeyasuriya K.G.T.N, Nugapola N.W.N.P, Perera M.D.B, Karunaratne W.A.I.P & Karunaratne S.H.P.P. (2017). Effect of dengue mosquito control insecticide thermal fogging on non-target insects. *International Journal of Tropical Insect Science*, 37(1), 11–18. <https://doi.org/10.1017/S1742758416000254>.
- Abrahams, P.J., Houweling, A., Schouten, R., van der Eb, A.J. & Terleth, C. (2003). Abnormal kinetics of induction of UV-stimulated recombination in human DNA repair disorders. *DNA Repair*, 2(11), 1211-1225. [https://doi.org/10.1016/S1568-7864\(03\)00141-1](https://doi.org/10.1016/S1568-7864(03)00141-1).
- Anushree, Ali, M. Z., Bilgrami, A. L., & Ahsan, J. (2023). Acute exposure to arsenic affects pupal development and neurological functions in *Drosophila melanogaster*. *Toxics*, 11(4), 327. <https://doi.org/10.3390/toxics11040327>
- Arias, M., Bonetto, C., & Mugni, H. (2020). Sublethal effects on *Simocephalus vetulus* (Cladocera: Daphnidae) of pulse exposures of cypermethrin. *Ecotoxicology and environmental safety*, 196, 110546. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110546>
- Arslan, P. (2022). Determinations of the effects of cyfluthrin on the hemocytes parameters of freshwater mussel (*Unio delicatus*). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39(1), 39-45. <https://doi.org/10.12714/egejfas.39.1.06>
- Ballesteros, M. L., Boyle, R. L., Kellar, C. R., Miglioranza, K. S. B., Bistoni, M. A., Pettigrove, V., & Long, S. M. (2020). What types of enzyme activities are useful biomarkers of bifenthrin exposure on *Chironomus sp.* (Diptera, Chironomidae) larvae under laboratory and field-based microcosm conditions? *Aquatic toxicology (Amsterdam, Netherlands)*, 228, 105618. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2020.105618>
- Barrios-Arpi, L., Arias, Y., Lopez-Torres, B., Ramos-Gonzalez, M., Ticli, G., Prospero, E., & Rodríguez, J. L. (2022). *In vitro* neurotoxicity of flumethrin pyrethroid on SH-SY5Y neuroblastoma cells: Apoptosis associated with oxidative stress. *Toxics*, 10(3), 131. <https://doi.org/10.3390/toxics10030131>
- Batiste-Alentorn, M., Xamena, N., Velázquez, A., Creus, A., & Marcos, R. (1986). Mutagenicity testing of the pyrethroid insecticide cypermethrin in *Drosophila*. *Mutagenesis*, 1(5), 343–346. <https://doi.org/10.1093/mutage/1.5.343>
- Bej, S., Ghosh, K., Chatterjee, A., & Saha, N. C. (2021). Assessment of biochemical, hematological and behavioral biomarkers of *Cyprinus carpio* on exposure to a type-II pyrethroid insecticide Alpha-cypermethrin. *Environmental toxicology and pharmacology*, 87, 103717. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2021.103717>
- Beken, A. T., Saka, Ş., Aydın, İ., Firat, K., Suzer, C., Benzer, F., Erişir, M., Özden, O., Hekimoğlu, M. A., Engin, S., & Antepli, O. (2022). *In vivo* and *in vitro* evolution of the effects of cypermethrin on turbot (*Scophthalmus maximus*, Linnaeus, 1758) spermatozoa. *Comparative biochemistry and physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 256, 109298. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2022.109298>
- Berry-III, R. & Lopez-Martinez, G. (2020). A dose of experimental hormesis: When mild stress protects and improves animal performance. *Comparative*

- Biochemistry and Physiology, Part A*, 242, 110658. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2020.110658>.
- Çavuşoğlu, K., Kaya, A., Yılmaz, F., & Yalçın, E. (2012). Effects of cypermethrin on *Allium cepa*. *Environmental toxicology*, 27(10), 583–589. <https://doi.org/10.1002/tox.20681>
- Charpentier, G., Louat, F., Bonmatin, J. M., Marchand, P. A., Vanier, F., Locker, D., & Decoville, M. (2014). Lethal and sublethal effects of imidacloprid, after chronic exposure, on the insect model *Drosophila melanogaster*. *Environmental science & technology*, 48(7), 4096–4102. <https://doi.org/10.1021/es405331c>
- Charreton, M., Decourtye, A., Henry, M., Rodet, G., Sandoz, J. C., Charnet, P., & Collet, C. (2015). A locomotor deficit induced by sublethal doses of pyrethroid and neonicotinoid insecticides in the honeybee *Apis mellifera*. *PloS one*, 10(12), e0144879. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144879>
- Chedik, L., Bruyere, A., Vee, M.L., Stieger, B., Denizot, C., Parmentier, Y., Potin, S. & Fardel, O. (2017). Inhibition of human drug transporter activities by the pyrethroid pesticides allethrin and tetramethrin. *PLoS One*, 12(1), e0169480. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169480>.
- Chen, X., Wang, Y., Wu, W., Dong, K., & Hu, Z. (2018). DSC1 channel-dependent developmental regulation of pyrethroid susceptibility in *Drosophila melanogaster*. *Pesticide biochemistry and physiology*, 148, 190–198. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2018.04.014>
- Corcellas, C., Andreu, A., Manez, M., Sergio, F., Hiraldo, F., Eljarrat, E. & Barcelo, D. (2017). Pyrethroid insecticides in wild bird eggs from a World Heritage Listed Park: A case study in Donana National Park (Spain). *Environmental Pollution*, 228, 321-330. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.05.035>.
- Cruces, M. P., Pimentel, E., Vidal, L. M., Jiménez, E., Suárez, H., Camps, E., & Campos-González, E. (2023). Genotoxic action of bifenthrin nanoparticles and its effect on the development, productivity, and behavior of *Drosophila melanogaster*. *Journal of toxicology and environmental health. Part A*, 86(18), 661–677. <https://doi.org/10.1080/15287394.2023.2234408>
- Demir, E., Kocaoğlu, S. & Kaya, B. (2008). Genotoxicity testing of four benzyl derivatives in the *Drosophila* wing spot test. *Food and Chemical Toxicology*, 46(3), 1034-1041. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.10.035>.
- Dhawan, A., Bajpayee, M. & Parmar, D. (2009). Comet assay: a reliable tool for the assessment of DNA damage in different models. *Cell Biology and Toxicology*, 25(1), 5–32. <https://doi.org/10.1007/s10565-008-9072-z>.
- Dikmen, B.Y., Vejselova, D., Kutlu, H.M., Filazi, A, & Erkoç, F. (2018). Effects of synthetic pyrethroids on RTG-2 cells. *Toxin Reviews*, 37(4), 304-312. <https://doi.org/10.1080/15569543.2017.1366922>.
- Elser, B. A., Hing, B., & Stevens, H. E. (2022). A narrative review of converging evidence addressing developmental toxicity of pyrethroid insecticides. *Critical reviews in toxicology*, 52(5), 371–388. <https://doi.org/10.1080/10408444.2022.2122769>
- Frei, H. & Würigler, F.E. (1988). Statistical methods to decide whether mutagenicity test data from *Drosophila* assays indicate a positive, negative, or inconclusive results. *Mutation Research/ Environmental Mutagenesis and Related Subjects*, 203(4), 297–308. [https://doi.org/10.1016/0165-1161\(88\)90019-2](https://doi.org/10.1016/0165-1161(88)90019-2).
- Frei, H., Clements, J., Howe, D. & Würigler, F.E. (1992). The genotoxicity of the anticancer drug mitoxantrone in somatic and germ cells of *Drosophila melanogaster*. *Mutation Research*, 279(1), 21-33. [https://doi.org/10.1016/0165-1218\(92\)90262-x](https://doi.org/10.1016/0165-1218(92)90262-x).
- Göl, E., Çok, İ., Battal, D., & Şüküroğlu, A. A. (2023). Assessment of preschool children's exposure levels to organophosphate and pyrethroid pesticide: A human biomonitoring study in two Turkish provinces. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 84(3), 318–331. <https://doi.org/10.1007/s00244-023-00986-3>
- Graf, U., Würigler, F.E., Katz, A.J., Frei, H., Juon, H., Hall, C. B. & Kale, P.G. (1984). Somatic mutation and recombination test in *Drosophila melanogaster*. *Environmental Mutagenesis*, 6(2), 153-188. <https://doi.org/10.1002/em.2860060206>.
- Greno, M., Amariei, G., Boltes, K., Castro-Puyana, M., García, M. A., & Marina, M. L. (2021). Ecotoxicity evaluation of tetramethrin and analysis in agrochemical formulations using chiral electrokinetic chromatography. *The Science of the total environment*, 800, 149496. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149496>
- Horton, M.K., Jacobson, J.B., Mckelvey, W., Holmes, D., Fincher, B., Quantano, A., Diaz, B.P., Shabbazz, F., Shepard, P., Rundle, A. & Whyatt, R.M. (2011). Characterization of residential pest control products used in inner-city communities in New York City. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 21(3), 291-301. <https://doi.org/10.1038/jes.2010.18>.
- Huff Hartz, K. E., Weston, D. P., Johanif, N., Poynton, H. C., Connon, R. E., & Lydy, M. J. (2021). Pyrethroid bioaccumulation in field-collected insecticide-resistant *Hyalella azteca*. *Ecotoxicology*, 30(3), 514–523. <https://doi.org/10.1007/s10646-021-02361-1>
- Ileriturk, M., & Kandemir, F. M. (2023). Carvacrol protects against  $\lambda$ -Cyhalothrin-induced hepatotoxicity and nephrotoxicity by modulating

- oxidative stress, inflammation, apoptosis, endoplasmic reticulum stress, and autophagy. *Environmental toxicology*, 38(7), 1535-1547. <https://doi.org/10.1002/tox.23784>
- Ileriturk, M., Kandemir, O., & Kandemir, F. M. (2022). Evaluation of protective effects of quercetin against cypermethrin-induced lung toxicity in rats via oxidative stress, inflammation, apoptosis, autophagy, and endoplasmic reticulum stress pathway. *Environmental toxicology*, 37(11), 2639–2650. <https://doi.org/10.1002/tox.23624>
- Irving, P., Ubeda, J.M., Doucet, D., Troxler, L., Lagueux, M., Zachary, D., Hoffmann, J.A., Hetru, C. & Meister, M. (2005). New insights into *Drosophila* larval haemocyte functions through genome-wide analysis. *Cellular Microbiology*, 7(3), 335-350. <https://doi.org/10.1111/j.1462-5822.2004.00462.x>
- Jameel, M., Alam, M. F., Younus, H., Jamal, K., & Siddique, H. R. (2019). Hazardous sub-cellular effects of Fipronil directly influence the organismal parameters of *Spodoptera litura*. *Ecotoxicology and environmental safety*, 172, 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.01.076>
- Kadala, A., Charreton, M., Charnet, P., Cens, T., Rousset, M., Chahine, M., Vaissière, B. E., & Collet, C. (2019). Voltage-gated sodium channels from the bees *Apis mellifera* and *Bombus terrestris* are differentially modulated by pyrethroid insecticides. *Scientific reports*, 9(1), 1078. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37278-z>
- Kadala, A., Charreton, M., Jakob, I., Cens, T., Rousset, M., Chahine, M., Le Conte, Y., Charnet, P., & Collet, C. (2014). Pyrethroids differentially alter voltage-gated sodium channels from the honeybee central olfactory neurons. *PloS one*, 9(11), e112194. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112194>
- Kadala, A., Charreton, M., Jakob, I., Le Conte, Y., & Collet, C. (2011). A use-dependent sodium current modification induced by type I pyrethroid insecticides in honeybee antennal olfactory receptor neurons. *Neurotoxicology*, 32(3), 320–330. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2011.02.007>
- Karadeniz, A., Kaya, B., Savaş, B. & Topcuoğlu, Ş.F. (2011). Effects of two plant growth regulators, indole-3-acetic acid and beta-naphthoxyacetic acid, on genotoxicity in *Drosophila* SMART assay and on proliferation and viability of HEK293 cells from the perspective of carcinogenesis. *Toxicology and Industrial Health*, 27(9), 840-848. <https://doi.org/10.1177/0748233711399314>
- Karataş, A., & Bahçeci, Z. (2009). Effect of cypermethrin on some developmental stages of *Drosophila melanogaster*. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 82(6), 738–742. <https://doi.org/10.1007/s00128-008-9604-5>
- Kastenbaum, M.A. & Bowman, K.O. (1970). Tables for determining the statistical significance of mutation frequencies. *Mutation Research*, 9(5), 527-549. [https://doi.org/10.1016/0027-5107\(70\)90038-2](https://doi.org/10.1016/0027-5107(70)90038-2)
- Kaya, B., Kocaoğlu, S. & Demir, E. (2006). Analysis of UV-stimulated recombination in the *Drosophila* SMART assay. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 47(5), 357-361. <https://doi.org/10.1002/em.20215>
- Kaya, B., Marcos, R., Yanıkoğlu, A. & Creus, A. (2004). Evaluation of the genotoxicity of four herbicides in the wing spot test of *Drosophila melanogaster* using two different strains. *Mutation Research*. 557(1), 53-62. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2003.09.010>
- Kaya, B., Yanıkoğlu, A. & Marcos, R. (1999). Genotoxicity studies on the phenoxyacetates 2,4-D and 4-CPA in the *Drosophila* wing spot test. *Teratogen Careinagen and Mutagen*, 19, 305-312.
- Kim, S.S., Kwack, S.J., Lee, R.D., Lim, K.J., Rhee, G.S., Seok, J.H., Kim, B.H., Won, Y.H., Lee, G.S., Jeung, E.B., Lee, B.M. & Park, K.L. (2005). Assessment of estrogenic and androgenic activities of tetramethrin *in vitro* and *in vivo* assays. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*, 68(23-24), 2277-2289. <https://doi.org/10.1080/15287390500182453>
- Kissoum, N., Gheraibia, H.B., Hamida, Z.C. & Soltani, N. (2020). Evaluation of the pesticide Oberon on a model organism *Drosophila melanogaster* via topical toxicity test on biochemical and reproductive parameters. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C Pharmacology*, 228, 108666. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2019.108666>
- Kloplic, I., Kolsek, K. & Dolenc, M.S. (2015). Glucocorticoid-like activity of propylparaben, butylparaben, diethylhexyl phthalate and tetramethrin mixtures studied in the MDA-kb2 cell line. *Toxicology Letters*, 232(2), 376–383. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2014.11.019>
- Kumaravel, T.S. & Jha, A.N. (2006). Reliable Comet assay measurements for detecting DNA damage induced by ionising radiation and chemicals. *Mutation Research*, 605(1-2), 7–16. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2006.03.002>
- Kuzukiran, O., Simsek, I., Yorulmaz, T., Dikmen, B.Y., Ozkan, O. & Filazi, A. (2021). Multiresidues of environmental contaminants in bats from Turkey. *Chemosphere*, 282, 131022. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131022>
- Lesseur, C., Kaur, K., Kelly, S. D., Hermetz, K., Williams, R., Hao, K., Marsit, C. J., Caudle, W. M., & Chen, J. (2023). Effects of prenatal pesticide exposure on the fetal brain and placenta transcriptomes in a rodent model. *Toxicology*, 490, 153498. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2023.153498>
- Li, H., Cheng, F., Wei, Y., Lydy, M.J. & You, J. (2017). Global occurrence of pyrethroid insecticides in sediment and the associated toxicological effects on benthic invertebrates: An overview. *Journal of*

- Hazardous Materials*, 32A(part B), 258-271. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.10.056>.
- Lindsley, D.L. & Zimm, G.G. (1992). The genome of *Drosophila melanogaster*. San Diego, CA: Academic Press; 1992.
- Luo, G., Santoro, I.M., McDaniel, L.D., Nishijima, I., Mills, M., Youssoufian, H., Vogel, H., Schultz, R.A. & Bradley, A. (2000). Cancer predisposition caused by elevated mitotic recombination in Bloom mice. *Nature Genetics*, 26(4), 424-429. <https://doi.org/10.1038/82548>.
- Mendis, J. C., Tennakoon, T. K., & Jayasinghe, C. D. (2018). Zebrafish embryo toxicity of a binary mixture of pyrethroid insecticides: d-tetramethrin and cyphenothrin. *Journal of Toxicology*, 2018, 4182694. <https://doi.org/10.1155/2018/4182694>
- Mukhopadhyay, I., Chowdhuri, D. K., Bajpayee, M., & Dhawan, A. (2004). Evaluation of *in vivo* genotoxicity of cypermethrin in *Drosophila melanogaster* using the alkaline Comet assay. *Mutagenesis*, 19(2), 85–90. <https://doi.org/10.1093/mutage/geh007>
- Mukhopadhyay, I., Siddique, H. R., Bajpai, V. K., Saxena, D. K., & Chowdhuri, D. K. (2006). Synthetic pyrethroid cypermethrin induced cellular damage in reproductive tissues of *Drosophila melanogaster*: Hsp70 as a marker of cellular damage. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 51(4), 673–680. <https://doi.org/10.1007/s00244-005-0169-6>
- Nozawa, H., Minakata, K., Hasegawa, K., Yamagishi, I., Suzuki, M., Kitamoto, T., Watanabe, K. & Suzuki, O. (2021). A fatal case involved in pyrethroid insecticide ingestion: Quantification of tetramethrin and resmethrin in body fluids of a deceased by LC–MS/MS. *Forensic Toxicology*, 40, 189-198. <https://doi.org/10.1007/s11419-021-00594-7>.
- Official Journal of the European Union (EU). (2018). Commission Regulation 2018/1480; 2018.
- Ormerod, K.G., LePine, O.K., Abbineni, P.S., Bridgeman, J.M., Coorssen, J.R., Mercier, A.J. & Tattersall, G.J. (2017). *Drosophila* development, physiology, behaviour, and lifespan are influenced by altered dietary composition. *Fly*, 11(3), 153–170. <https://doi.org/10.1080/19336934.2017.1304331>.
- Orsolin, P.C., Silva-Oliveira, R.G. & Nepomuceno, J.C. (2012). Assessment of the mutagenic, recombinagenic and carcinogenic potential of orlistat in somatic cells of *Drosophila melanogaster*. *Food and Chemical Toxicology*, 50, 2598–2604. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.05.008>.
- Pandey, U.B. & Nichols, C.D. (2011). Human disease models in *Drosophila melanogaster* and the role of the fly in therapeutic drug discovery. *Pharmacological Reviews*, 63(2), 411–436. <https://doi.org/10.1124/pr.110.003293>.
- Parimi, D., Sundararajan, V., Sadak, O., Gunasekaran, S., Mohideen, S.S. & Sundaramurthy, A. (2019). Synthesis of positively and negatively charged CeO<sub>2</sub> nanoparticles: Investigation of the role of surface charge on growth and development of *Drosophila melanogaster*. *ACS Omega*, 4(1), 104–113. <https://doi.org/10.1021/acsomega.8b02747>.
- QYResearch Group, (2021). Global Synthetic Pyrethroids Market Growth 2021-2026. [cited 2022 Dec 24]. Available from: <https://www.marketresearch.com/LP-Information-Inc-v4134/Global-Synthetic-Pyrethroids-Growth-14812096/>
- Reiter, L.T., Potocki, L., Chien, S., Gribskov, M. & Bier, E. (2001). A systematic analysis of human disease-associated gene sequences in *Drosophila melanogaster*. *Genome Research*, 11(6), 1114-25. <https://doi.org/10.1101/gr.169101>.
- Saillenfait, A.M., Ndiaye, D. & Sabate, JP. (2015). Pyrethroids: Exposure and health effects – An update. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 218(3), 281-292. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2015.01.002>.
- Sanchez-Alarcon, J., Milic, M., Arroyo, S.G., Goncalvez, J.M.R.M. & Valencia, R. (2016). Assessment of DNA damage by Comet assay in buccal epithelial cells: Problems, achievement, perspectives. *Environmental Health Risk - Hazardous Factors to Living Species*, 77-135. <https://doi.org/10.5772/62760>.
- Shashikumar, S., & Rajini, P. S. (2010). Cypermethrin elicited responses in heat shock protein and feeding in *Caenorhabditis elegans*. *Ecotoxicology and environmental safety*, 73(5), 1057–1062. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2010.02.003>
- Shen, P., Hsieh, T. H., Yue, Y., Sun, Q., Clark, J. M., & Park, Y. (2017). Deltamethrin increases the fat accumulation in 3T3-L1 adipocytes and *Caenorhabditis elegans*. *Food and chemical toxicology*, 101, 149–156. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.01.015>
- Sierra, L.M., Carmona, E.R., Aguado, L. & Marcos, R. (2014). *The Comet assay in Drosophila: Neuroblast and hemocyte cells*. In: L.M. Sierra, & I. Gaivao (Eds.), *Genotoxicity and DNA repair: A practical approach, methods in pharmacology and toxicology*. Springer Science+Business Media, New York, p. 269-282. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1068-7\\_15](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1068-7_15).
- Simaremare, S.R.S., Hung, C.C., Yu, T.H., Hsieh, C.J. & Yiin, L.M. (2021). Association between pesticides in house dust and residential proximity to farmland in a rural region of Taiwan. *Toxics*, 9(8), 180. <https://doi.org/10.3390/toxics9080180>.
- Singh, P., Lata, P., Patel, S., Pandey, A. K., Jain, S. K., Shanker, R., & Dhawan, A. (2011). Expression profiling of toxicity pathway genes by real-time PCR array in cypermethrin-exposed mouse brain.

- Toxicology mechanisms and methods*, 21(3), 193–199. <https://doi.org/10.3109/15376516.2010.538939>
- Siudeja, K. & Bardin, A.J. (2017). Somatic recombination in adult tissues: What is there to learn? *Fly*, 11(2), 121-128. <https://doi.org/10.1080/19336934.2016.1249073>.
- Szabad, J., Soos, I., Polgar, G. & Hejja, G. (1983). Testing the mutagenicity of malondialdehyde and formaldehyde by the *Drosophila* mosaic and the sex-linked recessive lethal tests. *Mutation Research*, 113(2), 117-133. [https://doi.org/10.1016/0165-1161\(83\)90224-8](https://doi.org/10.1016/0165-1161(83)90224-8).
- Tasman, K., Rands, S.A. & Hodge, J.J.L. (2021). The power of *Drosophila melanogaster* for modeling neonicotinoid effects on pollinators and identifying novel mechanisms. *Frontiers in Physiology*, 12, 659440. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.659440>.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2010). Reregistration Eligibility Decision (RED) Document for Tetramethrin. Prevention, Pesticides and Toxic Substances. EPA 738-R-08-012; 2010.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2016). Washington, D.C. 20460, Office of Chemical Safety and Pollution Prevention. Preliminary Comparative Environmental Fate and Ecological Risk Assessment for the Registration Review of Eight Synthetic Pyrethroids and Pyrethrins DP No. D425791; 2016.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2019). Washington, D.C. 20460, Office of Chemical Safety and Pollution Prevention. Tetramethrin Updated Human Health Risk Assessment. DP No. 453657; 2019.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2020). Tetramethrin. Interim Registration Review Decision, Case Number 2660; 2020.
- Wang, W., Warren, M. & Bradley, A. (2007). Induced mitotic recombination of p53 *in vivo*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(11), 4501–4505. <https://doi.org/10.1073/pnas.0607953104>
- Würgler, F.E. & Vogel, E.W. (1986). *In vivo* mutagenicity testing using somatic cells of *Drosophila melanogaster*. In: F.J. de Serres (Ed.), *Chemical Mutagens*, Vol. 10, Plenum, New York, p. 1-72.
- Yan, Y., Yang, Y., You, J., Yang, G., Xu, Y., Huang, N., Wang, X., Ran, D., Yuan, X., Jin, Y., Fan, Y., Lei, J., Li, W., & Gu, H. (2011). Permethrin modulates cholinergic mini-synaptic currents by partially blocking the calcium channel. *Toxicology letters*, 201(3), 258–263. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2011.01.009>
- Yavuz, O., Aksoy, A., Das, Y. K., Gulbahar, M. Y., Guvenc, D., Atmaca, E., Yarim, F. G., & Cenesiz, M. (2015). Subacute oral toxicity of combinations of selected synthetic pyrethroids, piperonyl butoxide, and tetramethrin in rats. *Toxicology and industrial health*, 31(4), 289–297. <https://doi.org/10.1177/0748233712469651>
- Yavuz, O., Aksoy, A., Das, Y. K., Gulbahar, M. Y., Yarim, G. F., Cenesiz, M., Atmaca, E., & Guvenc, D. (2010). Repeated-dose 14-day dermal toxicity of different combinations of some synthetic pyrethroid insecticides, piperonyl butoxide, and tetramethrin in rats. *Cutaneous and ocular toxicology*, 29(1), 16–25. <https://doi.org/10.3109/15569520903415076>
- Yuan, L., Lin, J., Xu, Y., Peng, Y., Clark, J. M., Gao, R., Park, Y., & Sun, Q. (2019). Deltamethrin promotes adipogenesis via AMPK $\alpha$  and ER stress-mediated pathway in 3T3-L1 adipocytes and *Caenorhabditis elegans*. *Food and chemical toxicology*, 134, 110791. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.110791>
- Zaller, J.G. & Brühl, C.A. (2019). Editorial: Non-target effects of pesticides on organisms inhabiting agroecosystems. *Frontiers in Environmental Science*, 7, 75. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00075>.
- Zhang, D., Park, Z.Y., Park, J.A., Kim, S.K., Jeong, D., Cho, S.H., Shim, J.H., Kim, J.S., El-Aty, A.M. & Shin, H.C. (2016). A combined liquid chromatography-triple-quadrupole mass spectrometry method for the residual detection of veterinary drugs in porcine muscle, milk, and eggs. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(6), 348. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5344-x>.
- Zhong, M., Zhai, Q., Zhang, R., Yin, H., Li, J., Ma, Z., Fang, L., Zhang, C., & Li, Y. (2021). Effect of pyrethroid pesticides on the testis of male rats: A meta-analysis. *Toxicology and industrial health*, 37(4), 229–239. <https://doi.org/10.1177/07482337211000979>
- Zordan, M., Osti, M., Pesce, M. & Costa, R. (1994). Chloral hydrate is recombinogenic in the wing spot test in *Drosophila melanogaster*. *Mutation Research*, 322(2), 111-116. [https://doi.org/10.1016/0165-1218\(94\)00017-4](https://doi.org/10.1016/0165-1218(94)00017-4).



## Investigation of the Genotoxic Effect of Fluoxetine Hydrochloride in *Drosophila melanogaster*

Selda ÖZ<sup>1</sup>, Zeynep Nur SARIKAYA<sup>2</sup>, Özüm LARÇIN<sup>3</sup>, Rabia SARIKAYA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Kırıkkale University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, Kırıkkale, Türkiye, <sup>2,3</sup>Başkent University, Private Ayşeabla Schools, Ankara, Türkiye, <sup>4</sup>Gazi University, Gazi Faculty of Education, Department of Primary School Education, Teknikokullar, Ankara, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-1883-3441>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0009-0003-9343-8887>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0009-0000-3232-9140>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0001-9247-8973>

✉: [seldaoz@kku.edu.tr](mailto:seldaoz@kku.edu.tr)

### ABSTRACT

This study aimed to determine the potential genotoxic effect of fluoxetine hydrochloride (FLX-HCl), an antidepressant commonly used for treating depression, using Somatic Mutation and Recombination Test (SMART). Third-instar *Drosophila melanogaster* larvae transheterozygous for the mutations multiple wing hair (*mwh*) and flare (*flr*<sup>3</sup>) were chronically fed in a medium containing different concentrations of FLX-HCl (0.1, 0.5, 1, and 2 mg/mL) in the experimental group. Distilled water, 0.1 mM ethyl methane sulfonate (EMS), and 2% dimethyl sulfoxide (DMSO) were used in negative, positive, and solvent control groups, respectively. The survival percentages were calculated by determining the number of individuals surviving when the larvae completed their development in the experimental and control groups. In all application groups, the wings of 40 individuals with both normal and serrate wing phenotypes were examined under a microscope, and genetic changes were evaluated by counting the mutant clones in the wings. The data obtained show that 1 and 2 mg/mL concentrations of FLX-HCl caused toxic effects in *D. melanogaster* individuals. Additionally, FLX-HCl showed a negative genotoxic effect at 0.1 mg/mL concentration, insignificant at 0.5 mg/mL concentration, and positive at 1 and 2 mg/mL concentrations in terms of total mutation evaluation and clone induction frequency in *D. melanogaster* individuals.

### Genetic

### Research Article

### Article History

Received : 07.06.2023

Accepted : 27.09.2023

### Keywords

*Drosophila melanogaster*  
Fluoxetine hydrochloride  
Genotoxicity  
Survival  
SMART

## Fluoksetin Hidroklorür'ün Genotoksik Etkisinin *Drosophila melanogaster*'de Araştırılması

### ÖZET

Bu çalışmada depresyon tedavisinde yaygın olarak kullanılan bir antidepresan olan fluoksetin hidroklorürün (FLX-HCl) potansiyel genotoksik etkisinin Somatik Mutasyon ve Rekombinasyon Testi (SMART) kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Deney grubunda çoklu kanat kılı (*mwh*) ve flare (*flr*<sup>3</sup>) mutasyonları için transheterozigot olan üçüncü dönem *Drosophila melanogaster* larvaları, farklı konsantrasyonlarda FLX-HCl (0.1, 0.5, 1 ve 2 mg/mL) içeren ortamda kronik olarak beslenmiştir. Distile su, 0.1 mM etil metan sülfonat (EMS) ve % 2 dimetil sülfoksit (DMSO) sırasıyla negatif, pozitif ve çözücü kontrol gruplarında kullanılmıştır. Deney ve kontrol gruplarında larvalar gelişimini tamamladığında hayatta kalan birey sayıları belirlenerek yaşama yüzdeleri hesaplanmıştır. Tüm uygulama gruplarında hem normal hem de serrat kanat fenotipine sahip 40 bireyin kanatları mikroskop altında incelenmiş ve kanatlardaki mutant klonlar sayılarak genetik değişimler değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler, FLX-HCl'nin 1 ve 2 mg/mL konsantrasyonlarının *D. melanogaster* bireyleri üzerinde toksik etkiye neden olduğunu göstermiştir. Ayrıca FLX-HCl, *D. melanogaster* bireylerinde toplam mutasyon değerlendirmesi ve klon induksiyon frekansı bakımından 0.1 mg/mL konsantrasyonunda negatif, 0.5 mg/mL konsantrasyonunda önemsiz, 1 ve 2 mg/mL konsantrasyonlarında pozitif genotoksik etki göstermiştir.

### Genetik

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 07.06.2023

Kabul Tarihi : 27.09.2023

### Anahtar Kelimeler

*Drosophila melanogaster*  
Fluoksetin hidroklorür  
Genotoksisite  
Hayatta kalış  
SMART

- To Cite :** Öz, S., Sarıkaya, Z.N., Larçın, Ö., & Sarıkaya, R., (2024). Investigation of the Genotoxic Effect of Fluoxetine Hydrochloride in *Drosophila melanogaster*. *KSU J. Agric Nat* 27(2), 316-324. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1310729>.
- Atf Şekli:** Öz, S., Sarıkaya, Z.N., Larçın, Ö., & Sarıkaya, R., (2024). Fluoksetin Hidroklorür'ün Genotoksik Etkisinin *Drosophila melanogaster*'de Araştırılması. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(2), 316-324. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1310729>.

## INTRODUCTION

The Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) states in its guidelines that the genotoxic effects of the active compounds used in drugs must be tested using model organisms in the drug development process (Anonymous, 2023). Access to information on genotoxicity evaluations of drugs made by drug manufacturers is limited or not possible for many drugs. For this reason, the investigation of the possible toxic effects of drug-active ingredients by independent studies is very essential for human health (Yuzbasioglu et al., 2016). Previous studies performed either in vivo or in vitro showed that drug-active ingredients may have genotoxic effects (Al-Eitan et al., 2020; Khodeer et al., 2020; Álvarez-González et al., 2021; Cheki et al., 2021; Antonopoulou et al., 2022).

Depression, one of the most common psychiatric disorders in the world, affects approximately 350 million people worldwide (Al-Obaidi & Al-Shawi, 2020). This mental disorder can be seen in people of different age groups, and its lifetime prevalence is estimated to be 16% (Shorey et al., 2022). Although psychotherapy and medication are effective for treating depression, the applicability rate of psychotherapeutic methods is low. As depression rates have increased and drug therapy is the primary method of treating depression, the use of antidepressants has increased recently (Duval et al., 2006).

Fluoxetine (FLX-HCl), one of the widely prescribed selective serotonin reuptake inhibitors (SSRIs) group antidepressants, is used for treating major depression as well as other psychological disorders such as anxiety, obsessive-compulsive disorder, and bulimia nervosa (Rossi et al., 2004; Al-Obaidi & Al-Shawi, 2020). Antidepressants may cause genotoxic damage either directly or indirectly after being metabolized in the liver (Kumar et al., 2020). The active ingredient norfluoxetine is released when FLX-HCl is metabolized. Because FLX-HCl and norfluoxetine inhibit their metabolism over time, they are slowly eliminated from the body and differ from other SSRIs in this respect (Mondal et al., 2013). The prolonged stay of FLX-HCl in the body may increase its toxic effect potential. It has been reported that acute FLX-HCl intoxication causes the death of a patient with a genetic deficiency of the cytochrome-P450 2D6 enzyme involved in the metabolism of SSRIs (Sallee et al., 2000).

Recently, rising rates of depression depending on stress conditions caused by factors such as the COVID-

19 pandemic, and worsening of economic and social conditions have increased antidepressant usage by people. Antidepressants are drugs used in long-term treatment, and in some cases, they are administered with other drugs. This situation increases the number of medication patients are exposed to and the possibility of toxic effects that may occur in patients in this way. As for the other drug types, it should be verified that antidepressants do not have serious side effects such as cytotoxicity, genotoxicity, or mutagenicity. For this reason, the determination of the possible toxic effects of antidepressants in humans, especially using in vivo experimental systems, is of great importance.

Although FLX-HCl is an active substance whose toxicity has been examined before being used as an antidepressant drug, studies conducted by independent laboratories show that different findings were obtained from its toxicity assessments. Garayo et al. (2022) reported that no DNA damage occurred in THP-1 cells 6 and 24 h after FLX-HCl (1 and 10 µM) administration and there was no effect on the level of base oxidation induced by KBrO<sub>3</sub>. In the study evaluating the cytotoxic and mutagenic effects of FLX-HCl in *Allium cepa* and Wistar rats, it was reported that FLX-HCl showed cytotoxicity to *A. cepa* meristem cells, but administration of FLX-HCl by gavage or intraperitoneally to Wistar rats did not cause clastogenic effects (Dusman et al., 2014). Also, in a study conducted in mice and rats, no carcinogenic effect was detected depending on the long-term use of FLX-HCl (Bendele et al., 1992). In contrast, a study investigating the mutagenic potential of FLX-HCl in prokaryotic and eukaryotic cells by performing chromosomal aberrations and Ames tests found that FLX-HCl is mutagenic in human peripheral leukocytes and *S. typhimurium* at the highest doses administered (Cavalcanti et al., 2022). FLX-HCl also showed varying cytotoxic activity on rat spleen macrophages depending on the treatment time and test method. In vivo experiments showed that the drug caused cytotoxicity after single dose and short time exposure. However, no cytotoxicity was detected in long-term in vivo and in vitro experiments (Belowski et al., 2004). Oral administration of 7.2 mg/kg FLX-HCl for 4 weeks induced frequency of micronuclei formation in bone marrow tissue and increased DNA damage in liver and testis tissues of Swiss albino adult male rats (Al-Obaidi & Al-Shawi, 2020). In another study, oral FLX-HCl administration to rats at a higher dose (10 mg/kg day) for a shorter period (7 days) caused the development of

oxidative stress, inflammation, apoptosis, and hepatotoxicity (Elgebalı et al., 2018).

In the literature review, it has been seen that FLX-HCl can cause a positive response in one test but a negative response in another test and may lead to genotoxicity even at low doses. Examining the genotoxic potential of FLX-HCl using various test systems will help to expand our limited knowledge in this field. To reach a more specific conclusion about whether FLX-HCl poses a genotoxic risk, it would be useful to investigate its genotoxicity once again with reliable tests using model organisms. *D. melanogaster* is an important model organism used for genotoxicity determination of many chemical, physical and biological agents (Gunes, 2016; Jiménez et al., 2019; Mishra & Panda, 2021; Teixeira et al., 2021; Vêras et al., 2022; Uysal & Celik, 2023). The research evaluating the genotoxic effects of drugs can also be conducted with test systems using *D. melanogaster* (Allgayer et al., 2019; Nagpal & Abraham, 2019; Jajoo et al., 2020). No study investigating the genotoxicity of FLX-HCl in *Drosophila* using Somatic Mutation and Recombination Test (SMART) have been found in the literature. In this context, the current study was designed to evaluate the genotoxic potential of FLX-HCl by examining its mutagenic/recombinogenic effects in *D. melanogaster* using SMART assay.

## MATERIAL and METHOD

### Genotoxicity Assay

In this study, SMART assay was used to investigate the possible genotoxic effect of FLX-HCl at different concentrations. The SMART method was developed by Graf et al. (1984) based on observing the genotypic changes in wing cells of adult flies with trans-heterozygous phenotype. In this method, information about not only mutagenic effects but also recombinogenic effects of the test substances can be obtained by using special genetic lines.

### *Drosophila* Strains

In experiments, multiple wing hair (*mwh/mwh*) and flare (*flr<sup>3</sup>/In (3LR), TM3 Bd<sup>S</sup>*) mutant strains of *D. melanogaster* were used. These strains carry genetic markers on their third chromosome: multiple wing hairs (*mwh*, 3–0.3) and flare (*flr3*, 3–38.8) (Lindsley & Zimm, 1992). *Drosophila* strains were obtained from Gazi University Gazi Education Faculty Genetics Laboratory. Stock *Drosophila* cultures and treatment groups were kept at 25°C, 40-60% relative humidity during the experiment.

### The Experimental Process

In experiments, trans-heterozygous larvae derived from standard cross between 5-day-old *mwh* virgin females and *flr<sup>3</sup>* males were used. Trans-heterozygous

third instar larvae ( $72 \pm 4$  h) were collected at 4 h intervals. Larvae were taken from the standard medium and washed, then divided into groups of 100. 1.5 g of the medium was wetted with 5 mL of the test solution at the determined concentration. FLX-HCl was used at 0.1, 0.5, 1, and 2 mg/mL concentrations in the experimental group. 2% DMSO was used to dissolve FLX-HCl when preparing the stock solution. Distilled water was used in the negative control group, 2% DMSO in the solvent control group and 0.1 mM EMS in the positive control group. The doses of FLX-HCl and DMSO administered were determined by the LD<sub>50</sub> experiments. The dose of EMS was determined based on a previous studies in the relevant literature (Anet et al., 2019). For each treatment, 100 larvae were embedded in the medium and allowed to develop there (Graf et al., 1998). Each dose was repeated three times. Adult individuals emerging from the pupa were stunned with light ether and grouped according to their gender and phenotype under a dissecting microscope. Meanwhile, the number of surviving individuals in each group was determined, and the survival percentage was calculated. Then, the flies were placed in tubes containing 70% ethanol and stored at 4°C until wing preparations were made (Graf et al., 1984). Wing preparations of individuals with normal and serrate wings were made and examined under a microscope, and mutations were classified according to their formation patterns (Graf et al., 1984; Frei & Würigler, 1988; Graf et al., 1998).

### Data Analysis

In this study, survival percentage, genotoxicity, and clone induction frequency in *D. melanogaster* individuals were calculated. Whether there were significant differences between survival rates of the control and experimental groups were calculated using the chi-square test. For the evaluation of the possible genotoxic effect of FLX-HCl, the frequencies of each type of spots per individual of an experimental group were compared to a negative control group using a conditional binomial test (Kastenbaum & Bowman, 1970). A binomial test uses sample data to analyze whether the incidence of one level in a binary variable is equal to a specific value. The results obtained were determined as statistically negative, positive, or inconclusive (Frei & Würigler, 1988). The level of statistical significance was accepted as  $p < 0.05$ .

## RESULTS

In this study toxicity and genotoxicity of different concentrations of FLX-HCl (0.1, 0.5, 1, and 2 mg/mL) were investigated using *mwh* and *flr<sup>3</sup>* mutant strains of *D. melanogaster*. This model organism is widely used in genotoxicity studies because it has a genome that exhibits high homology to the human genome and provides the opportunity to obtain reliable data easily



and economically in a short period.

To evaluate the toxic effect of FLX-HCl, whether there was a significant difference between the survival rates of the individuals in the control and experimental groups was evaluated with the chi-square test. The results are given in Table 1. No significant difference in the survival rates was detected between the solvent and negative control groups. This indicates that 2% DMSO can be used as a solvent in experiments. As a result of the comparison of survival rates between the negative control and experimental group, it was found that 0.1 and 0.5 mg/mL concentrations of FLX-HCl

produced no statistically significant changes. However, increases in groups treated with 1 mg/mL and 2 mg/mL concentrations of FLX-HCl were detected statistically significant (Table 1). This result can be interpreted as 1 and 2 mg/mL concentrations of FLX-HCl have toxic effects in *D. melanogaster* individuals.

Additionally, the possible genotoxic effect of FLX-HCl at different concentrations was investigated by the SMART assay using mutants of *D. melanogaster*. The findings obtained from the analysis of normal and serrate-winged individuals are given in Table 2.

Table 1. Survival rates of individuals in the control and experimental groups

*Çizelge 1. Uygulama ve deney gruplarında bireylerin hayatta kalma oranları*

Test material	Concentration	Survival rate (%)	p
Distilled water	-	98	-
DMSO	2%	85	0.92
FLX-HCl	0.1 mg/mL	80	1.82
	0.5 mg/mL	74	3.34
	1 mg/mL	72	3.97*
	2 mg/mL	65	6.68***

\*p<0.05 ; \*\*\*p<0.001 (compared to control)

Table 2. The summary of SMART results of normal and serrate winged individuals

*Çizelge 2. Normal ve serrat kanatlı bireylere ait SMART sonuçları*

T	C	N	Small single spots (1-2 cells) (m=2)			Large single spots (>2 cells) (m=5)			Twin spots (m=5)			Total <i>mwh</i> spots (m=2)			Total spots (m=2)			CIF
			No	Fr.	D	No	Fr.	D	No	Fr.	D	No	Fr.	D	No	Fr.	D	
<b>Normal wings (<i>mwh/flr<sup>s</sup></i>)</b>																		
EMS (mM)	0.1	80	58	0.73		5	0.06		1	0.01		63	0.79		64	0.68		2.97
Distilled water	-	80	20	0.25		2	0.03		1	0.01		23	0.29		23	0.29		1.17
DMSO (%)	2	80	25	0.31	i	2	0.03	i	1	0.01	i	27	0.34	-	28	0.35	-	1.38
FLX-HCl (mg/mL)	0.1	80	25	0.31	i	2	0.03	i	0	0	i	27	0.34	-	27	0.34	-	1.38
	0.5	80	28	0.35	i	4	0.05	i	0	0	i	32	0.40	i	32	0.40	i	1.64
	1	80	45	0.56	+	2	0.03	i	0	0	i	47	0.59	+	47	0.59	+	2.41
	2	80	52	0.65	+	2	0.03	i	2	0.03	i	56	0.70	+	56	0.70	+	2.87
<b>Serrate wings (<i>mwh/TM3</i>)</b>																		
EMS (mM)	0.1	80	62	0.78		4	0.05					66	0.83		66	0.83		3.38
Distilled water	-	80	25	0.32		1	0.01					26	0.33		26	0.33		1.33
DMSO (%)	2	80	28	0.35	-	3	0.04	i				31	0.39	-	31	0.39	-	1.59
FLX-HCl (mg/mL)	0.1	80	26	0.33	-	3	0.03	i				29	0.36	-	29	0.36	-	1.49
	0.5	80	33	0.41	i	4	0.05	i				37	0.46	i	37	0.46	i	1.90
	1	80	48	0.60	+	1	0.01	i				49	0.61	+	49	0.61	+	2.51
	2	80	57	0.71	+	2	0.03	i				59	0.74	+	59	0.74	+	3.02

T: Treatment, C: Concentration, N: Number of wings, No: Number of clones, Fr: Frequency, D: Statistical evaluation according to Frei & Würzler (1988) procedure, +: positive, -: negative, i: inconclusive, m: multiplication factor, probability level, CIF: clone induction frequency,  $\alpha = \beta = 0.05$ .

In normal winged (*mwhxflr<sup>s</sup>*) individuals, it was seen that FLX-HCl had a statistically negative result at 0.1 mg/mL concentration, insignificant at 0.5 mg/mL concentration, and positive at 1 and 2 mg/mL concentrations in terms of total mutation evaluation

(Table 2). These results show that 1 and 2 mg/mL concentrations of FLX-HCl have mutagenic effects in *D. melanogaster*. The formation of mutant clones is a result of various genetic mechanisms. Mitotic recombination, nondisjunction, point mutations, and

deletions between the *mwh* and *flr<sup>s</sup>* genes cause the formation of uniform clones. Based on this information, it can be said that the abovementioned genetic changes occurred, and clones were formed in the wings of individuals with *mwhxflr<sup>s</sup>* genotype at 1 and 2 mg/mL concentrations. Clone induction frequencies were also evaluated. It is known that the formation of clones exceeding 2 per 10<sup>5</sup> cells indicates a genotoxic effect (Graf et al., 1994). Therefore, clone induction frequencies at 1 and 2 mg/mL concentrations can be interpreted as FLX-HCl caused genotoxic effects on *mwh/flr<sup>s</sup>* individuals.

When the SMART results of the serrate winged (*mwh/TM3*) individuals were examined, it was seen that FLX-HCl had statistically negative results at 0.1 mg/mL concentration, insignificant at 0.5 mg/mL concentration, and positive at 1 and 2 mg/mL concentrations in terms of total mutation evaluation (Table 2). These results show that 1 and 2 mg/mL concentrations of FLX-HCl had a mutagenic effect on the *mwh/TM3* individuals. Mitotic recombination does not occur in serrate winged (*mwh/TM3*) individuals due to the suppressive effect of the *TM3* chromosome (Kaya et al., 2004). Based on this information, clones were formed in the wings of individuals with *mwh/TM3* genotype only because of mutation at 1 and 2 mg/mL concentrations. Additionally, as seen in Table 2, the fact that the frequency of clone formation per 10<sup>5</sup> cells is above 2 at 1 and 2 mg/mL concentrations is evidence that FLX-HCl has genotoxic effect in serrate-winged individuals at these concentrations.

## DISCUSSION

The main treatment for depression, the prevalence of which has increased worldwide in recent years, is drug therapy (Duval et al., 2006). FLX-HCl, an antidepressant from the SSRIs group, is among the most commonly prescribed drugs for the treatment of depression and other mental disorders (Garayo et al., 2022). The drugs are biotransformed by enzymatic reactions in the liver to be excreted from the body (Phang-Lyn & Llerena, 2023). Since FLX-HCl and its hepatic metabolite norfluoxetine inhibit their metabolism, their removal from the body takes a long time (Mondal et al., 2013). The long elimination time of a drug is a contributing factor to its toxic effect potential (Garza et al., 2019). In this context, it is important to clarify the toxic effect potential of FLX-HCl. In this study, we aimed to evaluate the potentially toxic and genotoxic effects of FLX-HCl in *D. melanogaster*, a widely used *in vivo* assay system for reliable genotoxicity assessment.

The data obtained from this study revealed that FLX-HCl has a dose-dependent genotoxic effect. Similarly, a study examining the dose-response relationship between acute FLX-HCl treatment and genotoxic effect by Comet assay in rat C6 glioma cell cultures found a

dose-dependent increase in DNA damage (Slamon et al., 2001). In another *in vitro* study, FLX-HCl-induced genotoxicity was investigated in cultured Chinese hamster ovary cells using the Comet assay. The data obtained showed that FLX-HCl had no genotoxic effect at concentrations of 0.2 and 1 µg/mL. However, the highest dose (5 µg/mL) caused genotoxicity (Lemos et al., 2005).

In the present study, the toxic and genotoxic effects of high FLX-HCl concentrations were evaluated. The data obtained show that FLX-HCl produced both toxic and genotoxic effects by decreasing the percent survival and inducing mutations/recombinations at concentrations of 1 and 2 mg/mL. The literature search identified studies that investigated the toxic effects and toxicity mechanisms of high-dose FLX-HCl administration in model organisms. A study conducted in male Sprague-Dawley rats showed that chronic administration of high doses of FLX-HCl caused aneuploidy and a dose-dependent decrease in mitotic activity (Ustuner, 2010). In a study investigating the mechanisms of toxic effects of high-dose FLX-HCl consumption on model organisms, FLX-HCl was found to increase mortality and slow development at a concentration of 500 µM and to alter heart rate at doses of 10 µM and 100 µM in *D. melanogaster* (Majeed et al., 2015). Our results are consistent with the results of this study, which showed that FLX-HCl induced toxicity in *D. melanogaster* at high doses (10, 100, and 500 µM).

FLX-HCl is an agent that prevents the reuptake of the neurotransmitter serotonin into neurons by binding to the serotonin transporter and increasing the extracellular serotonin concentration (Stahl, 1998). Previous studies showed that FLX-HCl interacts with serotonin receptors in *Drosophila* (Neckameyer et al., 2007; Silva et al., 2014). On this basis, studies evaluating the effects of high-dose FLX-HCl in *D. melanogaster* may provide important information to elucidate the acute effects of this drug in humans.

Clinical studies were found in the literature that investigated genotoxicity in patients treated with FLX-HCl. A study conducted with patients receiving antidepressant treatment showed that FLX-HCl had a higher genotoxic effect than sertraline and clomipramine (Draz et al., 2009). Since the elimination of FLX-HCl and its active ingredient norfluoxetine from the body is protracted, it may have a higher genotoxic potential than the other antidepressants. Data from the study conducted by Dundaroz et al. (1999) showed that treatment with FLX-HCl resulted in increased DNA damage in female patients taking the drug for 6-9 months. However, in the study conducted by Panwar et al. (2020), it was reported that eight weeks of treatment with FLX-HCl had an antioxidant effect that reduced oxidative stress-induced DNA damage in male and female patients

diagnosed with major depression. Although drugs have genotoxic effects, it may not be possible to demonstrate their potential genotoxicity in short-term studies. Therefore, long-term patient outcomes are important in deciding whether or not to prescribe drugs.

Drug interaction is another important factor affecting the toxic effect potential of FLX-HCl. Clinical and experimental studies have shown that FLX-HCl has the potential to interact with drugs such as immunosuppressants, antipsychotics, and antidepressants when used in combination and can cause critical health problems and even death in treated patients (Power et al., 1995; Ferslew et al., 1998; Wu & Deng, 2011; Harris & Heil, 2013).

The liver, which is capable of metabolizing toxic compounds and eliminating their harmful effects, is also the target organ for drug toxicity (Castell et al., 1997). Liver damage and changes in serum biomarkers are considered indicators of toxic effects due to oxidative damage. Long-term studies in rats have shown that FLX-HCl causes changes in serum biomarkers, oxidative damage due to free radical formation and histopathological differentiations in the liver (Zlatković et al., 2014; Karimi-Khouzani et al., 2017; Ganguly et al., 2022).

Studies in the literature show that FLX-HCl treatment may have indirect toxic effects on the environment and other living organisms in addition to direct toxic effects in humans. FLX-HCl is not degraded by up to 11% after use and is excreted primarily in the urine. FLX-HCl entering aquatic ecosystems via wastewater has been shown to accumulate in the bodies of aquatic organisms and may cause adverse effects (Gunnarson et al., 2008; Oakes et al., 2010; Schultz et al., 2011). Ecotoxicological studies investigating the toxic effects of FLX-HCl on various aquatic organisms (freshwater planarians, fish, mussels, frogs, zebrafish, and marine rotifers) showed that this compound has embryotoxic, genotoxic, mutagenic, neurotoxic, and cytotoxic effects on these organisms by increasing mortality, DNA damage, the frequency of micronuclei formation, oxidative stress, and morphological changes in cells (Cortez et al., 2019; Ofoegbu et al., 2019; Byeon et al., 2020; Blahova et al., 2021; Orozco-Hernández et al., 2022; Vijitkul et al., 2022).

FLX-HCl is an antidepressant that is increasingly used today. However, current studies have not provided any certainty regarding its genotoxic effects. In the literature, in addition to studies showing that FLX-HCl has no toxic effects, there are also studies showing that FLX-HCl has toxic effects on humans, other living organisms, and the environment. In this study, the potential genotoxic effect of FLX-HCl was evaluated using the in vivo assay SMART. The results of this study support the data available in the literature showing that FLX-HCl potentially has a toxic effect. The data obtained show that FLX-HCl has

a genotoxic effect at concentrations of 1 and 2 mg/mL, inducing both mutations and recombinations. *D. melanogaster* is a eukaryotic model organism whose genome has high gene homology with the human genome. Many of the biological and physiological functions at the cellular level have been conserved between mammals and *Drosophila* (Reiter et al., 2001; Strausfeld & Hirth, 2013). In this context, this research contributes to the clarification of the possible genotoxic effects of FLX-HCl in humans by evaluating the genotoxic effect of the drug in a living system with high gene homology to humans.

#### Statement of Conflict of Interest

The authors have declared no conflict of interest.

#### Author's Contributions

The contribution of the authors is equal.

#### REFERENCES

- Al-Eitan, L.N., Alzoubi, K.H., Al-Smadi, L.I., & Khabour, O.F. (2020). Vitamin E protects against cisplatin-induced genotoxicity in human lymphocytes. *Toxicology In Vitro*, 62, 104672. <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2019.104672>.
- Allgayer, N., de Campos, R. A., Gonzalez, L. P. F., do Amaral Flores, M., Dihl, R. R., & Lehmann, M. (2019). Evaluation of mutagenic activity of platinum complexes in somatic cells of *Drosophila melanogaster*. *Food and Chemical Toxicology*, 133, 110782.
- Al-Obaidi, I.A., & Al-Shawi, N.N. (2020). Assessment the Genotoxic Potential of Fluoxetine and Amitriptyline at Maximum Therapeutic Doses for Four-Week Treatment in Experimental Male Rats. *Iraqi Journal of Pharmaceutical Science*, 30(1), 81-90.
- Álvarez-González, I., Camacho-Cantera, S., Gómez-González, P., Barrón, M.J.R., Morales-González, J.A., Madrigal-Santillán, E.O., Paniagua-Perez, R., & Madrigal-Bujadar, E. (2021). Genotoxic and oxidative effect of duloxetine on mouse brain and liver tissues. *Scientific Reports*, 11(1), 6897. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86366-0>.
- Anet, A., Olakkaran, S., Purayil, A. K., & Puttaswamygowda, G. H. (2019). Bisphenol A induced oxidative stress mediated genotoxicity in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Hazardous Materials*, 370, 42-53.
- Anonymous (2023). *Guidelines for the Testing of Chemicals-Section 4: Health Effects*. [https://www.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-guidelines-for-the-testing-of-chemicals-section-4-health-effects\\_20745788/dateasc](https://www.oecd-ilibrary.org/environment/oecd-guidelines-for-the-testing-of-chemicals-section-4-health-effects_20745788/dateasc) (Cited date: 02.02. 2023).
- Antonopoulou, M., Dormousoglou, M., Spyrou, A., Dimitroulia, A.A., & Vlastos, D. (2022). An overall assessment of the effects of antidepressant

- paroxetine on aquatic organisms and human cells. *Science of the Total Environment*, 852, 158393. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158393>.
- Belowski, D., Kowalski, J., Madej, A., & Herman, Z.S. (2004). Influence of antidepressant drugs on macrophage cytotoxic activity in rats. *Polish Journal of Pharmacology*, 56(6), 837-842.
- Bendele, R.A., Adams, E.R., Hoffman, W.P., Gries, C.L., & Morton, D.M. (1992). Carcinogenicity Studies of Fluoxetine Hydrochloride in Rats and Mice. *Cancer Research*, 52(24), 6931-6935.
- Blahova, J., Doubkova, V., Plhalova, L., Lakdawala, P., Medkova, D., Vecerek, V., Svobodova, Z., & Faggio, C. (2021). Embryotoxicity of Selective Serotonin Reuptake Inhibitors—Comparative Sensitivity of Zebrafish (*Danio rerio*) and African Clawed Frog (*Xenopus laevis*) Embryos. *Applied Sciences*, 11(21):10015. <https://doi.org/10.3390/app112110015>.
- Byeon, E., Park, J.C., Hagiwara, A., Han, J., & Lee, J.S. (2020). Two antidepressants fluoxetine and sertraline cause growth retardation and oxidative stress in the marine rotifer *Brachionus koreanus*. *Aquatic Toxicology*, 218, 105337. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2019.105337>.
- Castell, J.V., Gómez-Lechón, M.J., Ponsoda, X., & Bort, R. (1997). In Vitro Investigation of the Molecular Mechanisms of Hepatotoxicity, *Archives of Toxicology, Supplement*, 19, 313-21. doi: 10.1007/978-3-642-60682-3\_29.
- Cavalcanti, B.C., da Silva, C.R., de Andrade Neto, J.B., Josino, M.A.A., Sá, L.G.D.A.V., de Sousa Silva, A.A., Josino, M.A.A., do Amaral Valente Sá, L.G., de Sousa Silva, A.A., Barreto, F.S., de Oliveira Ferreira, J.S., Iury Ferreira Magalhães, H., Pinto Vieira, I.G., Brito, D.H.A., Pontes Silva Ricardo, N.M., Dias Barroso, F.D., da Costa, E.R.M., Nobre Júnior, H.V., & de Moraes, M.O. (2022). Mutagenic Evaluation of Fluoxetine and Fluoxetine-Galactomannan Complex Through the Analysis of Chromosomal Aberrations in Human Peripheral Leukocytes and Salmonella typhimurium/Microsome Assay. *Journal of Health & Biological Science*, 10(1), 1-6. <https://doi.org/10.12662/2317-3206jhbs.v10i1.4461.p1-6.2022>.
- Cheki, M., Ghasemi, M.S., Rezaei Rashnoudi, A., & Erfani Majd, N. (2021). Metformin attenuates cisplatin-induced genotoxicity and apoptosis in rat bone marrow cells. *Drug and Chemical Toxicology*, 44(4), 386-393. <https://doi.org/10.1080/01480545.2019.1609024>.
- Cortez, F.S., da Silva Souza, L., Guimarães, L.L., Pusceddu, F.H., Maranhão, L.A., Fontes, M.K., Moreno, B.B., Nobre, C.R., de Souza Abessa, D.M., Cesar, A., & Pereira, C.D.S. (2019). Marine contamination and cytogenotoxic effects of fluoxetine in the tropical brown mussel *Perna perna*. *Marine Pollution Bulletin*, 141, 366-372. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.02.065>.
- Draz, E., Emara, A.M., Saad, K.M., Badaway, A., El-Nabi, S.E.H., & Abd-Elgelil, H. (2009). Genotoxicity of Some Commonly Used Antidepressants (Fluoxetine, Sertraline and Clomipramine). *Mansoura Journal of Forensic Medicine and Clinical Toxicology*, XVII (2). <https://doi.org/10.21608/MJFMCT.2009.61873>.
- Dundaroz, R., Caliskaner, A.Z., Turkbay, T., Gok, F., Dilbaz, N., & Baltaci, V. (1999). Sister-Chromatid Exchange Analysis in Women Treated with Fluoxetine for Depression. *SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 6(4), 15-19.
- Dusman, E., Almeida, I.V., Mariucci, R.G., Mantovani, M.S., & Vicentini, V.E.P. (2014). Cytotoxicity and mutagenicity of fluoxetine hydrochloride (Prozac), with or without vitamins A and C, in plant and animal model systems. *Genetics and Molecular Research*, 13(1), 578-589. <https://doi.org/10.4238/2014.January.28.3>.
- Duval, F., Lebowitz, B.D., & Macher, J.P. (2006). Treatments in depression. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 8(2), 191-206. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2006.8.2/fduval>.
- Elgebaly, H.A., Mosa, N.M., Allach, M., El-Massry, K.F., El-Ghorab, A.H., Al Hroob, A.M., & Mahmoud, A.M. (2018). Olive oil and leaf extract prevent fluoxetine-induced hepatotoxicity by attenuating oxidative stress, inflammation and apoptosis. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 98, 446-453. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.12.101>.
- Ferslew, K.E., Hagardorn, A.N., Harlan, G.C., & McCormick, W.F. (1998). A fatal drug interaction between clozapine and fluoxetine. *Journal of Forensic Sciences*, 43(5):1082-1085.
- Frei, H., & Würigler, F.E. (1988). Statistical methods to decide whether mutagenicity test data from *Drosophila* assays indicate a positive, negative or inconclusive result. *Mutation Research*, 203(4), 297-308. [https://doi.org/10.1016/0165-1161\(88\)90019-2](https://doi.org/10.1016/0165-1161(88)90019-2).
- Ganguly, R., Kumar, R., & Pandey, A.K. (2022). Baicalin provides protection against fluoxetine-induced hepatotoxicity by modulation of oxidative stress and inflammation. *World Journal of Hepatology*, 14(4), 729-743. <https://doi.org/10.4254/wjh.v14.i4.729>.
- Garayo, A., Tordera, R.M., & Azqueta, A. (2022). Study of the effects of plasmatic concentrations of sertraline, duloxetine and fluoxetine on THP-1 cells using the Comet assay. *Spanish Journal of Environmental Mutagenesis and Genomics*, 26(1), 55.
- Garza, A.Z., Park, S.B., & Kocz, R. (2019). *Drug Elimination*. [Updated 2022 Jul 11]. StatPearls Publishing [Internet]. Treasure Island (FL). (Cited date: 20.07.2023).
- Graf, U., Würigler, F.E., Katz, A.J., Frei, H., Juon, H., Hall, C.B., & Kale, P.G. (1984). Somatic mutation

- and recombination test in *Drosophila melanogaster*. *Environmental Mutagenesis*, 6(2), 153-188. <https://doi.org/10.1002/em.2860060206>.
- Graf, U., Moraga, A.A., Castro, R., & Carrillo, E.D. (1994). Genotoxicity testing of different types of beverages in the *Drosophila* wing somatic mutation and recombination test. *Food and Chemical Toxicology*, 32(5), 423-430. [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(94\)90040-x](https://doi.org/10.1016/0278-6915(94)90040-x).
- Graf, U., Abraham, S.K., Guzmán-Rincón, J., & Würzler, F.E. (1998). Antigenotoxicity studies in *Drosophila melanogaster*. *Mutation Research*, 402(1-2), 203-209. [https://doi.org/10.1016/s0027-5107\(97\)00298-4](https://doi.org/10.1016/s0027-5107(97)00298-4).
- Gunnarsson, L., Jauhiainen, A., Kristiansson, E., Nerman, O., & Larsson, D.G.J. (2008). Evolutionary conservation of human drug targets in organisms used for environmental risk assessments. *Environmental Science & Technology*, 42, 5807-5813.
- Güneş, E. (2016). Besinler ve beslenme çalışmalarında *Drosophila*. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(3), 236-243.
- Harris, J., & Heil, J.S. (2013). Managing depression in patients with advanced heart failure awaiting transplantation. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 70(10), 867-873. <http://dx.doi.org/10.2146/ajhp110738>.
- Jajoo, A., Donlon, C., Shnayder, S., Levin, M., & McVey, M. (2020). Sertraline induces DNA damage and cellular toxicity in *Drosophila* that can be ameliorated by antioxidants. *Scientific Reports*, 10(1), 4512.
- Jiménez, E., Pimentel, E., Cruces, M. P., & Amaya-Chavez, A. (2019). Relationship between viability and genotoxic effect of gamma rays delivered at different dose rates in somatic cells of *Drosophila melanogaster*. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 82(13), 741-751.
- Karimi-Khouzani, O., Heidarian, E., & Amini, S.A. (2017). Anti-inflammatory and ameliorative effects of gallic acid on fluoxetine-induced oxidative stress and liver damage in rats. *Pharmacological Reports*, 69(4), 830-835. <https://doi.org/10.1016/j.pharep.2017.03.011>.
- Kastenbaum, M.A., & Bowman, K.O. (1970). Tables for determining the statistical significance of mutation frequencies. *Mutation Research*, 9, 527-549.
- Kaya, B., Marcos, R., Yanikoglu, A., & Creus, A. (2004). Evaluation of the genotoxicity of four herbicides in the wing spot test of *Drosophila melanogaster* using two different strains. *Mutation Research*, 557(1), 53-62. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2003.09.010>.
- Khodeer, D.M., Mehanna, E.T., Abushouk, A.I., & Abdel-Daim, M.M. (2020). Protective effects of evening primrose oil against cyclophosphamide-induced biochemical, histopathological, and genotoxic alterations in mice. *Pathogens*, 9(2), 98. <https://doi.org/10.3390/pathogens9020098>.
- Kumar, M., Cyriac, K.S., & Murulidhara, Y.L. (2020). Genotoxicity and its mechanism of antidepressant and antipsychotic drugs: A review. *Journal of Advanced Scientific Research*, 11(3), 79-83.
- Lemos, N.G., Vicentini, V.E.P., & Mantovani, M.S. (2005). Avaliação do efeito genotóxico do Prozac (fluoxetina), sem e com adição de vitaminas A e C, através do teste do cometa em cultura de células CHO-K1. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, 26(2), 95-100.
- Lindsley, D.L., & Zimm, G.G. (1992). *The genome of D. melanogaster*. San Diego (CA): Academic Press. 1133 p.
- Majeed, Z.R., Ritter, K., Robinson, J., Blümicha, S.L.E., Brailoiu, E., & Cooper, R.L. (2015). New insights into the acute actions from a high dosage of fluoxetine on neuronal and cardiac function: *Drosophila*, crayfish and rodent models. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 176-177, 52-61. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2015.07.010>.
- Mishra, M., & Panda, M. (2021). Reactive oxygen species: the root cause of nanoparticle-induced toxicity in *Drosophila melanogaster*. *Free Radical Research*, 55(8), 919-935.
- Mondal, S., Saha, I., Das, S., Ganguly, A., Das, D., & Tripathi, S.K. (2013). A new logical insight and putative mechanism behind fluoxetine-induced amenorrhea, hyperprolactinemia and galactorrhea in a case series. *Therapeutic Advances in Psychopharmacology*, 3(6), 322-334. <https://doi.org/10.1177/2045125313490305>.
- Nagpal, I., & Abraham, S.K. (2019). Coffee mitigates cyclophosphamide-induced genotoxic damage in *Drosophila melanogaster* germ cells. *Drug and Chemical Toxicology*, 42(5), 502-508.
- Neckameyer, W. S., Coleman, C. M., Eadie, S., & Goodwin, S. F. (2007). Compartmentalization of neuronal and peripheral serotonin synthesis in *Drosophila melanogaster*. *Genes, Brain and Behavior*, 6(8), 756-769.
- Oakes, K.D., Coors, A., Escher, B.I., Fenner, K., Garric, J., Gust, M., Knacker, T., Küster, A., Kussatz, C., Metcalfe, C.D., Monteiro, S., Moon, T.W., Mennigen, J.A., Parrott, J., Péry, A.R.R., Ramil, M., Roennefahrt, I., Tarazona, J.V., Sánchez-Argüello, P., Ternes, T.A., Trudeau, V.L., Boucard, T., Van Der Kraak, G., & Servos, M.R. (2010). Environmental risk assessment for the serotonin re-uptake inhibitor fluoxetine: Case study using the European risk assessment framework. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 6(S1), 524-539. <https://doi.org/10.1002/ieam.77>.
- Ofoegbu, P.U., Lourenço, J., Mendo, S., Soares, A.M., & Pestana, J.L. (2019). Effects of low concentrations of psychiatric drugs (carbamazepine and fluoxetine)

- on the freshwater planarian, *Schmidtea mediterranea*. *Chemosphere*, 217, 542-549. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.10.198>.
- Orozco-Hernández, J.M., Gómez-Oliván, L.M., Elizalde Velázquez, G.A., Rosales Pérez, K.E., Cardoso Vera, J.D., Heredia García, G., Islas Flores, H., Garcia Medina, S., & Galar Martinez, M. (2022). Fluoxetine-induced neurotoxicity at environmentally relevant concentrations in adult zebrafish *Danio rerio*. *Neurotoxicology*, 90, 121-129. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2022.03.007>.
- Panwar, R., Sivakumar, M., Menon, V., & Vairappan, B. (2020). Changes in the levels of comet parameters before and after fluoxetine therapy in major depression patients. *Anatomy & Cell Biology*, 53(2), 194-200. <https://doi.org/10.5115/acb.19.217>.
- Phang-Lyn, S., & Llerena, V.A. (2023). *Biochemistry, Biotransformation*. StatPearls Publishing [Internet], Treasure Island (FL). (Cited date: 20.07.2023).
- Power, B. M., Pinder, M., Hackett, L. P., & Ilett, K. F. (1995). Fatal serotonin syndrome following a combined overdose of moclobemide, clomipramine and fluoxetine. *Anaesthesia and Intensive Care*, 23(4), 499-502.
- Reiter, L.T., Potocki, L., Chien, S., Gribskov, M., & Bier, E. (2001). A systematic analysis of human disease-associated gene sequences in *Drosophila melanogaster*. *Genome Research*, 11(6), 1114-1125.
- Rossi, A., Barraco, A., & Donda, P. (2004). Fluoxetine: a review on evidence based medicine. *Annals of General Hospital Psychiatry*, 3(2), 1-8. <https://doi.org/10.1186/1475-2832-3-2>.
- Sallee, F. R., DeVane, C. L., & Ferrell, R. E. (2000). Fluoxetine-related death in a child with cytochrome P-4502D6 genetic deficiency. *Journal of Child and Adolescent Psychopharmacology*, 10(1), 27-34.
- Schultz, M.M., Painter, M.M., Bartell, S.E., Logue, A., Furlong, E.T., Werner, S.L., & Schoenfuss, H.L. (2011). Selective uptake and biological consequences of environmentally relevant antidepressant pharmaceutical exposures on male fathead minnows. *Aquatic Toxicology*, 104(1-2), 38-47. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2011.03.011>.
- Shorey, S., Ng, E. D., & Wong, C. H. (2022). Global prevalence of depression and elevated depressive symptoms among adolescents: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Clinical Psychology*, 61(2), 287-305.
- Silva, B., Goles, N. I., Varas, R., & Campusano, J. M. (2014). Serotonin receptors expressed in *Drosophila* mushroom bodies differentially modulate larval locomotion. *PloS one*, 9(2), e89641.
- Slamon, N.D., Ward, T.H., Butler, J., & Pentreath, V.W. (2001). Assessment of DNA damage in C6 glioma cells after antidepressant treatment using an alkaline comet assay. *Archives of Toxicology*, 75(4), 243-250. <https://doi.org/10.1007/s002040100228>.
- Stahl, S.M. (1998). Mechanism of action of serotonin selective reuptake inhibitors. Serotonin receptors and pathways mediate therapeutic effects and side effects. *Journal of Affective Disorders*, 51(3), 215-235.
- Strausfeld, N.J., & Hirth, F. (2013). Homology versus convergence in resolving transphylectic correspondences of brain organization. *Brain, Behavior and Evolution*, 82(4), 215-219. <http://dx.doi.org/10.1159/000356102>.
- Teixeira da Silva, T., Braga Martins, J., Do Socorro de Brito Lopes, M., de Almeida, P. M., Silva Sá, J.L., & Alline Martins, F. (2021). Modulating effect of DL-kavain on the mutagenicity and carcinogenicity induced by doxorubicin in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 84(19), 769-782.
- Ustuner, D. (2010). Fluoksetin'in Sitogenetik Olarak Analizi. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 3(3), 276-281.
- Uysal, H., & Celik, H. (2023). 'Skualen' Triterpeninin Somatik Mutasyonlar Üzerine Etkisinin *Drosophila melanogaster*'de In vivo Kanat Benek Testi ile Araştırılması. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 26(3), 477-486.
- Véras, J. H., do Vale, C. R., da Silva Lima, D. C., Dos Anjos, M. M., Bernardes, A., de Moraes Filho, A. V., e Silva C.R., de Oliveira G.R., Pérez., C.N., & Chen-Chen, L. (2022). Modulating effect of a hydroxychalcone and a novel coumarin-chalcone hybrid against mitomycin-induced genotoxicity in somatic cells of *Drosophila melanogaster*. *Drug and Chemical Toxicology*, 45(2), 775-784.
- Vijitkul, P., Kongsema, M., Toommakorn, T., & Bullangpoti, V. (2022). Investigation of genotoxicity, mutagenicity, and cytotoxicity in erythrocytes of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after fluoxetine exposure. *Toxicology Reports*, 9, 588-596. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2022.03.031>.
- Wu, M. L., & Deng, J. F. (2011). Fatal serotonin toxicity caused by moclobemide and fluoxetine overdose. *Chang Gung Medical Journal*, 34(6), 644-649.
- Yuzbasioglu, D., Avuloglu Yilmaz, E., & Unal, F. (2016). Antidepresan İlaçlar ve Genotoksisite. *TÜBAV Bilim*, 9(1), 17-28.
- Zlatković, J., Todorović, N., Tomanović, N., Bošković, M., Djurdjević, S., Lazarević-Pašti, T., Bernardi, R.E., Djurdjević, A., & Filipović, D. (2014). Chronic administration of fluoxetine or clozapine induces oxidative stress in rat liver: a histopathological study. *European Journal of Pharmaceutical Science*, 59, 20-30. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2014.04.010>.



## A New Gigantic *Vicia* (Perennial Wild Vetch) (Fabaceae) Taxon From Eastern Anatolia, Türkiye

Lütfi BEHÇET<sup>1</sup>, İbrahim Halil GÜLBASAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Molecular Biology and Genetics Department, Faculty of Arts and Sciences, Bingöl University, Bingöl, Türkiye

<sup>2</sup>Department of Biology, Institute of Science, Bingöl University, Bingöl, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-8334-7816>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0009-0006-6757-131X>

✉: lbehcet2000@yahoo.com

### ABSTRACT

*Vicia freyniana* Bornm. subsp. *gigantea* subsp. *nova* (gigantic wild vetch), which has been collected from the Karakoçan district (Elazığ-Türkiye), has been defined as new subspecies for the scientific world. New subspecies; it differs from the typical subspecies primarily in terms of indumentum characteristics, large plant size, leaf and leaflet sizes, inflorescence features, inflorescence/leaf length ratio, flower parts and seed sizes. *Vicia freyniana* subsp. *gigantea* grows mostly in oak forest shades and sometimes in oak forest openings. This newly defined subspecies; description, ecological preferences, distribution map and photographs were given.

### Botany

### Research Article

### Article History

Received : 11.09.2023

Accepted : 31.10.2023

### Keywords

*Vicia freyniana* subsp. *gigantea*

Fabaceae

New subspecies

Elazığ-Türkiye

## Doğu Anadolu( Türkiye)'dan Yeni Bir İri *Vicia* (Çok Yıllık Yabani Fiğ) (Fabaceae) Taksonu

### ÖZET

Elazığ(Türkiye)'ın Karakoçan ilçesinden toplanan *Vicia freyniana* Bornm. subsp. *gigantea* subsp. *nova* (dev yabani fiğ), bilim dünyası için yeni alt tür olarak tanımlandı. Yeni alt tür; başta indumentum özellikleri olmak üzere, iri bitki cüssesi, yaprak ve yaprakçık boyutları, infloresans özellikleri, infloresans / yaprak uzunluğu oranı, çiçek kısımları ile tohum boyutları bakımından tipik alt türden farklılık gösterir. *Vicia freyniana* subsp. *gigantea* çoğunlukla meşe ormanı gölgeliklerinde, nadiren de meşe orman açıklıklarında yetişir. Yeni tanımlanan bu alttürün; betimlemesi, ekolojik tercihleri, dağılım haritası ve fotoğrafları verildi.

### Botanik

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 11.09.2023

Kabul Tarihi : 31.10.2023

### Anahtar Kelimeler

*Vicia freyniana* subsp. *gigantea*

Fabaceae

Yeni alttür

Elazığ-Türkiye

**To Cite :** Behçet, L. & Gülbasan, İH. (2024). A New Gigantic *Vicia* (Perennial Wild Vetch) (Fabaceae) Taxon From Eastern Anatolia, Türkiye. *KSU J. Agric Nat* 27(2), 325-332. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1357140>

**Atf Şekli:** Behçet, L. & Gülbasan, İH. (2024). Doğu Anadolu(Türkiye)'dan Yeni Bir İri *Vicia* (Çok Yıllık Yabani Fiğ) (Fabaceae) Taksonu, Türkiye. *KSU J. Agric Nat* 27(2), 325-332. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1357140>

### INTRODUCTION

As research on plant diversity in Türkiye increases, new taxa are defined, new record plant taxa are determined for Türkiye and these studies; reveal that the diversity of plants in our country is much more than is known. Many studies on new taxa (Balos et al., 2022; 2023; Behçet et al., 2017; Behçet & İlçim, 2018; Behçet et al., 2019; Behçet & Yapar, 2020, 2021; Behçet & Çetin 2023; Hamzaoğlu et al., 2020; Hamzaoğlu & Behçet 2022; Doğan et al., 2015; İlçim & Behçet, 2016; Sinan et al., 2021; Sonay et al., 2023; Yapar & Behçet; 2020) and new records (Behçet & Altınsoy, 2023; Behçet & Cengiz 2023a, 2023b; Pınar et al., 2018, Yapar & Behçet, 2021) have been published in the last 10 years from Elazığ, where this new taxon was collected, and Bingöl, the eastern neighbour of Elazığ. All these data obtained through new research; it shows that Türkiye's biological richness is more than known.

During his botanical trips in Karakoçan (Elazığ) in 2023, the second author collected some interesting very large Fabaceae members (Figure 1,2). These collected samples; it was as genus *Vicia* L. with the help of the keys and definitions in the 3rd volume of the "Flora of Turkey and the East Aegean Islands" (Davis & Plitmann, 1970).

It was determined that all the leaves of these perennial specimens were imparipinnate (Figure 1,2), and they were similar to *Vicia freyniana* Bornm. (Figure 3), which is endemic to Türkiye, in terms of fruit and inflorescence characteristics. The samples collected from Bingöl; it even resembles *Galega officinalis* L. with its general appearance, fruit characteristics and imparipinnate leaf structure. However, the specimens of the new subspecies differ from *Galega* L. members in that their stamens are diadelphous and their stipules are sagittate. Because the stamens of *Galega* L. members are monadelphous and their stipules are semi-sagittate.



Figure 1. Scanned habit parts of *Vicia freyniana* subsp. *gigantea*: A. General view, B. Imparipinnate leaf, C. Inflorescence

Şekil 1. *Vicia freyniana* subsp. *gigantea*'nın taranmış habitus kısımları: A. Genel görünüm, B. İmparipinnat yaprak, C. İnfloresans

But the collected samples; it was determined that they were different from *Vicia freyniana* in terms of structural features such as indumentum characteristics (Figure 4), large plant size (Figure 2), leaf and leaflet sizes, inflorescence characteristics, inflorescence/leaf length ratio (Figure 1,2), flower parts and seed sizes (Figure 6).

The distribution of *Vicia freyniana* (subsp. *freyniana*) (Figure 5), which is endemic to Türkiye and whose type locality is Gümüşhane, is known from Kastamonu, Zonguldak, Giresun, Trabzon, Mersin and Sivas (Davis & Plitmann, 1970; Yıldırım, 2005; GBIF Secretariat, 2022). *Vicia* specimens collected from Karakoçan were compared with the *V. freyniana* descriptions in the Flora of Turkey (Davis & Plitmann, 1970), and isotype images (Figure 3) from herbarium BR; *Vicia freyniana* subsp. *gigantea* has been identified as a new subspecies.

#### MATERIALS and METHODS

Specimens belonging to *V. freyniana* subsp. *gigantea* defined were collected from the Karakoçan district of

Elazığ Province in Türkiye. In addition to the relevant literature (Davis & Plitmann, 1970), photographic images in the BM, K, BR, JE and P herbariums were also used to identify and evaluate the specimens of the subspecies.

#### RESULTS and DISCUSSION

*Vicia freyniana* Bornm. subsp. *gigantea* Behçet & Gülbasan, *subsp. nov.*

Type: Türkiye. B8 Elazığ: Karakoçan district, 3 km south of Üçbudak village, forest areas and moist forest clearings around, 1400m a.s.l., 25.07.2023, *Gülbasan* 986; *ibid*, 13.08.2023, *Gülbasan* 1012, (holo. BIN; iso. ANK, BIN) (Figures 1-2 and 4).

Diagnosis: *Vicia freyniana* subsp. *gigantea* differs from *Vicia freyniana* (subsp. *freyniana*) mainly stem 50-200 cm long and -9-11mm diameter at the base (not 40-70 cm long and 4-6 mm diameter at the base); lower parts glabrous or sparsely soft hairy, above soft white hairy (densely before the flowering period) (-not glabrous); leaflets lanceolate, 10-100 x 4-25 mm, 6-8(-9) paired



and leaflet shape lanceolate, acute or acuminate at apex (not oblong, 10–13 paired and usually obtuse at apex); leaflets 10–100 x 4–25 mm (not 10–35 x 3–10 mm); raceme densely 20–60 flowered (not 6–23 flowered) calyx 3.8–5 mm long usually sparsely white hairy (not 7–9 mm, glabrous or puberulent); legume 12–27(–30) x 1–3 mm, (not 22 x 7 mm); seed 5–6 x 2

mm (not 2.5–4 x 1.5–2 mm). The new subspecies; although it is similar to members of the *Galega* genus (especially *Galega officinalis*) with its imparipinnate leaves and general appearance; it differs from it in that its stamens are diadelphous (not monadelphous) and its stipules are sagittate (not semi-sagittate) (Figure 3,4,6).



Figure 2. Photos of *Vicia freyniana* subsp. *gigantea* with unbranched and leafless robust stem(A) in the lower parts and branching in the upper parts(B)

Şekil 2. *Vicia freyniana* subsp. *gigantea*'nin alt kısımlarındaki dalsız ve yapraksız kalın gövde kısmı (A) ile üst kısımlarında dallanma (B).

**Description:** Perennial, rigid, rootstock creeping, erect,. **Stems** 50–200 cm tall, 8–11 mm diameter at the base, lower parts glabrous or sparsely soft hairy, above soft white hairy (densely before the flowering period). **Leaves** all imparipinnate (ending in a leaflets). **Leaflets** lanceolate to oblong, 6–8(–9) paired, 10–100 x 4–25 mm. **Stipules** separate from the petiole and each other,

sagittate, upper ones semi-sagittate, sometimes with small teeth in the lower parts, usually hairy. **Peduncle** 4–7 cm long, sparsely hairy or glabrous. **Raceme** 6–10 cm long and densely 20–60 flowered. **Calyx** 3.8–5 mm long, usually sparsely white hairy, mouth oblique; lowest tooth shorter than the tube. **Corolla** 10–11 mm long, standard lilac, wings and keel usually white.



Figure 3. The image of *Vicia freyniana* isotype(subsp. *freyniana*) in Meise Botanic Garden Herbarium (BR) (from GBIF Secretariat, 2022).

Şekil 3. Meise Botanic Garden Herbarium (BR)'undaki *Vicia freyniana* izotipinin (subsp. *freyniana*) görünümü (GBIF Secretariat, 2022'den)



Figure 4. Indumentum views of leaves and inflorescences in young (A, B) and mature (C-F) *Vicia freyniana* subsp. *gigantea*.

Şekil 4. *Vicia freyniana* subsp. *gigantea*'nın genç (A, B) ve olgun (C-F) dönemlerindeki yaprak ve çiçeklenme bölgelerinin tüy örtüsü

**Stamens** diadelphous. **Legume** 12–27(–30) x 1–3 mm rhombic-oblong, subtorulose, 1–4 seeded (number of ovules up to 6). **Style** 10–15 mm long, not compressed, round, glabrous, 0.5 mm bifid at the tip. **Seeds** 5.5 – 6 x 2 mm, oblong, surface smooth.

**Ecological preferences:** *Vicia freyniana* subsp. *gigantea* is a local endemic taxon that is distributed in a narrow area in the forest area and forest open areas, 3 km south of Üçbudak village, in Karakoçan district, on the provincial borders of Elazığ in eastern Türkiye. The new subspecies, which prefer moist areas in forests or open forests, grow at altitudes of 1400 m. The flowering period of this taxon continues from mid-June to late

August. The dominant woody forest taxa are *Quercus libani* Oliv., *Q. Petraea* (Matt.) Liebl. subsp. *pinnatiloba* (K.Koch) Menitsky, *Amygdalus communis* L., *Corylus avellana* L. var. *avellana*, *C. maxima* Mill., *Sorbus torminalis* (L.) Crantz *Cerasus mahaleb* (L.) Mill. var. *mahaleb*, and the following taxa are also distributed in the area; *Hypericum perforatum* L., *Verbascum oreophilum* K.Koch var. *joannis* (Bordz.) Hub. -Mor., *Chondrilla juncea* L., *Agrimonia repens* L., *Cirsium vulgare* (Savi) Ten., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Centaurea virgata* Lam., *Xanthium strumarium* L., *Campanula sclerotracha* Boiss., *Lythrum salicaria* L., *Lysimachia verticillaris*

Spreng., *L. vulgaris* L., *Scrophularia umbrosa* Dumort., *Clinopodium vulgare* L. subsp. *vulgare*, *Phleum montanum* K.Koch subsp. *serrulatum* (Boiss.) Doğan, *Sambucus ebulus* L., *Silene laxa* Boiss. & Kotschy, *Umbilicus luteus* (Huds.) Webb & Berthel., *Medicago x varia* Martyn.

*Vicia freyniana*, which is endemic to Türkiye, differs

from other *Vicia* species with its imparipinnate leaf feature (Davis & Plitmann,1970). In addition to being a perennial, *Vicia freyniana* subsp. *gigantea* is similar to *Vicia freyniana* subsp. *freyniana* in terms of some other morphological features such as imparipinnate leaf and fruit characteristics; it differs from subsp. *freyniana* in many characters, especially indumentum (Table 1 and Figure 6)

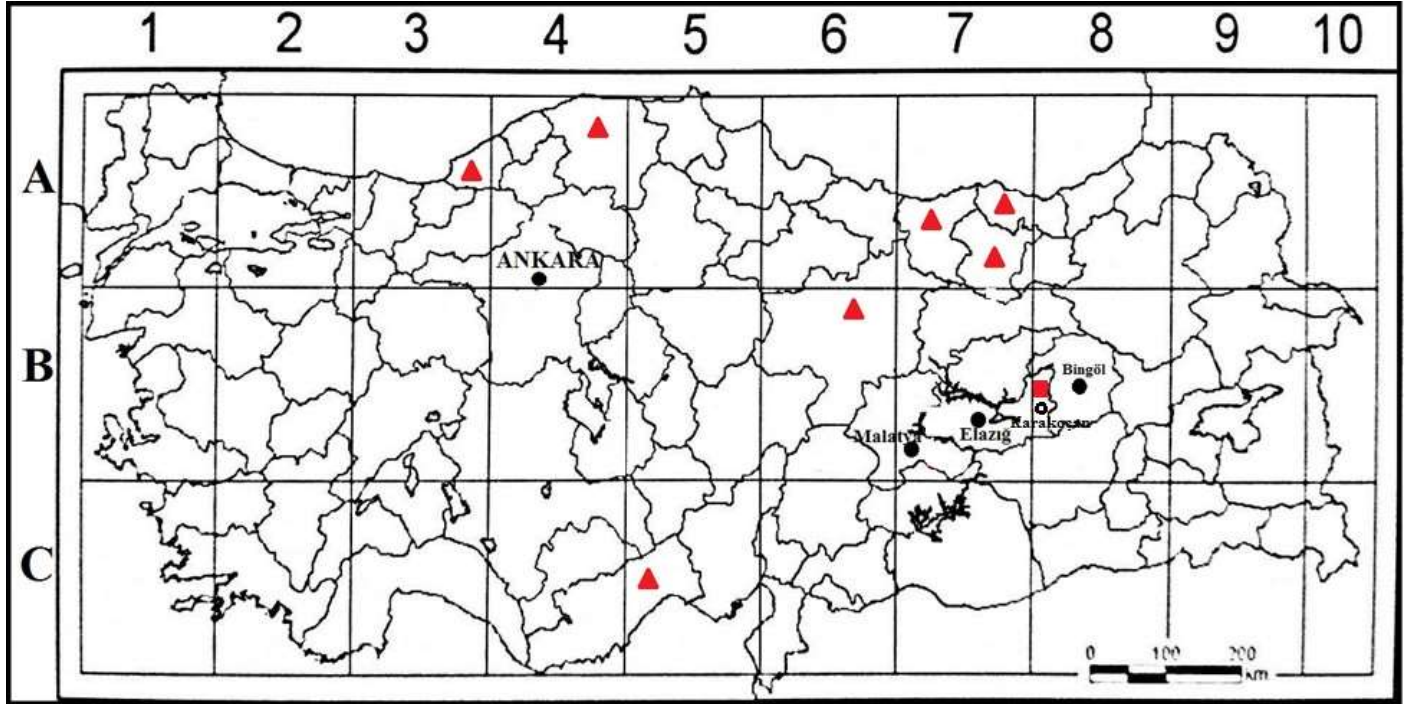


Figure 5. Distribution map of *Vicia freyniana* subsp. *gigantea* (■) and *Vicia freyniana* subsp. *freyniana* (▲) in Türkiye

Şekil 5. *Vicia freyniana* subsp. *gigantea* (■) ve subsp. *freyniana* (▲)'nin Türkiye'deki dağılışı haritası



Figure 6. Calyx(a), full flower(b), fruit(c) and seed(d) photo views of *Vicia freyniana* subsp. *gigantea*

Şekil 6. *Vicia freyniana* subsp. *gigantea*'nın kaliks(a), tam çiçek(b), meyve(c) ve tohum(d)

Table 1. Diagnostic characters between *Vicia freyniana* subsp. *gigantea* and *Vicia freyniana* (subsp. *freyniana*).  
*Çizelge 1. Vicia freyniana* subsp. *gigantea* ve *Vicia freyniana* (subsp. *freyniana*) arasındaki ayırt edici karakterler

Characters / Karakterler	<i>Vicia freyniana</i> subsp. <i>gigantea</i>	<i>Vicia freyniana</i> (subsp. <i>freyniana</i> )
Plant indumentum/ Bitki Tüy durumu	lower parts glabrous or sparsely soft hairy, above soft white hairy (densely before the flowering period)	glabrous
Stem height (cm), appearance, and diameter at the base(mm) / Gövde boyu, görünümü ve tabanda çapı	50–210, rigid, striate, 9–11mm diameter	40–70 cm, 4–6 mm diameter at the base
Pairs of leaflets per leaf and shape of leaflets/Yaprak başına yaprakçık çift sayısı ve yaprakçık şekli	6–8(–9) paired, lanceolate, acute or acuminate at apex	10–13–paired, leaflets oblong usually obtuse at apex
Stipule/Stipül	sagittate, upper ones semi-sagittate, sometimes with small teeth in the lower parts, hairy	mostly incised, only the uppermost often entire, glabrous
Leaflet size (mm)/Yaprakçık boyutları	10–100 x 4– 25 mm	10–35 x 3–10 mm
Number of flowers in a raceme / Rasem başına çiçek sayısı	20–60	6–23
Calyx/Kaliks	3.8–5mm usually sparsely white hairy	7-9 mm, glabrous or puberulent
Corolla/Korolla	10–11mm long, standard lilac, wings and keel usually white.	12–16 mm long, standard lilac, wings and keel white suffused with lilac.
Seed /Tohum	5.5– 6 x 2 mm	2.5–4x 1.5–2 mm

**Additional Specimens Seen:** *Vicia freyniana* subsp. *gigantea* (paratype): Türkiye, B8 Elazığ: Karakoçan district, 3 km south of Üçbudak village, 1400m, forest areas and moist forest clearings around, 1440 m a.s.l., 13.08.2023, *Gülbasan* 1012 (BIN; ANK). *Vicia freyniana* subsp. *freyniana*: Türkiye, A7: (Türkiye). Szandschak Gümüşkhane(Sancak Gümüşhane), 06.06.1894, *Sintenis* 5743 (isotypes of *Vicia freyniana*: BM000946822, K001051336, BR0000005177233, JE00013451 visual image!); C5 İçel: Arslanköy-Çamlıyayla, W Çamlıyayla, 13.05.1987, 900 m, *Neydegger* (P03067060, visual image!); B6 Sivas: Suşehri- Zara, 14 km N Zara, 03.06.1990, 1580 m, *Neydegger* (P03067061, visual image!).

*Vicia freyniana*, in addition to being a perennial, has a very different habit structure from other *Vicia* members, with its strong root system; robust, round (aside from being striped) and thick stem, and its leaves being imparipinnate (leaves with this structure are seen only in this species in the *Vicia* genus). Specimens of the new subspecies are close to *Vicia freyniana* in these aspects (with some important differences such as indumentum, size and number differences of structures, stipule features). The structure and appearance of flowers and fruits, which are the generative parts of *V. freyniana*, which is

**endemic** to Türkiye, show basic structural similarities with the new taxon samples. It was evaluated as a subspecies, especially considering the structural features of fruits and flowers (generative structures).

The number of taxa increased to 90 with this new subspecies of the genus *Vicia*, which is represented by 62 species and 89 taxa (endemism rate 12.35%) in Türkiye (Ertekin, 2012).

#### Author's Contributions

The contribution of the authors is equal.

#### Statement of Conflict of Interest

Authors have declared no conflict of interest.

#### REFERENCES

- Balos, M.M., Sonay, V., Çeçen, C. & Akan, H. (2023). *Allium murat-sonayii* (Amaryllidaceae), a new species from Türkiye. *Phytotaxa* 600 (1), 043–051.
- Balos, M.M., Sonay, V., Koçyiğit, M., Akan, H. & Çeçen, C. (2022). *Allium saricanense* (Amaryllidaceae), a new species from eastern Turkey. *Annales Botanici Fennici* 59, 191–196
- Behçet, L. & Altınsoy, İ. (2023). *Clinopodium debile* (Bunge) Kuntze (Lamiaceae), A New Record for the Flora of Türkiye. *KSU J. Agric Nat.* 26 (3), 504–510.
- Behçet, L. & Cengiz, H. (2023a). *Pimpinella major*

- (Apiaceae); a New Record for the Flora of Türkiye and Contributions to Its Taxonomy. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi* 26 (5), 1048-1055.
- Behçet, L. & Cengiz, H. (2023b). On the Presence and Distribution of *Lycopus exaltatus* (Lamiaceae) in Türkiye. *KSU J. Agric Nat.* 26 (6), 1253-1258.
- Behçet, L. & Çetin, A. (2023) A New Taxon of Stachys (Lamiaceae) from Bingöl - Türkiye. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi.* 27(1), 101-107.
- Behçet, L. & İlçim, A. (2015). *Paracaryum bingolienum* (Boraginaceae), a New Species from Turkey. *Turkish Journal of Botany* 39(2), 334–340.
- Behçet, L., İlçim, A. & Yapar, Y. (2017). *Centaurea bingolensis* (Asteraceae), a New Species from Turkey. *Turkish Journal of Botany* 41, 180–188.
- Behçet, L. & Yapar, Y. (2019). Rediscovery of the lost endemic *Micromeria cymuligera* (Lamiaceae) in Eastern Anatolia-Turkey. *Nordic Journal of Botany* 37(10), 1–6.
- Behçet, L., Yapar, Y. & Olgun, Ş. 2019. *Prangos aricakensis* (Apiaceae), a new species from eastern Turkey. *Phytotaxa* 401 (1), 55–63 . doi.org/10.11646/phytotaxa.401.1.5
- Behçet, L. & Yapar, Y. (2020). *Lactuca anatolica* (Asteraceae: Lactucinae), a New Species from Eastern Anatolia (Turkey). *Phytotaxa* 455 (4), 287–294.
- Behçet, L. & Yapar, Y. (2021). *Bromus orientalis* (Poaceae: B. sect. Bromopsis), a New Species from Turkey. *Nordic Journal of Botany* 39(4), 1–7.
- Davis, P.H. & Plitmann, U. (1970). *Vicia* L. in: Davis PH (ed.) *Flora of Turkey and the east aegean islands*, vol: 3, Edinburgh Univ. Press, Edinburgh, pp. 274–325.
- Duran, A., Behçet, L. & Öztürk, M. (2015). *Diplotaenia bingolensis* (Apiaceae), New Species from East Anatolia, Turkey. *Plant Syst Evol* 301, 467–478.
- Doğan, M., Behçet, L., Sinan, A. (2015). *Pseudophleum anaticum*, a New Endemic Species of *Pseudophleum* (Poaceae) from East Anatolia, Turkey. *Systematic Botany* 40 (2), 454–460.
- Ertekin A.S. (2012) *Vicia* L.: Güner A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. ve Babaç, M. T (eds.) *Türkiye bitkileri listesi (Damarlı bitkiler)*. İstanbul: Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, pp.550-553.
- GBIF Secretariat (2022). *Vicia freyniana* Bornm. in GBIF Secretariat (2022). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2023-08-16.
- Hamzaoğlu, E., Behçet, L. & Yapar, Y. (2020). A New Suffruticose Taxon of *Dianthus* (Caryophyllaceae) from Bingöl, Turkey. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi* 23 (6), 1529–1534.
- Hamzaoğlu, E. & Behçet, L. (2022). *Rhanteriopsis baskilensis* sp. nov. (Inuleae, Asteraceae), a new species from Turkey. *Phytotaxa* 539 (1), 033–044.
- İlçim, A., & Behçet, L. (2016). *Astragalus topalanense* (Fabaceae), a New Species from Turkey. *Turkish Journal of Botany* 40, 74–80.
- Keskin, M., Sonay, V. & Balos, M. M. (2023) *Trifolium elazizense* (Fabaceae), a new species from Turkey. *Phytotaxa* 583 (2), 199–206.
- Pınar, S. M., Fidan, M., Behçet, L. & Eroğlu, H. (2018). A New Record for The Flora of Turkey: *Onopordum cinereum* Grossh. (Asteraceae). *Erzincan University Journal of Science and Technology* 11 (1), 85.
- Sinan, A., Behçet, L. & Yapar, Y. (2021). *Ranunculus solhanensis* (Ranunculaceae), a new species from eastern Turkey. *Phytotaxa* 497 (2), 157–164.
- Sonay, V., Tekşen, M., Yıldırım, H., Balos, M.M. & Akan, H. (2023). *Fritillaria karakocanensis* (Liliaceae), a new species of the *F. crassifolia* group from Anatolia (Turkey). *Nordic Journal of Botany.* 38(1), 1-8. doi:10.1111/njb.03903
- Yapar Y. & Behçet L., 2022. *Pentanema divaricatum* Cass. (Inuleae, Asteraceae), A New Record for the Flora of Turkey . *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi* 25 (6), 1401-1405
- Yapar Y. & Behçet L., 2020. A new subspecies of *Ornithogalum malatyanum* (Asparagaceae: Scilloideae) from eastern Anatolia, Turkey. *Nordic Journal of Botany.* 38 (11), 1-5
- Yıldırım, Ş. (2005). The Chorology of the Turkish species of *Fabaceae* family. *Ot Sistematik Botanik Dergisi*, 12(1), 117-170.



## Altınözü İlçesinde Yetiştirilen Sarımsak (*Allium sativum* L.) Genotiplerinin Morfolojik ve Moleküler Karakterizasyonu

Faika YARALI KARAKAN<sup>1</sup>, Ayhan KILIÇ<sup>2</sup>, Berna ERGUN ÇETİN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kilis 7 Aralık Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kilis, <sup>2</sup>Kilis 7 Aralık Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Kilis, <sup>3</sup>Kilis 7 Aralık Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kilis

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-2176-8663>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-8661-7268>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-6399-0916>

✉: faikayarali@gmail.com

### ÖZET

Bu çalışma, Hatay ilinin Altınözü ilçesinde yetiştiriciliği yapılan sarımsak genotiplerinin morfolojik ve moleküler karakterizasyonunu yapmak amacıyla yürütülmüştür. Araştırma sonucunda genotipler arasında bitki boyu, yalancı gövde çapı, yalancı gövde uzunluğu, yaprak uzunluğu, yaprak genişliği, baş ağırlığı, baş uzunluğu, baş genişliği ve diş ağırlığı değerleri bakımından Mayadalı genotipi ön plana çıkarken, Çetenli genotipi ise diş sayısı bakımından diğer genotiplerden daha yüksek değere sahip olmuştur. Genotiplerin baş kabuklarında zemin rengi beyaz ve beyaz-sarımsı, başların dip şekli girintili ve yuvarlak, dişlerde et rengi sarımsı ve beyaz, diş dağılımı düzenli ve düzensiz, dişlerde kabuk rengi pembe, mor ve kahverengi olarak belirlenmiştir. UPGMA metoduna göre oluşturulan ve genotipler arası genetik yakınlığı gösteren dendograma göre sarımsak genotipleri iki ana gruba ayrılmıştır. Altınözü ilçesinde yetiştirilen sarımsak genotiplerinin özgünlüğünün ortaya konması bakımından önem taşıyan araştırmada tespit edilen genetik çeşitliliğin yeni sarımsak çeşitlerinin geliştirilmesine katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

### Bahçe Bitkileri

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 07.07.2023

Kabul Tarihi : 12.10.2023

### Anahtar Kelimeler

*Allium sativum* L.

Sarımsak

Moleküler karakterizasyon

Morfolojik karakterizasyon

SSR

## Morphological and Molecular Characterization of Garlic (*Allium sativum* L.) Genotypes Growing in Altınözü District

### ABSTRACT

This study was carried out to determine the morphological characteristics and molecular characterization of some garlic genotypes grown in Altınözü district of Hatay province. As a result of the research, the Mayadalı genotype stood out in terms of plant height, pseudostem diameter, pseudostem length, leaf length, leaf width, bulb weight, bulb length, bulb width and clove weight while genotype Çetenli had a high value of a number of cloves. The ground color of the bulbs was white and white-yellowish, the base shape of the bulbs was recessed and rounded, the cloves color of flesh was yellowish and white, the distribution of cloves was regular and irregular, the color of the cloves crust was pink, purple and brown. Dendrogram based on UPGMA method grouped the garlic genotypes into two main clusters. It is thought that the genetic diversity determined in the research, which is important in terms of revealing the originality of garlic genotypes grown in Altınözü district, will contribute to the development of new garlic cultivars.

### Horticulture

### Research Article

### Article History

Received : 07.07.2023

Accepted : 12.10.2023

### Keywords

*Allium sativum* L

Garlic

Molecular characterization

Morphological characterization

SSR

**Atıf Şekli:** Yaralı-Karakan, F., Kılıç, A. & Ergun Çetin, B. (2024). Altınözü ilçesinde yetiştirilen sarımsak (*Allium sativum* L.) genotiplerinin morfolojik ve moleküler karakterizasyonu. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (2), 333-343. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1324022>

**To Cite :** Yaralı-Karakan, F., Kılıç, A. & Ergun Çetin, B. (2024). Morphological and molecular characterization of garlic (*Allium sativum* L.) genotypes growing in Altınözü district. *KSU J. Agric Nat* 27 (2), 333-343. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1324022>

### GİRİŞ

*Allium* cinsine bağlı olan sarımsak, dünyada ılıman iklim kuşağında geniş bir coğrafyada, tropik iklim kuşağında ise dağlık bölgelerde yaygın olarak

yetiştirilmektedir (Manjunathagowda ve ark., 2017; Ayed ve ark., 2018; Takım & Kutlu, 2020). Akdeniz havzasından Kafkaslara kadar olan bölge sarımsağın ikinci gen merkezi olarak tanımlanmaktadır. Bu bölge

sınırları içerisinde yer alması nedeniyle Türkiye, büyük bir populasyon zenginliğine sahiptir (Etoh & Simon, 2002). Sarımsak vejetatif olarak çoğaltılmasına rağmen, klonların üreticiler arasında sık sık değiştirilmesi, morfolojik özellikler bakımından farklılıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Beşirli ve ark., 1994; Barandiaran ve ark., 1999; Khar ve ark., 2006; Paredes ve ark., 2008).

Yerel genotipler bitki boyu, yaprak dikliği, yaprak rengi, yaprak mumu, yaprak kesiti, baş düzenliliği, baş kabuğu rengi, baş ağırlığı ve çapı, diş sayısı, çapı ve ağırlığı, diş kabuk rengi, diş eti rengi, çıkıştan hasada kadar geçen gün sayısı gibi parametreler bakımından çeşitlilik göstermektedir (Panthee ve ark., 2006; Geboloğlu ve ark., 2017; Polyzos ve ark., 2019; De-Oliveira ve ark., 2020). Genotipler arasındaki bu morfolojik farklılıklar yeni çeşit geliştirmede gen kaynağı olması bakımından büyük önem taşımaktadır ve (Geboloğlu ve ark., 2017; Yaralı Karakan, 2022).

Moleküler belirteçler, bitki moleküler biyolojisi, bitki genom haritalamaları, gen klonlama, tohum saflık testleri ve tanımlamaları, genetik çeşitlilik, türlerin taksonomik tanımlanması ve filogenetik ilişkilerin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Ayres ve ark., 1997). Moleküler belirteçlerin önemli kullanım alanlarından biri de gen kaynaklarının karakterize edilmesidir. SSR belirteçleri kodominant olmaları sebebiyle diğer sistemlere göre çeşitli avantajlara sahiptir. Bu avantajların başında skorlama kolaylığı, tekrarlanabilirlik, genomik varyasyon, kromozoma spesifik allellerin belirlenmesi gelmektedir (Günaydın, 2011).

Türkiye’de en fazla yetiştirilen sarımsak, Taşköprü sarımsağıdır. Bunun yanı sıra Güneydoğu ve Doğu Anadolu Bölgelerinde yoğun olmak üzere Akdeniz Bölgesinde taze tüketim ve baş üretimine uygun genotipler yaygın olarak yetiştirilmektedir (Akan ve ark., 2019). Bu sarımsakları, ithal sarımsaklardan Çin tipi (beyaz ve mor) ve İran tipi (beyaz) sarımsaklar takip etmektedir (Vural ve ark., 2000). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre sarımsak toplam sebze üretimimizin %5’ini oluşturmakta; bu oranın %4’ünü 116.840 ton üretim ile kuru sarımsak, %1’ini ise 28.552 ton üretim ile taze sarımsak oluşturmaktadır. Türkiye’de en fazla sarımsak üretimi 26.222 ha alanda 33.973 ton ile Gaziantep ilinde gerçekleştirilirken, Kastamonu ili 22.995 ton üretim ile ikinci sırayı, Kahramanmaraş ise 17.259 ton üretim ile üçüncü sırayı almaktadır. Üretimde dokuzuncu sırayı alan Hatay ilinde ise toplam 3.396 ha alanda yetiştiricilik yapılmakta ve 3.025 ton kuru sarımsak ile 396 ton taze sarımsak üretilmektedir (TÜİK, 2022). Ancak yapılan kaynak taramalarında Hatay ilinde yetiştirilen yerel sarımsak genotiplerinin morfolojik ve moleküler karakterizasyonu ile ilgili herhangi bir bilimsel çalışmaya rastlanmamıştır.

Türkiye’de sarımsak yetiştiriciliğinde, son yıllarda

alan ve üretim miktarında önemli bir artış olmasına rağmen verimliliğin neredeyse sabit kaldığı bilinmektedir. Sarımsak yetiştiriciliğinde verimin artırılması amacıyla çeşit geliştirme, dayanıklılık ıslahı, agroteknolojideki yenilikler, hastalık ve zararlıların kontrolü ile mümkündür. Bu amaçla mevcut genotiplerin potansiyelinin belirlenmesine yönelik çalışmalara ağırlık verilmesi gerekmektedir. Bu nedenle bu çalışmada, Hatay ilinin Altınözü ilçesi ve köylerinde yetiştirilen sarımsak genotiplerinin morfolojik ve moleküler karakterizasyonu yapılarak, genotipler arasındaki farklılıkların ortaya konması ve ıslah programlarında kullanım olanaklarının sağlanması amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOD

Araştırmada bitkisel materyal olarak Hatay’ın Altınözü ilçesi ile Alakent, Boynuyoğun, Çetenli, Mayadalı, Karbeyaz ve Yarseli köylerinden toplanan yerel sarımsak genotipleri ile tanık olarak Taşköprü sarımsağı kullanılmıştır. Sarımsak genotiplerine ait başlar 2021 yılında Hatay’ın Kırıkhan ilçesine bağlı Danaahmetli Köyü’nde yetiştirilerek elde edilen sarımsak bitkileri ve başları morfolojik ve moleküler karakterizasyon çalışmalarında kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan sarımsak genotiplerine ait tohumluk başlar 03.11.2021 tarihinde sıra üzeri 10 cm, sıra arası 20 cm (Vural ve ark., 2000) olacak şekilde şansa bağlı tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak her tekerrürde 20 bitki olacak şekilde dikilmiştir. Dikimden hasada kadar geçen sürede kültürel işlemler genotipler arasında fark oluşturmayacak şekilde yapılmıştır.

## Morfolojik karakterizasyon

Morfolojik gözlemler UPOV, 2001 (Uluslararası Yeni Bitki Çeşitlerinin Korunması Birliği) kriterleri dikkate alınarak her genotipten rastgele seçilen 10 bitki üzerinde yapılmıştır. Hasat, bitkilerin toprak üstü kısımlarının kurduğu dönemde yapılmış ve hasat edilen başlar filelere konularak, moleküler ve morfolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Kilis 7 Aralık Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi laboratuvarlarına getirilmiştir. Araştırmada tanık olarak kullanılan Taşköprü sarımsağında ekolojik koşullar nedeniyle diş oluşumu sağlanamadığı için bu genotipte morfolojik gözlemler sadece bitkisel özellikler değerlendirilerek yapılmıştır.

## Moleküler karakterizasyon

Torf ile doldurulmuş viyollere dikilen dişlerden elde edilen bitkilerin yapraklarından yapılan DNA izolasyonu için CTAB yöntemi kullanılmıştır (Doyle & Doyle, 1990; Untergasser, 2008). Araştırmanın bitkisel materyalini oluşturan sarımsak genotipleri arasındaki genetik çeşitliliği belirlemek için kullanılan SSR primerleri Çizelge 1’de verilmiştir. Kullanılan



primerlerin optimum bağlanma sıcaklıklarını belirlemek için genomik DNA ile gradiyent PCR sıcaklık taraması yapılmıştır. PCR ürünleri %1.2'lik agaroz jelde, 120 Volt'luk akımda 30 dakika boyunca koşturulmuştur. Jel hazırlanırken ethidium bromid yerine kullanılmak üzere 4 µl RedSafe DNA Stain boya

jele eklenmiştir. PCR ürünlerinin bant büyüklükleri Invitrogen™ 1 Kb Plus DNA Ladder kullanılarak belirlenmiştir. Vilber Lournat Jel Görüntüleme sistemi ile görüntülenen örnekler BIO-1D yazılımı ile bantlar var (1) veya yok (0) olarak skorlanmıştır.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan SSR primerleri ve optimum bağlanma sıcaklıkları

Table 1. SSR primers and optimum annealing temperature

Primer	Sıcaklık (°C)	Forward	Reverse
Asa06	50	GGGGTGTACATTCTCCCCT	ACCGCCTGATTTTGCATTAG
Asa07	50	CTCGGAACCAACCAGCATA	CCCAAACAAGGTAGGTCAGC
Asa08	56	TGATTGAAACGAATCCCACA	GGGGGTACCTGAACCTGTTA
Asa16	55	CACGACTTTTCTCCCATTT	GCTAATGTTTCATGTCCCCAGT
Asa20	51	GAAGCAGCAAAGATCCAAGC	CGTGCAGAACTTAACCTT
Asa23	50.5	TGGAGGGGGGAAAAAGGATAG	TGTGAAGCAAGTGGGATCA
Asa24	56	TTGTTGTGCCGAGTTCCATA	CAGCAATTTACCAAAGCCAAG
ASM80	51.3	AATCTCCCTCCAAAGTCCC	CCTGTATTTTGTGTAAAGCATCA
AFA01A08	55	AGATAAGTGCTCATGGAGCAAGGG	ACATCCACAGCAAACATAGCAAGC
AFA10A08	53	GTTTAGGGCGTAAAATCTAAACGCT	GTGCTTTTACTAACCTCGCATCC
ACM101	53	CCTTTGCTAACCAAATCCGA	CTTGTGAGAAGGAGGACGC
ACM091	51	TCTCCTCCTCTAACCAGCCA	GGTGCTCCAGTTGAGCTTTC
ACM013	52.5	CAACCTCGAAGAACTCACCG	GCGAATCTTGTTTTTGGGAA
ACM004	59.5	TCGTTCTTTAGAACACGTTAGGAA	TGTGCGCGGATATAGTGACA
AMS08	50	GCCACGATGTTGAGATTCG	CCCGAATATCCCACCAGTTC

### İstatistik Analizler

Morfolojik ölçümlerden elde edilen bulgular JMP pro version 14 (SAS Institute, NC, USA) istatistik programı ile varyans analizi yapılarak değerlendirilmiştir. Ortalamalar arasındaki fark 0.05 önemlilik derecesinde Tukey testi ile karşılaştırılmıştır. Genotipler arası genetik yakınlığı gösteren dendrogram ve benzerlik matrisi, UPGMA (Unweighted Pair-Group Method of the Arithmetic Average) metodu ve Jaccard's katsayısına göre <http://genomes.urv.cat/UPGMA/> internet sitesinden online olarak oluşturulmuştur (Garcia-Vall ve ark., 1999).

### BULGULAR ve TARTIŞMA

#### Morfolojik Karakterizasyon

Genotiplerin bitki boyu 53.74 cm ile 68.75 cm, yalancı gövde uzunluğu 4.38 cm ile 9.50 cm, yalancı gövde çapı 6.46 mm ile 13.98 mm, yaprak sayısı 8.00 ile 10.66 adet/bitki, yaprak uzunluğu 37.86 cm ile 53.08 cm, yaprak genişliği 13.03 mm ile 26.42 mm arasında değişmiştir (Çizelge 2). Yerel genotipler arasında bitki boyu, yalancı gövde çapı ve uzunluğu ile yaprak uzunluğu ve genişliği değerleri bakımından Mayadalı genotipi ön plana çıkarken, denemede tanık olarak kullanılan Taşköprü sarımsağı ise yaprak sayısı bakımından diğer genotiplerden daha yüksek değere sahip olmuştur. İtalya orijinli sarımsak genotiplerinin morfolojik özelliklerinin incelendiği bir çalışmada da genotipler arasında yaprak dip genişliği ve yaprak sayısı gibi özellikler bakımından geniş bir varyasyon

olduğu bildirilmiştir (Figliuolo ve ark., 2001). Benzer şekilde Nepal orijinli 179 sarımsak genotipi arasında bitki boyu bakımından varyasyon olduğu ve bitki boyunun 29.8-84.8 cm arasında değiştiği ifade edilmiştir (Panthee ve ark., 2006). Wang ve ark. (2014), Çin'in farklı bölgelerinden toplanan 212 sarımsak genotipinin bitki boyu, yaprak uzunluğu ve sayısı, yalancı gövde uzunluğu ve çapı bakımından varyasyon gösterdiğini ve bu değerlerin sırasıyla; 27.50-90.50 cm, 1.84-74.00 cm, 4.67-10.30 adet, 11.55-42.34 cm, 0.48-2.55 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Geboloğlu ve ark., (2017) tarafından yapılan çalışmada da, Tokat ilinde yetiştirilen sarımsak genotiplerinin bitki boyunun 64.00-76.33 cm, yaprak sayısının 10.33-17.33 adet/bitki arasında değiştiği belirlenmiştir. Yaralı Karakan (2022), Kilis ilinde yetiştirilen yerel sarımsak genotiplerinin yaprak sayısı, yaprak genişliği ve bitki boyu değerleri bakımından farklılık gösterdiğini; genotipler arasında yaprak sayısının 8.0 ile 9.37 adet/bitki, yaprak genişliğinin 6.06 ile 8.69 mm, bitki boyunun ise 26.20 cm ile 33.96 cm arasında değiştiğini bildirmiştir.

Sarımsak genotiplerinin bitkisel özelliklerine dayalı benzerlik ve farklılıklarını ortaya koymak amacıyla temel bileşenler analizi yöntemiyle ısı haritası elde edilmiştir (Şekil 1). Satırlarda incelenen özelliklerin, sütunlarda ise genotiplerin yer aldığı ısı haritasında gruplamalar korelasyon mesafesi ve ortalama değerlere göre belirlenmiştir. Şekil 1 incelendiğinde, yerel genotipler arasında bitki boyu, yalancı gövde çapı ve uzunluğu ile yaprak uzunluğu ve genişliği değerleri

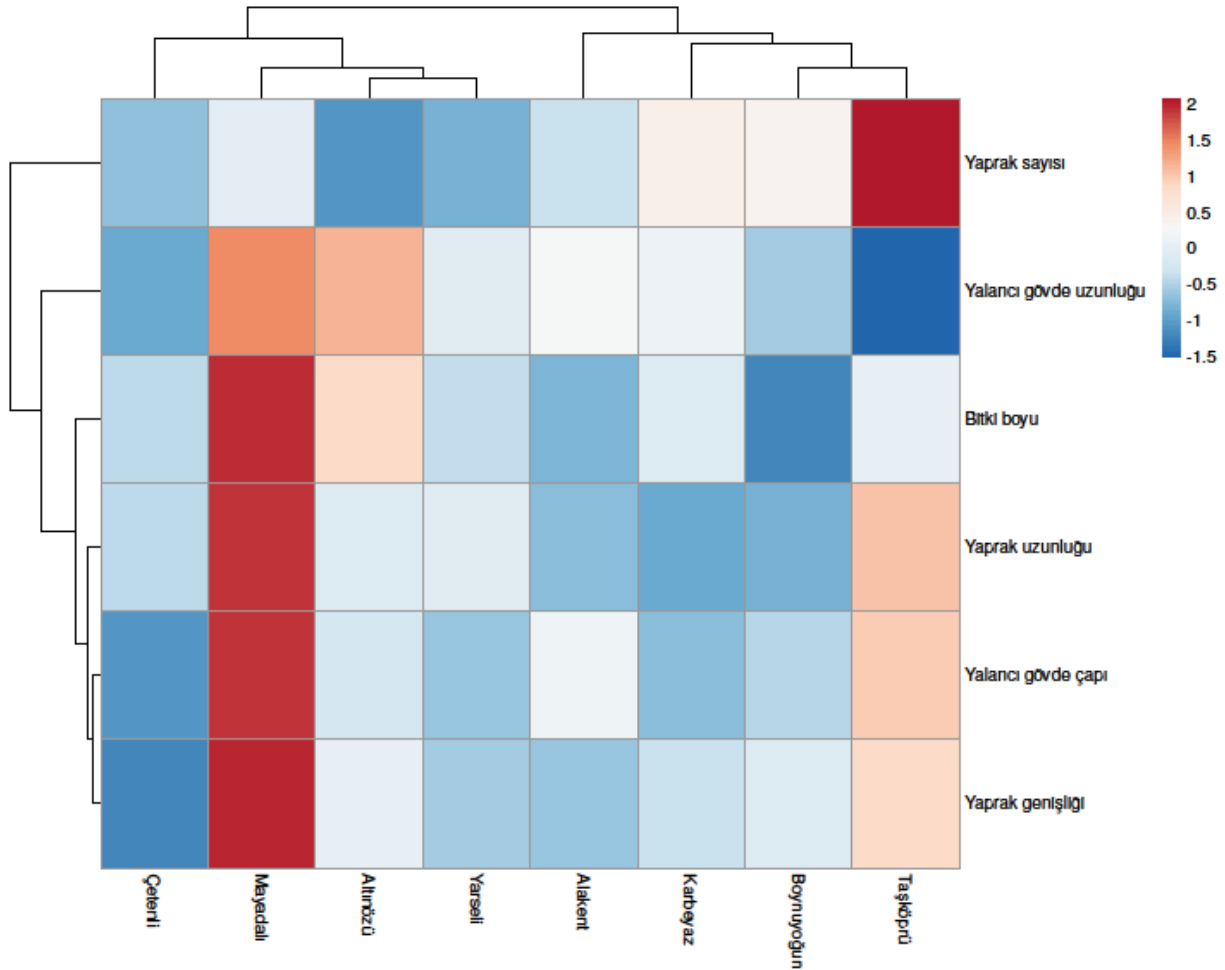
bakımından Mayadalı genotipinin daha yüksek değerlere sahip olduğu, buna karşın yaprak sayısı en

fazla olan genotipin ise denemede tanık olarak kullanılan Taşköprü sarımsağı olduğu görülmektedir.

Çizelge 2. Sarımsak genotiplerinin bitkisel özellikleri  
Table 2. Vegetative characteristics of garlic genotypes

Genotip	Bitki Boyu (cm)	Yalancı gövde uzunluğu (cm)	Yalancı gövde çapı (mm)	Yaprak sayısı (adet/bitki)	Yaprak uzunluğu (cm)	Yaprak genişliği (mm)
Alakent	55.83±7.31bc*	7.75±1.46b	9.52±1.91bc	8.60±0.98b	38.91±4.40c	15.46±4.38cd
Altınözü	63.43±4.22ab	9.50±1.51a	8.50±1.95cd	8.00±1.36b	41.98±2.91c	18.38±4.26bc
Boynuyoğun	53.74±6.50c	6.21±1.14cd	8.01±2.57bcd	9.20±1.47ab	38.26±4.80c	17.66±3.68c
Çetenli	57.52±5.02bc	5.56±1.02de	6.46±1.43d	8.33±1.49b	40.44±3.11c	13.03±1.59d
Karbeyaz	58.87±5.81bc	7.49±1.46bc	7.31±1.49cd	9.27±1.16ab	37.86±4.81c	16.62±2.09cd
Mayadalı	68.75±17.54a	10.05±1.69a	13.98±2.77a	8.87±1.84b	53.08±5.49a	26.42±3.27a
Yarseli	57.65±6.82bc	7.14±0.95bc	7.54±1.52cd	8.20±1.01b	42.32±3.44c	15.82±2.81cd
Taşköprü	59.66±5.60abc	4.38±1.25e	11.56±2.70b	10.66±1.11a	48.35±2.46b	21.63±2.74b

\*: P<0.05, Farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır.

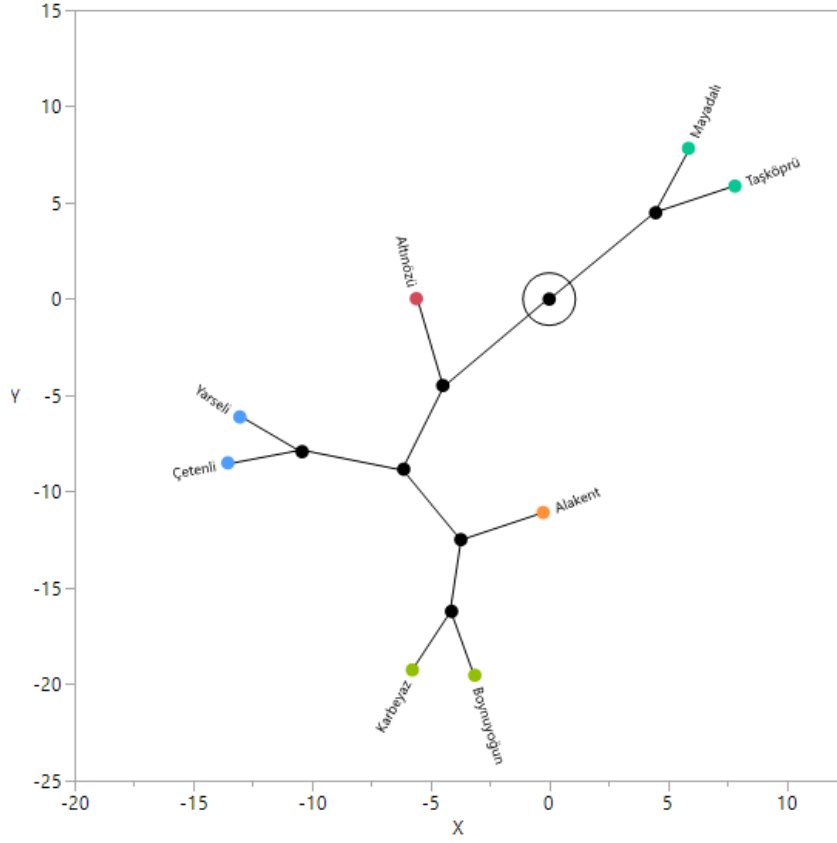


Şekil 1. Sarımsak genotiplerinin bitkisel özelliklerine göre elde edilen ısı haritası.

Figure 1. Heatmap clustering of garlic genotypes based on vegetative characteristics.

Sarımsak genotiplerinin bitkisel özellikleri dikkate alınarak, iki yönlü hiyerarşik kümeleme analizi (HCA) ile elde edilen takımyıldızı grafiği de incelenen özellikler bakımından genotipler arasında farklılık olduğunu ortaya çıkartmıştır (Şekil 2). Buna göre, sarımsak genotipleri iki temel gruba ayrılmış; birinci

grup Mayadalı ve Taşköprü genotiplerinden oluşurken, ikinci grupta Altınözü genotipi diğer genotiplerden ayrılarak tek başına bir dallanma yapmış; Çetenli, Yarseli, Alakent, Boynuyoğun ve Karbeyaz genotipleri ise aynı grupta yer almıştır.



Şekil 2. Sarımsak genotiplerinin bitkisel özelliklerine göre elde edilen takımyıldızı grafiği  
Table 2. Constellation graph of garlic genotypes based on vegetative characteristic

Sarımsak genotiplerinin baş ağırlığı 15.89 g ile 50.22 g, baş uzunluğu 25.79 mm ile 42.74 mm, baş genişliği 36.35 mm ile 49.33 mm, diş sayısı 10.18 ile 13.53 adet/baş, diş ağırlığı ise 1.48 g ile 5.12 g arasında değişmiştir (Çizelge 3). Genotipler arasında diş ve baş ağırlığı ile baş uzunluğu ve genişliği değerleri bakımından Mayadalı genotipi ön plana çıkarken, Çetenli genotipi ise diş sayısı bakımından diğer genotiplerden daha yüksek değere sahip olmuştur. Sarımsakta morfolojik değişkenlerin baş verimi üzerine doğrudan ve dolaylı etkisinin olduğunu bildiren De-Oliveira ve ark. (2020), baş ağırlığı, baş çapı, baş uzunluğu ve diş sayısının sarımsak veriminin birincil bileşenleri olduğunu ve verimi doğrudan etkilediklerini bildirmişlerdir. Shannon-Weaver (H<sub>0</sub>) fenotipik çeşitlilik indeksine göre elde edilen değerlerin lokasyonlar arasında fark göstermediğini ancak genotipler arasında ise farklılık olduğunu tespit eden Polyzos ve ark. (2019), sarımsak genotipleri arasında gözlenen yüksek fenotipik çeşitliliğin genotip, kültürel uygulamalar ve çevre koşulları gibi çeşitli faktörlere bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Nitekim, Çin orijinli sarımsak genotiplerinde baş genişliği ve ağırlığı ile diş sayısı değerlerinin sırasıyla 2.23-7.61 cm, 4.11-59.90 g ve 1.00- 12.60 adet arasında (Wang ve ark., 2014), Kuzey Amerika orijinli sarımsak genotiplerinde ise baş ağırlığının 21.3 g ile 47.1 g, baş

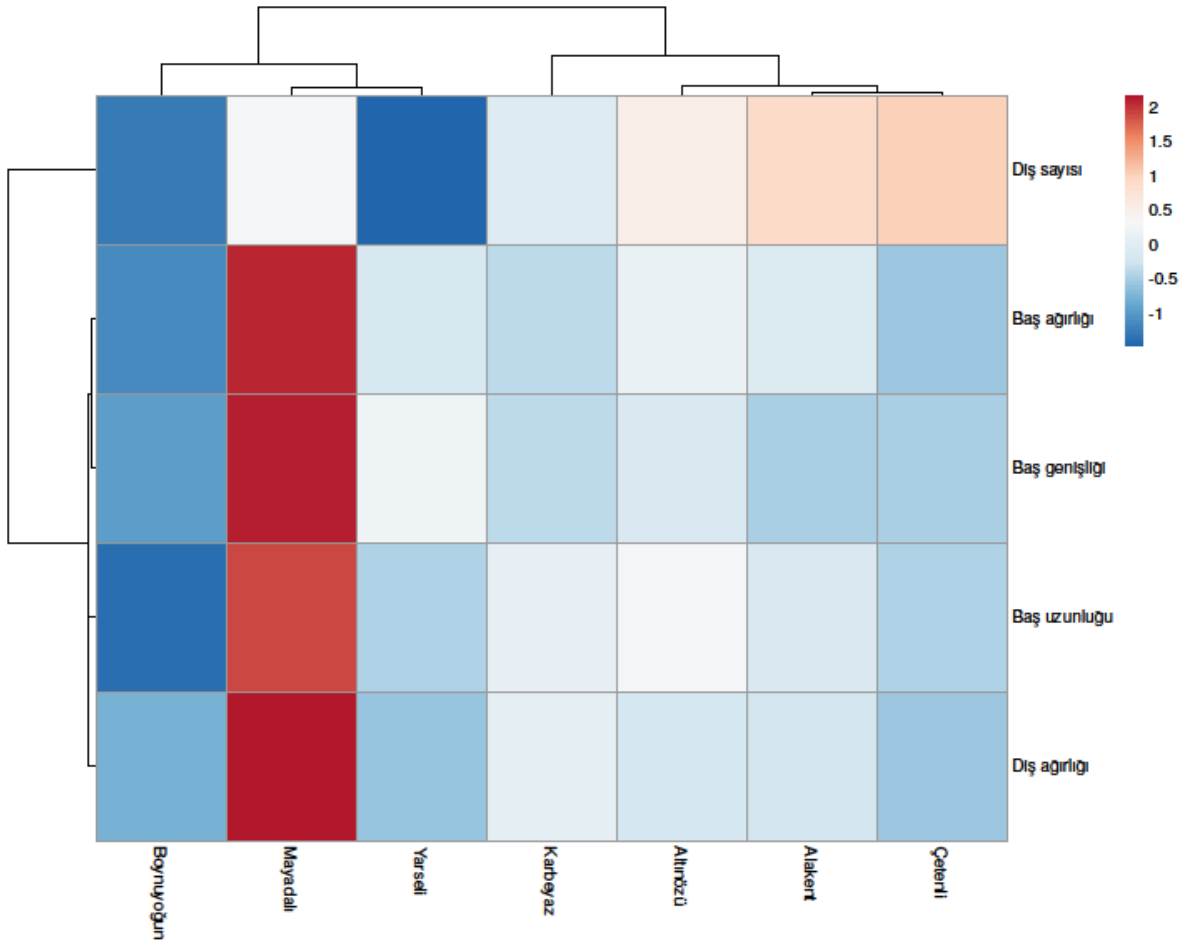
genişliğinin 17.2 cm ile 21.3 cm (Volk & Stern, 2009) arasında değiştiği tespit edilmiştir. İtalya orijinli sarımsak genotiplerinin morfolojik özelliklerinin incelendiği farklı bir araştırmada da genotipler arasında diş çapı ve verim değerleri bakımından farklılıklar olduğu, genotipler arasındaki farklılıkları belirlemede diş özelliklerinin önemli bir kriter olduğu ifade edilmiştir (Figliuolo ve ark., 2001). Sadece farklı orijinlerden gelen genotipler arasında değil, yerel genotipler veya ticari çeşitler arasında da baş özellikleri bakımından önemli bir çeşitlilik bulunmaktadır (Petropoulos ve ark., (2018). Aksaray, Birecik, Kahramanmaraş, Kastamonu, Kayseri, Nevşehir, Şanlıurfa ve Tunceli illerinde yetiştirilen ve 38 farklı lokasyondan toplanan sarımsak genotiplerinin kullandığı çalışmada genotiplerinin morfolojik olarak çok geniş bir varyasyona sahip oldukları; yaş ağırlık, kuru ağırlık ve baş çapı gibi parametreler bakımından Kahramanmaraş4 genotipinin öne çıktığı, Kastamonu9 genotipinin baş uzunluğunun, Birecik36 genotipinin ise diş sayısının daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Kıraç, 2019). Geboloğlu ve ark., (2017) Tokat ilinde yetiştirilen sarımsak genotiplerinin baş ağırlığının 17.04-41.97 g, diş ağırlığının 1.30-4.09 g, diş sayısının 10.30-17.33 adet arasında değiştiğini tespit edilmiştir. Yaralı Karakan (2022), Kilis ilinde yetiştirilen yerel sarımsak

genotiplerinin baş ağırlığının 18.05-31.51 g, diş ağırlığının 2.17-3.45 g, diş sayısının 10.50-12.90 adet/baş, baş yüksekliğinin 34.23-37.44 mm, baş çapının 36.97-43.76 mm arasında değiştiğini bildirmiştir.

Çizelge 3. Sarımsak genotiplerinin baş ağırlığı, uzunluğu ve genişliği ile diş sayısı ve ağırlığı  
Table 3. Bulb weight, length and width, number of cloves and weight of garlic genotypes

Genotip	Baş ağırlığı (g)	Baş uzunluğu (mm)	Baş genişliği (mm)	Diş sayısı (adet/baş)	Diş ağırlığı (g)
Alakent	27.27±13.89b*	32.39±4.51b	38.45±6.12b	13.40±3.22a	2.16±1.06b
Altınözü	29.44±13.96b	34.48±4.17b	39.92±8.32b	12.90±5.83ab	2.20±0.80b
Boynuyoğun	15.89±6.53b	25.79±2.58c	36.35±5.73b	10.46±4.11ab	1.48±0.56b
Çetenli	22.14±9.43b	30.72±5.20bc	38.41±7.92b	13.53±3.20a	1.72±0.51b
Karbeyaz	23.84±14.24b	33.50±5.12b	38.87±8.65b	12.13±2.13ab	2.52±0.95b
Mayadalı	50.22±28.90a	42.74±9.12a	49.33±10.66a	12.57±2.61ab	5.12±2.45a
Yarseli	26.21±18.18b	30.63±4.74bc	41.36±ab	10.18±4.34b	1.67±0.97b

\*: P<0.05, Farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır.

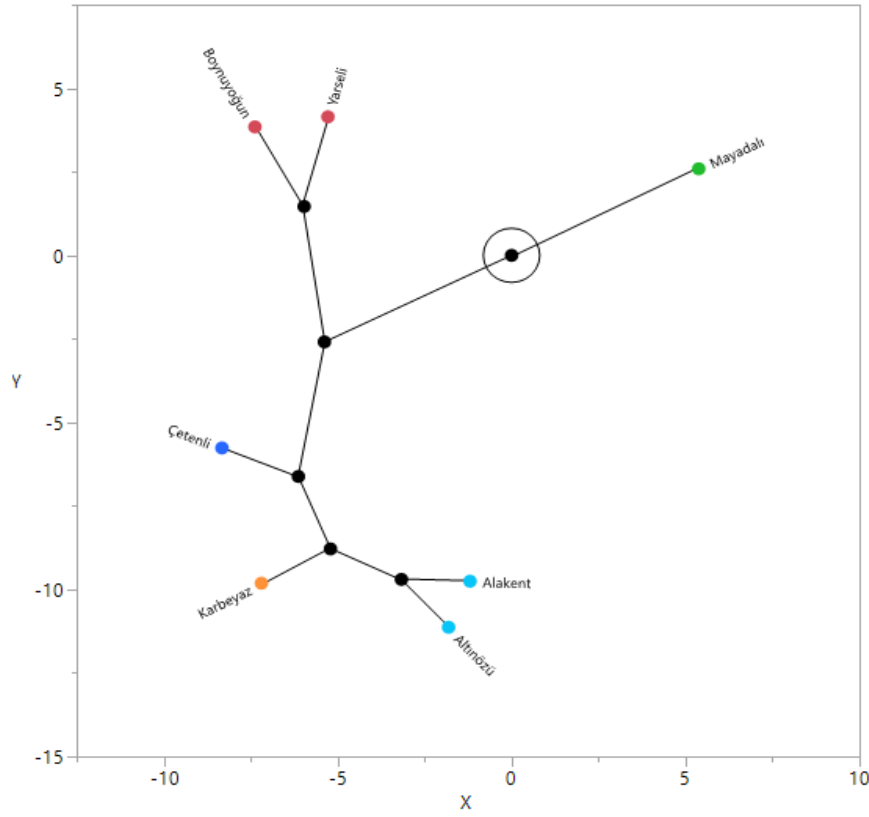


Şekil 4. Sarımsak genotiplerinin diş sayısı ve ağırlığı ile baş ağırlığı, uzunluğu ve genişliği değerlerine göre elde edilen ısı haritası

Figure 4. Heatmap clustering of garlic genotypes based on bulb weight, length and width, number of cloves and weight

Sarımsak genotiplerinin baş ağırlığı, uzunluğu ve genişliği ile diş sayısı ve ağırlığı dikkate alınarak iki yönlü hiyerarşik kümeleme analizi (HCA) ile elde edilen takımyıldız grafiğine göre sarımsak genotipleri iki temel gruba ayrılmıştır (Şekil 5). Buna göre; birinci grupta Mayadalı genotipi yer alırken diğer genotipler

ikinci grupta yer almıştır. İkinci grupta kendi arasında iki gruba ayrılmış; birinci grupta Boynuyoğun ve Yarseli genotipleri yer alırken, ikinci grupta; Altınözü, Alakent, Karbeyaz ve Çetenli genotipleri yer almıştır.



Şekil 5. Sarımsak genotiplerinin diş sayısı ve ağırlığı ile baş ağırlığı, uzunluğu ve genişliği değerlerine göre elde edilen takımyıldızı grafiği

Figure 5. Constellation graph of garlic genotypes based on number of cloves and weight, bulb weight, length and width

Sarımsak genotiplerinin UPOV (2001) kriterleri dikkate alınarak belirlenen baş ve diş özelliklerine ait gözlem sonuçlarına göre (Çizelge 4) zemin renginin Altınözü ve Yarseli genotiplerinde beyaz, diğer genotiplerde ise beyaz-sarımsı olduğu, başların dip şeklinin Alakent, Altınözü ve Boynuyoğun genotiplerinde girintili, diğer genotiplerde ise yuvarlak olduğu tespit edilmiştir. Genotiplerde dişlerde et rengi, dişlerin dağılımı, dişlerde kabuk rengi, baş ve diş kabuklarında antosiyanin şerit varlığı incelendiğinde; Alakent, Boynuyoğun, Çetenli, Mayadalı ve Yarseli genotiplerinde dişlerde et renginin sarımsı, Altınözü ve Karbeyaz genotiplerinde beyaz olduğu; Alakent ve Boynuyoğun genotiplerinde dişlerin dağılımının düzenli olduğu buna karşın, Altınözü, Çetenli, Karbeyaz, Mayadalı ve Yarseli genotiplerinin diş dağılımlarının düzensiz olduğu; dişlerde kabuk renginin Alakent, Boynuyoğun, Çetenli ve Yarseli genotiplerinde pembe, Altınözü ve Karbeyaz genotiplerinde mor, Mayadalı genotipinde ise kahverengi olduğu; Alakent, Altınözü, Boynuyoğun, Karbeyaz ve Yarseli genotiplerinde diş kabuklarında; Çetenli genotipi hariç diğer genotiplerin tümünde başlarda antosiyanin şerit varlığının gözlemlendiği görülmektedir. Türk sarımsak genotiplerinin %46.15'inde baş renginin beyaz %38.46'sının sarımsı-

beyaz, %15.38'inin kırmızımsı beyaz, dişlerde kabuk renginin beyaz (%23.08), krem (%38.46), pembe (%23.08), mor (%7.69), kahverengi (%7.69) olduğunu bildiren Akan, (2022) başlarda %15.38, dişlerde ise %76.92 oranında antosiyanin şerit varlığının gözlemlendiğini bildirmiştir. Nepal orijinli sarımsak genotiplerinde diş dağılımının düzenli (%59) ve düzensiz (%41), baş et renginin beyaz (%56), mor beyaz (%29), mor (%9) ve açık sarı (%6) olduğu tespit edilmiştir (Panthee vd., 2006). Brezilya orijinli 17 sarımsak genotipinin morfolojik özelliklerini inceleyen Buso ve ark., (2008), sarımsak genotiplerinin baş şeklinin oval-yuvarlak, renginin ise mor-beyaz olduğunu tespit etmişlerdir. İki farklı lokasyonda yetiştirilen Yunanistan orijinli sarımsak genotiplerinin morfolojik özelliklere dayalı fenotipik çeşitliliğini inceleyen Polyzos ve ark. (2019), elde edilen değerlerin lokasyon arasında fark göstermediğini, genotipler arasında ise farklılık gösterdiğini tespit etmişlerdir. Baş kabuk rengi ve diş kabuk renginin yüksek kalıtım katsayısına sahip olduğunu bildiren araştırmacılar, sarımsak genotipleri arasında gözlenen yüksek fenotipik çeşitliliğin genotip, kültürel uygulamalar ve çevre koşulları gibi çeşitli faktörlere bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

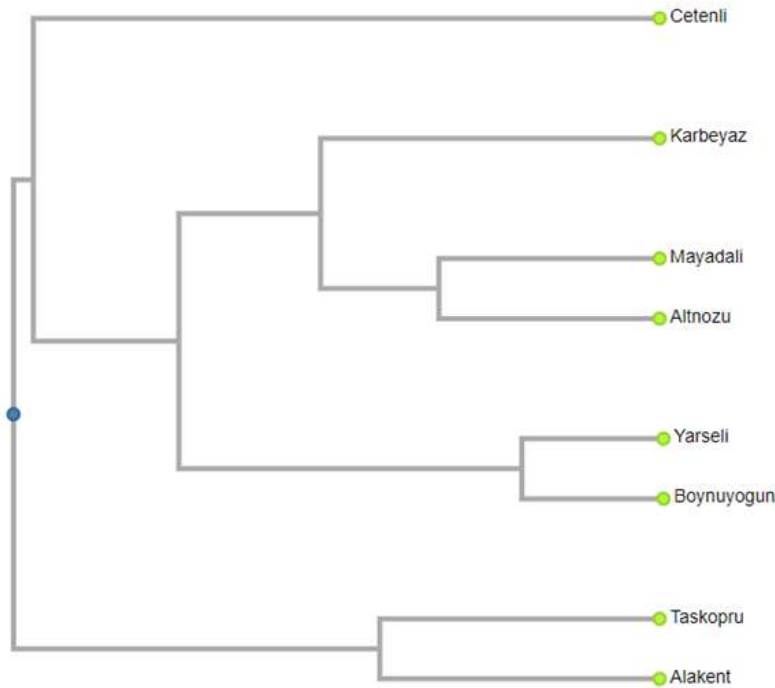
Çizelge 4. Sarımsak genotiplerinin baş ve diş özellikleri  
Table 4. Bulb and clove characteristics of garlic genotypes

Baş ve diş özellikleri	Genotip						
	Alakent	Altınözü	Boynuyoğun	Çetenli	Karbeyaz	Mayadalı	Yarseli
Baş kabuklarında zemin rengi	Beyaz-sarımsı	Beyaz	Beyaz-sarımsı	Beyaz-sarımsı	Beyaz-sarımsı	Beyaz-sarımsı	Beyaz
Başların dip şekli	Girintili	Girintili	Girintili	Yuvarlak	Yuvarlak	Yuvarlak	Yuvarlak
Dişlerde et rengi	Sarımsı	Beyaz	Sarımsı	Sarımsı	Beyaz	Sarımsı	Sarımsı
Dişlerin dağılımı	Düzenli	Düzensiz	Düzenli	Düzensiz	Düzensiz	Düzensiz	Düzensiz
Dişlerde kabuk rengi	Pembe	Mor	Pembe	Pembe	Mor	Kahverengi	Pembe
Diş kabuklarında antosiyanin kabuk varlığı	Var	Var	Var	Yok	Var	Yok	Var
Başlarda antosiyanin şerit varlığı	Var	Var	Var	Yok	Var	Var	Var

### Moleküler Karakterizasyon

Jaccard's katsayısına ve UPGMA metoduna göre oluşturulan ve genotipler arası genetik yakınlığı gösteren dendrogram (Şekil 5) ve benzerlik matrisine (Çizelge 5) göre sarımsak genotiplerinin iki ana gruba ayrıldığı, ilk grupta araştırmada tanık çeşit kullanılan Taşköprü sarımsağı ile Alakent genotipinin yer aldığı, ikinci grubun da kendi içerisinde iki ana gruba ayrıldığı tespit edilmiştir. İkinci grupta Çetenli genotipi tek başına bir grup oluştururken, Yarseli ve

Boynuyoğun genotipleri bir grubu, Karbeyaz, Mayadalı ve Altınözü genotipleri ise diğer grubu oluşturmuştur. Benzerlik matrisine göre ise Taşköprü sarımsağı ve Alakent genotipinin benzerlik oranının %86 olduğu görülmektedir. Buna karşın dendrogramda ikinci grubu oluşturan Çetenli, Karbeyaz, Mayadalı, Altınözü, Yarseli ve Boynuyoğun genotiplerinin Taşköprü sarımsağı ile benzerlik oranları sırasıyla %67, %65, %71, %63, %69 ve %73 olarak belirlenmiştir.



Şekil 5. SSR primerlerine dayalı olarak hazırlanan ve sarımsak genotipleri arasındaki genetik ilişkiyi gösteren dendrogram

Figure 5. Dendrogram depicting the genetic relationship among garlic genotypes based on the SSR data.

İslah çalışmaları için farklı sarımsak genotipleri arasındaki genetik varyasyonlarının belirlenmesi ve genetik ilişkilerin ortaya çıkarılması önemlidir. Farklı ekotiplerin uzun süre aynı alanlarda yetiştirilmesi, doğal mutasyonların birikmesi ve yerel seleksiyon

baskısı sonucu sarımsak genotipleri arasında genetik çeşitliliğin arttığı bilinmektedir (Jo ve ark., 2012; Yaralı Karakan, 2022). Nitekim, Kumar ve ark., (2019) Hindistan orijinli sarımsak genotipleri arasındaki genetik çeşitliliğin %84'ünün popülasyon içinde,

%16'sının ise popülasyonlar arasında olduğu tespit etmiş ve bu çeşitliliğin sarımsak genotiplerinin farklı lokasyonlarda yetiştirilmesinden kaynaklandığı bildirilmişlerdir. Benzer şekilde Shaaf ve ark., (2014), sarımsak genotipleri arasındaki varyasyonun ortaya çıkmasında coğrafi ve çevresel faktörlerin birlikte etkisinin tek başına etkisinden daha güçlü olduğunu ve bu durumun genetik farklılaşmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Kore, Çin, Japonya, Kazakistan ve İspanya orijinli 120 sarımsak genotipi ile yapılan çalışmada genotipler arasında gözlemlenen heterozigotluk değerlerinin 0-0.99 arasında değiştiği, ortalama genetik çeşitlilik 0.586, polimorfizm ise 0.518 olarak tespit edilmiştir (Jo ve ark., 2012).

Aksaray, Kahramanmaraş, Kastamonu, Kayseri, Nevşehir, Şanlıurfa, ve Tunceli illerinde 38 farklı lokasyondan toplanan sarımsak genotipleri arasında moleküler seviyede büyük bir varyasyonun olduğunu tespit eden Kırac (2019), genotipler arasında moleküler açıdan en farklı genotipin Tunceli bölgesine ait TekDiş31 sarımsak genotipi olduğunu, Kastamonu9, Kahramanmaraş7 ve Aksaray38 genotiplerinin de moleküler olarak kendine has özelliklere sahip olduklarını bildirmiştir. Yaralı Karakan (2022), Taşköprü sarımsağı ile Kilis 1 genotipi arasında %36, Kilis 2, Kilis 3 genotipleriyle ise %80 benzerlik bulunduğunu ve dendogramda ayrı kümeler oluşturduklarını tespit etmiştir.

Çizelge 5. SSR primerlerine dayalı olarak oluşturulan benzerlik matrisi.

Table 5. Similarity matrix indices garlic genotypes based on the SSR data

Genotip	Altınözü	Karbeyaz	Mayadalı	Çetenli	Boynuyoğun	Yarseli	Alakent	Taşköprü
Altınözü	1	0.833	0.889	0.667	0.722	0.778	0.632	0.632
Karbeyaz		1	0.824	0.800	0.750	0.812	0.647	0.647
Mayadalı			1	0.647	0.706	0.765	0.611	0.706
Çetenli				1	0.667	0.625	0.667	0.667
Boynuyoğun					1	0.929	0.733	0.733
Yarseli						1	0.688	0.688
Alakent							1	0.857
Taşköprü								1

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırmadan elde sonuçlar, sarımsak genotiplerinin morfolojik özellikler bakımından önemli bir varyasyona sahip olduklarını ve genotipler arasında bitki boyunun 53.74 cm ile 68.75 cm, yalancı gövde uzunluğunun 4.38 cm ile 9.50 cm, yalancı gövde çapının 6.46 mm ile 13.98 mm, yaprak sayısının 8.00 ile 10.66 adet/bitki, yaprak uzunluğunun 37.86 cm ile 53.08 cm, yaprak genişliğinin 13.03 mm ile 26.42 mm, baş ağırlığının 15.89 g ile 50.22 g, baş uzunluğunun 25.79 mm ile 42.74 mm, baş genişliğinin 36.35 mm ile 49.33 mm, diş sayısının 10.18 ile 13.53 adet/baş, diş ağırlığının 1.48 g ile 5.12 g arasında değiştiğini ortaya çıkartmıştır. Yerel genotipler arasında yalancı gövde çapı ve uzunluğu, bitki boyu, yaprak uzunluğu ve genişliği, diş ve baş ağırlığı ile baş uzunluğu ve genişliği değerleri bakımından Mayadalı genotipi ön plana çıkarken, Çetenli genotipi ise diş sayısı bakımından diğer genotiplerden daha yüksek değere sahip olmuştur.

Sarımsak genotiplerinin UPOV (2001) kriterleri dikkate alınarak belirlenen baş ve diş özellikleri de birbirinden farklılık göstermiş; genotiplerin baş kabuklarında zemin renginin Altınözü ve Yarseli genotiplerinde beyaz, diğer genotiplerde ise beyaz-sarımsı olduğu, başların dip şeklinin Alakent, Altınözü ve Boynuyoğun genotiplerinde girintili, diğer genotiplerde ise yuvarlak olduğu; Alakent, Boynuyoğun, Çetenli, Mayadalı ve Yarseli

genotiplerinde dişlerde et renginin sarımsı, Altınözü ve Karbeyaz genotiplerinde beyaz olduğu; dişlerin dağılımının Alakent ve Boybuyoğun genotiplerinde dişlerin dağılımının düzenli, Altınözü, Çetenli, Karbeyaz, Mayadalı ve Yarseli genotiplerinde ise düzensiz olduğu; dişlerde kabuk renginin Alakent, Boynuyoğun, Çetenli ve Yarseli genotiplerinde pembe, Altınözü ve Karbeyaz genotiplerinde mor, Mayadalı genotipinde ise kahverengi olduğu; Alakent, Altınözü, Boybuyoğun, Karbeyaz ve Yarseli genotiplerinde diş kabuklarında; Çetenli genotipi hariç diğer genotiplerin tümünde başlarda antosiyanin şerit varlığı gözlenmiştir.

UPGMA metoduna göre oluşturulan ve genotipler arası genetik yakınlığı gösteren dendogram SSR primerlerine dayalı olarak hesaplanan benzerlik matrisi sarımsak genotiplerinin genetik olarak da birbirinden ayrıldığını göstermiştir. Benzerlik matrisine göre diğer genotiplerden ayrılan Taşköprü sarımsağı ile Alakent, Çetenli, Karbeyaz, Mayadalı, Altınözü, Yarseli ve Boynuyoğun genotiplerinin benzerlik oranlarının sırasıyla %86, %67, %65, %71, %63, %69 ve %73 olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak araştırmada, Hatay ili Altınözü ilçesi ve köylerinde yetiştirilen farklı sarımsak genotiplerinin morfolojik özellikler bakımından çeşitlilik gösterdiği ortaya çıkartılmıştır. Bunun yanı sıra, moleküler karakterizasyon çalışmalarında kullanılan SSR primerleri farklı grupları ortaya çıkarmış ve genotipler

arasında genetik çeşitliliğin varlığı da tespit edilmiştir. Sarımsak genotiplerinin özgünlüğünü ortaya koyması bakımından önem taşıyan araştırmada tespit edilen genetik çeşitliliğin yeni sarımsak çeşitlerinin geliştirilmesine önemli ölçüde katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu makale ikinci yazara ait yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

- Akan, S. (2022). Morphological characterisation and volatile analysis of Turkish garlic genotypes. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46(4), 424-440.
- Akan, S., Horzum, Ö. & Tuna Güneş, N. (2019). Modifiye atmosferli paketlenen yeşil sarımsak (*Allium sativum* L.) yapraklarında kalite korunumuna etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 23(4), 165-173. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/890357>
- Ayed, C., Bayoudh, C., Rhimi, A., Mezghani, N., Haouala, F. & Dridi, B.A.M. (2018). *In vitro* propagation of tunisian local garlic (*Allium Sativum* L.) from shoot-tip culture. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 1(2), 75-86. DOI: 10.22077/jhpr.2018.1457.1016. 10.22077/JHPR.2018.1457.1016
- Ayres, N.M., McClung, A.M., Larkin, P.D., Bligh, H.F.J., Jones, C.A. & Park, W.D. (1997). Microsatellite and a single nucleotide polymorphism differentiate apparent amylose classes in an extended pedigree of US rice germplasm. *Theoretical and Applied Genetics*, 94, 773- 781. <https://doi.org/10.1007/s001220050477>
- Barandiaran, X., Martin, N., Alba, C., Rodriguez-Conde, M.F., Pietro, A.D. & Martin, J. (1999). An efficient method for the *in vitro* management of multiple garlic accessions. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant.*, 35, 466-469. <https://doi.org/10.1007/s11627-999-0069-y>
- Beşirli, G., İnan, Y. & Türkeş, T. (1994). Sarımsak çeşit tespit denemesi, bilimsel araştırma ve incelemeler. Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yayın No: 41, 14 s., Yalova.
- Buso, G.S.C., Paiva, M.R., Torres, A.C., Resende, F.V., Ferreira, M.A., Buso, J.A. & Dusi, A.N. (2008).

- Genetic diversity studies of Brazilian garlic cultivars and quality control of garlic-clover production. *Genetics and Molecular Research*, 7(2), 534-541. DOI: 10.4238/vol7-2gmr451
- De-Oliveira, J.T., De-Oliveira, R.A., Cunha, F.F., Silva Ribeiro, I., Oliveira, L.A.A. & Teodoro, P.E. (2020). Contribution of morphological variables in garlic bulb yield. *HortScience*, 55(6), 896-897. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14996-20>
- Doyle, J.J. & Doyle, J.L. (1990). Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*, 12: 13-15.
- Etoh, T., & Simon, P.W. (2002). *Diversity, fertility and seed production of garlic. in: Rabinowitch H.D. & Currah L. (eds) Allium Crop Science Recent Advances*. CABI Publishing, Wallingford, UK, 101–117p.
- Figliuolo, G., Candido, V., Logozzo, G., Miccolis, V. & Zeuli, P.S. (2001). Genetic evaluation of cultivated garlic germplasm *Allium sativum* L. and *A. Ampeloprasum* L. *Euphytica*. 121(3): 325-334. <https://doi.org/10.1023/A:1012069532157>
- Garcia-Vallve, S., Palau J. & Romeu, A. (1999). Horizontal gene transfer in glycosyl hydrolases inferred from codon usage in *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis*. *Molecular Biology and Evolution*, 16(9):1125-1134.
- Geboloğlu, N., Karabekiroğlu, D.S., & Doksöz, S. (2017). Tokat sarımsağının morfolojik ve moleküler karakterizasyonu. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6: 131-136. <https://app.trdizin.gov.tr/makale/TWpVMk16SXINZz09>
- Günaydın, Ö. (2011). *Sarımsakta (Allium sativum L.) düşük sıcaklıkta depolama uygulamasından farklı etkilenen aday genlerin cDNA-AFLP yöntemi ile belirlenmesi (Tez no 284803)*. [Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Jo, M.H., Ham, I.K., Moe, K.T., Kwon, S.W., Lu, F.H., Park, Y.J. & Lee, E.M. (2012). Classification of genetic variation in garlic (*Allium sativum* L.) using SSR markers. *Australian Journal of Crop Science*, 6(4), 625-631. <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.362158671579385>
- Khar, A., Asha Devi, A., Mahajan, V. & Lawande, K.E. (2006). Genetic divergence analysis in elite lines of garlic (*Allium sativum* L.). *J. Maha. Agri. Univ.*, 31, 52- 55
- Kıraç, H. (2019). *Türkiye'de yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan farklı sarımsak genotiplerinin morfolojik ve moleküler karakterizasyonu (Tez no: 560519)*. [Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Kumar, M., Sharma, V. R., Kumar, V., Sirohi, U., Chaudhary, V., Sharma, S. & Sharma, S. (2019). Genetic diversity and population structure analysis of Indian garlic (*Allium sativum* L.) collection using



- SSR markers. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25(2), 377-386. <https://doi.org/10.1007/s12298-018-0628-y>
- Manjunathgowda, D.C., Gopal, J. Archana, R. & Asiya, K.R. (2017). Virus-free seed production of garlic (*Allium sativum* L.): status and prospects. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.*, 6(6), 2446-2456. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.606.290>
- Paredes, M., Becerra, V. & González, M.I. (2008). Low genetic diversity among garlic (*Allium sativum* L.) accessions detected using random amplified polymorphic DNA (RAPD). *Chilean Journal of Agricultural Research* 68(1), 3-12. [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-58392008000100001&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-58392008000100001&script=sci_arttext)
- Panthee, D.R., KC, Regmi, R.B., Subedi, H.N., Bhattarai, P.P. & Dhakal, J. (2006). Diversity analysis of garlic (*Allium sativum* L.) germplasms available in Nepal based on morphological characters. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 53(1), 205-212. <https://doi.org/10.1007/s10722-004-6690-z>
- Petropoulos, S. A., Fernandes, A., Ntatsi, G., Petrotos, K., Barros, L., & Ferreira, C. F. R. (2018). Nutritional Value, chemical characterization and bulb morphology of greek garlic landraces. *Molekules*, 23(319), 1-14. <https://doi.org/10.3390/molecules23020319>
- Polyzos, N., Papatiroopoulos, V., Lamari, F.N., Petropoulos, S.A. & Bebeli, P.J. (2019). Phenotypic characterization and quality traits of Greek garlic (*Allium sativum* L.) germplasm cultivated at two different locations. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 66(8), 1671-1689. <https://doi.org/10.1007/s10722-019-00831-4>
- Shaaf, S., Sharma, R., Kilian, B., Walther, A., Özkan, H., Karami, E. & Mohammadi, B. (2014). Genetic structure and eco-geographical adaptation of garlic landraces (*Allium sativum* L.) in Iran. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 61(8), 1565-1580. <https://doi.org/10.1007/s10722-014-0131-4>
- Takım, K. & Kutlu, T. (2020). Determination of phytochemical profile of *Allium tuncelianum* and evaluation of its antiproliferative effect on various human cell lines. *KSU J. Agric Nat* 23 (1), 259-270, DOI:10.18016/ksutarimdog.vi.586805.
- TÜİK (2022). *Bitkisel Üretim İstatistikleri, Sarımsak Üretim Verileri*, <https://Biruni.Tuik.Gov.Tr/Medas/?Kn=92andlocale=Tr> (Erişim Tarihi 17.02.2022)
- Untergasser, A. (2008). *DNA Miniprep using CTAB untergasser's lab. Summer 2008*. (include here the date when you accessed these page).<[http://www.untergasser.de/lab/protocols/miniprep\\_dna\\_ctab\\_v1\\_0.htm](http://www.untergasser.de/lab/protocols/miniprep_dna_ctab_v1_0.htm)>.
- UPOV (2001). <http://www.upov.int/edocs/tgdocs/en/tg162>.
- Wang, H., Li, X., Shen, D., Oiu, Y. & Song, J. (2014). Diversity evaluation of morphological traits and allicin content in garlic (*Allium sativum* L.) from China. *Euphytica*, 198(2), 243-254. <https://doi.org/10.1007/s10681-014-1097>
- Volk, G.M. & Stern, D. (2009). Phenotypic characteristics of ten garlic cultivars grown at different North American locations. *HortScience*. 44(5), 1238- 1247. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.44.5.1238>
- Vural, H., Eşiyok, D., & Duman, İ. (2000). *Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme)*. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bornova, İzmir, 440 s.
- Yarali Karakan, F. (2022). Relationship between volatile sulfur compounds, mineral content, morphological and molecular characterization of local garlic genotypes. *Bangladesh J. Bot.* 51(1), 147-155. <https://doi.org/10.3329/bjb.v51i1.58831>



## Rapid Bioassay for Detection of Insecticide Resistance in *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae)

Selçuk ULUSOY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Biological Control Research Institute, Adana-Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-2278-8471>

✉: selcukby@gmail.com

### ABSTRACT

Cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) is one of the most economically important polyphagous pests that shows rapid resistance to chemical control. Determination of resistance levels is important within resistance management. The insecticide activities of Acetamiprid, Dimethoate, Imidacloprid, L-cyhalothrin were investigated on different aphid populations to develop a faster and more economical bioassay method. Resistance levels were compared by making bioassays with insecticides using the leaf dipping method for 72 hours, 120 minutes and different doses. Resistance rates varying between 1-10 times were observed in both methods. The rapid application of 120 minutes is more advantageous in terms of speed, application time and economy of the method in the detection of resistance against Acetamiprid, Dimethoate, Imidacloprid, L-cyhalothrin insecticides, and will contribute to the detection of resistance and the development of bioassay method.

### Plant Protection

### Research Article

### Article History

Received : 13.09.2022

Accepted : 16.08.2023

### Keywords

*Aphis gossypii*

Rapid

Bioassay

Time

Mortality

## *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) Insektisit Direncini Tanımlamada Hızlı Biyoassay Metodu

### ÖZET

Pamuk yaprakbiti, *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) kimyasal mücadele karşısında hızlı direnç gösteren polifag bir zararlıdır. Direnç yönetiminde direnç düzeylerinin belirlenmesi önemli bir kriterdir. Daha hızlı ve ekonomik bir biyoassay metodunun geliştirilmesi amacıyla, farklı afid popülasyonları üzerinde Acetamiprid, Dimethoate, Imidacloprid, L-cyhalothrin insektisit etkinlikleri incelenmiştir. Yaprak daldırma metoduyla insektisitler 72 saat, 120 dk süre ve farklı doz uygulamasıyla biyoassaylar yapılarak direnç düzeyleri karşılaştırılmıştır. Her iki metottada 1-10 kat arasında değişen direnç oranları gözlenmiştir. 120 dk'lık hızlı uygulama Acetamiprid, Dimethoate, Imidacloprid, L-cyhalothrin insektisitlerine karşı direnç tespitinde hız, uygulama süresi ve metodun ekonomik olması açısından daha avantajlı olup direnç tespitinde ve biyoassay metodlarının geliştirilmesinde katkı sağlayacaktır.

### Bitki Koruma

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 13.09.2022

Kabul Tarihi : 16.08.2023

### Anahtar Kelimeler

*Aphis gossypii*

Hızlı

Biyoassay

Zaman

Mortalite

**To Cite :** Ulusoy, S., (2024). Rapid Bioassay for Detection of Insecticide Resistance in *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae). *KSU J. Agric Nat* 27(2), 344-350. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.174646>

**Atıf Şekli:** Ulusoy, S., (2024) *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) insektisit direncini tanımlamada hızlı biyoassay metodu. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(2), 344-350. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1174646>

### INTRODUCTION

Cotton aphid *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) is one of the main pests that may cause serious economic losses. It is a polyphagous species with a large host range and is the vector of many viruses (Roistacher et al., 1984). Intensive use of chemicals against this pest causes insecticide ineffectiveness and that results in resistance. It has been reported that it developed multiple resistances against more than 40 active ingredients (Amad et al.,

2003; Sparks et al., 2015; Ulusoy et al., 2018). Aphids are capable of rapid reproduction and have a phenomenon called parthenogenetic telescopic generation in which embryos contain embryos (Moran, 1992). This represents millions of clones of aphids reproducing from one aphid in one season (Dixon, 1989; Kersting et al., 1999). Telescopic generations have faster growth rates per unit of time compared to mites (Leather & Dixon, 1984; Dixon, 1989). This effect undoubtedly has an important effect on the development of resistance. The reason is that fast-

growing generations are exposed to more insecticides and develop resistance more quickly (Roush & McKenzie, 1987). Also, these genes do not decrease due to the absence of crossing-over between generations with parthenogenetic reproduction (Wool & Hales, 1997). Considering the biology of this organism, over-spraying and resistance development emerge as an inevitable situation. Resistance levels are a key factor in chemical control and are important not only in terms of the use of prevalence and intensity of insecticide but also in terms of the use of effective control methods. Bioassay methods for this purpose reveal probit curves (log-concentration probit lines) by examining the dose and mortality rates between standard and resistant populations and provide a basis for comparison. Various methods and reports have been studied for insecticide resistance and toxicity tests since the 1970s. In these studies, aphids form exposure to insecticides by direct insecticide contact, by dipping or spraying the leaves of the host plant with different doses of pesticides. Afterward, the dose of mortality rate is determined at different time intervals such as 1, 2, 24, 48 or 72 hours, and the resistance levels are determined as a result of comparison with the reference population (Anonymus, 1979; Hama, 1987; SAS, 1988; Suzuki et al., 1993; McKenzie et al. 1994; IRAC, 2015). Different findings on-time reliability and efficiency were obtained in different bioassay methods tested on *A. gossypii* (Gerami & Heidari, 2013). Due to the easy application of *A. gossypii* bioassays, the method of leaving residue on the leaf as in the IRAC, 2015 is widely preferred. Aphids are small, soft-bodied individuals, and easy damaged during operations such as dipping in pesticides and overflowing. In this method, which is carried out in the form of leaf immersion in some insecticide groups, *A. gossypii* individuals are transported on the leaf discs that have been left with pesticide residue, and the dose-death ratio is determined after 72 hours. It has been reported that bioassay findings may vary depending on nutrition, by taking into account the nutrition, by taking into account the nutritional and starvation condition of the organism in determining the mortality rates after 72 hours (Gerami & Heidari 2013). In addition, revealing the bioassay results of the leaf immersion method after a long period such as 72 hours is a weak point for fast results. The difficulty and reliability of the method is a matter of debate when long periods, feeding of the organism, stabilization of laboratory conditions, economic cost of air conditioning and infrastructure conditions are taken into account. In practice, it has been reported that as the dose increases, the mortality rate and the duration of death are shortened (El Kady et al., 2007; Flores et al., 2007). In this study, by increasing the application dose and shortening the time, the possibility and reliability of performing the current method in a shorter time were tested. For this

purpose, Acetamiprid and Imadacloprid from the neonicotinoid group, Dimethoate from the organophosphates group and L-cyhalothrin from the pyrethroids group, which are more preferred in the chemical control of *Aphis gossypii*, were used. In determining the level of resistance to these insecticides, the change in the resistance status was revealed by applying normal and high doses at different time intervals with the leaf dipping method. Thus, the result in a shorter time up to 3 hours and the change in resistance levels of the commonly preferred valid method, which results in 72 hours, were examined.

## MATERIAL METHOD

Insects; *Aphis gossypii* individuals were randomly collected in three different cotton fields from Adana, Turkey in 2018. The population of the pest was cultured in the climate room at  $22 \pm 1$  °C, % 60 RH, 12:12 LD photoperiod on cotton plants in Adana Biological Control Research Institute. Wingless adult aphid individuals were used in all studies. *Aphis gossypii* individuals were identified and classified with morphological methods by Dr. Işıl Özdemir at the Directorate Of Plant Protection Central Research Institute, Ankara, Turkey.

### The determination of lethal concentrations of Insecticides

The commercial formulations of Acetamiprid, Dimethoate, Imidacloprid, and L-cyhalothrin were used during bioassay experiments. IRAC No. 019 (IRAC, 2015) and modifications of this method have been used for this study. Doses, which killed the %95 of the population in 72 hours, were preferred in the first method. In addition, higher doses, which killed %95 of the population in 120 minutes (2 hours), were chosen for the second method. Six different insecticide doses, control were used with 3 replications in this study. The distilled water was used for control. The preparations of insecticide doses were prepared with the mixture of %0.1 tritonX. Petri dishes (30 mm diameter) were used and fresh cotton leaves were cut and placed into Petri dishes. Cotton leaves were dipped in insecticide solution for 15 seconds and dried in a fume hood. According to the first method, leaves were dried for 15-20 minutes in fume hood. According to the second method, leaves were dried for 30-40 minutes except L-Cyhalothrin. Due to dense formulations of L-Cyhalothrin, leaves dried about 60-70 minutes. Cotton leaves with insecticide were placed into Petri dishes with %1.5 agar. Each Petri dish included 20 wingless aphid individuals. Counting was done 72 hours later for the first method, and 2 hours later for the second method differently. The lowest LC<sub>50</sub> levels of populations were determined as susceptible for the determination of the resistance rate between populations.

### The determination of lethal time levels

According to the results of two bioassay methods of LC<sub>50</sub> values, a higher one-dose application was done to all populations and LT<sub>50</sub> levels were detected. 40 ppm (0.04 mg/L) and 350 ppm (0.35 mg/L) for Acetamiprid, 12 ppm (0.012 mg/L) and 120000 ppm (120 mg/L) for Dimethoate, 40 ppm (0.04 mg/L) and 40000 ppm (40 mg/L) for Imidacloprid, 100 ppm (0.1 mg/L) and 40000 ppm (40 mg/L) for L-cyhalothrin were applied during normal and higher dose experiments. The counting was done 0., 9., 12., 32., 46., 56. and 72. hours for the first method and other counting were done at 30., 60., 75., 90. and 120. minutes for the second method.

### Statistical analysis

LC<sub>50</sub> and LT<sub>50</sub> Dose, and Time-response regressions were computed using Polo-Plus computer program (LeOra Software, Berkeley, CA, USA). To estimate the LC<sub>50</sub> (lethal dose to kill 50% of the test population), resistance factors were calculated by dividing the LC<sub>50</sub> of the field-collected population by the LC<sub>50</sub> of the susceptible population.

## RESULT and DISCUSSION

Bioassay LC<sub>50</sub> analysis results obtained by leaf dipping method are given in Table 1. In the bioassay tests applied against four insecticides, the lowest LC<sub>50</sub> values were observed in the 3rd population. In the determination of the resistance rates, the 3rd population was taken as a reference as a susceptible population. RR<sub>50</sub> values were found by proportioning the LC<sub>50</sub> values of the resistant population to susceptible population in both methods where the count was made after 72 hours and 2 hours (120 minutes) (Table 1). Although this rate varies according to the insecticide type, it was found as 1.15 times in the lowest imidacloprid and 2.82 times in the highest acetamiprid in the 1st population. In method II the IRAC method was tested by modifying, it was observed that the most sensitive population was again the 3rd population in parallel with the first method. Since high doses were used in the method II, LC<sub>50</sub> levels were observed at a very high rate. When the resistance ratios were examined, the population no 2 had the lowest resistance rate against dimethoate at 1.11 times, and the population of the no 1 had the highest resistance rate at 2.61 times. Although the RR<sub>50</sub> ratios vary in both methods, it was seen that the data were close to each other. With a single dose application, probit curves were drawn and LT<sub>50</sub> levels were calculated by counting at different times in both methods, (table 2). In the first method where lower doses were applied, the fastest death occurred in population 3 with 11.3 hours. It has been found that L-cyhalothrin had the slowest mortality rate in population 2 with 37.2 hours. In the method II, the lowest LT<sub>50</sub> rate was observed in acetamiprid with 32.3 min, and

the highest LT<sub>50</sub> level was observed in imidacloprid with 66.7 min., the variation of mortality rates of populations with different insecticides at constant dose versus time was plotted in the method I and method II (figure 1). Bioassays of different groups of insecticides were tested on *A. gossypii* populations by leaf dipping method at different doses and time intervals. As a result of the comparison of the resistance ratios of the two methods, the resistance ratio changed between 1 to 2 fold. LC<sub>50</sub> and RR<sub>50</sub> results were revealed (table 1). It was observed that the resistance rate of acetamiprid decreased from 2.82 to 1.85 for the 1st population between the two methods while the dimethoate increased from 1.83 to 2.61 and there was a proportional difference of approximately 1.5 times. For other insecticides, it was found that these ratios vary between 0.7 and 1.3. When the relationship between resistance rate and resistance indicator was examined in different studies, it was seen that they had close approaches. Leong et al., 2020, reported that a resistance range of 1-10 times would not be considered resistant in the management against woodworms and insecticides. It also reported that a range of 1-10 times would not be considered resistant, similar to the resistance scale made in mites (Kim et al., 2004; Martínez et al., 2021). It has been revealed that the management of citrus fruits and mealybugs will not be resisted at a range of 1-10 times (Venkatesan et al., 2016). In resistance studies, the LC<sub>50</sub> value of the susceptible population is an important reference in demonstrating the necessity of resistance management. In this study, the changing levels of the resistance rates obtained in the 72-hour and 120-minute leaf dipping bioassay methods were revealed. Considering the previous references, it has been found that there was a resistance ratio between 1 and 10 times in common in both methods. When the sensitive population was taken as a reference, it was understood that there was no effective resistance to the insecticides used among these populations. Although the sensitivity of the sensitive population shows the possibility of revealing a different situation related to the level of resistance, it has been concluded that there will be no change in the resistance rates by applying the two methods to all populations at the same time, that is, the results are homogeneous. When LT<sub>50</sub> ratios were examined, it was found that the same insecticides had a faster lethal effect depending on time at higher doses (table 2, figure 1). different insecticides have different LT<sub>50</sub> durations and considering the mechanism of action and physiological effects of insecticides on insects in addition to higher doses will provide a more accurate conclusion. In addition, it was observed that the LT<sub>50</sub> levels of the population no 3, which were thought to be susceptible, were higher in 72-hour applications of acetamiprid and dimethoate compared to the population no 1 and 2, which were thought to be resistant. In the emergence of this

situation, it can be concluded that population has a heterogeneous population structure arising from individuals reproducing clonally and having identical or very similar genetic structures, it has been reported in different sources that physiological changes in metabolic and enzyme levels may cause this heterogeneity in death time (Field et al., 1999; Ranson & Hemingway, 2005; Li et al., 2007; Bass & Field,

2011). When comparing the toxic effects of insecticides in terms of duration, more accurate results can be obtained by comparing the mortality time per unit active substance over homogeneous populations. Gerami & Heidari, (2013), showed that mortality changed, in terms of reliability in determining LC<sub>50</sub> rates, depending on the prolongation of time and fasting status in bioassay trials.

Table 1. LC<sub>50</sub>, LC<sub>90</sub> values rates of Acetamiprid, Dimethoate, Imidacloprid, L-cyathothrin of *Aphis gossypii*  
 Çizelge 1. *Aphis gossypii* populasyonu Acetamiprid, Dimethoate, Imidacloprid, L-cyathothrin LC<sub>50</sub>, LC<sub>90</sub> değerleri

Insecticide	n	P	LC <sub>50</sub> (ppm) (CI)	LC <sub>90</sub> (ppm) (CI)	Slope (± SE)	X <sup>2</sup>	RR <sub>50</sub>
<i>72 h exposure</i>							
Acetamiprid	380	No:1	20.39 (11.98-31.98)	117.78 (62.72- 560.70)	1.68±0.40	1.68	<b>2.82</b>
	368	No:2	9.54 (4.00-16.50)	83.48 (38.92-723.6)	1.36±0.37	1.73	<b>1.32</b>
	370	No:3	7.22 (2.56-12.47)	62.64 (30.40-502.20)	1.36±0.38	0.18	-
Dimethoate	360	No:1	5.68 (2.15-9.44)	26.42 (14.72-142.69)	1.92±0.35	5.05	<b>1.83</b>
	370	No:2	5.55 (2.29-8.32)	25.38 (17.11-59.05)	1.94±0.48	2.99	<b>1.79</b>
	374	No:3	3.10 (0.44-5.45)	14.10 (9.22-31.83)	1.95±0.60	1.81	-
Imidacloprid	368	No:1	13.18 (5.22-23.68)	164.73 (66.44-350.12)	1.16±0.33	1.56	<b>1.15</b>
	380	No:2	19.39 (8.71-39.51)	272.68 (92.76-648.23)	1.11±0.34	1.16	<b>1.69</b>
	390	No:3	11.43 (3.12-32.59)	155.32 (167.82-62905)	0.73±0.20	0.28	-
L-Cyathothrin	360	No:1	32.33 (3.88-63.38)	763.20 (282- 1200.4)	0.93±0.30	0.53	<b>1.25</b>
	380	No:2	40.14 (8.99-65.9)	212.65 (133.3-786.3)	1.77±0.53	1.18	<b>1.55</b>
	370	No:3	25.77 (5.11-47.1)	317.03 (161.2-522.9)	1.17±0.33	2.71	-
<i>120 min exposure</i>							
Acetamiprid	380	No:1	289.84 (154.26-420.20)	1372.51 (939.22- 2652.61)	1.89±0.37	0.75	<b>1.85</b>
	368	No:2	215.60 (86.96-339.05)	1164.34 (780.13-2347.71)	1.75±0.38	1.34	<b>1.37</b>
	370	No:3	156.61 (39.47-280.68)	1090.09 (696.29-2354.08)	1.52±0.36	1.19	-
Dimethoate	360	No:1	84471.89 (64542.32-124817.1)	309201.30 (178919.9-816627.8)	2.274±0.61	0.14	<b>2.61</b>
	370	No:2	35935.75 (10873.14-51712.16)	184359.71 (112170.89-340322.5)	1.80±0.59	0.05	<b>1.11</b>
	374	No:3	32360.61 (13008.25-45100.4)	121720.29 (85683.50-333523.65)	2.22±0.64	0.64	-
Imidacloprid	368	No:1	17183.59 (8650.4-38509.1)	88085.63 (39066-162879.1)	1.80±0.31	6.66	<b>1.07</b>
	380	No:2	21643.53 (11315.4-53295.8)	90214.33 (41238.6-178060.1)	2.06±0.33	7.82	<b>1.35</b>
	390	No:3	15948.54 (8718.8-63839.6)	86569 (33746.9-1052308)	1.82±0.36	3.73	-
L-Cyathothrin	360	No:1	15570.85 (10431.24-32278.9)	136893.5 (51350.5-268833.7)	1.35±0.42	0.49	<b>1.36</b>
	380	No:2	16336.61 (11386.7-31338.5)	117399.36 (48999.4-242368.8)	1.49±0.43	0.61	<b>1.42</b>
	370	No:3	11447.45 (7344.3-17860.4)	86170.64 (39051.9-105588.9)	1.46±0.42	0.04	-

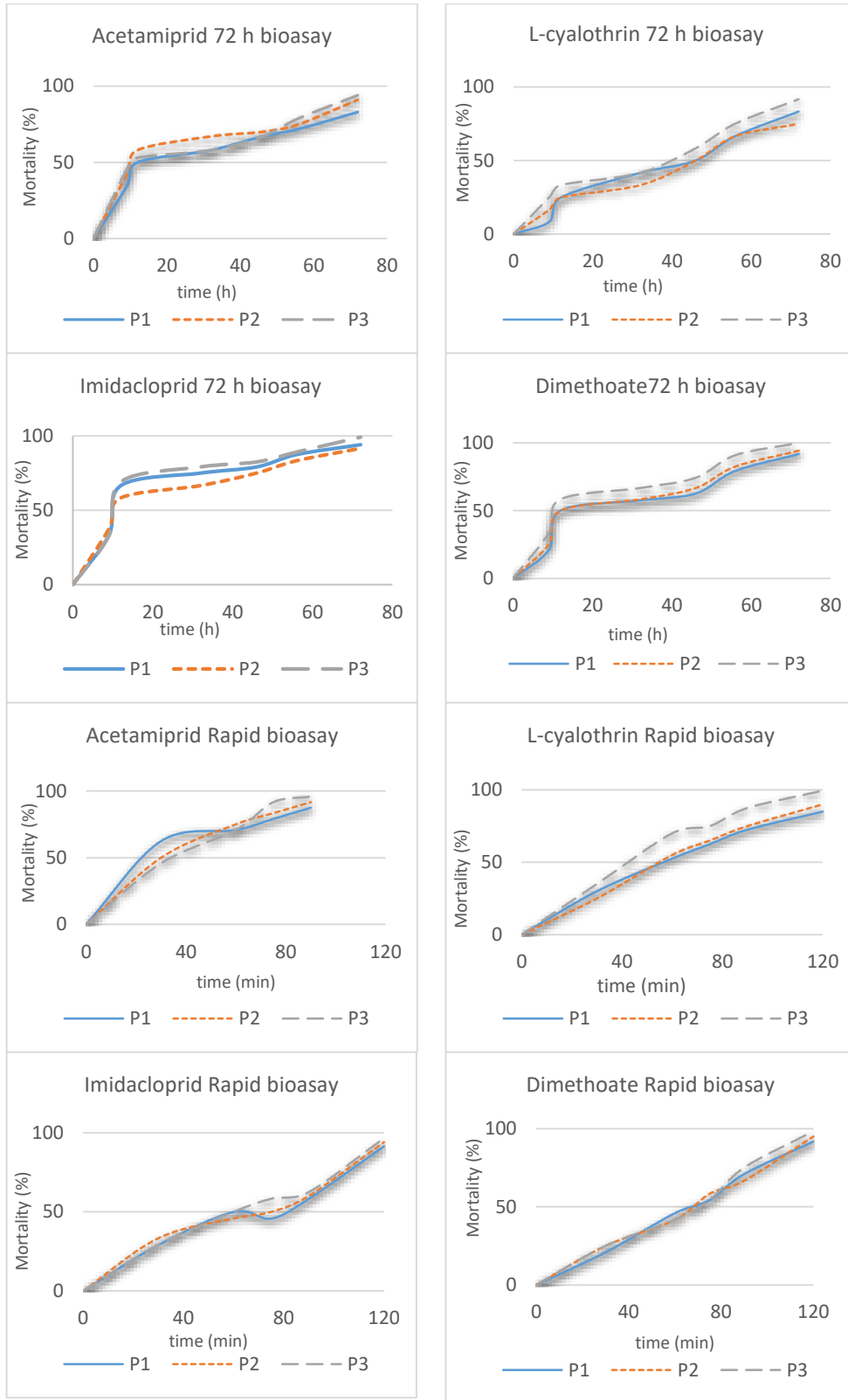


Figure1. Different *A. gossypii* populations mortality-time slope at different insecticide doses  
Şekil 1. *A. gossypii* popülasyonlarının farklı insektisit dozlarında ölüm-zaman değişimi

Table 2. LT<sub>50</sub> values of Acetamiprid, Dimethoate, Imidacloprid, L-cyathothrin of *Aphis gossypii*  
Çizelge 2. *Aphis gossypii* populasyonu Acetamiprid, Dimethoate, Imidacloprid, L-cyathothrin LT<sub>50</sub> değerleri

Insecticide	P	72 hour			120 minute		
		LT <sub>50</sub> (hour) (CI)	Slope (± SE)	X <sup>2</sup>	LT <sub>50</sub> (minute) (CI)	Slope (± SE)	X <sup>2</sup>
Acetamiprid	No:1	16.59 (4.85-27.4)	1.41±0.46	1.73	32.36 (11.24-44.97)	3.10±0.99	0.88
	No:2	14.51 (3.62-24.10)	1.42±0.37	2.76	37.76 (19.77-49.46)	3.51±0.99	1.25
	No:3	17.09 (9.09-24.82)	2.00±0.50	3.40	35.33 (19.57-45.40)	4.22±1.23	1.22
Dimethoate	No:1	16.59 (4.85-27.40)	1.41±0.35	1.73	56.73 (35.57-74.71)	2.93±0.90	1.14
	No:2	19.79 (10.76-29.10)	1.90±0.49	3.10	59.08 (38.86-77.77)	2.99±0.91	1.60
	No:3	18.02 (8.29-27.51)	1.71±0.48	2.28	55.51 (36.83-71.21)	3.24±0.92	1.34
Imidacloprid	No:1	11.39 (4.47-17.38)	1.99±0.53	2.80	63.32 (41.62-87.03)	2.77±0.89	2.49
	No:2	13.33 (3.67-21.74)	1.53±0.48	1.35	66.72 (48.94-87.10)	3.34±0.96	1.82
	No:3	11.06 (3.12-17.85)	1.72±0.50	1.77	52.52 (25.09-72.26)	2.47±0.87	1.61
L-Cyathothrin	No:1	33.18 (21.20-54.37)	1.80±0.49	1.53	50.39 (32.60-63.86)	2.55±0.67	0.18
	No:2	37.27 (23.48-69.43)	1.65±0.48	1.44	52.57 (38.23-64.34)	1.49±0.43	0.61
	No:3	25.24 (14.53-39.10)	1.74±0.48	3.08	40.73 (27.03-50.68)	3.26±0.73	0.66

## CONCLUSION and RECOMMENDATIONS

Obtaining faster and more reliable results is an important factor in studies on resistance. The need for air conditioning for 72 hours compared to 120 minutes is another disadvantage of the method in terms of economy. Consequently, This study demonstrated the possibility of revealing resistance rates of the *A. gossypii* against different insecticides in as little as 120 minutes and will help to contribute to the development of faster and more economical bioassay methods.

## Statement of Conflict of Interest

Authors have declared no conflict of interest.

## REFERENCES

- Anonymus, (1979). Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides.—*PI. Prot. Bull. F.A.O.* 27, 29-55.
- Amad M., Arif, M. I. & Denholm, I. J., (2003). High resistance of field populations of the cotton aphid *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) to pyrethroid insecticides in Pakistan. *Journal of economic entomology*, 96(3), 875-878.
- Bass, C., & Field, L. M. (2011). Gene amplification and insecticide resistance. *Pest management science*, 67(8), 886-890.
- Dixon A. F. G. (1989). Parthenogenetic reproduction and the rate of increase in aphids. Aphids their biology, natural enemies and control. A. K. Minks and P. Harrewijn. Amsterdam, Elsevier. Volume A: 269-287.
- El Kady, G. A., El Sharabasy, H. M., Mahmoud, M. F., & Bahgat, I. M. (2007). Toxicity of two potential bio-insecticides against moveable stages of *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of applied sciences research*, 3(11), 1315-1319.
- Field, L. M., Blackman, R. L., Tyler-Smith, C., & Devonshire, A. L. (1999). Relationship between amount of esterase and gene copy number in insecticide-resistant *Myzus persicae* (Sulzer). *Biochemical journal*, 339(3), 737-742.
- Flores, A., Silva, G., Tapia, M., & Casals, P. (2007). Susceptibilidad de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) colectada en *Primula obconica* Hance y *Convolvulus arvensis* L. a acaricidas. *Agricultura técnica*, 67(2), 219-224.
- Gerami, S., & Heidari, A. (2013). Susceptibility of cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) to imidacloprid and thiametoxam based on different methods of exposure. *Int. J. AgriScience*, 3, 873-880.
- Hama, H. (1987). Insecticide resistance in aphids. *Shokubutsu-Boeki*, 41, 159-164.
- IRAC, (2015). Cotton Aphid (*Aphis gossypii*). (Web page: <http://www.ircac-online.org/documents/aphis-gossypii-irmposter>) (Date accessed: January, 2022).
- Kim, Y. J., Lee, S. H., Lee, S. W., & Ahn, Y. J. (2004). Fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): cross-resistance and biochemical resistance mechanisms. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 60(10), 1001-1006.
- Kersting, U., Satar, Serdar., & Uygun, N. (1999). Effect of temperature on development rate and

- fecundity of apterous *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae) reared on *Gossypium hirsutum* L. *Journal of Applied Entomology*, 123(1), 23-27.
- Leather, S. R., & Dixon, A. F. G. (1984). Aphid growth and reproductive rates. *Entomologia experimentalis et applicata*, 35(2), 137-140.
- Leong, X. Y., Singham, G. V., Shu-Chien, A. C., Doggett, S. L., & Lee, C. Y. (2020). Influences of exposure time and mortality assessment interval on bioassay results of insecticide-resistant tropical bed bugs (Hemiptera: Cimicidae). *Insects*, 11(9), 640.
- LeOra, (1987). POLO-PC: a user's guide to probit or logit analysis. LeOra Software Berkeley, CA.
- Li, X., Schuler, M. A., & Berenbaum, M. R. (2007). Molecular mechanisms of metabolic resistance to synthetic and natural xenobiotics. *Annu. Rev. Entomol.*, 52, 231-253.
- Lowery, D. T., & Smirle, M. J. (2003). Comparison of bioassay techniques for determining baseline susceptibilities to imidacloprid for green apple aphid (Homoptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology*, 96(6), 1864-1871.
- Lowery, D. T., & Smirle, M. J. (2003). Comparison of bioassay techniques for determining baseline susceptibilities to imidacloprid for green apple aphid (Homoptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology*, 96(6), 1864-1871.
- Martínez-Huasanche, F., Rodríguez-Maciel, J. C., Santillán-Galicia, M.T., Lagunes-Tejeda, A., Rodríguez, D., Toledo-Hernandez, R. & Silva-Aguayo, G. (2021). Rapid Bioassay for Detection of Acaricide Resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Entomological Science*, 56(2), 246-255.
- McKenzie, C. L., Cartwright, B., Karner, M., & Allen, C. T. (1994). Progress on validation of field bioassay to predict efficacy of insecticides against cotton aphid. In Beltwide Cotton Conferences (USA).
- Moran, N. A. (1992). The evolution of aphid life cycles. *Annual review of entomology*, 37(1), 321-348.
- Nauen, R., & Elbert, A. (1997). Apparent tolerance of a field-collected strain of *Myzus nicotianae* to imidacloprid due to strong antifeeding responses. *Pesticide Science*, 49(3), 252-258.
- Ranson, H. & Hemingway, J. (2005). Mosquito glutathione transferases. *Methods in Enzymology*, 401: 226-241.
- Roistacher, C. N., Bar-Joseph, M., & Gumpf, D. J. (1984). Transmission of tristeza and seedling yellows tristeza virus by small populations of *Aphis gossypii*. *Plant Disease*, 68(6), 494-496.
- Roush, R. T., & McKenzie, J. A. (1987). Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. *Annual review of entomology*, 32(1), 361-380.
- SAS Institute Inc. (1988). SAS/STAT User's Guide, Release 6.03 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc., pp. 1028.
- Sparks, T. C., & Nauen, R. (2015). IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide biochemistry and physiology*, 121, 122-128.
- Suzuki, K., Hama, H., & Konno, Y. (1993). Carboxylesterase of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae), responsible for fenitrothion resistance as a sequestering protein. *Applied Entomology and Zoology*, 28(4), 439-450.
- Ulusoy, S., Atakan, E., & Dinçer, S. (2018). Neonicotinoid resistance of *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) in cotton fields of Çukurova region, Turkey. *Turkish journal of entomology*, 42(1), 23-31.
- Venkatesan, T., Jalali, S. K., Ramya, S. L., & Prathibha, M. (2016). Insecticide resistance and its management in mealybugs. *Mealybugs and their Management in Agricultural and Horticultural crops*, 223-229.
- Wool, D., & Hales, D. F. (1997). Phenotypic plasticity in Australian cotton aphid (Homoptera: Aphididae): host plant effects on morphological variation. *Annals of the Entomological Society of America*, 90(3), 316-32.



## Patates böceği *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae)'nin Popülasyon Takibi ve Teorik Döl Sayısının Belirlenmesi

Sedat AKÇIN<sup>1</sup>, Gülay KAÇAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bolu <sup>2</sup>Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Bolu.

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-9800-8286>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-6800-6607>

✉: gulaysahan@yahoo.com

### ÖZET

Bu çalışma, patatesin en önemli zararlılarından biri olan Patates böceği *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae)'nin 2020 ve 2021 üretim sezonlarında Bolu il merkezindeki dört adet patates tarlasında yürütülmüştür. Patates üretim sezonu boyunca gerçekleştirilen yumurta, larva ve ergin popülasyon takiplerinde ilk olarak erginler 14.05.2020 tarihinde; ikinci yıl ise 18.05.2021 tarihinde tespit edilmiştir. Zararlının larva ve ergin dönemlerinin en yüksek popülasyon seviyesine ulaştığı aylar, Bolu ilindeki beşer günlük (pentat) hava sıcaklık ortalamalarının en yüksek düzeye ulaştığı temmuz ve ağustos ayları olarak belirlenmiştir. Patates böceği'nin gelişme eşiği ve termal konstant değerleri ile yapılan hesaplamada 2020 yılı için Bolu ilinde yılda 2.75 teorik döl verdiği bulunmuştur.

### Bitki Koruma

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 11.04.2023

Kabul Tarihi : 01.08.2023

### Anahtar Kelimeler

Patates böceği

*Leptinotarsa decemlineata*

Popülasyon takibi

Teorik döl sayısı

Döl sayısı

## Theoretical Progeny and Population Monitoring Studies of the Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae)

### ABSTRACT

In this study, the population monitoring of the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae), which is one of the most important pests of potatoes, was carried out in four potato fields selected from the central plain of Bolu in the production seasons of 2020 and 2021. In the population monitoring of larvae and adults was carried out during the potato production season, and the adults were first detected on 14.05.2020; and on 18.05.2021 in the second year. The highest population level of the larvae and adults reached in July and August, at the highest pentate temperature level of Bolu province between 2020 and 2021. According to the development threshold and thermal constant of the Colorado potato beetle, it is a theoretical progeny of 2.75 offspring per year in Bolu for 2020.

### Plant Protection

### Research Article

### Article History

Received : 11.04.2023

Accepted : 01.08.2023

### Keywords

Colorado potato beetle

*Leptinotarsa decemlineata*

Population monitoring

Theoretical progeny

Number of progeny

**Atf İçin :** Akçın, S., & Kaçar, G., (2024). Patates böceği *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae)'nin Popülasyon Takibi ve Teorik Döl Sayısının Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (2), 351-361. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1280991

**To Cite:** Akçın, S., & Kaçar, G., (2024). Theoretical Progeny and Population Monitoring Studies of the Colorado Potato Beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). *KSU J. Agric Nat* 27 (2), 351-361. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1280991.

### GİRİŞ

Patates (*Solanum tuberosum* L.), yüksek kullanım olanaklarına sahip yumruları için dünyada yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan tek yıllık bir kültür bitkisidir. Patatesin gen merkezinin And dağları, Şili'den Meksika'ya kadar uzanan bölge ve Peru sahilleri olduğu bildirilmiştir (Onaran ve ark., 2000; Kadakoğlu ve Karlı, 2022). Dünya ülkeleri arasında sırasıyla Çin, Hindistan, Rusya, Ukrayna ve Amerika

Birleşik Devletleri (ABD) en çok patates yetiştiriciliğinin yapıldığı ülkeler arasında yer almakta olup, Türkiye 140.766 ha alanda dünya patates üretiminde 17. sırada yer almaktadır (FAO, 2019). Patates üretiminde verim kayıplarına neden olan birçok zararlı böcek türü bulunmaktadır. Bu türler arasında Patates böceği *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae), Patates güvesi *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae), Yeşil şeftali yaprakbiti

*Myzus persicae* Sulzer ve Patates yaprakbiti *Macrosiphum euphorbiae* Thomas (Hemiptera: Aphididae), Bozkurt *Agrotis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae), Telkurdu *Agriotes* spp. (Coleoptera: Elateridae), Yaprak pirelerinden *Empoasca decipiens* Paoli ve *Asymmetrasca decedens* Paoli (Hemiptera: Cicadellidae), bazı akar ve trips türleri yer almaktadır (Anonim, 2017; Güney, 2019). *Leptinotarsa decemlineata*'nın erginleri 1 cm boyunda, sarımsı turuncu renkli olup elitralarında beşer adet siyah bant bulunmaktadır. Dört larva döneminden sonra toprakta pupa dönemini geçirdiği, bir dişi Patates böceği'nin yaşamı boyunca 300-800 adet yumurta bırakabildiği belirlenmiştir (Harcourt, 1971). Dünyada yapılan çalışmalarda zararlının Meksika'da yılda 2-3 döl, Fransa, Hollanda ve Estonya'da ise yılda 1-2 döl verdiği belirlenmiştir (Aitkenhead, 1981; Cappaert ve ark., 1991; Hiiesaar ve ark., 2014). Türkiye'de ise zararlının yılda 1-4 döl verdiği tespit edilmiştir (Atak, 1973; Uygun ve Karaca, 2015; Doğan ve Karaca, 2020). Boiteau ve ark. (2008) ise Patates böceği'nin ABD'de 31 Mayıs'tan önce kışlama döneminden çıkmaya başladığını belirtmişlerdir. Gürkan ve Boşgelmez (1984), Ankara'da *L. decemlineata*'nın mayıs ayından itibaren görülmeye başladığını bildirmişlerdir. Konukçuları arasında başlıca patates ve patlıcan (*Solanum melongena* L.)'in yanısıra tütün (*Nicotiana tabacum* L.), domates (*Lycopersicon esculentum* M.) gibi Solanaceae familyasındaki kültür bitkileri ve bazı yabancı *Solanum* spp. türleri kaydedilmiştir (Kekillioğlu ve Yılmaz, 2018). *Leptinotarsa decemlineata*'nın ilkbaharda patates bitkisinin toprak yüzeyine çıkmaya başladığı dönemden itibaren, vejetasyon süresi boyunca yaprakları oburca

tüketerek, %20-100 arası zarara neden olabildiği bildirilmiştir (Oerke ve ark., 1994; Alyokhin, 2009).

Bu çalışmada, Bolu'da yoğun patates üretimi yapılan merkez ovasında dört patates tarlasında iki yıl boyunca Patates böceği'nin popülasyonu izlenmiştir. Böylelikle zararlının yılda ilk çıkış zamanı, üretim sezonu boyunca saptanan en yüksek popülasyon zamanı ve tahmini döl sayısı ortaya konulmuştur.

## MATERYAL ve METOD

Bu çalışma, Bolu ilinde 2020 ve 2021 yılları arasında iki yıl boyunca yürütülmüştür. Çalışma, Bolu merkezden 2 adet kuzey köylerinden (Yeniakçakavak, Alıçören), 2 adet güney köylerinden (Doğancı, Taşoluk) toplam 4 adet patates tarlasında yürütülmüştür (Şekil 1). Her tarlada *Agria* cinsi patates yetiştirilmiştir. Her patates tarlası için sıra arası mesafe 70 cm, sıra üzeri mesafe ise 35 cm olacak şekilde ekim yapılmıştır. Belirlenen patates tarlalarının ilaçlamaları, ilaçlama sayısı, ilaçlama zamanı, etkili madde gibi konularda çiftçi şartlarına herhangi bir müdahalede bulunulmamıştır. Çiftçi şartlarında yapılan ilaçlamalarda kullanılan insektisitlerin etkili maddeleri Çizelge 1' de gösterilmiştir. Sayımlar patatesin vejetasyon süresince, toprak yüzeyine çıkmaya başladığı andan itibaren haftalık olarak yapılmış olup; her sayım tarihinde her bir patates tarlasına köşegenler doğrultusunda girilerek tesadüfi olarak seçilen on noktada sıra üzeri 1 metrede tüm bitkilerde bulunan *L. decemlineata*'nın yumurta, larva ve ergin sayıları kaydedilmiştir (Hardling ve ark., 2002; Anonim, 2017).

Çizelge 1. Popülasyon takibi çalışmalarının yürütüldüğü patates tarlalarında kullanılan insektisitler  
*Table 1. Insecticides used in potato fields where population monitoring studies are carried out*

Lokasyon (Location)	İlaçlama sayısı (Number of insecticide applications)	Etkili madde (Active ingredient)	İlaçlama sayısı (Number of insecticide applications)	Etkili madde (Active ingredient)
	2020 yılı		2021 yılı	
Doğancı	1	Deltamethrin	3	Chlorantraniliprole
Taşoluk	3	Metaflumizone, Chlorantraniliprole	4	Chlorantraniliprole Lambda-cyhalothrin
Yeniakçakavak	2	Metaflumizone	3	İmidacloprid, Alfa Cypermethrin
Alıçören	4	Metaflumizone, Chlorantraniliprole, Acetamiprid	2	Acetamiprid

## Çalışma Alanlarının Özellikleri

Popülasyon takibi çalışmalarında 2020 ve 2021 yıllarında haftalık kontrolleri gerçekleştirilen patates tarlalarının özellikleri Çizelge 2 ve Çizelge 3'te gösterilmiştir.

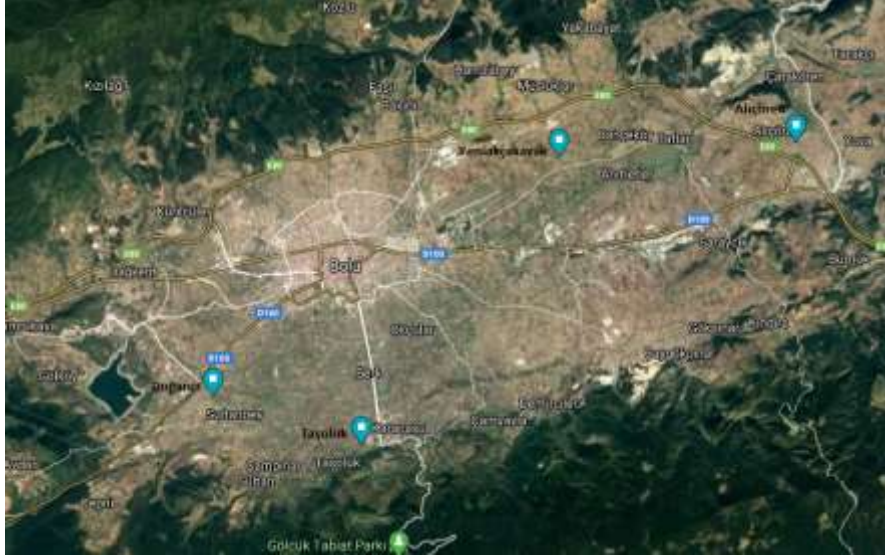
## Patates böceği'nin Teorik Döl Sayısının Belirlenmesi

*Leptinotarsa decemlineata*'nın yılda verdiği döl sayısının belirlenmesi için

" $t (T - C) = Th. C.$ " termal konstant formülüne göre:  
 $t$  : Gelişme Süresi,  $T$  : Ortam Sıcaklığı,  $C$  : Gelişme Eşiği,  $Th. C.$  = Termal Konstant değeridir (Kansu, 2000; Kipyatkov ve Lopatina, 2010).

*Leptinotarsa decemlineata*'nın döl sayısının belirlenmesinde Gürkan ve Boşgelmez (1984), Uygun ve Karaca (2015) ile Doğan ve Karaca (2020)'nin Atak (1973)'a atfen kullandığı, zararlının gelişme eşiği için

12.8 °C, termal konstantı için 336 günderece değerleri kullanılmıştır. Hesaplama kullandığımız hava sıcaklığı değerleri Bolu Meteoroloji Bölge Müdürlüğünden alınmıştır.



Şekil 1. Bolu'da popülasyon takibi çalışmalarının yürütüldüğü lokasyonların uydu görüntüsü (Googleearth, 2022)  
Figure 1. Photo of the locations where the population monitoring were carried out in Bolu (Googleearth, 2022)

Çizelge 2. Popülasyon takibi çalışmalarının yürütüldüğü patates tarlalarının özellikleri, 2020

Table 2. Characteristics of potato fields where the population monitoring were carried out in 2020

Lokasyon (Location)	Alanı (da) (Area) (da)	Koordinat Coordinate	Ekim Zamanı (Planting Date)	Önceki Ürün (Previous Crop)
Doğancı	5.843	40°41'51.1"N 31°33'43.8"E	25 Mart 2020	Dane mısır
Taşoluk	4.399	40°41'05.0"N 31°36'49.3"E	24 Nisan 2020	Buğday
Yeniakçakavak	2.714	40°45'39.0"N 31°40'58.7"E	10 Nisan 2020	Dane mısır
Alçören	4.541	40°41'05.0"N 31°36'49.3"E	5 Nisan 2020	Buğday

Çizelge 3. Popülasyon takibi çalışmalarının yürütüldüğü patates tarlalarının özellikleri, 2021

Table 3. Characteristics of potato fields where population monitoring were carried out in 2021

Lokasyon (Location)	Alanı (da) (Area) (da)	Koordinat Coordinate	Ekim Zamanı (Planting Date)	Önceki Ürün (Previous Crop)
Doğancı	4.185	40°41'55.5"N 31°33'40.0"E	5 Nisan 2021	Buğday
Taşoluk	7.454	40°41'07.7"N 31°36'10.8"E	25 Nisan 2021	Buğday
Yeniakçakavak	10.152	40°45'16.2"N 31°40'38.2"E	12 Nisan 2021	Buğday
Alçören	2.455	40°45'54.3"N 31°45'59.4"E	10 Nisan 2021	Buğday

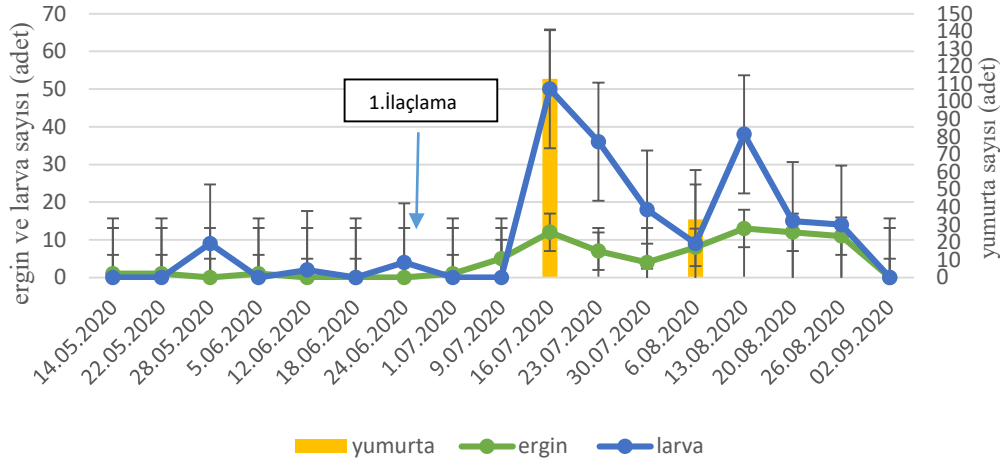
## BULGULAR ve TARTIŞMA

Doğancı lokasyonunda bulunan patates tarlasındaki çalışmalarda 2020 yılında Patates böceği'nin ilk olarak görülme tarihi 14 Mayıs olarak tespit edilmiştir. Bu tarihte Bolu ilinde pentat hava sıcaklığı ortalaması 18.56 °C, pentat nispi nem ortalaması %54.76 olarak bulunmuştur. Doğancı lokasyonundaki tarlada

zararlının yumurta, larva ve ergin sayılarının en yüksek popülasyon seviyesine ulaştığı dönem (17 adet ergin, 50 adet larva, 113 adet yumurta) 16 Temmuz 2020 tarihine denk gelmiş olup, bu tarihte pentat hava sıcaklığı ortalaması 19.98 °C, pentat nispi nem ortalaması %77.24 olarak bulunmuştur (Şekil 2 ve 6). Popülasyon takibi yürütülen tarlalar arasında 2020

yılında, Doğançı lokasyonundaki patates tarlası en yüksek popülasyona sahip tarla olarak (76 adet ergin, 195 adet larva) belirlenmiştir. Bunun nedeninin kontrolü gerçekleştirilen patates tarlaları arasında en

az insektisit uygulanan tarla olması ve çevresinde Patates böceği bulaşmasına ortam sağlayabilecek patates tarlalarının mevcut olması nedeniyle olduğu düşünülmüştür.

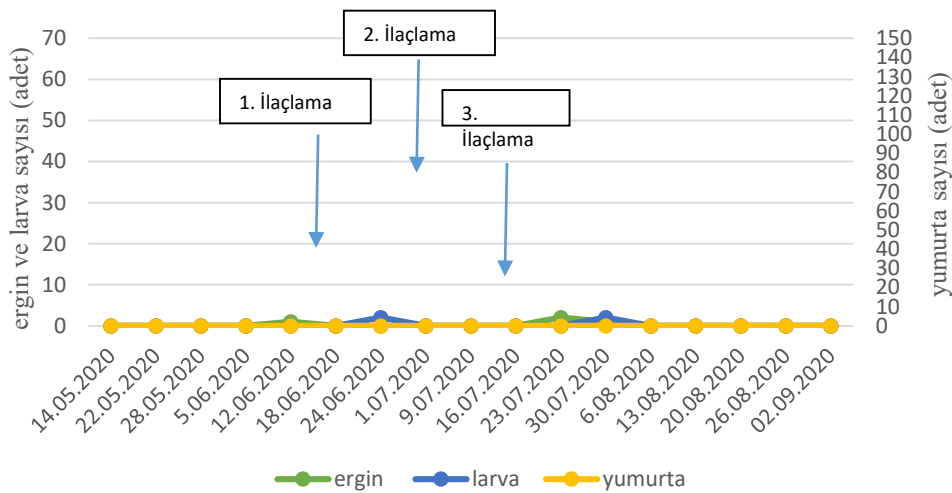


Şekil 2. Doğançı lokasyonunda bulunan tarlada 2020 yılında *Leptinotarsa decemlineata*'nın popülasyon değişimi (I: Standart sapma)

Figure 2. The population dynamic of *Leptinotarsa decemlineata* in Doğançı, 2020 (I: Standard deviation)

Taşoluk lokasyonundaki tarlada yürütülen popülasyon takibi çalışmalarında ilk yıl Patates böceği'nin ergini 12 Haziran tarihinde (1 adet), larva dönemi ise 24 Haziran tarihinde (2 adet) belirlenmiş olup, bu tarihlerden itibaren Patates böceği'nin popülasyonunda dikkate değer bir değişim gerçekleşmemiştir (Şekil 3). Zararlının ergin döneminin ilk olarak tespit edildiği tarihte pentat hava sıcaklığı ortalaması 15.1 °C, pentat nispi nem ortalaması %86.38 olarak bulunmuştur (Şekil 6). Diğer sayım tarihlerinde zararlı nadiren bulunmuş olup,

yumurta dönemi ise bulunamamıştır. Taşoluk lokasyonundaki tarla popülasyon takibi yürütülen tarlalar arasından en az Patates böceği sayısına sahip tarla olarak belirlenmiştir. Bunun nedeni haziran ayında havaların ısınmasıyla iki haftalık periyotlarla sürdürülen insektisit uygulamalarından olabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca önceki üretim sezonunda aynı tarlada buğday yetiştirilmiş, buğdayın konukçusu olmaması ile bir sene önce kışlayan zararlının tarlada bulunmaması nedeniyle zararlının sayısının düşük olduğu kanısına varılmıştır.

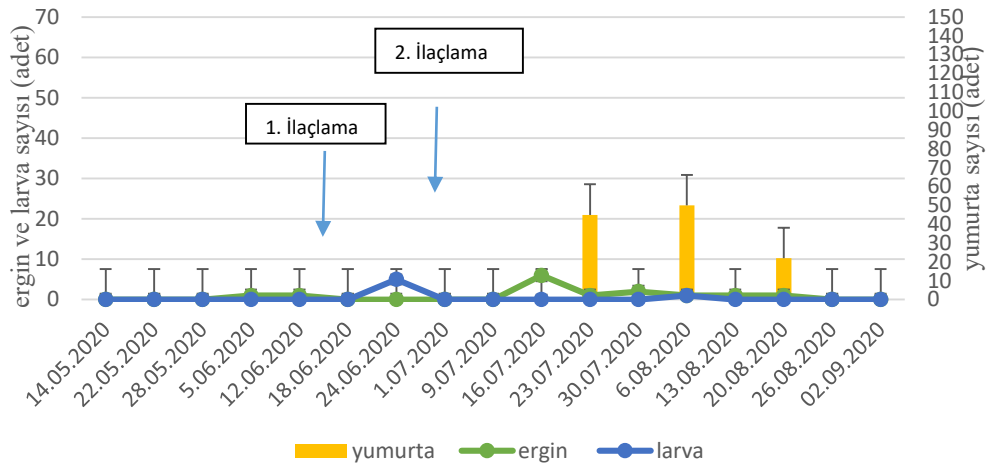


Şekil 3. Taşoluk lokasyonunda bulunan tarlada 2020 yılında *Leptinotarsa decemlineata*'nın popülasyon değişimi (I: Standart sapma)

Figure 3. The population dynamic of *Leptinotarsa decemlineata* in Taşoluk, 2020 (I: Standard deviation)

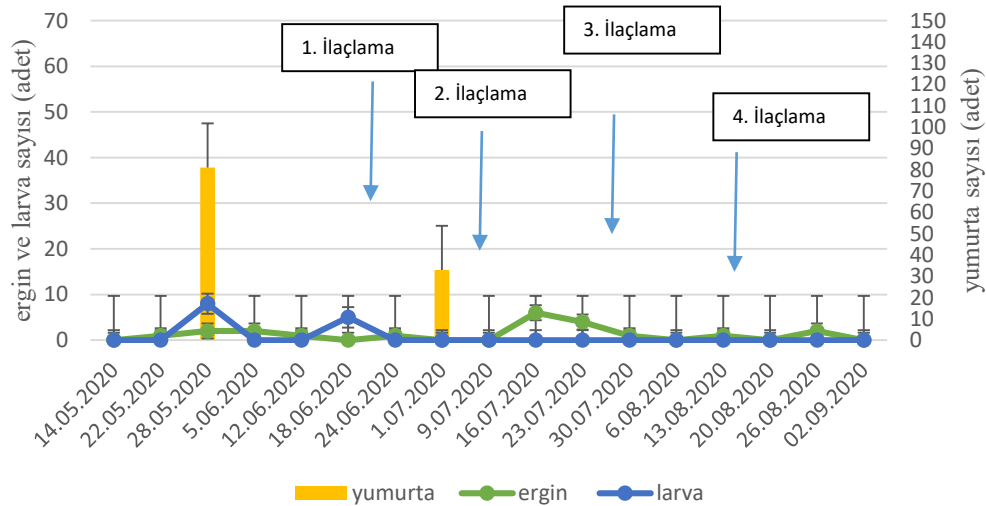
Yeniakçakavak lokasyonundaki tarlada yürütülen çalışmalarında ilk yıl Patates böceği ilk erginler haziran ayının başından itibaren tespit edilmeye başlanmıştır. Bazı haftalardaki kontrollerde Patates böceği'nin hiçbir dönemi belirlenmemiştir. Zararının ergin popülasyonunun en yüksek seviyeye (6 ergin) ulaştığı tarih 16 Temmuz 2020 olup, bu tarihte tespit edilen pentat hava sıcaklığı ortalaması 19.98 °C, pentat nispi nem ortalaması ise %77.24 olarak bulunmuştur (Şekil 4 ve 6). Bu tarlada zararının

popülasyonunda fazla değişim belirlenmemiştir. Bunun nedeni olarak, 15 Haziran ve 30 Haziran tarihlerinde yapılan insektisit uygulamaları, bir önceki sene dane mısır yetiştirilmesi ve patates bitkilerindeki fungal enfeksiyon nedeniyle bitkilerin ağustos ayının sonundan itibaren yeşil aksamlarının büyük çoğunluğunu kaybetmesi nedeniyle zararının çevredeki patates tarlalarına geçmesinden olduğu kanısına varılmıştır.



Şekil 4. Yeniakçakavak lokasyonunda bulunan tarlada 2020 yılında *Leptinotarsa decemlineata*'nın popülasyon değişimi (I: Standart sapma)

Figure 4. The population dynamic of *Leptinotarsa decemlineata* in Yeniakçakavak, 2020 (I: Standart deviation)



Şekil 5. Alıçören lokasyonundaki tarlada 2020 yılında *Leptinotarsa decemlineata*'nın popülasyon değişimi (I: Standart sapma)

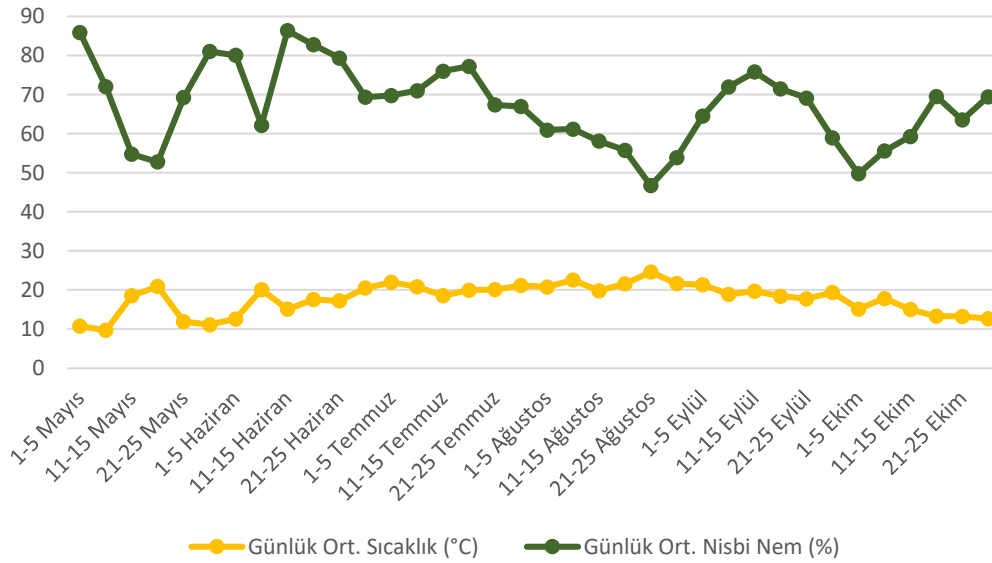
Figure 5. The population dynamic of *Leptinotarsa decemlineata* in Alıçören, 2020 (I: Standart deviation)

Alıçören lokasyonundaki tarlada gerçekleştirilen popülasyon takibi çalışmalarının ilk yılında ilk olarak erginler 22 Mayıs tarihinde tespit edilmiştir (Şekil 5). Zararlının larva dönemi sadece ikinci sayım haftasında 5 ve 8'er adet tespit edilmiştir. Bu tarihte pentat hava sıcaklığı ortalaması 11.9 °C, pentat nispi nem ortalaması %69.26 olarak belirlenmiştir (Şekil 6). Zararlının bu tarladaki popülasyon değişimi Yeniakçakavak lokasyonunda yürütülen çalışmalara benzer şekilde seyretmiştir. Alıçören lokasyonunda da zararlının popülasyonunda dikkate değer bir değişim belirlenmemiştir. Alıçören lokasyonundaki tarlada bir önceki üretim sezonunda buğday ekiminin yapılması ve 20 Haziran tarihinden itibaren yaklaşık olarak üçer haftalık periyotlarla dört adet insektisit uygulaması nedeniyle zararlının popülasyonunun düşük olduğu sonucuna varılmıştır.

Populasyon takibi yapılan tarlalar arasından 2021 yılında Patates böceği'nin erginleri ilk olarak Doğancı'da 18 Mayıs'ta tespit edilmiş olup, bu tarihte pentat hava sıcaklığı ortalaması 15.26 °C, pentat nispi nem ortalaması %65.32 olarak tespit edilmiştir (Şekil 7 ve 11). Daha sonraki sayımlarda zararlının ergin popülasyonunda dikkate değer bir değişim

saptanmıştır. Patates böceği'nin popülasyonunda 18 Ağustos tarihinden itibaren belirgin bir azalma belirlenmiştir. Doğancı'daki tarla diğerleri arasında en az larva (66 adet) sayısı tespit edilmiştir. Bu tarlada 18 Haziran tarihinden başlayarak 2-4 haftalık periyotlarla insektisit uygulaması nedeniyle zararlı popülasyonunun baskılandığı düşünülmüştür.

Taşoluk'ta bulunan tarlada ikinci yıl Patates böceği ergini (1 adet) ilk olarak mayıs ayının son haftasında belirlenmiştir. Zararlının larva ve ergin dönemlerinin bu tarlada en yüksek popülasyon oluşturduğu dönem 18 Ağustos tarihinde olduğu belirlenmiş olup, bu tarihte pentat hava sıcaklığı ortalaması 19.6 °C, pentat nispi nem ortalaması %69.4 olarak tespit edilmiştir (Şekil 8 ve 11). Bu tarlada haziran ayının son haftasından itibaren 2-4 haftalık periyotlarla dört adet insektisit uygulaması yapılmış, sayımlarda haziran ayının son haftasından itibaren dört hafta boyunca zararlının herhangi bir dönemi tespit edilememiştir. *L. decemlineata*'nın en yüksek popülasyonu oluşturduğu dönem ağustos ayının ikinci ve üçüncü haftası olarak belirlenmiştir.



Şekil 6. Bolu ili 2020 yılı günlük pentate sıcaklık ve nispi nem grafiği (I: Standart sapma)

Figure 6. The daily pentate temperature and the relative humidity graph of Bolu, 2020 (I: Standart deviation)

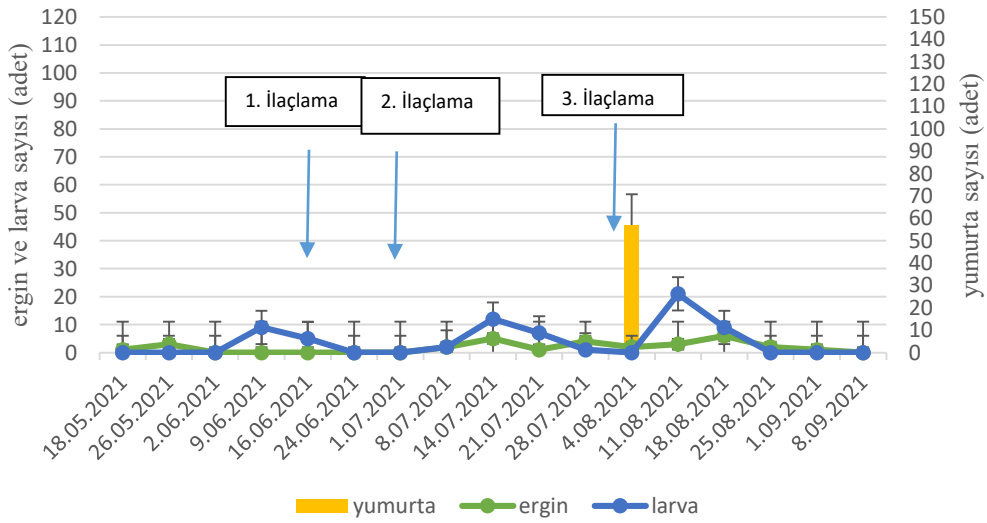
Yeniakçakavak'taki patates tarlasında gerçekleştirilen popülasyon takibi çalışmalarında ikinci yıl ilk olarak zararlının erginleri (3 adet) Taşoluk'taki tarladaki gibi 26 Mayıs tarihinde belirlenmiştir. Bu tarihten itibaren temmuz ayının ilk haftasına kadar yürütülen sayımlarda Patates böceği'nin ergini bulunamamış, larva popülasyonu 24 Haziran tarihinde en yüksek seviyeye ulaşmış olup bu tarihte pentat hava sıcaklığı ortalaması 18.36 °C, pentat nispi nem ortalaması %81.56 olarak belirlenmiştir (Şekil 9 ve 11). Diğer lokasyonlarda

yürütülen çalışmalarda da *L. decemlineata*'nın en yüksek popülasyon düzeyine ulaştığı dönemlerde benzer iklimsel değerler tespit edilmiştir. Bu patates tarlasında haziranın başından itibaren 2-3 haftalık periyotlarla üç adet insektisit uygulaması yapılmıştır. Bu tarihlerden itibaren Patates böceği popülasyonunun bu lokasyonda baskılandığı sonucuna varılmıştır. Diğer lokasyonlarda gerçekleştirilen popülasyon takiplerine benzer şekilde Patates böceği'nin yumurta döneminin yalnızca bazı haftalarda nadir olarak tespit edilmesinin nedeni

olarak, yoğun insektisit uygulamaları nedeniyle ergin hale erişip çiftleşme olgunluğuna gelemeyerek ölen Patates böceği larvaları nedeniyle olabileceği düşünülmüştür.

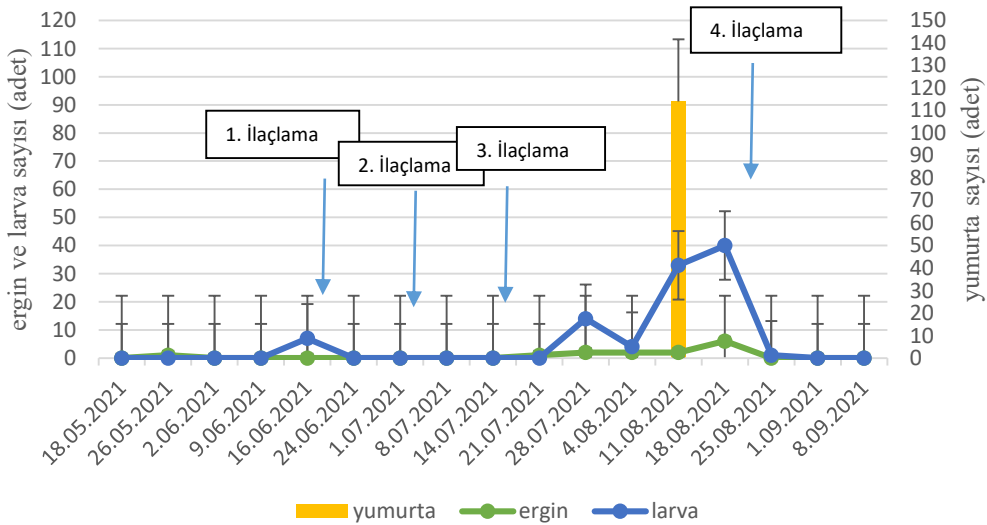
Alıçören'deki patates tarlasında ikinci yıl Taşoluk ve Yeniakçavak tarlalarına benzer olarak Patates böceği erginleri (2 adet) ilk olarak 26 Mayıs tarihinde tespit edilmiştir (Şekil 10). Daha sonraki sayımlarda zararlının ergin dönemi bazı haftalar hiç bulunamamakla birlikte, en yüksek sayıya 4 Ağustos tarihinde ulaşmıştır. Patates böceğinin en yüksek ergin popülasyonu düzeyine ulaştığı tarihteki pentat hava sıcaklığı ortalaması 23.42 °C, pentat nispi nem

ortalaması %49.74'dir (Şekil 11). Bu tarihten itibaren ergin popülasyonunda belirgin bir düşüş tespit edilmiştir. Bunun nedeni, ağustos ayının başında meydana gelen fungal enfeksiyon sebebiyle yeşil aksam nekrozundan dolayı zararlının çevredeki patates tarlalarına geçiş yapmış olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Bu tarlada 11 Haziran ve 26 Haziran tarihlerinde iki insektisit uygulaması yapılmıştır. Gerçekleştirilen bu insektisit uygulamaları zararlının popülasyonunu, kontrolü gerçekleştirilen diğer patates tarlalarına göre daha kısa süre boyunca baskıladığı anlaşılmaktadır.



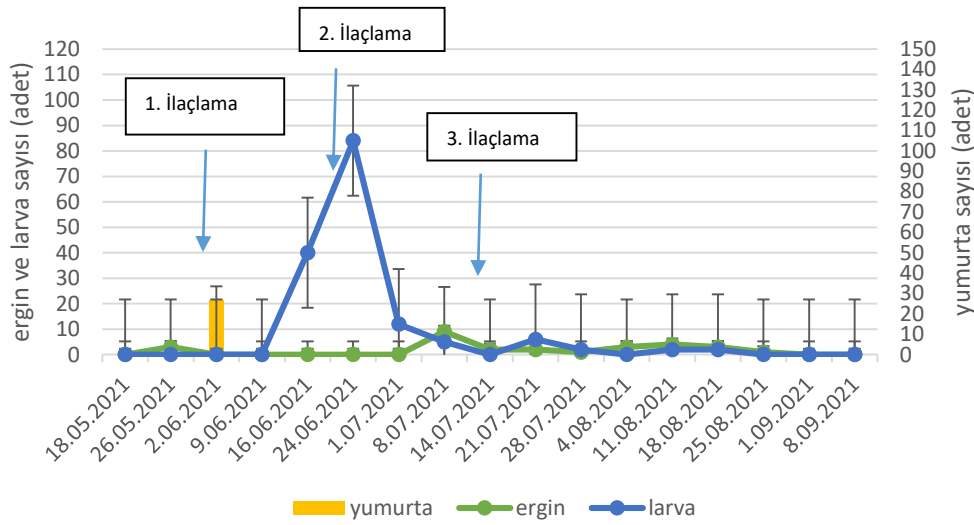
Şekil 7. Doğancı lokasyonundaki tarlada 2021 yılında *Leptinotarsa decemlineata*'nın popülasyon değişimi (I: Standart sapma)

Figure 7. The population dynamic of *Leptinotarsa decemlineata* in Doğancı, 2021 (I: Standart deviation)



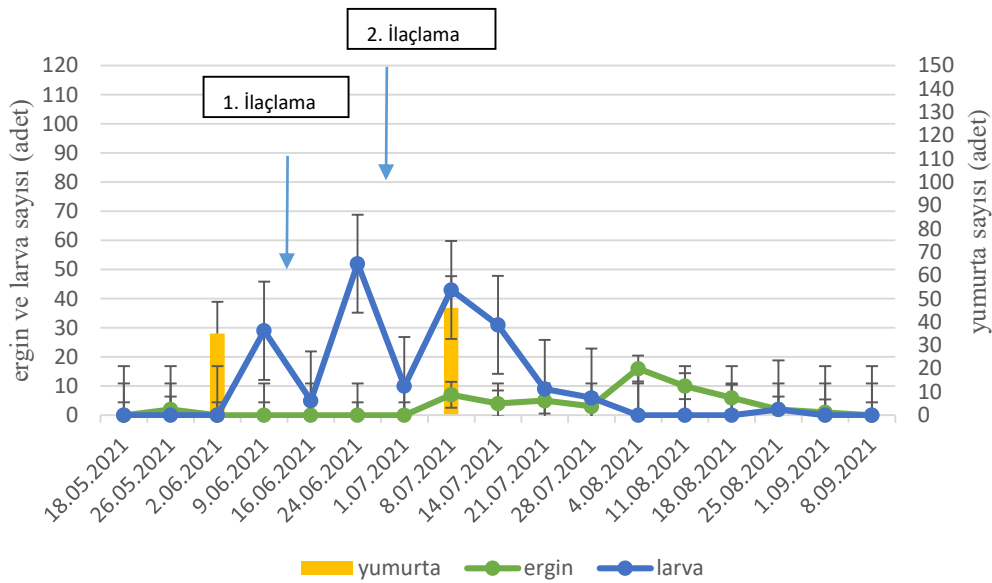
Şekil 8. Taşoluk lokasyonundaki tarlada 2021 yılında *Leptinotarsa decemlineata*'nın popülasyon değişimi (I: Standart sapma)

Figure 8. The population dynamic of *Leptinotarsa decemlineata* in Taşoluk, 2021 (I: Standart deviation)



Şekil 9. Yeniakçakavak lokasyonundaki tarlada 2021 yılında *Leptinotarsa decemlineata*'nın popülasyon değişimi (I: Standart sapma)

Figure 9. The population dynamic of *Leptinotarsa decemlineata* in Yeniakçakavak, 2021 (I: Standart deviation)



Şekil 10. Aliçören lokasyonundaki tarlada 2021 yılında *Leptinotarsa decemlineata*'nın popülasyon değişimi (I: Standart sapma)

Figure 10. The population dynamic of *Leptinotarsa decemlineata* in Aliçören, 2021 (I: Standart deviation)

Bolu ili merkez ovasında yürütülen *L. decemlineata*'nın popülasyon takibi çalışmalarında zararlının birey sayılarının temmuz-ağustos aylarında en yüksek seviyeye ulaştığı belirlenmiştir. İklim değerlerine göre Patates böceği'nin en yüksek popülasyon yoğunluğu oluşturduğu bu dönem, bölgedeki pentat hava sıcaklığı ortalamalarının en yüksek düzeyde olduğu zamana denk geldiği görülmektedir. Gürkan ve Boşgelmez (1984), *L. decemlineata*'nın Ankara ilinde Mayıs ayından itibaren görülmeye başladığını ve günlük ortalama

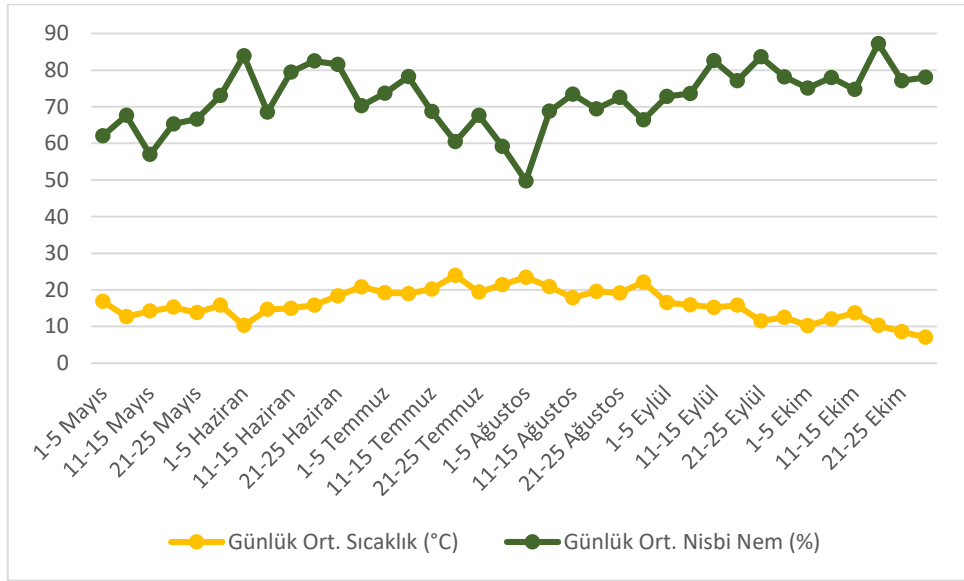
hava sıcaklıklarının en üst seviyelerde seyrettiği (yaklaşık 20 °C) dönemlerden olan Haziran ayı sonu ve Temmuz ayı başında popülasyon seviyesinin en yüksek düzeye ulaştığını tespit etmişlerdir. Her iki çalışmada da Patates böceği'nin popülasyon seviyesinin en yüksek düzeye ulaştığı dönem aralığı ve hava sıcaklık ortalamaları benzerlik göstermiştir.

Gerçekleştirdiğimiz çalışmanın yürütüldüğü 2020 ve 2021 patates üretim sezonlarında Patates böceği'nin, Mayıs ayında havaların ısınmasıyla patates tarlalarında görülmeye başlamış ve zararlının ilk



görülme döneminde pentat hava sıcaklık ortalamaları 2020 yılı için 18.56 °C; 2021 yılı için 15.26 °C olarak tespit edilmiştir. Çalışmanın her iki yılında da Patates böceği benzer dönemde ve benzer hava sıcaklıklarında ortaya çıktığı belirlenmiştir. Zararının ilk görülme döneminde pentat nispi nem ortalaması değerleri de benzer oranlarda, 2020 yılı için %54.76; 2021 yılı için %65.32 olarak tespit edilmiştir. Uygun ve Karaca (2015), Tokat ili Reşadiye ilçesinde zararının haziran ayında görülmeye başladığını ve patates hasadının yapıldığı eylül ayına kadar popülasyonunun devam ettiğini rapor etmişlerdir. Doğan ve Karaca (2020) ise Patates böceği'nin Afyonkarahisar il merkezi ve ilçelerinde haziran ayı başından eylül ayı başına kadar

tespit edildiğini tespit etmişlerdir. Boiteau ve ark. (2008) ABD'de *L. decemlineata*'nın 31 Mayıs tarihinden önce kışlama döneminden çıkmaya başladığını, bir önceki üretim sezonunda patates yetiştirilen alanlara yakın bulunan patates tarlalarında, uzak bulunan patates tarlalarına göre daha çok *L. decemlineata* belirlendiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmalar zararının çıkış zamanının, gerçekleştirdiğimiz çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlarla uyumlu olduğunu ve patates yetiştirilen tarlanın bir önceki üretim sezonunun ürün deseninin Patates böceği'nin popülasyonunu etkilediği sonucuna varılmıştır.



Şekil 11. Çalışmanın yürütüldüğü aylarda Bolu ili 2021 yılı günlük pentat sıcaklık ve nispi nem grafiği  
Figure 11. The daily pentate temperature and the relative humidity graph of Bolu, 2021

### Patates böceği'nin Teorik Döl Sayısının Hesaplanması

Patates böceği'nin gelişme eşiğinin 12.8 °C ve termal konstant değerinin ise 336 günderece olduğu bildirilmiştir (Atak, 1973). Bolu ilindeki 2020 yılı iklim değerlerine göre 12.8 °C gelişme eşiği kullanılarak hesaplanan, zararının aylara göre gelişebileceği etkili sıcaklıklar Çizelge 4'te verilmiştir (Kansu, 2000).

Çizelge 4'te görüldüğü üzere ocak, şubat, mart, nisan, kasım ve aralık aylarında hesaplanan aylık ortalama sıcaklıklar zararının gelişme eşiğinin altında kaldığından bu aylarda gelişme olmayacaktır. Buna göre Patates böceği'nin gelişebileceği aylık etkili sıcaklıkların toplamı:

$$(0.93 \times 31) + (4.37 \times 30) + (7.65 \times 31) + (9.02 \times 31) + (6.44 \times 30) + (1.73 \times 31) = 923 \text{ günderece olarak belirlenmiştir.}$$

Patates böceği'nin termal konstantı 336 günderece olduğuna göre zararının bir yılda verdiği döl sayısı:  $923 / 336 = 2.75$  döl olarak belirlenmiştir. Zararının gelişme eşiğini 12.8 °C, termal konstantı için 336 günderece olduğu bildirilmiştir (Atak, 1973; Gürkan ve Boşgelmez, 1984; Uygun ve Karaca, 2015; Doğan ve Karaca, 2020).

### SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada popülasyon takibi yürütülen patates tarlalarında, *L. decemlineata* erginleri ilk olarak 2020 yılı üretim sezonunda 14 Mayıs'ta; 2021 yılı üretim sezonunda ise 18 Mayıs'ta tespit edilmiştir. Patates böceği mayıs ayından itibaren eylül ayının ilk haftasına kadar patates tarlalarında beslendiği belirlenmiştir. Patates böceği'nin 2020 yılında ilk tespit edilme döneminde, Bolu ilinde pentat hava sıcaklığı ortalaması 18.56 °C, pentat nispi nem ortalaması ise %54.76 olarak tespit edilmiştir. Patates böceği'nin 2021 yılında ilk tespit edilme döneminde ise, Bolu ilinde pentat hava sıcaklığı ortalaması 15.26 °C, pentat nispi nem ortalaması %65.32 olarak tespit edilmiştir. Patates böceği'nin çalışmanın yürütüldüğü patates tarlalarında ilk olarak belirlenme zamanı, her iki yılda da birbirine yakın tarihlerde ve benzer iklimsel veriler bulunmuştur. *L. decemlineata*'nın larva ve ergin sayılarının en yüksek düzeyine ulaştığı dönem, pentat hava sıcaklığı ortalamalarının en yüksek düzeyde (18-20 °C) seyrettiği, pentat nispi nemin ise %70 olarak hesaplandığı temmuz-ağustos

aylarına denk gelmiştir. *L. decemlineata*'nın gelişme eşiği ve termal konstant değerleri ile yapılan hesaplamada, Bolu ilinde zararlının yılda verdiği döl

sayısı 2.75 olarak belirlenmiştir. Hesaplanan teorik döl sayısının Patates böceği'nin popülasyon takibi grafikleriyle uyumlu olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4. Bolu ilindeki 2020 yılı aylık sıcaklık ortalamaları ve *Leptinotarsa decemlineata*'nın aylara göre gelişebileceği etkili sıcaklıklar

Table 4. The monthly temperature averages in Bolu, 2020 and the effective temperatures that *Leptinotarsa decemlineata* can develop according to the months

Aylar (Months)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ort. Sıcaklık (°C) (Average Temperature) (°C)	0.35	3.28	6.8	8.69	13.73	17.17	20.45	21.82	19.24	14.53	5.18	5.1
Etkili Sıcaklık (°C) Effective Temperature (°C)	-	-	-	-	0.93	4.37	7.65	9.02	6.44	1.73	-	-
Aylık Etkili Sıcaklık Toplamı (Monthly Effective Temperature Total)	-	-	-	-	28.83	131.1	237.15	279.6	193.2	53.63	-	-

Popülasyon takibi gerçekleştirilen tarlalar arasında yoğun ilaçlama yapılan patates tarlalarının popülasyon grafikleri incelendiğinde, insektisit uygulamalarının genel olarak zararlının popülasyonunu baskıladığı sonucuna varılmıştır. Ancak dünya ülkelerinde ve Türkiye'de yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan patatesin üretiminde *L. decemlineata* ile mücadelede, pestisitlerin çevreye ve yer altı sularına olumsuz etkileri göz önüne alınarak duyarlı tarımsal üretim hassasiyetiyle, içerisinde ekim nöbetinin ön planda tutulduğu kültürel mücadele yöntemlerinin uygulandığı üretim şeklinin benimsenmesi tavsiye edilmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Sedat AKÇIN'ın Lisansüstü Tez çalışmasının sonuçlarındaki bulguları içermekte olup, bu çalışmayı BAP 2001.10.06.1487 numaralı projeye destekleyen Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi'ne ve Arş. Gör. A. Sami KOCA'ya teşekkür ederim.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

- Aitkenhead, P. (1981). Colorado potato beetle recent work in preventing its establishment in Britain. *Bulletin OEPP*, 11(3), 225-234.
- Alyokhin, A. (2009). Colorado potato beetle management on potatoes current challenges and future prospects. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 3(1), 10-19.
- Anonim, (2017). *Patates entegre mücadele teknik talimatı*. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara, s. 124.
- Atak, U. (1973). Trakya bölgesinde Patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say.)'nin morfolojisi, bio-ekolojisi ve savaş metodları üzerinde araştırmalar. *T.C. Tarım Bakanlığı Zirai Mücadele ve Zirai Karantina Genel Müdürlüğü Yayınları, Teknik Bülten*, 6, 63.
- Boiteau, G., Picka, J.D., & Watmough, J. (2008). Potato field colonization by low-density populations of Colorado potato beetle as a function of crop rotation distance. *Journal of Economic Entomology*, 101(5), 1575-1583.
- Cappaert, D.L., Drummond, F.A., & Logan, P.A. (1991). Population dynamics of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) on a native host in Mexico. *Environmental Entomology*, 20(6), 1549-1555.
- Doğan, E. & Karaca, İ. (2020). Afyonkarahisar ili patates alanlarında Patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata*) (Say) (Coleoptera:

- Chrysomelidae)'nin yayılışı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24(1), 90-95.
- FAOStat (2019). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Alınma Tarihi: 29.09.2021).
- Güney, G. (2019). Patates böceği, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae)'da lipit metabolizmasında yer alan majör proteinlerin karakterizasyonu. *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, Ankara. <https://dspace.ankara.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.12575/68717/10263861.pdf?sequence=3&isAllowed=y> (Alınma Tarihi: 20.03.2021).
- Gürkan, B., & Boşgelmez, A. (1984). Patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata* Say.)'nin popülasyon dinamiği. *Bitki Koruma Bülteni*, 24(3), 119- 136.
- Hardling, C.L., Fleischer, S.J. & Blom, P.E. (2002). Population dynamics of the colorado potato beetle in an agroecosystem with tomatoes and potatoes with management implications to processing tomatoes. *Environmental Entomology*, 31(6), 1110-1118.
- Harcourt, D.G. (1971). Population dynamics of *Leptinotarsa decemlineata* (Say) in Eastern Ontario. III. Major population processes. *Canadian Entomologist*, 103, 1049-1061.
- Hüesaar, K., Ereemeev, V., Metspalu, L., Kruus, E., & Luik, A. (2014). Phenology and formation of local population of Colorado potato beetles (*Leptinotarsa decemlineata* Say) in 2008-2013 on experimental field of Estonian University of Life Sciences. *Journal of Agricultural Science*, 1(15), 17-22.
- Kadakoğlu, B., & Karlı, B. (2022). Afyonkarahisar İlinde Patates Üretiminin Ekonomik Analizi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(3), 581-588. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.947387>
- Kansu, İ.A. (2000). *Genel Entomoloji*. Ankara: Birlik Matbaacılık Yayıncılık.
- Kekillioğlu, A., & Yılmaz, M. (2018). Patates böceği [*Leptinotarsa decemlineata* Say. (Coleoptera: Chrysomelidae)]'nin Nevşehir ilinde yaşamsal etkileşim ve çeşitliliği üzerine bir ön çalışma. *Anadolu Journal of AARI*, 28(1), 100-107.
- Kipyatkov, V.E., & Lopatina, E.B. (2010). Intra-specific variation of thermal reaction norms for development in insects: new approaches and prospects. *Entomological Reviews*, 90(2), 163-184.
- Oerke, E.C., Dehne, H.W., & Schonbeck, F. (1994). Estimated losses in major food and cash crops. *Crop Production and Crop Protection*, Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- Onaran, H., Ünlenen, LA., & Doğan, A. (2000) Patates tarımı, sorunları ve çözüm yolları. *T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Niğde Patates Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü*. Niğde, 88 s.
- Uygun, Z. & Karaca, İ. (2015). Tokat ili patates ve patlıcan üretimi yapılan alanlarda Patates böceği (*Leptinotarsa decemlineata*) (Say, 1824) (Coleoptera:Chrysomelidae)'nin yayılışı, doğal düşmanları ve popülasyon değişimi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19(2), 184-189.



## The Possible Role of Bird Migrations on Introduction and Spread of Invasive Alien Plants: A Case Study, *Solanum elaeagnifolium* Cav.

Ahmet ULUDAĞ<sup>1</sup>, İlhan ÜREMIŞ<sup>2</sup>, Ayşegül İliker KOZBAŞ<sup>3</sup>, Soner SOYLU<sup>4</sup>, Lerzan Bakircioğlu ERKİLİÇ<sup>5</sup>, Ahmet İLÇİM<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye, <sup>2</sup> <sup>4</sup>Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, Hatay Mustafa Kemal University, Antakya, Hatay, Türkiye, <sup>3</sup>Freelance Ornitologist, Kırıkkale, Türkiye, <sup>5</sup>Biyolojik Tarım Danışmanlık ve Mühendislik Hiz. Koll Şti, Erzin, Hatay, Türkiye, <sup>6</sup>Biology Department, Faculty of Science and Literature, Hatay Mustafa Kemal University, Antakya, Hatay, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-7137-2616>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-5937-9244>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0003-0794-3303>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0003-1002-8958>, <sup>5</sup><https://orcid.org/0000-0002-4691-3011>, <sup>6</sup><https://orcid.org/0000-0001-8169-2472>

✉: soylu@mku.edu.tr

### ABSTRACT

*Solanum elaeagnifolium* (SOLEL), a native plant of the Americas is a highly spread invasive alien species worldwide with impacts on biodiversity and agriculture. It has a long history in Mediterranean basin and the Middle East where Türkiye is located but there was no record except one in 2006 from the eastern the Mediterranean of Türkiye of which introduction was attributed to migrating birds. Despite widespread and large populations in neighboring countries, not detecting SOLEL in Türkiye had been questionable. The aims of the study were to find out new populations of SOLEL in Türkiye and understand the reason of less population occurred in Türkiye. Two areas were selected near the country borders of Türkiye which are known as migrating bird routes. Areas were visited unregularly several times from 2020 to 2023 to find out SOLEL populations. New populations were detected in the eastern Mediterranean and Aegean Regions of Türkiye which are over 1000 km apart from each other. SOLEL populations and bird migration routes through Türkiye and countries SOLEL has already been recorded were compared. It is concluded that SOLEL might be introduced by migrating birds. It is suggested that more detailed research is needed to explain the role of migrating birds in invasive alien plants' introductions. Furthermore, plants around wetlands which birds use in their migration routes should be observed to prevent new plant invasions.

### Plant Protection

### Research Article

### Article History

Received : 25.07.2023

Accepted : 04.09.2023

### Keywords

Invasive alien species

Pathway

Vector

Spread

Migration routes

## İstilacı Yabancı Bitkilerin Girişi ve Yayılmasında Kuş Göçlerinin Muhtemel Rolü: Bir Durum Tespiti, *Solanum elaeagnifolium* Cav.

### ÖZET

Amerika Kıtasının yerli bitkilerinden olan *Solanum elaeagnifolium* (SOLEL), biyolojik çeşitliliği ve tarımı etkileyen, dünya çapında oldukça yaygın bir istilacı yabancı türdür. Türkiye'nin de yer aldığı Akdeniz havzasında ve Orta Doğu'da uzun süredir bulunmasına rağmen 2006 yılındaki bir kayıt hariç Türkiye'de bulunduğu dair bilgi bulunmamaktadır. Türkiye'nin doğu Akdeniz kısmında belirlenen bu popülasyonun Türkiye'ye girişinde göçmen kuşların rol oynayabileceği kaydedenlerce öne sürülmüştür. Çevre ülkelerde yaygın ve yoğun olarak bulunmasına rağmen SOLEL'in Türkiye'de tespit edilememesi şüpheyle karşılanmaktadır. Çalışmanın amaçları, Türkiye'deki yeni SOLEL popülasyonlarını belirlemek ve Türkiye'deki düşük SOLEL yoğunluğunun sebebini anlamaktır. Türkiye'de göçmen kuş yollarında bulunan ve ülke sınırlarına yakın iki alan seçilmiştir. Bu alanlarda 2020-2023 yılları arasında SOLEL popülasyonlarını saptamak için çok sayıda periyodik olmayan sürveyler yapılmıştır. Bu çalışma ziyaretlerinde, Türkiye'nin birbirinden 1000 km'den daha uzak olan Doğu Akdeniz ve Ege Bölgelerinde yeni popülasyonlar tespit edilmiştir. Türkiye'deki ve diğer SOLEL kaydedilmiş ülkelerdeki popülasyonlar ve göçmen kuşların

### Bitki Koruma

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 25.07.2023

Kabul Tarihi : 04.09.2023

### Anahtar Kelimeler

İstilacı yabancı türler

Giriş yolu

Vektör

Yayılım

Göç yolları

yolları mukayese edilmiştir. Sonuç olarak, SOLEL'in Türkiye'ye göçmen kuşlar tarafından getirilmiş olabileceği kanısına varılmıştır. İstilacı yabancı bitkilerle göçmen kuşlar arasındaki ilişkinin ortaya konulması için daha ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, kuşların göç yolları üzerindeki sulak alanlardaki bitkiler, yeni bitki istilâlarını önlemek için gözlemlenmelidir.

- Atıf Şekli:** Uludağ, A., Üremiş, İ., Kozbaşı, A.İ., Soylu, S., Erkilic, L.B. & İlçim, A., (2024). İstilacı Yabancı Bitkilerin Girişi ve Yayılmasında Kuş Göçlerinin Muhtemel Rolü: Bir Durum Tespiti, *Solanum elaeagnifolium* Cav.. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(2), 362-376. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1332554
- To Cite :** Uludağ, A., Üremiş, İ., Kozbaşı, A.İ., Soylu, S., Erkilic, L.B. & İlçim, A., (2024). The Possible Role of Bird Migrations on Introduction and Spread of Invasive Alien Plants: A Case Study, *Solanum elaeagnifolium* Cav. *KSU J. Agric Nat* 27(2), 362-376 DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1332554

## INTRODUCTION

*Solanum elaeagnifolium* (SOLEL), a native plant or a clade consisting of five species, from Mexico, South America, and North America had been spread all over North America including Cuba and the Bahamas firstly by Spanish and Portuguese pioneers and then by merchants via railways (Roberts & Florentine, 2022; Knapp et al., 2017). Just after, in the 1600s, it reached the Philippines via sea trade then from there second spread has occurred to China followed by the western Indian Islands and other Asian countries. It was recorded in Australia in 1901 and South Africa in the 1940s. The earliest records from the Mediterranean basin are from Madrid and Montpellier herbariums in 1793 and 1855, respectively (Le Floch, 1991; Knapp, 2007). It was found in Egypt in 1956, Israel in 1957 and Morocco in 1958. One of the recent records from Mediterranean neighboring areas is from Iran (Arabsalmani et al., 2014). Its current distribution includes all Mediterranean countries, the Balkans, the Middle East, central and northern Europe, Africa, the Americas, and many parts of Asia (Knapp et al., 2017; Boyd et al., 1984; Mekki, 2007; Uludag et al., 2016; Krigas et al., 2021; EPPO, 2022).

SOLEL invades natural areas, semi-disturbed areas, and crop fields as well as urban areas. It has negative impacts mainly on crop and livestock production, the environment, trade, and human life and welfare (Uludag et al., 2016).

The first record of SOLEL from Turkey dates back to 2006 from Kahramanmaraş province (İlçim & Behçet, 2007). The second record from three different populations came almost a decade later (İlçim et al., 2016). All these populations were established not regarding size. Despite records from neighbors of Türkiye, from the Aegean Islands to Syria, from Bulgaria to Iran (Uludag et al., 2016), there were no records as much as expected or populations significantly large.

The pathway for the introduction and spread of SOLEL in the Mediterranean basin is not well-known, which was attributed to contaminated seeds and hays as well as crop and animal husbandry (Bouhache, 2010; Uludag et al., 2016; Krigas et al., 2021). On the other

hand, there have been studies related to other *Solanum* species dispersal stating animals including birds and bats (Roberts & Lockett, 1978; Symon, 1979; Sobrino & del Monte, 1994; Defelice, 2003; Iudica & Bonaccorso, 1997). Its spread in Australia was attributed to animals, agricultural equipment, infested soils, animal feeds and packing materials (Stanton et al., 2012; Heap & Wu, 2018).

The introduction of alien species not regarding invasiveness is a result of human activities although it has not been mentioned in the definition. However, the role of animals in the dispersal of plants, native or non-native, is well-known and is considered an essential element for natural cycles including biodiversity, food web and ecosystem services although some contradictory views on the role of native and non-native birds in the introduction and/or secondary dispersal of IAP/weeds (Adams et al., 2022; Díaz Vélez et al., 2018; Nogales et al., 2012; Solarz et al., 2017; Reynolds et al., 2017; Sayari et al., 2022; Viana et al., 2016a).

Birds as well as land bridges, drifting continents, and ocean currents are the methods hypothesized for the dispersal of seeds among distant areas. The role of birds in plant dispersal goes back to Darwin (1859) which was followed by several researchers and compiled by Ridley (1930) (Cruden, 1966). Birds that are migratory or not, disperse seeds by legs, feet, or feathers or ingestion system either long-distance adaptation or not (Nogales et al., 2012). It is reported that seed dispersal by birds is mainly by water birds via epizoochory, but bird guts are also important for wetland plants (Nogales et al., 2012). Peregrine falcon (*Falco peregrinus*) who consumed a small seed-eaten bird with seeds in viscera could carry it up to 10000 km in 36 hours, where the seed might be germinated (Cruden, 1966; Polunin, 1960).

There are 11188 bird species recorded worldwide (IUCN, 2023). The palearctic region in where Türkiye is located has 10 % of species and 14% of the genus (Newton & Dale, 2001; Green & Moorhouse, 1995). One-fourth of all birds was migrating, which is almost 2600 species from 141 different families (Cox, 2010) although today it might be higher. The number of land

birds and raptors migrating African-Eurasian routes seasonally is several million (Guilherme et al., 2023). It is estimated that five billion birds migrate between Europe and Africa out of 50 billion migrating each year all around the world. Larger birds such as raptors, storks, flamingos, and pelicans use thermal air flows to conserve energy when migrating because they do not stock fats. These thermal air flows form in terrestrial areas, not on seas, which causes migrating routes through lands. Migrating birds keep preying and feeding on routings and stopovers.

The aim of this study was to (i) find out new populations SOLEL in Türkiye to show their current situation, (ii) understand the reason of less SOLEL populations occurred in Türkiye and (iii) discuss introductory pathways and dispersal ways of SOLEL in the context of bird migrations.

## MATERIAL and METOD

### Sampling of SOLEL populations

The main materials of this work were SOLEL populations from Türkiye and known bird migration routes. Locations of SOLEL populations were compared with the bird migration routes.

Former populations of SOLEL also used in comparisons that are following:

Population1- Türkoğlu, Kahramanmaraş Gavurgölü Marshland

37° 17' 34" N, 36° 51' 16" E SI: 473 m

Population2- Kahramanmaraş outskirts of town, next to the road (Barbaros Caddesi) and olive groves

37° 35' 06" N, 36° 52' 11" E SI: 626 m

Population3- İslahiye, Gaziantep, next to the road to Hatay.

37° 00' 05" N, 36° 37' 21" E SI: 542 m

Population4- Hatay, the road between İskenderun and Karaağaç

36° 34' 26" N 36° 09' 38" E SI: 5 m

For detecting new populations, two regions where have known their role in bird migrations in Türkiye and closer to country terrestrial borders were chosen. Irregular field surveys/trips organized to detect new SOLEL populations from 2020 to 2023. The location of the population was recorded by GPS. The populations were photographed. Population sizes were estimated as area dimensions. In some cases the number of SOLEL individuals (shoots) were estimated. If possible, information about populations was taken via discussions with inhabitants.

## RESULTS

New five SOLEL populations were detected in this study, which are numbered following to earlier four populations. They are the following:

Population5 was recorded from Kırıkhan district (36°28'56.9"N 36°20'45.7"E) of the Hatay province. The population is in an empty area in town, which is approximately 100 plants in 10 by 20 m area (200 m<sup>2</sup>) (Figure 1). Inhabitants told that plants had been seen for 4 to 5 years, i.e. since around 2015. The population has expanded down to the hill with sheep and goats, which are not consuming SOLEL but help movement via wool and bodies and 50-75 plants, which were scattered were noticed in 1000 m<sup>2</sup>.

Population6 was from Cırtıman village (36°31'36.5"N 36°10'34.3"E) of Iskenderun district of the Hatay province, again, 20 plants in a small 10 m<sup>2</sup> (1 by 10 m) non-agricultural land (Figure 2). Inhabitants also mentioned it has been there for 4-5 years.

Population7 was in Yüreğir district (36°58'05.8"N 35°33'08.3"E) of the Adana province where near D400 highway opposite to AFAD Building. Population covers 3 by 25 m along the wall of a depot building and 5 by 20 m along to paved road (total 175 m<sup>2</sup>) (Figure 3). It seems these plants are in this area for 5-6 years. There was no SOLEL in the fields around the population.

Population8 is around the road connecting Özdere and Gümüldür towns (38°02'51.7"N 27°03'18.3"E) of İzmir at Aegean region. Patches around a local market are 7.5 by 15m, 300 by 1.5 m, and 20 by 20 m (Total 963 m<sup>2</sup>) (Figure 4). The population has already spread widely, including house gardens.

Population9 is in Incirli village, Kurtpınar, Ceyhan, Adana (36°55'42"N 35°55'49"E) (Figure 5). All village have SOLEL individuals.

## DISCUSSION

The distribution of SOLEL in Türkiye matches with important bird migration routes (Figure 6). When this data is combined with SOLEL populations in the Balkans mainly Northern Greece, Jordan Valley and South Africa, the role of bird migration can be seen (Figure 7). In addition, most populations in Turkey are away from human intervening areas, which emphasizes the role of birds (Reynolds et al., 2017).

According to the latest records, 500 species have been recorded in Türkiye (Akyıldız et al., 2020). Of these, 71 species are native species seen in all seasons and three species are no longer seen in Türkiye. Native birds, passage birds, summer migrants and winter migrant individuals of 426 species are seen in Türkiye seasonally (See Supplementary Table 1). Turkey is located on one of the main routes of migrating birds (Figure 7). Eighteen soaring migrant birds were determined in 17 narrow passages studied and *Ciconia ciconia* was the most common species in the 10-year study, which migrates in large flocks (Akçay et al., 2020).



Figure 1. SOLEL population in Kırıkhan district of Hatay province (by İ.Üremiş)  
*Şekil 1. Hatay'ın Kırıkhan ilçesinde SOLEL populasyonu (by İ.Üremiş)*



Figure 2. SOLEL population in İskenderun district of Hatay province (by İ.Üremiş)  
Şekil 2. Hatay'ın İskenderun ilçesinde SOLEL populasyonu (by İ. Üremiş)



Figure 3. SOLEL population in Yüreğir district of Adana province  
Şekil 3. Adana'nın Yüreğir ilçesinde SOLEL populasyonu





Figure 4. SOLEL population in İzmir province  
*Şekil 4. İzmir’de SOLEL populasyonu*



Figure 5. SOLEL population in Incirli village of Adana province  
Şekil 5. Adana'nın İncirli beldesinde SOLEL populasyonu

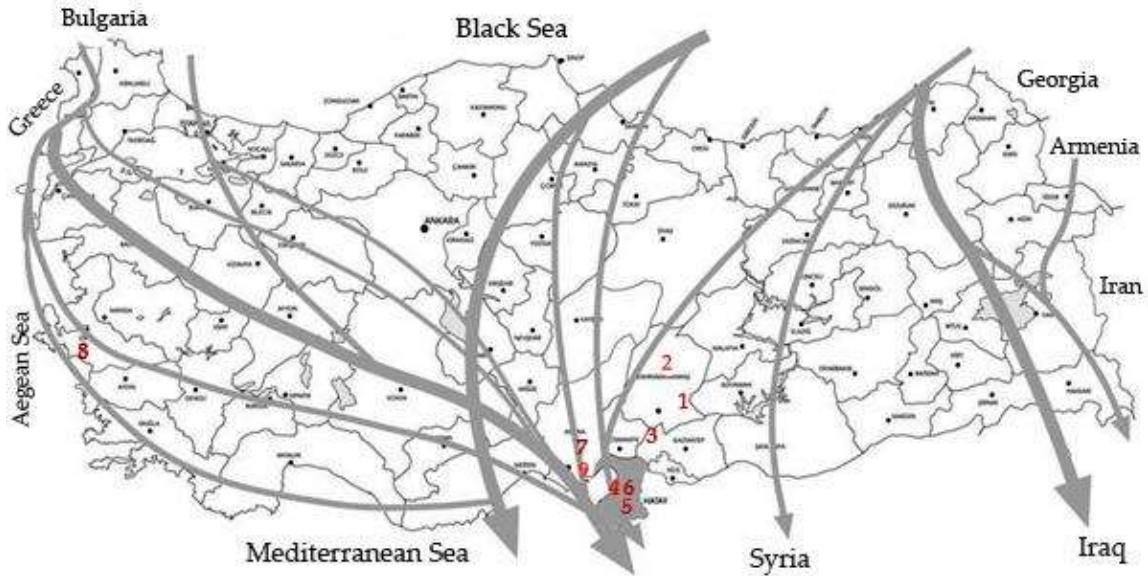


Figure 6. SOLEL populations (numbered) in Türkiye and the bird migration routes (Hacıoğlu et al., 2017)  
Şekil 6. Türkiye'deki SOLEL populasyonları (numarandırılmış) ve kuş göç yolları (Hacıoğlu ve ark., 2017)

Wetlands and narrow passages make Türkiye important for migrating birds (Yarar & Magnin, 1997; Erdem, 1994). Türkiye with several narrow passages at northwest (İstanbul, Çanakkale), northeast (Artvin), and south (Hatay) that have been preferred by migrating birds to conserve energy throughout the route, has important bird migration routes between Europe and Africa (Grimmett & Jones, 1989) (Figure 8). In addition, İstanbul and Çanakkale passages were used by migrating birds from Eastern Europe to reach Iskenderun Bay in the Mediterranean Sea, then they passed Amanos Mountains using lower elevation passages to reach Africa. Belen Pass is the most important passage for migrating birds in the Amanos Mountains (Figure 8).

In a recent study, the highest bird diversity and the

number of birds were found in Hatay/Belen which is a narrow passage for migrating birds and most SOLEL populations were found closer to an important route in the Western Palearctic (Akçay et al., 2020; Yarar & Magnin, 1997; Erdem, 1994; Grimmett & Jones, 1989; Shirihai & Christie, 1992; Porter and Beaman, 1985; Altundağ & Karataş, 2020). In Belen Pass in the spring of 2015, 29 migrating birds from five different families were determined and the number of birds was over 50000. The most abundant species were white stork (*Ciconia ciconia*) with 46525 individuals, great white pelican (*Pelecanus onocrotalus*) with 1142, common crane (*Grus grus*) (Linnaeus, 1758) with 723, lesser spotted eagle (*Clanga pomarina*) with 619, and black stork (*Ciconia nigra*) with 274 individuals (Figure 9) (Altundağ & Karataş, 2020).

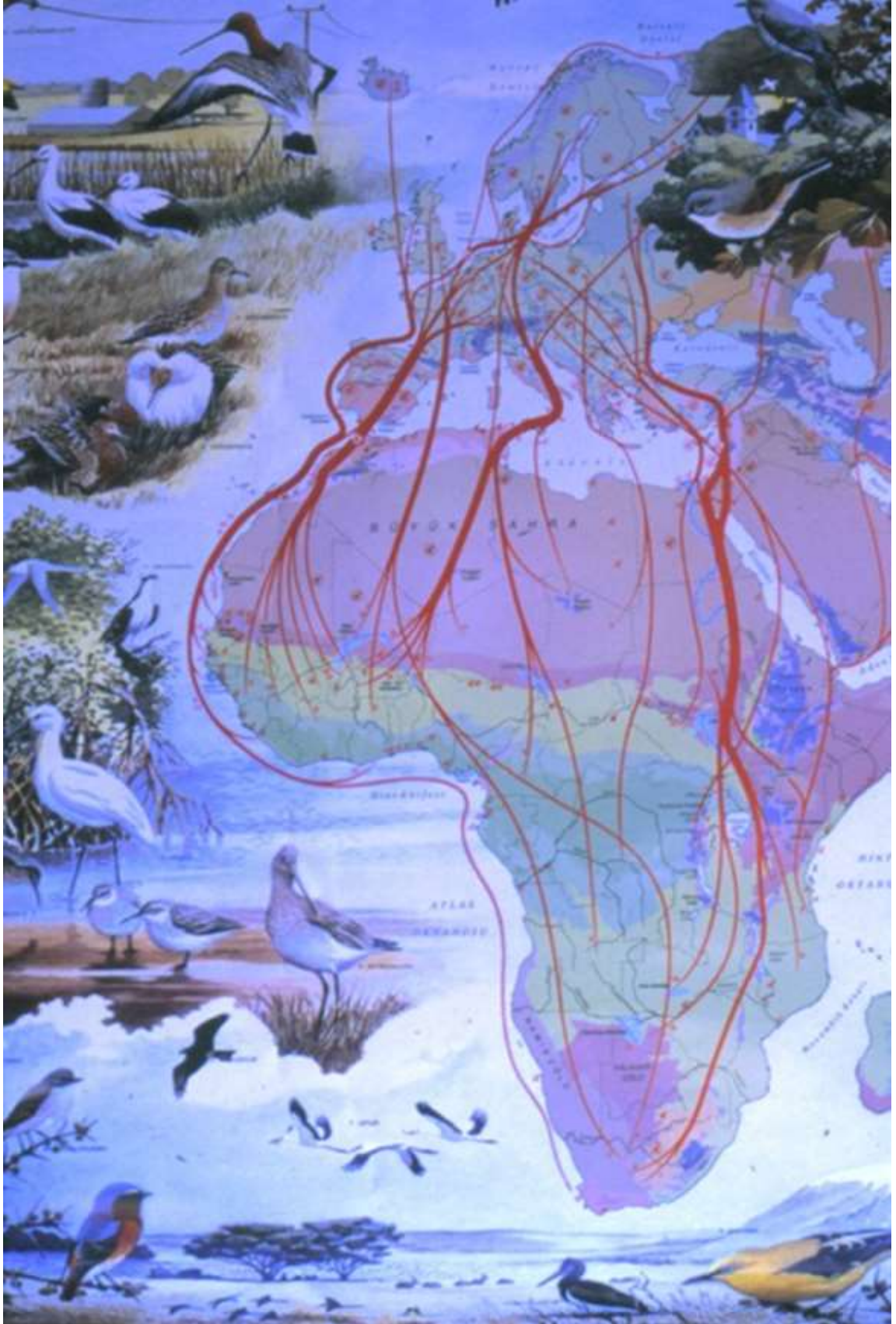


Figure 7. Migrating routes of birds between Eurasia and Africa (FAO, 2017)  
*Şekil 7. Kuşların Avrasya ve Afrika arasındaki göç yolları (FAO, 2017)*



Figure 8. Bird migration routes in Turkey (Anonymous, 2018)  
Şekil 8. Türkiye’de kuş göç yolları (Anonim, 2018)

Birds, especially migrating ones are the main alien plant propagules, invertebrates and microbes dispersing animals worldwide due to being long-distance vectors (Richardson & Rejmánek, 2011; Viana et al., 2016b). Plant seeds including non-natives can be carried over 1000 km which was shown in experiments with mallards, *Anas platyrhynchos* and graylag geese, *Anser anser* (García-Álvarez et al., 2015), modeling studies (Viana et al., 2016b) and observations on *Cotula coronopifolia*, a native plant of California dispersing by ducks to Australia and furthermore to Europe (Reynolds et al., 2017) and reviews such as Ridley (1930) (Cruden, 1966). In addition, native, or naturalized water birds is suggested as vectors for secondary dispersal after introduction (Solarz et al., 2017). Even for invasion success invasive plants need other dispensers in the new areas introduced. For instance, an invasive alien shrub *Cotoneaster franchetii* in Argentina is spread by a native bird *Turdus chiguanco* (Díaz Vélez et al., 2018).

Birds can disperse any seeds of an IAP through feeding (endozoochory) or adhering onto a bird (epizoochory/ectozoochory) after any casual interaction

between vector and alien’s propagule (Díaz Vélez et al., 2018; Solarz et al., 2017; Reynolds et al., 2017). Especially the role of water birds in Africa has been shown both ectozoochory and endozoochory dispersals for alien species such as *Bidens pilosa* and *Medicago arabica* (Reynolds & Cumming, 2016a) although the role of birds can be beneficial in disturbed habitats as well (Martínez-López et al., 2017; Sekercioğlu, 2006). This is considered a mutualistic relationship between plants and animals (González-Varo et al., 2019). Another way of dispersing was mentioned as synzoochory which is propagules can be dispersed from the mouth area, but not a common way for birds. Endozoochory has been mentioned that the most common and effective way which is caused by frugivorous birds (Reynolds & Cumming, 2016b). Seeds can stay longer duration in birds and keep germination capability (García-Álvarez et al., 2015). Waterbirds readily feed on seeds, a proportion of which survive and may show increased germination rates post-ingestion (Brochet et al., 2010). Even the birds that live in terrestrial areas have the role in the dispersal of alien species, which are mainly preferred

weeds and invasive alien plants for feeding facilitating the fast propagation of invasive alien plant species in and outside of oil palm and rubber plantations (Marthy, 2014; Hildebrandt, 2015). Not only do

frugivorous birds cause plant dispersal, but also omnivorous and predatory birds carry seeds by eating fruits and small birds or other animals, respectively (Nogales et al., 2012).



Figure 9. Flight directions of migrating White Stork (*Ciconia ciconia*). [From Dorst (1962), after Rüppell (1942), modified by Verheyen (1950)]

Şekil 9. Göçmen beyaz leyleklerin (*Ciconia ciconia*) uçuş yönleri. (Rüppell (1942)'den modifiye eden Verheyen (1950)'den değiştiren Dorst (1962)'tan

A study on the distribution of *Pistacia lentiscus*, a Mediterranean shrub, in the context of migration routes of frugivorous birds, showed genetical similarity among populations in North-South axes while dissimilarities in east-west axes (Martínez-López et al., 2020). Birds migrate from Europe to Africa and vice versa through different routes (Figure 9) which is consistent with the above-mentioned paper. The distribution of *P. lentiscus* through migration routes in North Macedonia, Greece, Türkiye, and Jordan is very similar to the distribution of SOLEL. If it is considered the role of birds migrating in short distances, it is more probable to the direction of seeds from Jordan to Türkiye.

Great white pelicans, migrating birds, have been counted near Thessaloniki and the Middle East where SOLEL has large populations and Belen Pass and Çukurova Delta of Türkiye, which might be carried and introduced SOLEL seeds or vegetative parts (Crivelli et al., 1991). The most abundant species counted in spring migration in the Belen pass was the white Stork, which comes from South Africa where SOLEL was introduced in the early 1900's (Viljoen & Wassermann, 2004). This could be another introductory route of SOLEL by birds.

Probably populations in Jordan Valley are one of the SOLEL sources for Türkiye because the records go back to 1994 for Jordan (Qasem, 2014) and 1957 for Israel and 1967 for Syria nearby countries of Jordan Valley (Qasem et al., 2019). Qasem (2014), reported

sheep, irrigation water and vehicles for the spread of SOLEL in Jordan Valley where has large populations in 14 sites except North Shunna, which is the nearest Jordan point to Syria (Qasem, 2014). This also supports our thesis on migrating birds because North Shaunna could have a bigger population if SOLEL had been introduced there any vector mentioned by Qasem (2014). Even in Jordan Valley, the role of migrating birds in the introduction and frugivorous local birds in the spread cannot be ignored. Indeed, house sparrows (*Passer domesticus* L.) were recorded picking fruit or seeds of SOLEL at three sites in Jordan Valley where all many areas cropped or natural not regarding soil type have been invaded (Qasem, 2014). Furthermore, high genetic and morphologic variations have been reported from a 40 km transect in Jordan Valley (Qasem et al., 2019), which can be interpreted that the reason can be multiple introductions coming from different locations with morphogenetic variations.

Water birds play a role not only among islands in oceans but also in wetlands and terrestrial areas as dispersal agents for plants and invertebrates (Ridley, 1930; Cruden, 1966; Green et al., 2013; Green et al., 2008; Green, 2016). It is proposed using a model that a waterbird may disperse five alive propagules of plants or invertebrates with over 100 km fly and after 300 km, one more propagule is calculated (van Leeuwen et al., 2012). Common lantana, *Lantana camara*, is an example of dispersal by birds through rivers (Vardien et al., 2012). It can be said for SOLEL, the role of birds in introduction and dispersal, but the latter happens through roads probably being a dryland plant.

## CONCLUSION

The new SOLEL populations in Türkiye can be attributed to climate change such as increasing temperatures that affects behavior of migratory birds too (Both et al., 2010; Pulido & Berthold, 2010) or new introductions from Europe and Africa by migrating birds although there has been no study on South to North migration route which had been studied for North to the south as hypothesized for *Frangula alnus* (Hampe et al., 2003).

This study will contribute to finding out pathways and vectors of invasive alien species as requested by many international, regional, and national reports, agreements, and organizations such as CBD, UN, and FAO as well as an invitation to work together and combine to powers for countries on the same bird migration route to deal with IAS under global change.

Maybe this pathway which is unaided cannot be managed (Solarz et al., 2017) but an extensive citizen science system can help to detect earlier such alien species and immediately remove them from the area without establishment because there will not be a mass introduction which also makes detection of solo individuals.

This article shows the clues of bird migrations possible role as an invasive alien plant introduction pathways and birds' role as vectors. Furthermore, their possible roles with native birds in further spread. This study agrees with previous studies suggesting further research on birds such as Reynolds et al. (2017) either migrating or local birds to prevent introductions and spread (Reynolds et al., 2017).

## ACKNOWLEDGEMENTS

This paper is dedicated to victims of 06 February 2023 earthquakes in Türkiye, where the most SOLEL populations in this paper have been detected.

## Author's Contributions

The contribution of the authors is equal.

## Statement of Conflict of Interest

Statement of Conflict of Interest

## REFERENCES

- Adams, L.D., Martin, G.D., Downs, C.T., Clark, V.R., & Thabethe, V., Raji, I.A. & Steenhuisen, S.L. et al. (2022). Seed dispersal Dispersal by frugivores Frugivores and germination Germination of the Invasive Alien Shrub *Pyracantha angustifolia* (Franch.) CK Schneid. in Free State Province, South Africa. *Biological Invasions*, 24, 2809-2819.
- Akçay, H.G., Kabasakal, B., Aksu, D., Demir, N., & Öz, M. & Erdoğan, A. et al. (2020). Automated Bird Counting with Deep Learning for Regional Bird Distribution Mapping. *Animals*, 10, 1207.
- Akyildiz, D.H., Şirin, D. & Aslan, A. (2020). Dams and Birds: Tekirdağ Yazır Dam. *Journal of Balkan Science and Technology*, 1, 1-6.
- Altundağ, M.Ü. & Karataş, A. (2020). Soaring Bird Migration in 2015 spring at Belen Pass, Hatay, Turkey. *Biharean Biologist*, 14, 109-115.
- Anonymous, (2017). The migration routes. the Republic of Turkey Ministry of Food, Agriculture and Livestock bird flu information website: [www.kusgribi.gov.tr/](http://www.kusgribi.gov.tr/) (accessed on February 4, 2023).
- Anonymous, (2018). <http://www.longozukoru.org/longoz/detay/Kuslar/17/10/0> (accessed 05.05.2023)
- Arabsalmani, M., Farahani, E. & Saeedi, H.R. (2014). Introduction and Identification of *Solanum elaeagnifolium* Cavanilles in Cotton Farms. *Iranian Journal of Cotton Researches*, 21, 35-54.
- Both, C., Van Turnhout, C.A., Bijlsma, R.G., Siepel, H., & Van Strien, A.J. & Foppen, R.P.B. et al. (2010). Avian Population Consequences of Climate Change are Most Severe for Long-Distance Migrants in Seasonal Habitats. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277 (1685), 1259-1266.
- Bouhache, M. (2010). *Solanum elaeagnifolium* Cav: Une Menace À l'agriculture et À L'environnement Dans la Région Méditerranéenne. *Revue Marocaine*

- de Protection des Plantes*, 1, 1-9.
- Boyd, J.W., Murray, D.S. & Tyrl, R.J. (1984). Silverleaf Nightshade, *Solanum elaeagnifolium*, Origin, Distribution, and Relation to Man. *Economic Botany*, 38, 210-217.
- Brochet, A.L., Gauthier-Clerc, M., Guillemain, M., Fritz, H., & Waterkeyn, A., Baltanas, A. & Green, A.J. et al. (2010). Field Evidence of Dispersal of Branchiopods, Ostracods and Bryozoans by Teal (*Anas crecca*) in the Camargue (Southern France). *Hydrobiologia*, 637, 255-261.
- Cox, G.W. (2010). *Bird migration and global change*. Island Press, Washington/Covelo/London, 1-291.
- Crivelli, A.J., Leshem, Y., Mitchev, T. & Jerrentrup, H. (1991). Where Do Palaearctic Great White Pelicans (*Pelecanus onocrotalus*) Presently Overwinter?. *Revue D Ecologie-La Terre Et La Vie*, 46, 145-171.
- Cruden, R.W. (1966). Birds as Agents of Long-Distance Dispersal for Disjunct Plant Groups of the Temperate Western Hemisphere. *Evolution*, 20, 517-532.
- Darwin, C. (1859). *On the origin of species*. Facsimile of the first edition, Harvard Univ. Press, Cambridge, 1964, 502 pp. (from Cruden 1966)
- Defelice, M.S. (2003). The Black Nightshade, *Solanum nigrum* L. et al.-Poison, poultrice, and Pie. *Weed Technology*, 17, 421-427.
- Díaz Vélez, M.C., Sérsic, A.N., Traveset, A. & Paiaro, V. (2018). The Role of Frugivorous Birds in Fruit Removal and Seed Germination of the Invasive Alien *Cotoneaster franchetii* in Central Argentina. *Austral Ecology*, 43, 558-566.
- EPPO, (2002). *Solanum elaeagnifolium* (SOLEL) in EPPO Global Database. Available online: <https://gd.eppo.int/taxon/SOLEL> (accessed on 15 December 2022).
- Erdem, O. (1994). *Türkiye'nin kuş cennetleri*. Yeşil Seri:4, Çevre Koruma Genel Müdürlüğü Doğal Hayatı Koruma Dairesi, Sulak Alanlar Şb. Md. 1-104.
- FAO, (2017). Transboundary Threats To Food and Nutrition Security in Southern Africa. <https://www.fao.org/3/i7691e/i7691e.pdf> (accessed 05.05.2023)
- García-Álvarez, A., van Leeuwen, C.H.A., Luque, C.J., Hussner, A., Vélez-Martín, A., Pérez-Vázquez, A., Green, A.J. & Castellanos, E.M. (2015). Internal Transport of Alien and Native Plants by Geese and Ducks: An Experimental Study. *Freshwater Biology*, 60, 1316-1329.
- González-Varo, J.P., Arroyo, J.M. & Jordan, P. (2019). The Timing of Frugivore-Mediated Seed Dispersal Effectiveness. *Molecular Ecology*, 28, 219-231.
- Green, A.J. (2016). The Importance of Waterbirds as An Overlooked Pathway of Invasion for Alien Species. *Diversity and Distributions*, 22, 239-247.
- Green, A.J., Frisch, D., Michot, T.C., Allain, L.K. & Barrow, W.C. (2013). Endozoochory of Seeds and Invertebrates by Migratory Waterbirds in Oklahoma, USA. *Limnetica*, 32, 39-46.
- Green, A.J., Jenkins, K.M., Bell, D., Morris, P.J. & Kingsford, R. (2008). The Potential Role of Waterbirds in Dispersing Invertebrates and Plants in Arid Australia. *Freshwater Biology*, 53, 380-392.
- Green, I., Moorhouse, N. (1995). *A birdwatchers' guide to Turkey*. Bird Watcher's Guides Prion Ltd., England, pp 1-122.
- Grimmett, R.F.A. & Jones, T.A. (1989). *Important bird areas in Europe*. ICBP Technical Publ. 1-897.
- Guilherme, J.L., Jones, V.R., Catry, I., Beal, M., Dias, M.P., Opper, S., Vickery, J.A., Hewson, C.M., Butchart, S.H.M. & Rodrigues, A.S.L. et al. (2023). Connectivity between Countries Established by Landbirds and Raptors Migrating along the African-Eurasian Flyway. *Conservation Biology*, 37(1), e14002.
- Hacıoğlu, S., Dincer, E., İslar, C.T., Karapinar, Z., Ataseven, V.S., Özkul, A., Ergunay, K., (2017). A snapshot avian surveillance reveals West Nile virus and evidence of wild birds participating in Toscana virus circulation. *Vector-Borne Zoonotic Diseases*, 17, 698-708.
- Hampe, A., Arroyo, J., Jordano, P. & Petit, R.J. (2003). Rangewide Phylogeography of A Bird-Dispersed Eurasian Shrub: Contrasting Mediterranean and Temperate Glacial Refugia. *Molecular Ecology*, 12, 3415-3426.
- Heap, J. & Wu, H. (2018). *Silverleaf nightshade Australia Best Practice Management Manual*. Government of South Australia, pp 68
- Hildebrandt, A. (2015). Diet and Functional Diversity of Birds in Different Rainforest Transformation Systems in Sumatra. Master Thesis, the Faculty of Forest Sciences and Forest Ecology, Georg-August-University Göttingen.
- İlçim, A. & Behçet, L. (2007). *Solanum elaeagnifolium* Cav. in Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 31, 577-579.
- İlcim, A., Uludag, A. & Uremis, I. (2016). New records of *Solanum elaeagnifolium* Cav. from Turkey. In Proceedings of the 2nd Croatian Symposium on Invasive Species, 2016, (21-22 November 2016) Zagreb, Croatia.
- IUCN, (2023). Summary Statistics. Available Online: <https://www.iucnredlist.org/resources/summary-statistics> (accessed on 31 March 2023).
- Iudica, C.A. & Bonaccorso, F.J. (1997). Feeding of the Bat, *Sturnira lilium*, on Fruits of *Solanum riparium* Influences Dispersal of This Pioneer Tree in Forests of Northwestern Argentina. *Stud. Neotrop. Fauna Environment*, 32, 4-6.
- Knapp, S. (2007). Lectotypification of Cavanilles' names in *Solanum* (Solanaceae). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 64 (2), 195-203.

- Knapp, S., Sagona, E., Carbonell, A.K. & Chiarini, F. (2017). A Revision of the *Solanum elaeagnifolium* Clade (Elaeagnifolium Clade; Subgenus Leptostemonum, Solanaceae). *PhytoKeys*, 84, 1-104.
- Krigas, N., Tsiafouli, M.A., Katsoulis, G., Votsi, N.E. & van Kleunen, M. (2021). Investigating the Invasion Pattern of the Alien Plant *Solanum elaeagnifolium* Cav. (Silverleaf Nightshade): Environmental and Human-Induced Drivers. *Plants*, 10, 805.
- Le Floch, E. (1991). *Invasive Plants plants of the Mediterranean Basin*. Biogeography of Mediterranean Invasions, (Eds. Groves, R.H & Di Castri, F). Cambridge University Press. Cambridge (UK), 67-80.
- Marthy, W. (2014). Scale-and Trait Dependent Responses of Bird Communities To Lowland Rainforest Restoration and Frugivore-Bird-Seed Interaction Networks in Sumatra, Indonesia (Doctoral dissertation, Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen).
- Martínez-López, V., De la Rúa, P., Zapata, V.M. & Robledano, F. (2017). Ecological and Genetic Consequences of Fragmentation in A Semiarid Mediterranean Urban Forest. *Urban Ecosystem*, 20, 1161-1168.
- Martínez-López, V., García, C., Zapata, V., Robledano, F. & De la Rúa, P. (2020). Intercontinental Long-Distance Seed Dispersal Across the Mediterranean Basin Explains Population Genetic Structure of A Bird-Dispersed Shrub. *Molecular Ecology*, 29, 1408-1420.
- Mekki, M. (2007). Biology, Distribution and Impacts of Silverleaf Nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.). *EPPO Bulletin*, 3, 114-118.
- Newton, I. & Dale, L. (2001). A Comparative Analysis of the Avifaunas of Different Zoogeographical Regions. *Journal of Zoology*, 254, 207-218.
- Nogales, M., Heleno, R., Traveset, A. & Vargas, P. (2012). Evidence for Overlooked Mechanisms of Long-Distance Seed Dispersal to and between Oceanic Islands. *New Phytologist*, 194, 313-317.
- Polunin, N. (1960). *Introduction to plant geography*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 640 pp. (from Cruden 1966)
- Porter, R.F. & Beaman, M. (1985). A Resume of Raptor Migration in Europe and the Middle East. Conservation Studies on Raptors. *ICBP Technical Publication*, 5, 237-242.
- Pulido, F. & Berthold, P. (2010). Current Selection for Lower Migratory Activity will Drive the Evolution of Residency in A Migratory Bird Population. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 107, 7341-7346.
- Qasem, J.R. (2014). Silverleaf Nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) in the Jordan Valley: Field Survey and Chemical Control. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 89, 639-646.
- Qasem, J.R., Al Abdallat, A.M. & Hasan, S.M. (2019). Genetic Diversity of *Solanum elaeagnifolium*, An Invasive Problematic Weed in Jordan. *Weed Research*, 59, 222-234.
- Reynolds, C. & Cumming, G.S. (2016a). Seed Traits and Bird Species Influence the dispersal Parameters of wetland Plants. *Freshwater Biology*, 61, 1157-1170.
- Reynolds, C. & Cumming, G.S. (2016b). Seed dispersal by waterbirds in southern Africa: Comparing the Roles of Ectozoochory and Endozoochory. *Freshwater Biology*, 61, 349-361.
- Reynolds, C., Cumming, G.S., Vilà, M. & Green, A.J. (2017). Birds as Key Vectors for the Dispersal of Some Alien Species: Further Thoughts. *Diversity and Distributions*, 23, 577-580.
- Richardson, D.M. & Rejmánek, M. (2011). Trees and Shrubs as Invasive Alien Species—A Global Review. *Diversity and Distributions*, 17, 788-809.
- Ridley, H.N. (1930). *The dispersal of plants throughout the world*. L. Reeve and Company, Ltd., Ashford, Kent, 744 pp. (from Cruden 1966)
- Robert, J. & Florentine, S. (2022). Biology, Distribution and Management of the Globally Invasive Weed *Solanum elaeagnifolium* Cav (silverleaf nightshade): A Global Review of Current and Future Management Challenges. *Weed Research*, 6, 393-403.
- Roberts, H.A. & Lockett, P.M. (1978). Seed Dormancy and Field Emergence in *Solanum nigrum* L. *Weed Research*, 18, 231-241.
- Sayari, N., Brundu, G., Soilhi, Z. & Mekki, M. (2022). *Solanum elaeagnifolium* Invasiveness under Semi-Arid Environmental Conditions in Tunisia. *Earth*, 3, 1076-1086.
- Sekercioglu, C.H. (2006). Increasing Awareness of Avian Ecological Function. *Trends in Ecology and Evolution*, 21, 464-471.
- Shirihai, H. & Christie, D.A. (1992). Raptor Migration at Eilat. Br. *Birds*, 85, 141-186.
- Sobrino, E. & del Monte, J.P. (1994). Two Alien *Solanum* Species New to the Spanish Flora, and Their Characterization within the *Solanum nigrum* complex (Solanaceae). *Flora Mediterranea*, 4, 101-109.
- Solarz, W., Najberek, K., Pocięcha, A. & Wilk-Woźniak, E. (2017). Birds and Alien Species Dispersal: On the Need to Focus Management Efforts on Primary Introduction Pathways – Comment on Reynolds et al. and Green. *Diversity and Distributions*, 23, 113-117.
- SSánchez, M.I., Hortas, F., Figuerola, J. & Green, A.J. (2012). Comparing the Potential for Dispersal via Waterbirds of A Native and An Invasive Brine Shrimp. *Freshwater Biology*, 57, 1896-1903.
- Stanton, R., Wu, H. & Lemerle, D. (2012). Factors Affecting Silverleaf Nightshade (*Solanum*



- elaegnifolium*) Germination. *Weed Science*, 60, 42-47.
- Symon, D.E. (1979). Fruit Diversity and Dispersal in *Solanum* in Australia. *Journal of the Adelaide Botanic Gardens*, 1, 321-331.
- Uludag, A., Gbehounou, G., Kashefi, J., Bouhache, M., Bon, M., & Bell, C. & Lagopodi, A.L. et al. (2016). Review of the Current Situation for *Solanum elaeagnifolium* in the Mediterranean Basin. *EPPO Bulletin*, 46, 139-147.
- van Leeuwen, C.H., Van der Velde, G., van Groenendael, J.M. & Klaassen, M. (2012). Gut Travellers: Internal Dispersal of Aquatic Organisms by Waterfowl. *Journal of Biogeography*, 39, 2031-2040.
- Vardien, W., Richardson, D.M., Foxcroft, L.C., Thompson, G.D., & Wilson, J.R.U. & Le Roux, J.J. et al. (2012). Invasion Dynamics of *Lantana camara* L. (sensu lato) in South Africa. *South African Journal of Botany*, 81, 81-94.
- Viana, D.S., Gangoso, L., Bouten, W. & Figuerola, J. (2016a). Overseas Seed Dispersal by Migratory Birds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283, 20152406.
- Viana, D.S., Santamaría, L. & Figuerola, J. (2016b). Migratory Birds as Global Dispersal Vectors. *Trends in Ecology & Evolution*, 31, 763-775.
- Viljoen, B.D. & Wassermann, V.D. (2004). Suppression of Silver-Leaf Bitter Apple (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) by Cultivated Pasture Crops under Dry-Land Conditions: A Preliminary Study. *South African Journal of Plant and Soil*, 21, 63-66.
- Yarar, M. & Magnin, G. (1997). *Türkiye'nin önemli kuş alanları*. DHKD , İstanbul, 1-313.

Supplementary Table 1. Migratory birds seen in Türkiye  
*Ek Tablo 1. Türkiye'de görülen göçmen kuşlar*

Familia	Latin Name	English Name	Status
Anatidae	<i>Anas acuta</i>	Northern Pintail	WM*
Anatidae	<i>Anas penelope</i>	Eurasian Wigeon	WM
Anatidae	<i>Anas strepera</i>	Gadwall	WM
Anatidae	<i>Anser albifrons</i>	Greater White-fronted Goose	WM
Anatidae	<i>Anser anser</i>	Greylag Goose	WM
Anatidae	<i>Branta ruficollis</i>	Red-breasted Goose	WM
Anatidae	<i>Bucephala clangula</i>	Common Goldeneye	WM
Anatidae	<i>Aythya fuligula</i>	Tufted Duck	WM
Anatidae	<i>Aythya nyroca</i>	Ferruginous Duck	WM
Anatidae	<i>Cygnus olor</i>	Mute Swan	WM
Anatidae	<i>Cygnus cygnus</i>	Whooper Swan	WM
Anatidae	<i>Netta rufina</i>	Red-crested Pochard	WM
Anatidae	<i>Melanitta nigra</i>	Common Scoter	WM
Anatidae	<i>Mergus albellus</i>	Smew	WM
Anatidae	<i>Mergus serrator</i>	Red-breasted Merganser	WM
Anatidae	<i>Tadorna tadorna</i>	Common Shelduck	WM
Burhinidae	<i>Burhinus oedicephalus</i>	Eurasian Stone-curlew	SM**
Charadriidae	<i>Charadrius alexandrinus</i>	Kentish Plover	SM
Charadriidae	<i>Charadrius dubius</i>	Little Ringed Plover	SM
Charadriidae	<i>Charadrius leschenaultii</i>	Greater Sand Plover	SM
Charadriidae	<i>Charadrius leschenaultii</i>	Greater Sand Plover	SM, TM***
Charadriidae	<i>Pluvialis apricaria</i>	European Golden Plover	TM, WM
Charadriidae	<i>Pluvialis squatarola</i>	Grey Plover	TM, SM, WM
Charadriidae	<i>Vanellus spinosus</i>	White-tailed Lapwing	SM
Charadriidae	<i>Charadrius morinellus</i>	Eurasian Dotterel	TM
Columbidae	<i>Streptopelia turtur</i>	European Turtle Dove	SM
Glareolidae	<i>Glareola pratincola</i>	Collared Pratincole	SM, TM
Gruidae	<i>Grus grus</i>	Common Crane	TM
Gruidae	<i>Grus virgo</i>	Demoiselle Crane	TM
Haematopodidae	<i>Haemantopus ostralegus</i>	Eurasian Oystercatcher	SM
Haematopodidae	<i>Himantopus himantopus</i>	Black-winged Stilt	SM
Laridae	<i>Larus ichthyaetus</i>	Pallas's Gull	SM
Laridae	<i>Larus audouinii</i>	Audouin's Gull	R****, WM
Laridae	<i>Larus fuscus</i>	Lesser Black-backed Gull	WM, TM
Laridae	<i>Hydrocoloeus minutus</i>	Little Gull	TM
Laridae	<i>Larus ridibundus</i>	Black-headed Gull	WM
Laridae	<i>Rissa tridactyla</i>	Black-legged Kittiwake	WM

Laridae	<i>Gelocheidon nilotica</i>	Gull-billed Tern	TM, WM, SM
Laridae	<i>Sterna caspia</i>	Caspian Tern	TM, SM
Laridae	<i>Sterna sandvicensis</i>	Sandwich Tern	TM, WM, SM
Laridae	<i>Sterna hirundo</i>	Common Tern	SM
Laridae	<i>Sternula albifrons</i>	Little Tern	SM
Laridae	<i>Chlidonias leucopterus</i>	White-winged Tern	SM
Laridae	<i>Chlidonias hybrida</i>	Whiskered Tern	TM
Laridae	<i>Chlidonias niger</i>	Black Tern	SM
Pycnonotidae	<i>Pycnonotus xanthopygos</i>	White-spectacled Bulbul	R
Rallidae	<i>Crex crex</i>	Corn Crake	WM
Rallidae	<i>Porzana porzana</i>	Spotted Crake	TM
Rallidae	<i>Rallus aquaticus</i>	Water Rail	WM
Rallidae	<i>Zapornia parva</i>	Little Crake	SM
Recurvirostridae	<i>Recurvirostra avosetta</i>	Pied Avocet	SM
Scolopacidae	<i>Calidris canutus</i>	Red Knot	WM
Scolopacidae	<i>Calidris ferruginea</i>	Curlew Sandpiper	TM, WM
Scolopacidae	<i>Calidris alpina</i>	Dunlin	TM
Scolopacidae	<i>Calidris alba</i>	Sanderling	TM
Scolopacidae	<i>Calidris minuta</i>	Little Stint	WM
Scolopacidae	<i>Calidris pugnax</i>	Ruff	WM
Scolopacidae	<i>Calidris temminckii</i>	Temminck's Stint	TM
Scolopacidae	<i>Gallinago gallinago</i>	Common Snipe	WM
Scolopacidae	<i>Scolopax rusticola</i>	Eurasian Woodcock	R, WM, TM
Scolopacidae	<i>Limicola falcinellus</i>	Broad-billed sandpiper	WM
Scolopacidae	<i>Limosa limosa</i>	Black-tailed Godwit	TM
Scolopacidae	<i>Limosa lapponica</i>	Bar-tailed Godwit	TM
Scolopacidae	<i>Numenius phaeopus</i>	Whimbrel	TM
Scolopacidae	<i>Numenius arquata</i>	Eurasian Curlew	WM
Scolopacidae	<i>Lymnocyptes minimus</i>	Jack Snipe	TM, WM
Scolopacidae	<i>Tringa erythropus</i>	Spotted Redshank	WM, TM
Scolopacidae	<i>Tringa stagnatilis</i>	Marsh Sandpiper	WM, TM
Scolopacidae	<i>Tringa glareola</i>	Wood Sandpiper	TM
Scolopacidae	<i>Tringa nebularia</i>	Common Greenshank	TM
Scolopacidae	<i>Xenus cinereus</i>	Terek Sandpiper	TM
Scolopacidae	<i>Arenaria interpres</i>	Ruddy Turnstone	TM, WM
Scolopacidae	<i>Phalaropus lobatus</i>	Red-necked Phalarope	TM
Sturnidae	<i>Sturnus roseus</i>	Rosy Starling	SM
Sylvidae	<i>Locustella luscinioides</i>	Savi's Warbler	SM
Sylvidae	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	Sedge Warbler	SM
Sylvidae	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	Great Reed Warbler	SM
Sylvidae	<i>Acrocephalus dumetorum</i>	Blyth's Reed Warbler	SM
Sylvidae	<i>Acrocephalus palustris</i>	Marsh Warbler	SM
Sylvidae	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	Common Reed Warbler	SM
Sylvidae	<i>Iduna pallida</i>	Eastern Olivaceous Warbler	SM
Sylvidae	<i>Hippolais icterina</i>	Icterine Warbler	SM
Sylvidae	<i>Sylvia cantillans</i>	Subalpine Warbler	TM
Sylvidae	<i>Sylvia atricapilla</i>	Eurasian Blackcap	SM
Sylvidae	<i>Sylvia borin</i>	Garden Warbler	SM
Sylvidae	<i>Sylvia nisoria</i>	Barred Warbler	TM
Sylvidae	<i>Sylvia communis</i>	Common Whitethroat	SM
Sylvidae	<i>Sylvia curruca</i>	Lesser Whitethroat	SM
Sylvidae	<i>Sylvia rüppelli</i>	Rüppell's Warbler	SM
Sylvidae	<i>Phylloscopus trochilus</i>	Willow Warbler	TM
Sylvidae	<i>Phylloscopus bonelli</i>	Eastern Bonelli's Warbler	SM
Sylvidae	<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	Wood Warbler	SM
Turdidae	<i>Turdus pilaris</i>	Fieldfare	WM
Turdidae	<i>Turdus iliacus</i>	Redwing	WM

\*WM: Winter Migrant; \*\*SM: Summer Migrant; \*\*\*TM: Transit Migrant; \*\*\*\*R: Resident

## Kütahya İlinde Boylu Ardıç (*Juniperus excelsa* M. Bieb) Meyvelerinde Zarar Yapan Böcek Türleri ve Doğal Düşmanları

Erdal ZENGİN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Uşak, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-5074-5199>

✉: [Oerdalzengin0@gmail.com](mailto:Oerdalzengin0@gmail.com)

### ÖZET

Türkiye’de özellikle kıyı bölgelerinde geniş yayılış alanına sahip ardıç ormanlarının tohumdan üretimi dormansi sebebiyle oldukça zordur. Bu ormanların kendilerini yenilemeleri için ürettikleri meyvelerine bazı canlılar ve böcek türleri tarafından doğrudan ya da dolaylı olarak zarar verilerek döngüye engel olunmaktadır. Bu zararlı böcek türlerini ve doğal düşmanlarını tespit etmek amacıyla 2021-2022 yıllarında, Kütahya ili Aslanapa ve Çavdarhisar ilçelerinden ardıç meyveleri toplanarak incelenmiştir. Zararlı olarak *Argyresthia impura* Staudinger, 1880, *Argyresthia praecocella* Zeller, 1839 (Lepidoptera: Argyresthiidae), *Mesophleps oxycedrella* Millière, 1871 (Lepidoptera: Gelechiidae), *Pammene mariana* Zerny, 1920 (Lepidoptera: Tortricidae) ve *Rhagoletis flavigenualis* Hering, 1958 (Diptera: Tephritidae) türleri bulunurken, *Bracon intercessor* Nees, 1834 ve *Chelonus oculator* Fabricius, 1775 (Hymenoptera: Braconidae) faydalı türler olarak belirlenmiştir. Tespiti yapılan bütün türler çalışmanın yapıldığı bölgeler için ilk kayıt niteliğindedir.

### Bitki Koruma

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 21.06.2023

Kabul Tarihi : 04.09.2023

### Anahtar Kelimeler

*Argyresthia*

*Bracon intercessor*

Parazitoid

Türkiye

## Insect Pests on Berries of *Juniperus excelsa* M. Bieb and Their Natural Enemies in Kütahya

### ABSTRACT

Growing from seed of juniper forests, which have a wide distribution, especially in coastal areas in Türkiye, is quite challenging due to seed dormancy. The regeneration of these forests is hindered by certain organisms and insect species that directly or indirectly damage the fruits they produce, thus disrupting this cycle. To identify these harmful insect species and their natural enemies, juniper fruits were collected and examined from the districts of Aslanapa and Çavdarhisar in the Kütahya province during the years 2021-2022. The harmful species were *Argyresthia impura* Staudinger, 1880, *Argyresthia praecocella* Zeller, 1839 (Lepidoptera: Argyresthiidae), *Mesophleps oxycedrella* Millière, 1871 (Lepidoptera: Gelechiidae), *Pammene mariana* Zerny, 1920 (Lepidoptera: Tortricidae) and *Rhagoletis flavigenualis* Hering, 1958 (Diptera: Tephritidae), while *Bracon intercessor* Nees, 1834 and *Chelonus oculator* Fabricius, 1775 (Hymenoptera: Braconidae) were determined as beneficial species. All detected species were recorded for the first time in the studied regions.

### Plant Protection

### Research Article

### Article History

Received : 21.06.2023

Accepted : 04.09.2023

### Keywords

*Argyresthia*

*Bracon intercessor*

Parasitoid

Türkiye

**Atıf Şekli:** Zengin, E., (2024). Kütahya İlinde Boylu Ardıç (*Juniperus excelsa* M. Bieb) Meyvelerinde Zarar Yapan Böcek Türleri ve Doğal Düşmanları. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (2), 377-381. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1318165>.

**To Cite:** Zengin, E., (2024). Insect Pests on Berries of *Juniperus excelsa* M. Bieb and Their Natural Enemies in Kütahya. *KSU J. Agric Nat* 27(2), 377-381. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1318165>.

### GİRİŞ

Türkiye’nin 2020 yılı verilerine göre %29.4 (22 933 000 ha)’lık kısmı ormanlarla kaplıdır. Bu oran Kütahya ilinde %57 (646 552 ha) olarak tespit edilmiştir. Toplam orman varlığının %6.42’lik bir kısmını ise ardıç ormanları oluşturmaktadır (OGM, 2020).

Türkiye’nin bütün bölgelerinde yayılış gösteren ardıç (*Juniperus* L.) Cupressaceae familyasına ait bir cinstir. Dünya üzerinde 67 farklı türe sahip olan ardıcın Türkiye’deki tür sayısı 7 olarak belirlenmiştir (Adams, 2008). Bu türler arasındaki Boylu Ardıç (*Juniperus excelsa* M. Bieb) %82 yayılış oranı ile Türkiye ardıç ormanlarındaki en baskın tür olmuştur

(OGM, 2014). Ardıç türleri orman florasının bir parçası olması yanında, odunlarının yüksek ısı enerjisine sahip olmasından dolayı yakacak olarak kullanılmaktadır. Ayrıca çürümeye ve suya dayanıklı olmaları değişik kullanım amacı ile yapı elemanı olarak tercih edilmelerine de sebep olmuştur. Meyve ve dallarından elde edilen uçucu yağlardan kozmetik ve tıbbi amaçlı olarak da faydalanılmaktadır (Sarı ve ark., 2010; OGM, 2014; Alçay ve ark., 2018). Bu nedenlerden dolayı ardıç alanları sürekli zarar görmekte ve bilinçsiz olarak otlatılan küçükbaş hayvanların yeni çıkan ardıç filizlerini tüketmeleri de ardıç popülasyonunun kendisini yenilemesine imkan vermemektedir (Eler, 2000). Tüm bu baskılara ilave olarak Boylu Ardıçta 80 yaşından sonra görülen öz çürüklüğü hastalığı ardıç alanlarının küçülmesine de neden olmaktadır (Eler & Çetin, 2006).

Ardıç ağaçlarında tozlanma ve döllenenin ardından tohumların olgunlaşması için 2-3 yıllık bir süre geçmesi gerekmektedir. Olgunlaşan tohumların yayılımı, içerisinde buldukları etli ardıç meyvelerinin, başta ardıç kuşu olmak üzere bazı hayvanlar tarafından yenilmesine bağlıdır. Meyve etinde bulunan reçine ve blastokolin gibi ardıç tohumunun çimlenmesini engelleyen maddeler kuşların sindirim sistemi tarafından parçalanır ve dormansi kırılmış olur (Ayan ve ark., 2004). Ardıç alanlarında popülasyonun devamını ve genişlemesini sağlayacak miktarda tohum üretilmesine rağmen, bazı zararlıların etkisi sonucunda çimlenme kabiliyetine sahip tohum oranı %15'e kadar düşmektedir (Eler, 2000; Ayan ve ark., 2004).

Tohumların gelişimini dolayısıyla ardıç alanlarının yenilenmesini engelleyen en önemli sebeplerden birisi böcek zararlılarıdır (Turgeon ve ark., 1994; Guido & Roques, 1996; Kakar ve ark., 2016). Dünya üzerinde orman ağaçlarının meyveleri ile beslenen Coleoptera, Diptera, Heteroptera, Homoptera, Hymenoptera, Lepidoptera ve Thysanoptera takımlarına ait yaklaşık 400 böcek türü olduğu bilinmektedir. Bu takımlar arasında Lepidoptera en fazla türe sahip olan takımdır (Turgeon ve ark., 1994). Bu çalışmada Kütahya ilinde bulunan *J. excelsa* meyvelerinde zarar yapan böcek türleri ve doğal düşmanları tespit edilmiştir.

## MATERYAL ve METOD

Çalışmada kullanılan örnekler 2021 ve 2022 yıllarında daha önce benzer bir çalışmanın yapılmadığı ve incelemeler sonucunda meyveler üzerinde çıkış deliklerinin ve dallarda larvaların tespit edildiği iki farklı lokasyondan alınmıştır. 2021 yılında örnekler, Kütahya ili Çavdarhisar ilçesine bağlı Susuzkaya köyünün Velikızı mevkiinde bulunan yaklaşık 1400 ha'lık alandan alınırken (39.236748 K, 29.723185 D; ~1080 m), 2022 yılında Kütahya ili Aslanapa ilçesi Adaköy köyündeki Deregöl mevkiinde bulunan yaklaşık 1000 ha'lık alandan toplanmıştır (39.242988

K, 29.951003 D; ~1100 m). Ardıç meyvelerinin olgunlaşması çalışmanın yapıldığı bölgelerde ekim sonu itibariyle başladığından örnekler 2021 yılında 23 Ekim tarihinde, 2022 yılında ise 09 Kasım tarihinde toplanmıştır. Örnekler, tesadüfi olarak üzerinde meyveler bulunan dallar yaklaşık 40 cm uzunluğunda kesilerek alınmış ve her bir çalışma bölgesinde 10 ağaçtan toplam 50 adet ardıç dalı toplanmıştır. Daha sonra kesilen her dala bol ışıklı ve beyaz bir zemine sahip ortamda hafifçe vurularak meyve dışında bulunan larvaların zemine düşmesi sağlanmış ve bu larvalar toplanarak ergin dönemlerinin elde edilmesi için plastik kaplarda bekletilmiştir. Ayrıca çalışmanın yapıldığı her iki yılda da meyve içinde bulunan zararlıların tespit edilmesi amacıyla, toplanan ardıç dalları üzerindeki meyvelerden 300 adeti koparılarak ortam sıcaklığında kavanozlarda kültüre alınmıştır. Çalışma boyunca 100 adet ardıç dalı ve 600 adet ardıç meyvesi toplanmıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen *Argyresthia* cinsine ait türler ve doğal düşman türleri sırasıyla Dr. Ole KARSHOLT (Danish Natural History Museum), Prof. Dr. Ahmet BEYARSLAN ve Doç.Dr. Mitat AYDOĞDU (Trakya Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Edirne) tarafından teşhis edilmiştir. Tespiti yapılan diğer türler Çanakçıoğlu, (1959), Korneyev ve ark. (2017) ve Ruseva ve ark. (2020)'e göre tanımlanmıştır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Toplanan örneklerden 7 farklı böcek türü tespit edilmiş olup bu türlerden 4 tanesinin Lepidoptera, 2 tanesinin Hymenoptera ve 1 tanesinin de Diptera takımına ait olduğu belirlenmiştir.

Ardıç meyvelerinde zarar yapan böcek türleri, Lepidoptera takımının Argyresthiidae familyasına ait *Argyresthia impura* Staudinger, 1880 ve *Argyresthia praecocella* Zeller, 1839, Gelechiidae familyasına ait *Mesophleps oxycedrella* Millière, 1871 ve Tortricidae familyasına ait *Pammene mariana* Zerny, 1920 olarak tespit edilmiş olup Diptera takımında tespit edilen tür ise Tephritidae familyasına ait *Rhagoletis flavigenualis* Hering, 1958 olmuştur. Hymenoptera takımından doğal düşman olarak belirlenen *Bracon intercessor* Nees, 1834 ve *Chelonus oculator* Fabricius, 1775'un Braconidae familyasına ait olduğu görülmüştür.

2021 yılında toplanarak kültüre alınan ardıç meyvelerinden Lepidoptera takımına ait ilk ergin çıkışları 18.01.2022 tarihinde başlarken, 2022 yılında toplanan örneklerdeki çıkışlar 23.01.2023 tarihinde gerçekleşmiş ve bu çıkışlar mart ayı sonuna kadar devam etmiştir. Her iki yılda da ilk olarak tespit edilen tür *A. impura* (Şekil 1) olmuş bu türü *A. praecocella* izlemiştir. Bu çalışmayla paralel olarak, Marcovitch (1915) yaptığı çalışmada *Argyresthia altematella* (Kearfoot, 1908) türünün 12 Şubat tarihinde ilk ergin çıkışlarının gözlemlendiğini bildirmiştir.



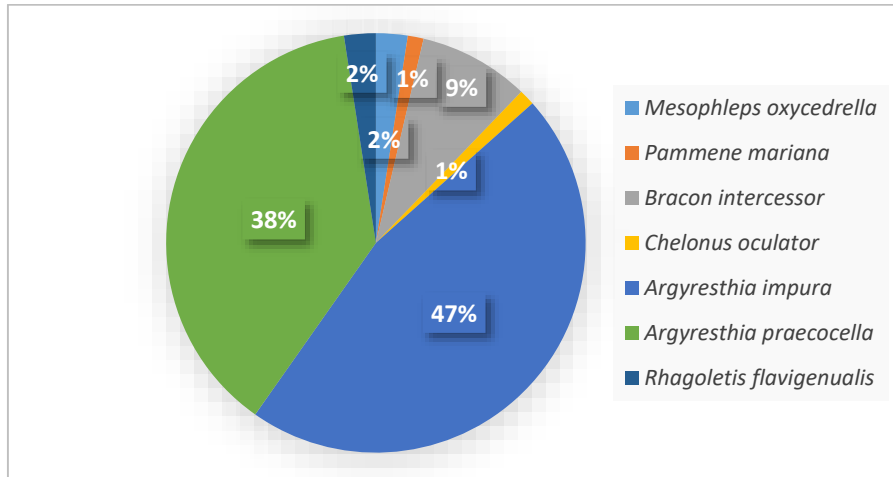
Şekil 1. Kültüre alınan örneklerden yeni çıkan *Argyresthia impura* ergini  
Figure 1. *Argyresthia impura* adult newly emerged from the collected berries

Çalışma sonunda tespiti yapılan türler arasında en sık karşılaşılan *A. impura* olurken (%47), bu türü *A. praecocella* (%38) izlemiştir. Bulunan türlerin %88'inin Lepidoptera takımına ait olduğu belirlenmiş ve bu sonuçların Turgeon ve ark. (1994) ile uyumlu olduğu görülmüştür (Şekil 2).

Çizelge 1. 2021 ve 2022 yıllarında toplanan örneklerden elde edilen türler ve sayıları

Table 1. Species and numbers obtained from samples collected in 2021 and 2022

Tür (Species)	2021 (Adet) (No.)	2022 (Adet) (No.)
<i>Mesophleps oxycedrella</i>	2	0
<i>Pammene mariana</i>	1	0
<i>Bracon intercessor</i>	7	0
<i>Chelonus oculator</i>	0	1
<i>Argyresthia impura</i>	21	17
<i>Argyresthia praecocella</i>	18	13
<i>Rhagoletis flavigenualis</i>	2	0



Şekil 2. 2021 ve 2022 yıllarında tespit edilen türlerin bulunma yoğunlukları  
Figure 2. Abundance of species detected in 2021 and 2022

2021 yılında toplanan örneklerde parazitoit tür olan *C. oculator*'a rastlanmazken, 2022 yılındaki örneklerde sadece *A. impura*, *A. praecocella* ve *C. oculator* türleri tespit edilmiştir (Çizelge 1). Çalışmanın yapıldığı her iki yılda da en fazla karşılaşılan *A. impura* 'nın Türkiye'de var olduğu Koçak ve Kemal (2009) tarafından tespit edilmiş olmasına rağmen, Çanakçıoğlu (1959), Tosun (1976) ve Öymen (1990) tarafından yapılan çalışmalarda bu türün varlığına rastlanmamıştır. Bunun sebebinin söz konusu çalışmaların daha çok çam ve sedir ağaçları ağırlıklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Dimitri ve ark. (2018) tarafından Amerika'da yapılan çalışmada *Argyresthia alternatella* ve *Argyresthia quadristrigella* Zeller, 1873 türlerinin ardıç meyve ve tohumunda zarar yaptığını ancak en çok karşılaşılan türlerin, bu çalışmadan farklı olarak, *Periploca* Braun, 1919 (Cosmopterigidae: Lepidoptera) cinsine ait olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmanın neartik bölgede yapılmış olmasının elde edilen türlerde ve yoğunluklarında farklılığa neden olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmayla tespit edilen *M. oxycedrella*, *P. mariana*, *A. praecocella* ve *R. flavigenualis*, daha önce Türkiye'de yapılan çalışmalarda ardıç meyvelerinden elde edilmiştir (Çanakçıoğlu, 1959; Tosun, 1976). 2021 yılı toplanan

örneklerden iki adet elde edilen *M. oxycedrella*'nın ergin bireylerin çıkışları 03/02/2022 ve 15/03/2022 tarihlerinde gerçekleşirken, *P. mariana* türüne ait ergin 25/02/2022 tarihinde tespit edilmiştir.

Bu çalışmadan farklı olarak İspanya, Pakistan ve Güney Kıbrıs Rum Kesiminde yapılan benzer çalışmalarda ardıç meyvesinde bulunan ve çekirdeğe zarar veren *Megastigmus* Dalman, 1820 (Megastigmidae: Hymenoptera) türleri tespit edilmiştir (Garcia, 1998; Kakar ve ark., 2016; Moraiti ve ark., 2019). Bu türe ait ergin bireyler iklim şartlarına bağlı olarak haziran – ağustos aylarında ardıç meyvelerini terk ederler ve çiftleşmenin ardından meyve içerisine yumurtalarını bırakırlar. Yumurtadan çıkan larvanın pupa olması bir sonraki yaz ayında gerçekleşir. Dolayısıyla haziran ayından önce toplanan ardıç meyvelerinden bu cinse ait ergin çıkışlarının gözlemlenebileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada ardıç meyveleri ekim-kasım aylarında toplandığından dolayı *Megastigmus* cinsine ait türlere rastlanmamıştır. Benzer şekilde Pakistan'da yapıldığı belirtilen çalışmada ekim-kasım aylarında alınan meyve örneklerinin hiçbirinde bu türlere ait ergin bireylere rastlanmamıştır. Ancak Şekil 1.'de görüldüğü gibi ve Kakar ve ark. (2016) ile uyumlu olarak, meyve üzerinde *Megastigmus* türlerine ait olabileceği düşünülen çıkış delikleri görülmüştür. İspanya'daki çalışmada ise, her ne kadar örnekler ekim ayında alınmış olsa da bu örneklerden ergin çıkışları beklenmeden meyveler kesilerek içindeki larvalar cins seviyesinde belirlenmiştir. Yine benzer şekilde, Moraiti ve ark. (2019) tarafından Kasım 2012-Ekim 2013 tarihleri arasında toplanarak doğal iklim şartlarında muhafaza edilen meyve örneklerinden temmuz-ağustos aylarında bu türe ait bireylerin çıkışının gerçekleştiği bildirilmiştir.

Çalışma sonucunda *B. intercessor* ve *C. oculator* türleri doğal düşman olarak tespit edilmiştir. 2021 yılı toplanan meyve örneklerinden 04/11/2021-23/02/2022 tarihleri arasında 7 adet *B. intercessor* çıkışı gerçekleşmiştir. Bu parazitoitin Coleoptera, Diptera, Hymenoptera ve Lepidoptera takımına ait türlerin larvaları üzerinde eksternal olarak beslendiği, bir konukçu üzerinde 2-25 adet arası bulunabileceği ve *Argyresthia conjugella* (Zeller, 1839) (Argyresthiidae: Lepidoptera)'nın doğal düşmanı olduğu belirlenmiştir (Georgiev, 2005; Beyarslan ve ark., 2017). Çanakçıoğlu (1959) tarafından Tavşanlı (Kütahya) ve Acıpayam (Denizli) ormanlarından alınan örneklerden *A. praecocella*'nın larva parazitoiti olarak tespit edilen *Bracon laetus* (Wesmael, 1838) (Braconidae: Hymenoptera)'un taksonomideki yeri revize edilerek *B. intercessor*'un alt türü olarak değiştirilmiştir (Papp, 2012). Dolayısıyla *B. intercessor*'un bu çalışmada tespit edilen *Argyresthia* türlerinin doğal düşmanı olabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca aynı çalışmada *P. mariana*'nın parazitoiti olarak *Bracon*

*piger* Wesmael, 1838 (Braconidae: Hymenoptera) tespit edilmiştir.

Sadece 2022 yılında toplanan örneklerden 09/12/2022 tarihinde bir tane olarak tespit edilen *C. oculator*'un Lepidoptera takımındaki Gelechiidae, Noctuidae, Pyralidae ve Tortricidae familyalarına ait önemli zararlıların soliter koinobiont yumurta-larva parazitoiti olduğu bildirilmiştir (Gadallah & Ghahari, 2013; Tunca ve ark., 2014; Aydoğdu, 2016). Bu çalışmalarda *Argyresthia* türleri konukçu olarak kaydedilmemiş olmasına rağmen, Escola & Ascew (2009) *Chelonus minutus* (Szepligeti, 1898)'un *A. praecocella*'nın parazitoiti olarak tespit edildiğini ifade etmişlerdir. Bu nedenle *C. oculator*'un bu çalışmada 2022 yılı örneklerinde tespit edilen *A. impura* ve *A. praecocella*'nın tek tek veya her ikisinin doğal düşmanı olduğu kanaatine varılmıştır.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Ardıç ormanlarının yenilenmesi ve genişlemesi üzerine, insan eliyle verilen zarar (otlatma, kesim vb.) ile kıyaslandığında böceklerin zararı sınırlı kalsa da özellikle koruma alanlarında bu böceklerin populasyon takibinin yapılmadığı takdirde ciddi problemlere sebep olabileceği düşünülmektedir (Guido & Roques, 1996).

Bu çalışmada Kütahya ilinin iki farklı bölgesindeki ardıç meyvelerinde bulunan ve doğrudan tohum canlılığına etki eden böcek türleri ve parazitoitleri tespit edilmiştir. Meyvelerdeki toplam zarar oranının ve bu zararın tohum kalitesine etkisinin anlaşılabilmesi için daha kapsamlı çalışmaların yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca ardıç ormanlarında bulunan parazitoit türlerin çeşitliliği ve yoğunlukları ardıç meyvelerinde ve tohumlarında beslenen böcek türlerinin populasyonunu ve zarar oranlarını oldukça düşürecektir. Doğal düşmanlar göz ardı edildiğinde, meyvelerdeki zararın %20'den %43'e yükseliyor olması göz önüne alındığında, bu fayda daha iyi anlaşılacaktır (Gomez ve Zamora, 1994). Bu bağlamda tespiti yapılan parazitoitlerin korunması ve populasyon yoğunluklarının artırılması için gereken şartların araştırılması ve tedbirlerin alınması oldukça önemlidir.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

Adams, R.P. (2008). Junipers of the World: The Genus Juniperus. 2nd Ed. Trafford Publ., Vancouver, B.C., Canada

- Alçay, A.Ü., Akgül, C., Badayman, M. & Dinçel, E. (2018). Ardıç Meyve ve Yağının Kullanım Alanları. *Aydın Gastronomy*, 2 (2), 45-60.
- Ayan, S., Küçük, M., Ulu, F., Gerçek, V., Şahin, A. & Sivacıoğlu, A. (2004). Doğal Bazı Ardıç (*Juniperus L.*) Türlerinin Çelikle Üretim Olanakları. *Gazi Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi-Kastamonu*, 4(1), 1-12.
- Aydoğdu, M. (2017). İç Anadolu Bölgesi *Chelonus* Panzer, 1806 (Hymenoptera, Braconidae, Cheloninae) Faunası Üzerine Taksonomik bir Araştırma. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14 (2), 64-70.
- Beyarslan, A., Gözüaçık, C., Güllü, M. & Konuksal, A. (2017). Taxonomical Investigation on Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) Fauna in Northern Cyprus, with Twenty Six New Records for The Country. *Journal of Insect Biodiversity and Systematics*, 3(4), 319-334.
- Çanakçıoğlu H. (1959). Orman Ağaçlarımızın Tohumlarına Arız Olan Böcekler ve Bazı Önemli Türlerin Mücadeleleri Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Ser. A 9*, 126-5.
- Dimitri, L. A., Longland, W. S., Tonkel, K. C., Rector, B. G. & Kirchoff, V. S. (2018). Impacts of Granivorous and Frugivorous Arthropods on Pre-Dispersal Seed Production of Western Juniper (*Juniperus occidentalis*). *Arthropod-Plant Interactions*, 12 (3), 465-476.
- Eler, Ü. & Çetin, A. (2006). Ardıç Tohumunun Çimlendirilme Olanakları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(1), 33-45.
- Eler, Ü. (2000). Ardıç Ormanlarımız. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(1), 87-96.
- Escola, A.R. & Askew, R.R. (2009). Chalcidoidea (Hymenoptera) Reared From Fruits of *Juniperus phoenicea*, with Descriptions of Three New Species. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 45, 109-121.
- Gadallah, N.S. & Ghahari, H. (2013). An Annotated Catalogue of The Iranian Cheloninae (Hymenoptera: Braconidae). *Linzer biol. Beitr.*, 45 (2).
- Georgiev, G. (2005). Bioecological Characteristics of *Bracon intercessor* Nees (Hymenoptera: Braconidae) As A Parasitoid of The Poplar Clearwing Moth, *Paranthrene tabaniformis* (Rott.) (Lepidoptera: Sesiidae) in Bulgaria. *Journal of Pest Science*, 78, 161-165.
- Gomez, J.M. & Zamora, R. (1994). Top-down Effects in A Tritrophic System: Parasitoids Enhance Plant Ftness. *Ecology*, 75, 1023-1030.
- Guido, M. & Roques, A. (1996). Impact of The Phytophagous Insect And Mite Complex Associated with Cones of Junipers (*Juniperus phoenicea* L. and *J. cedrus webb* and berth.) in The Canary Islands. *Ecologia Mediterranea XXII* (1/2), 1-10.
- Koçak, A.Ö. & Kemal, M. (2009). Revised Checklist of the Lepidoptera of Turkey. *Priamus (Suppl.)*, 17, 1-253.
- Korneyev, V.A., Mishustin, R.I. & Korneyev, S.V. (2017). The Carpomyini Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) of Europe, Caucasus, and Middle East: New Records of Pests, with Improved Keys. *Vestnik zoologii*, 51(6), 453-470.
- Marcovitch, S. (1915). The Biology Of Juniper Berry Insects, with Descriptions of New Species. *Ann Entomol Soc Am* 8:163-181.
- Moraiti, C.A., Kadis, C., Papayiannis, L.C. & Stavrinides, M.C. (2019). Insects and Mites Feeding on Berries of *Juniperus foetidissima* Willd. on the Mediterranean Island of Cyprus. *Phytoparasitica*, 47, 71-77.
- OGM, (2021). Türkiye Orman Varlığı 2020. Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, *Orman Genel Müdürlüğü Yayını*, Ankara, 56 s
- OGM, (2014). Ardıç Ormanlarının Rehabilitasyonu Eylem Planı. *Orman Genel Müdürlüğü*, Ankara.
- Öymen, T. (1990). Türkiye’de İğne Yapraklı Ağaçlarda Zarar Yapan Önemli Lepidoptera Türleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 40(3), 59-65.
- Papp, J. (2012). A Revision of The *Bracon* Fabricius species in Wesmael’s Collection Deposited in Brussels (Hymenoptera, Braconidae, Braconinae). *European Journal of Taxonomy* 21, 1-154.
- Ruseva, S., Zlatkov, B. & Zaemdzhikova, G. (2020). *Mesophleps oxycedrella* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Association with *Juniperus excelsa* (Cupressaceae) in Bulgaria. *ZooNotes* 160, 1-4.
- Sarı, A.O., Oğuz, B., Bilgiç, A., Tort, N., Güvensen, A. & Şenol, S.G. (2010). Ege ve Güney Marmara Bölgelerinde Halk İlacı Olarak Kullanılan Bitkiler. *Journal of AARI*, 20 (2), 1-21.
- Tosun, İ. (1976). Akdeniz Bölgesi İğne Yapraklı Ormanlarında Zarar Yapan Böcekler ve Önemli Türlerin Parazit ve Yırtıcıları Üzerine Araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 26 (2), 218-253.
- Tunca, H., Kılınçer, N. & Özkan, C. (2014). Toxicity and Repellent Effects of Some Botanical Insecticides on The Egg-Larval Parasitoid *Chelonus oculator* Panzer (Hymenoptera: Braconidae). *Scientific Research and Essays*, 9 (5), 106-113.
- Turgeon, J.J., Roques, A. & De Groot, P. (1994). Insect Fauna of Coniferous Seed Cones: Diversity, Host Plant Interactions, and Management. *Ann. Rev. Entomol.* 39, 179-212.



## Türkiye’de ve Dünya’da Bitki Koruma Ürünlerinin Kullanımının Değerlendirilmesi ve Öneriler

Cem-ERDOĞAN<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Başkent Üniversitesi, Gıda Tarım ve Hayvancılık Geliştirme Enstitüsü, Bağlıca Kampüsü Fatih Sultan Mahallesi Eskişehir Yolu 18.km 06790 Etimesgut, Ankara, Türkiye, <sup>2</sup>Başkent Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik, Bağlıca Kampüsü Fatih Sultan Mahallesi Eskişehir Yolu 18.km 06790 Etimesgut, Ankara, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-9537-3536>

✉: cmerdogan@yahoo.com

### ÖZET

Tarım sektörü, artan gıda talebi, dünya nüfusundaki hızlı artış, verimli tarım arazilerinin giderek azalması, biyolojik çeşitlilik kaybı, çevre kirliliği, iklim değişikliği, kuraklık, bitkisel üretimi sınırlayan zararlı organizmaların sayısının artması, bitki koruma ürünlerine (BKÜ) karşı gelişen direnç, BKÜ’lerin faydalı böcekler üzerine olan olumsuz etkileri, kalıntı, genç nüfusun tarımdan uzaklaşması vb. gibi çok çeşitli yerel ve küresel risklerle karşı karşıya bulunmaktadır. Günümüzde tarımsal üretimde yaşanan bu sorunlardan birisi olan tarımsal üretimde verim ve kaliteyi etkileyen hastalık, zararlı ve yabancı otlarla mücadelede en çok tercih edilen yöntem kimyasal mücadele olup, Bitki Koruma Ürünleri (BKÜ) kullanılmaktadır. Türkiye’de 2022 yılında 55.374 ton BKÜ kullanılmıştır. Türkiye’de BKÜ kullanımının incelendiğinde, hektara düşen oran 2.26 kg/ha olup, gelişmiş ülkelere göre oldukça düşüktür. Ancak tarımsal üretim faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerinde BKÜ tüketim miktarı fazladır. Dünyada tarımda BKÜ kullanımı 2021 yılında 2020 yılına göre %4 artışla 3,5 milyon ton aktif madde, toplam pestisit ticareti ise 7,1 milyon ton formüle edilmiş ürün ve toplam değeri 43,2 milyar ABD dolarıdır. Bu çalışma kapsamında, Dünya’da ve Türkiye’de BKÜ kullanımını incelenmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

### Bitki Koruma

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 09.12.2023

Kabul Tarihi : 25.01.2024

### Anahtar

Bitki koruma ürünleri  
Fungisit  
Herbisit  
İnsektisit  
Pestisit

## Evaluation of The Use of Plant Protection Products in Türkiye and in The World and Recommendations

### ABSTRACT

The agricultural sector faces a wide range of local and global risks such as increasing food demand, rapid increase in world population, gradual decrease in fertile agricultural land, loss of biodiversity, environmental pollution, climate change, drought, increasing number of harmful organisms limiting crop production, resistance to plant protection products (PPPs), negative effects of PPPs on beneficial insects, residue, young population moving away from agriculture, etc. Nowadays, chemical control is the most preferred method of controlling diseases, pests and weeds that affect yield and quality in agricultural production, and Plant Protection Products (PPPs) are used. In 2022, 55,374 tonnes of PPP was used in our Türkiye. In Türkiye, PPP usage in the rate per hectare is 2.26 kg/ha, which is quite low compared to developed countries. However, in the Mediterranean, Aegean and Marmara regions where agricultural production activities are intensively carried out, the amount of PPP consumption is high. The use of PPP by groups in the world, it has increased by 53% to 111% compared to the 1990s. The use of PPPs in agriculture in the world is 3.5 million tonnes of active ingredients in 2021 with an increase of 4% compared to 2020, and the total pesticide trade is 7.1 million tonnes of formulated products with a total value of 43.2 billion USD. In this study, the use of PPPs in the world and our country was analysed and recommendations were made.

### Plant Protection

### Research Article

### Article History

Received : 09.12.2023

Accepted : 25.01.2024

### Keywords

Plant protection products  
Fugicide  
Herbicide  
Insecticide  
Pesticide



**To Cite:** Erdoğan C (2024). Evaluation of The Use of Plant Protection Products in Türkiye and in The World and Recommendations. *KSU J. Agric Nat* 27(2), 382-392. DOI: 10.18016/ksutarimdoga.vi.1402605.

## GİRİŞ

Türkiye’de 24 milyon hektar ekilebilir alan, 30 farklı agroekolojik bölge, 165 ticari bitki türü bulunmaktadır (Kaymak ve ark., 2015). Türkiye’de 2.2 milyon kayıtlı tarım işletmesi, 6 milyon tarım çalışanı ile 140 milyon ton civarında tarımsal ürün üretilmektedir (Birişik ve ark., 2015). Tarım sektörü, artan gıda talebi, dünya nüfusundaki hızlı artış, erozyon, tuzlanma ve yoğun kullanımın yanı sıra şehirleşme nedeniyle verimli tarım arazilerinin giderek azalması, küçük aile işletmeciliğinin ve buna bağlı olarak da parçalı arazi yapısının yaygın olması, kırsal kalkınma yetersizliği, kırsaldan kente göç, tarımsal mekanizasyon eksikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı, toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği, çevre kirliliği, tarımsal plastik atıkların geri dönüşümü ya da bertarafı, iklim değişikliği, kuraklık, bitkisel üretimi sınırlayan zararlı organizmaların sayısının artması, bu zararlılarla mücadelede kullanılan bitki koruma ürünlerine (BKÜ) karşı görülen direnç gelişimi, BKÜ’lerinin faydalı böcekler üzerine olan olumsuz etkileri, kalıntı, verim düşüklüğü, tarımda nitelikli işgücü eksikliği, tarımsal girdilerin fiyatlarındaki aşırı artışlar, tarımsal destekleme politikaları, genç nüfusun tarımdan uzaklaşması vb. gibi çok çeşitli yerel ve küresel risklerle karşı karşıya bulunmaktadır (Erdoğan, 2021). Bu nedenle yürütülen tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilir bir şekilde yürütülmesi ve aynı zamanda da biyolojik çeşitliliğin korunması son derece önemlidir.

Tarımsal üretimin başlangıcından bu yana, yani 10.000 yıl dan fazla bir süredir tarımsal alanlarda görülen hastalık zararlı ve yabancı otlar önemli bir sorun olmuş ve günümüzde de sorun olmaya devam etmektedir. Dünya genelinde hastalık, zararlı ve yabancı otlar nedeniyle tarımsal üretimin yaklaşık %26 ila %40’ı kaybedilmekte olup, mücadele yapılmadığı takdirde bu kayıpların iki katı olabileceği ifade edilmektedir. (OECD/FAO, 2012). Ayrıca, depolama sırasında da %14’lük kayıp daha oluşabilmektedir (Özdem & Karahan, 2018). Türkiye’de tarımsal üretimde yetiştirilen 165 bitkisel üründe 657 zararlı organizma mevcut olup (Anonim, 2023a), bu zararlı organizmalardan resmi olarak 335’ten fazlasıyla mücadele yapılmaktadır. Günümüzde modern tarım üretiminde amaç birim alandan elde edilen verim ve kaliteyi arttırmaktır. Sanayi devrimiyle birlikte tarımsal üretimde de modern yaklaşımların İngiltere’de başladığını görüyoruz. Sanayi devrimi beraberinde hızlı nüfus artışı, kentleşme, çevre kirliliği ve endüstri alanlarının hızla büyümesini getirmiş ve verimli tarım alanlarının giderek azalmasına yol açmış bulunmaktadır. Bu kapsamda 20. yüzyılda, özellikle ikinci dünya savaşından sonra tarımsal üretimde verim ve

kalitenin arttırılabilmesi için modern tarım tekniklerinin uygulanmasına hız verildiği görülmektedir. 1940 yılından önce piretrin, nikotin ve rotenon gibi bitkisel insektisitler mevcuttu ancak güneş ışığı altında hızla parçalandıkları için yaygın olarak kullanılamıyorlardı (Mathews, 2006). Bu dönemde hastalık zararlı ve yabancı otlarla mücadelede DDT’nin keşfi ile sentetik tarım ilaçlarının kullanımının giderek yaygınlaştığı görülmektedir.

Rachel Carson tarafından 1962 yılında yazılan 'Sessiz Bahar' adlı kitap, bilim insanlarının ve kamuoyunun çevre kirliliğine ilişkin tutumunu değiştirmede bir dönüm noktası olarak kabul edilmektedir (Carson, 1962). Carson’un bu yayınından sonra tarımsal üretimde zararlı olan hastalık, zararlı böcek ve yabancı otlarla mücadelede Entegre Zararlı Yönetimi stratejisi doğmuştur diyebiliriz. Günümüzde çevreye olan duyarlılığın artması ile insan, çevrenin sağlığı ve biyolojik çeşitliliğin korunması ön plana çıkmıştır. Bu nedenle tarımsal zararlılarla mücadelede BKÜ tüketiminin azaltılması, agro-ekosistem analizi ve sürdürülebilir tarımsal üretim dikkate alınarak mücadele yöntemlerinin uygulanması bir zorunluluk haline almıştır (Altıkat ve ark 2009). Pestisit terimi yeni değildir ve tarih öncesi dönemlerden beri çeşitli maddelerin bu amaçla kullanıldığını görüyoruz. Modern anlamda pestisitlerin hem tarım hem de halk sağlığı alanında kullanımı ondokuzuncu yüzyılın başlarına dayanmaktadır (Daş & Aksoy, 2016) Tarım ilaçlarının etkisini kısa sürede göstermesi ve kullanımının kolaylığı, ulaşılabilir olması, tarım işçilerinin kullanılarak yabancı ot temizliği yapılmasıyla karşılaştırıldığında zamandan ve ekonomik açıdan daha avantajlı olması gibi nedenlerle kullanımının yaygınlaştığını görüyoruz (Tiryaki ve ark., 2010).

Bilimsel araştırmalarda yaşanan gelişmeler BKÜ kullanımının bilinçsizce yapıldığını, yoğun kullanımı sonucu zararlı organizmalarda direnç geliştirme riskleri bulunduğunu ve elde edilen ürünlerde kalıntıya sebep olmaları nedeniyle de insan ve çevreye sağlığına olumsuz etkileri bulunduğunu ortaya koymaktadır (Delen ve ark., 2005; Erdoğan ve ark., 2007; Koç & Yardım, 2019). BKÜ kullanımının bal arıları üzerinde ciddi problemler oluşturabildiği belirtilmektedir (Karakaş, 2022). Türkiye’de tarımsal zararlılarla mücadelenin sürdürülebilir bir şekilde, biyolojik çeşitliliğin korunarak yapılması gerekmektedir. Bu nedenle Türkiye’de ve dünyada BKÜ kullanımının karşılaştırmalı olarak incelenmesi ihtiyacının giderilmesinin faydalı olacağı düşünülmüştür.

## MATERYAL ve METOD

Çalışmanın materyalini Tarım ve Orman Bakanlığı ve FAO verileri oluşturmuştur. Türkiye’de BKÜ kullanımıyla ilgili olarak Tarım ve Orman Bakanlığında alınan istatistiki veriler düzenlenerek, yedi bölge ile bölgelerde yer alan illerdeki BKÜ kullanım oranları ortaya konulmuştur.

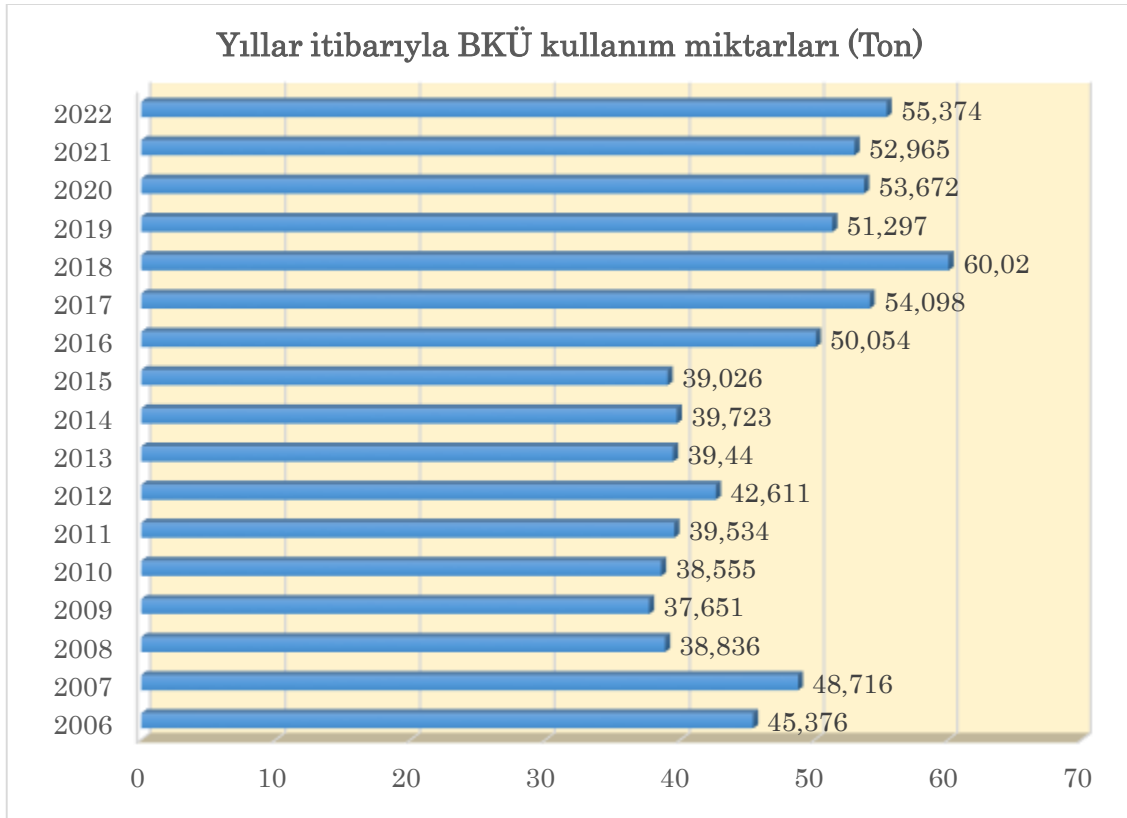
### İstatistik Analizler

Konu ile ilgili daha önceden yapılmış çalışmalarda veriler de değerlendirilmiştir. Verilerin analizinde tanımlayıcı istatistik kullanılmıştır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Türkiye’deki bitki koruma ürünlerinin kullanım durumu

Türkiye’de 2001 yılında 30.053 ton BKÜ kullanılmış olup, bunun %41.89’unu insektisitler, %23.82’sini herbisitler, %21.50’sini fungusitler, %0.92’sini akarisitler, %5.44’ünü yağlar ve %6.43’ünü diğer BKÜ’ler oluşturmuştur (Anonim, 2002).2001 yılında Türkiye’de en çok kullanılan BKÜ grubunun 12.589.526 ton ile insektisitler olduğu, bu grubu 7.158.343 ton ile herbisitler ve 6.462.776 ton ile de fungusitlerin takip ettiği anlaşılmaktadır. 2022 yılında ise Türkiye’de toplam BKÜ kullanım miktarı 55.374 ton olup, bu kayıtlara göre ilaç tüketiminin %22.04’sini insektisitler, %26.28’sini herbisitler, %35.11’ini fungusitler, %4.44’sini akarisitler, %0.53 ve %11.57’ini diğer BKÜ’ler oluşturmaktadır (Şekil 1) (Anonim, 2023b).



Şekil 1. Türkiye’de 2006-2022 yıllarında Bitki Koruma Ürünleri kullanım miktarları (ton) (Anonim, 2023b)  
Figure 1. Amounts of plant protection product use in Türkiye in 2006-2022 (tons) (Anonymous, 2023b)

Çizelge 1 incelendiğinde, Türkiye’de tarım ilacı kullanımının %84 oranında arttığını görülmektedir. 2000 yılında Türkiye nüfusu 67.803.927 kişi iken, 2023 yılında 85.279.553 kişidir (Anonim, 2023c). Ülke nüfusunda geçen 21 yılda yaklaşık % 20.49’luk bir artış gerçekleşmiştir. Ayrıca 2023 yılında Türkiye’ye ilk 9 ayda gelen turist sayısı 44.605.295 kişi olmuştur

(Anonim, 2023d). Diğer bir değişle tarım sektörü bir üretim sezonu içerisinde yaklaşık 130 milyon kişiye gıda arzı sağlamaktadır. Bu duruma ilaveten ülke ekonomisi için oldukça önemli olan tarımsal ihracat ve iklim değişikliğinin de etkisiyle BKÜ kullanım miktarları artış göstermiş ve göstermeye devam edecek gibi durmaktadır. Avrupa birliğinin 11 Aralık

2019 yılında yayınladığı Yeşil Mutabakatı dikkate alındığında BKÜ kullanımında artış oranının bir miktar yüksek olduğu dikkati çekmekte olup, BKÜ kullanımını azaltacak önlemlerin kararlılıkla uygulanması önem arz etmektedir (COM 2019). BKÜ kullanımındaki artışı detaylı incelenecek olursa; insektisitlerin oranı yıllar içerisinde değişmekle birlikte yaklaşık aynı oranlarda kullanılmışken, fungusitlerin oranının 6.4 tondan 19.4 tona yani %66.77 oranında arttığı, herbisitlerin payının da 7,158 tondan 14.553 tona yükseldiği ve %50.81 oranında arttığı görülmektedir. Diğer bir değişle,

Türkiye’de zaman içerisinde insektisitlerin kullanım oranı azalırken, fungusit ve herbisitlerin kullanım oranı artmıştır. 2001 yılında kullanılan 30.053 ton BKÜ için 186 trilyon TL, yaklaşık 321,5 milyon dolar harcanmışken (Anonim, 2002) 2014 yılında BKÜ sektörünün pazar değerinin 600 milyon dolara yükseldiği (Kaymak & Serim, 2015), 2017 yılında pazar değerinin yaklaşık 700 milyon doların üzerine çıktığı (Bayram, 2018) ve son yıllardaki kullanım miktarının 50-55 bin ton civarında olduğu ve 23-25 bin ton civarında BKÜ ihraç edildiği ve piyasa değerinin bir milyar dolar civarında olduğu tahmin edilmektedir.

Çizelge 1. Türkiye’de yıllar içerisinde gruplarına göre Bitki Koruma Ürünleri kullanım miktarları (ton) (Anonim 2023b)

Table 1. Amounts of Plant Protection Products used in Türkiye by groups over the years (tons) (Anonymous 2023b)

Bitki Koruma Ürünleri (Ton)							
Yıllar	İnsektisit	Fungisit	Herbisit	Akarisit	Rodentisit /Molluskisit	Diğerleri <sup>a</sup>	Toplam
2001	12.589	6.462	7.158	2.475	-	1.932	
2006	7.628	19.900	6.956	902.000	3.000	9.987	45.376
2007	21.046	16.707	6.669	966.000	51.000	3.277	48.716
2008	9.251	16.707	6.177	737.000	351.000	5.613	38.836
2009	9.914	17.863	5.961	1.533	78.000	2.302	37.651
2010	7.176	17.396	7.452	1.040	147.000	5.344	38.555
2011	6.120	17.546	7.407	1.062	421.000	6.978	39.534
2012	7.264	18.124	7.351	859.000	247.000	8.766	42.611
2013	7.741	16.248	7.336	858.000	129.000	7.128	39.440
2014	7.586	16.674	7.794	1.513	149.000	6.007	39.723
2015	8.117	15.984	7.825	1.576	197.000	5.327	39.026
2016	10.425	20.485	10.025	2.025	259.000	6.835	50.054
2017	11.436	22.006	11.759	2.452	236.000	6.209	54.098
2018	13.583	23.047	14.794	2.486	309.000	5.801	60.020
2019	11.609	19.698	12.644	2.124	264.000	4.958	51.297
2020	12.347	20.600	13.250	2.200	280.000	4.995	53.672
2021	11.071	19.098	13.320	2.342	283.000	6.851	52.965
2022	12.205	19.446	14.553	2.462	298.000	6.410	55.374

<sup>a</sup>Diğerleri: Bitki Aktivatörü+Bitki Gelişim Düzenleyici+Böcek Cezbedici+Fumigant+Nematisit

BKÜ kullanımının en fazla olduğu bölge, 14.776.907 ton ile tarımsal üretimin de yoğun olduğu Akdeniz Bölgesidir. Akdeniz bölgesinin BKÜ kullanımı ülkemiz kullanımının yaklaşık %26.68’ine tekabül etmektedir.

Akdeniz Bölgesini sırasıyla 11.164.840 ton ve %20.16’lık kullanım oranı ile Marmara Bölgesi ve 10.729.353 ton ve %19.37 kullanım oranıyla Ege Bölgesi takip etmektedir (Çizelge 2) (Anonim, 2023b).

Çizelge 2. Türkiye’de 2022 yılında bölgelere ve gruplarına göre Bitki Koruma Ürünleri kullanım miktarları (Anonim, 2023b)

Table 2. Amounts of plant protection product use in Türkiye by regions and groups in 2022 (Anonymous, 2023b)

	Toplam	İnsektisit	Fungisit	Herbisit	Akarisit	Rodentisi/ Molluskisit	Diğerleri <sup>a</sup>
Akdeniz Bölgesi	15.108.367	4.575.180	3.174.957	1.511.131	1.061.751	23.528	4.761.820
Marmara Bölgesi	11.164.840	1.496.441	4.610.663	4.369.853	225.136	60.662	402.085
Ege Bölgesi	10.894.923	2.086.623	5.557.089	2.024.572	591.520	35.714	599.405
İç Anadolu Bölgesi	7.019.240	1.172.547	2.118.780	3.049.473	160.504	147.728	370.208
Güneydoğu Ana. Bölgesi	5.115.647	1.890.360	870.026	1.767.339	317.337	12.670	257.915
Doğu Anadolu Bölgesi	3.236.591	532.339	2.304.940	322.636	60.195	10.619	5.862
Karadeniz Bölgesi	2.834.392	451.510	809.545	1.507.996	45.557	7.079	12.705
Toplam	55.374.000	12.205.000	19.446.000	14.553.000	2.462.000	298.000	6.410.000

<sup>a</sup>Diğerleri: Bitki Aktivatörü+Bitki Gelişim Düzenleyici+Böcek Cezbedici+Fumigant+Nematisit

BKÜ kullanımının en az olduğu bölge, 2.834 ton ile Karadeniz Bölgesi olup sırasıyla 3.236 ton ile Doğu Anadolu Bölgesi, 5.115 ton ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve 7.09 ton ile İç Anadolu bölgesi takip etmektedir (Çizelge 2). Türkiye’de tarımsal üretimde Akdeniz Bölgesinin oldukça önemli bir yeri vardır. Keza Ege ve Marmara Bölgeleri de tarımsal üretim açısından çok önemlidirler. Bu bölgelerde ürün deseninin zenginliği, ürünlerde çok çeşitli hastalık, zararlı ve yabancı otların zarar yapması, üretim sezonu içerisinde birden fazla ürün alınabilmesi, iklim koşullarının ve toprak yapısının uygunluğu, sulama imkanının bulunması, örtü altı üretiminin yaygınlığı ve tarımsal ihracatın lokomotifi olmaları ve aynı zamanda oldukça fazla turist gelmesi nedeniyle tarımsal üretimde BKÜ kullanımının fazla olduğu düşünülmektedir. En çok BKÜ kullanımının olduğu Akdeniz Bölgesi, Antalya, Mersin ve Adana gibi BKÜ kullanımının fazla olduğu illeri de içermesiyle dikkati çekmektedir. Tarımsal üretim açısından bakacak

olursak, Türkiye’nin tahıl ambarı olarak bilinen İç Anadolu Bölgesi’nde yaygın tahıl üretimi dikkati çekmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde GAP nedeniyle sulu tarım faaliyetlerinde artış olduğu ve pamuk gibi endüstri bitkilerinin üretiminin bu bölgeye kaydığı görülmektedir. Doğu Anadolu Bölgesi’nde iklim koşullarının tarımsal üretim için elverişli olmayışı nedeniyle bölgede daha çok hayvansal üretim yapıldığından dolayı BKÜ kullanımı düşüktür.

Karadeniz Bölgesi Türkiye’de BKÜ kullanımının en az olduğu bölgedir. Bölgenin oldukça dağlık yapıda bulunması, eğimli alanlarda makineli tarımın yapılamaması gibi nedenlerle üretime bağlı olarak BKÜ kullanımı da düşüktür (Özercan & Taşçı, 2022). Ancak yine de Bölgede ülkemiz tarımı açısından oldukça önemli olan çay, fındık, turuncgiller, tütün, mısır, kivi gibi ürünler yetiştirilmektedir. İller bazında incelediğimizde en fazla kullanımın 4.271.889 ton ve %7.7’lik kullanım oranıyla Antalya ilinde olduğunu görüyoruz (Çizelge 3).

Çizelge 3. Türkiye’de 2022 yılında illere ve gruplarına göre Bitki Koruma Ürünleri kullanım miktarları (ton) (Anonim, 2023b)

Table 3. Plant Protection Products usage in Türkiye by provinces and groups in 2022 (tons) (Anonymous, 2023b)

İller	Bitki Koruma Ürünü Türleri (ton)						
	Toplam	İnsektisit	Fungisit	Herbisit	Akarisit	Rodentisit / Molluskisit	Diğerleri <sup>a</sup>
Adana	3.275.746	511.807	558.244	215.227	106.345	0	1.884.123
Adıyaman	991.284	275.467	195.108	279.588	36.389	2.69	202.042
Afyonkarahisar	198.847	56.476	61.145	65.107	2.406	4.584	9.129
Ağrı	12.281	750	4.013	7.493	0	25	0
Amasya	360.037	108.724	164.313	80.302	6.695	3	0
Ankara	952.874	56.434	268.714	478.51	32.603	116.613	0
Antalya	4.271.889	1.501.142	1.057.804	424.048	568.42	15.498	704.977
Artvin	1.42	506	449	301	18	116	30
Aydın	1.900.337	569.277	243.178	695.033	233.884	8.817	150.148
Balıkesir	1.824.811	227.071	559.1	909.269	50.322	27.222	51.827
Bilecik	250.353	26.649	158.92	37.302	7.631	1.131	18.72
Bingöl	1.723	457	573	534	159	0	0
Bitlis	38.298	9.896	6.291	21.216	384	5	506
Bolu	102.405	10.31	20.022	67.832	542	1.952	1.747
Burdur	331.46	74.635	98.944	103.643	22.618	1.043	30.577
Bursa	2.071.676	284.412	1.568.428	130.203	23.06	13	65.56
Çanakkale	2.014.754	328.243	930.829	647.132	93.4	15.15	0
Çankırı	113.442	2.921	27.621	81.048	552	142	1.158
Çorum	246.156	759	12.035	232.958	395	9	0
Denizli	1.210.335	190.459	869.872	57.193	18.078	136	74.597
Diyarbakır	991.527	349.451	108.574	419.934	60.437	2.413	50.718
Edirne	1.835.907	219.501	353.094	1.239.492	16.729	4.295	2.796
Elazığ	397.228	37.572	314.202	38.987	6.032	29	406
Erzincan	68.949	8.6	15.216	41.142	3.753	238	0
Erzurum	15.385	2.18	7.234	5.674	265	8	24
Eskişehir	636.39	122.295	132.446	367.187	10.208	2.977	1.277
Gaziantep	600.477	233.611	228.261	129.616	4.279	4.71	0
Giresun	142.761	50.45	27.396	61.506	3.367	0	42
Gümüşhane	3.577	120	2.81	621	0	5	21
Hakkari	1.312	981	331	0	0	0	0

Hatay	804.069	238.735	232.186	86.352	42.178	267	204.351
Isparta	1.375.799	250.362	238.237	94.055	221.903	4.5	566.742
İstanbul	722.263	112.461	123.322	218.536	6.802	8.089	253.053
Mersin	3.984.988	1.770.628	482.735	387.902	14.85	16	1.328.857
İzmir	1.946.100	522.183	595.161	612.509	137.033	11862	67.352
Kars	14.655	340	3.538	10.703	0	74	0
Kastamonu	105.767	11.605	20.084	72.775	1.029	35	239
Kayseri	392.92	47.613	146.523	126.048	16.622	50	56.064
Kırklareli	156.726	8.307	138.756	9.379	254	30	0
Kırşehir	37.581	1.423	24.324	10.833	185	4	812
Kocaeli	66.288	8.84	53.806	2.713	471	5	453
Konya	2.178.455	381.577	604.601	1.133.063	42.557	14.307	2.35
Kütahya	168.283	16.153	46.865	96.44	2.776	3.566	2.483
Malatya	2.280.103	272.282	1.871.300	99.787	28.818	3.041	4.875
Manisa	4.212.532	459.455	3.466.823	190.268	67.482	1.257	27.247
Kahramanmaraş	329.504	25.169	258.786	41.741	3.115	693	0
Mardin	668.737	73.733	112.536	448.73	31.093	2.645	0
Muğla	1.092.919	249.81	220.889	222.464	126.505	4.821	268.43
Muş	106.767	24.544	35.224	41.22	1.038	4.701	40
Nevşehir	814.359	174.34	187.873	207.238	6.075	6.435	232.398
Niğde	139.91	44.667	57.371	23.856	3.924	3.841	6.251
Ordu	137.095	45.183	71.465	20.198	249	0	0
Rize	266	64	126	10	0	45	21
Sakarya	719.918	178.101	239.267	272.761	21.282	3.749	4.758
Samsun	1.063.960	121.922	229.324	692.655	15.89	460	3.709
Siirt	42.318	17.169	20.962	3.976	22	189	0
Sinop	29.126	1.825	3.588	23.588	40	4	81
Sivas	111.254	10.628	39.362	60.591	352	19	302
Tekirdağ	1.421.089	88.292	431.653	895.759	3.751	978	656
Tokat	340.003	27.681	187.718	118.266	4.813	6	1.519
Trabzon	76.87	8.969	52.612	2.717	9.871	3	2.698
Tunceli	4.478	108	3.042	1.315	13	0	0
Şanlıurfa	1.718.037	917.935	163.04	446.895	185.08	13	5.074
Uşak	165.57	22.81	53.156	85.558	3.356	671	19
Van	29.752	17.481	4.273	6.995	974	18	11
Yozgat	311.481	43.209	92.151	172.255	2.526	1.023	317
Zonguldak	41.789	7.442	6.169	25.158	680	1.752	588
Aksaray	326.313	55.152	154.1	112.548	1.122	112	3.279
Bayburt	7.612	310	681	6.426	0	195	0
Karaman	871.162	208.615	335.71	221.551	39.606	1.385	64.295
Kırıkkale	133.099	23.673	47.984	54.745	4.172	820	1.705
Batman	67.356	15.074	32.21	19.954	37	0	81
Şırnak	59.262	19.787	6.377	22.491	8.883	1.724	0
Bartın	8.565	1.749	3.52	2.092	173	0	1.031
Ardahan	0	0	0	0	0	0	0
İğdır	206.398	137.361	33.326	25.079	9.876	756	0
Yalova	81.055	14.564	53.488	7.307	1.434	0	4.262
Karabük	12.459	3.397	3.31	734	1.777	2.267	974
Kilis	35.911	7.92	9.335	18.646	0	10	0
Osmaniye	734.912	202.702	248.021	158.163	82.322	1.511	42.193
Düzce	154.524	50.494	3.923	99.857	18	227	5
Genel Toplam	55.374	12.205	19.446	14.553	2.462	298	6.410

\*Diğerleri: Bitki Aktivatörü+Bitki Gelişim Düzenleyici+Böcek Cezbedici+Fumigant+Nematisit

Antalya ilini 4.212.532 ton ve %7.6'lık bir payla Manisa ilinin takip ettiğini ve bunu da sırasıyla 3.984.988 ton ve %7.19 payla Mersin, 3.275.746 ton ve

%5.91 payla Adana, 2.280.103 ton ve %4.11 payla Malatya ve onu da 2.178.455 ton ve %3.93'lük payla Konya ilinin takip ettiği anlaşılmaktadır (Çizelge 4). Bu altı il toplam BKÜ kullanımının %36.44'ünü yani

üçte birinden fazlasını gerçekleştirmektedirler.

BKÜ kullanımının yoğun olduğu illerde tarımsal üretimin üzüm, sebze, meyve ve örtü altı üretimde yoğunlaştığı dikkati çekmektedir. Antalya ilinde portakal, limon, turunc, greyfurt ve mandalina ile örtü altı ve açık alanda sebze yetiştirildiğini, Manisa ilinin tarımsal üretimi incelendiğinde çekirdeksiz kuru üzüm, tütün, pamuk, zeytin ve kirazın öne çıktığını, Mersin ilinde muz, çilek, limon, erik, badem, keçiboynuzu, yeni dünya, sakız kabak, bakla ile örtü altı ve açık alanda sebze üretimi yapıldığını, Adana

ilinde Antep fıstığı, pamuk, pirinç, buğday, arpa, nohut, fasulye, mercimek, tütün, soğan, sarımsak, biber, salatalık, domates, patlıcan, karpuz ve diğer sebze türlerinin yetiştirildiğini, Malatya ilinde özellikle kayısı, buğday, şekerpancarı, arpa, nohut, mercimek, mısır ve çavdarın yetiştirilen en önemli tarım ürünleri olduğunu ve Konya'da da şeker pancarı, buğday, arpa, mısır, patates, ayçiçeği, yonca, fiğ, nohut, kuru fasulye, sebze türlerinden havuç, domates meyve türlerinden elma, kiraz, vişne ve çilek üretiminin belli başlı ürünler olduğu görülmektedir.

*Çizelge 4. Türkiye'de 2022 yılında en çok BKÜ kullanımının olduğu illerde gruplarına göre Bitki Koruma Ürünleri kullanım miktarları (ton) (Anonim, 2023)*

Table 4. Amounts of Plant Protection Products used in Türkiye in 2022 according to the provincial groups with the highest use of PPS (tons) (Anonymous, 2023b)

	Total	İnsektisit	Fungisit	Herbisit	Akarisit	Rodentisit/ Molluskisit	Diğerleri <sup>a</sup>
Antalya	4.271.889	1.501.142	1.057.804	424.048	568.42	15.498	70.977
Manisa	4.212.532	459.455	3.466.823	190.268	67.482	1.257	27.247
Mersin	3.984.988	1.770.628	482.735	387.902	14,85	16	1.328.857
Adana	3.275.746	511.807	558.244	215.227	106.345	0	1.884.123
Malatya	2.280.103	272.282	1.871.300	99.787	28.818	3.041	4.875
Konya	2.178.455	381.577	604.6011	1.133.063	42.557	14.307	2.35

<sup>a</sup>Diğerleri: Bitki Aktivatörü+Bitki Gelişim Düzenleyici+Böcek Cezbedici+Fumigant+Nematisit

BKÜ gruplarına göre kullanımlarını değerlendirecek olursak, Antalya'da üretim desenindeki çeşitlilikle ilişkili olarak insektisit ve fungisitlerin yoğun olarak kullanıldığı, Manisa ilinde en fazla fungisitlerin kullanıldığını, Mersin ilinde en çok insektisitlerin ve nematisitlerinde yer aldığı diğerleri grubunun, Adana ilinde yine en çok nematisitlerinde yer aldığı diğerleri grubunun kullanıldığı ancak fungisit ve insektisitlerin kullanım oranlarının birbirine yakın olduğu, Malatya ilinde fungisitlerin, Konya ilinde de herbisitlerin yoğunlukla kullanıldığı anlaşılmaktadır. Çizelge 4'te BKÜ kullanımının en az olduğu iller sırasıyla Ardahan, Hakkari, Artvin, Bingöl, Gümüşhane ve Tunceli olarak sıralanmaktadır. 2022 yılı dikkate alındığında fungisit kullanımının en fazla olduğu il Manisa olup onu Malatya ili takip etmektedir. Herbisit kullanımının en fazla olduğu il Edirne olup, Konya ve Balıkesir illeri onu takip etmektedir, İnsektisit kullanımının Mersin ilinde en yüksek olduğu ve bunu Antalya ile Şanlıurfa illeri takip etmektedir. Türkiye'de BKÜ sektörü bugün 173 firma, 54 üretim tesisi, 342 ruhsatlı aktif madde ve buna bağlı olarak ruhsatlı 5210 BKÜ bulunmaktadır. 80 tane ruhsatlı biyolojik kontrol ajanı ve yine 111 tane ruhsatlı biyoteknik kontrol ürünü ruhsatlıdır AB uyum çalışmaları ve bilimsel gelişmeler kapsamında 36 dan fazla klorlandırılmış hidrokarbonlu BKÜ ile 223 aktif maddenin (2009 den bu yana da) kullanımı sonlandırılmış, bir aktif maddeninde kullanımı ciddi olarak kısıtlanmış durumdadır (Anonim, 2023e).

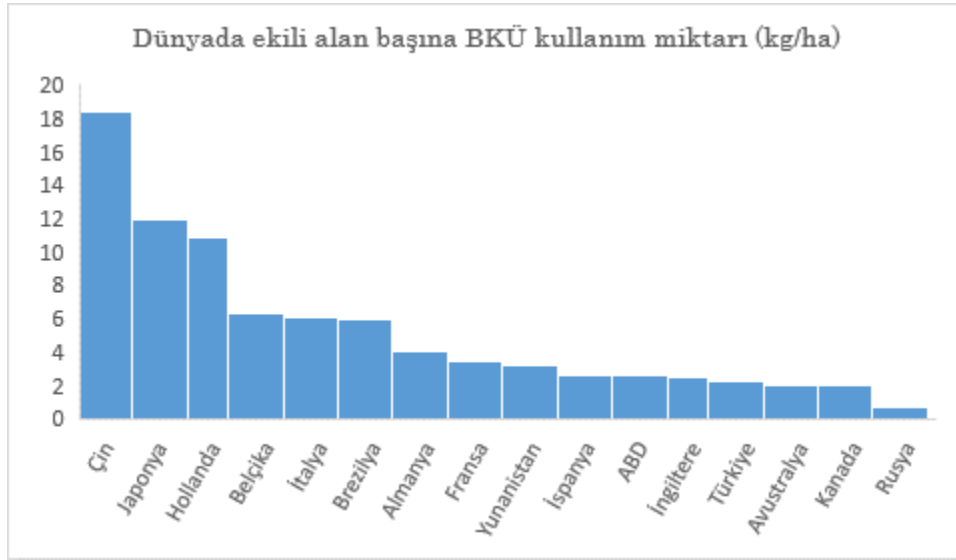
#### Dünya'da bitki koruma ürünleri kullanım durumu

Dünya'da 2021'de ekili alan başına pestisit kullanımı 2020 ye göre yüzde 4 artışla hektar başına 2,26 kg (kg ha<sup>-1</sup>) olmuştur (FAO 2023). Dünya'da BKÜ kullanımına incelendiğinde, Amerika kıtasının, 1990'ların ortalarından bu yana tüm bölgeler arasında Asya, Avrupa, Afrika ve Okyanusya'nın önünde en büyük BKÜ kullanıcısı olduğu anlaşılmaktadır. ABD'de, tarımda pestisit kullanımı 2020'de 1,74 milyon ton iken 2021'de yüzde 2 artışla 1,78 milyon tona yükselmiştir. 1990-1999 ve 2012-2021 yılları arasında, kullanılan BKÜ'lerde , herbisitlerin (yüzde 50'den yüzde 64'e), fungisitlerin ve bakterisitlerin (yüzde 13'ten yüzde 15'e) yükseldiği ancak insektisit kullanımının (yüzde 22'den yüzde 14'e) düştüğü görülmektedir. Amerika kıtası 2021 yılında dünyanın diğer bölgelerinden en yüksek miktarda BKÜ ithal eden bölgesi olup, 7,6 milyar ABD doları değerinde 1,2 milyon ton formüle edilmiş ürün ithal etmiştir. Bölgede ayrıca 1990 ve 2021 yılları arasında ekili alan başına (3,01 kg/ha), BKÜ uygulamıştır. Dünyada ekili alan başına BKÜ kullanım miktarları Şekil 6'da verilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde BKÜ kullanımının en fazla olduğu ülkenin Çin olduğu ve bunu sırasıyla Japonya, Hollanda, Belçika, İtalya ve Brezilya'nın takip ettiği görülmektedir.

Asya kıtasında 2021 yılında 980 kiloton BKÜ kullanmıştır; Bölge, 2021 yılında en fazla miktarda BKÜ ihraç eden bölge olmuştur (17,3 milyar ABD doları). Afrika'da pestisit kullanımı 2020 ve 2021 yılları arasında 203 kt'tan 204 kt'a çok az bir artış göstermiştir. Avrupa kıtasında tarımda BKÜ

kullanımı 2020'de 486 kt iken 2021'de 505 kt'a yükselmiştir. Bu durum büyük olasılıkla pestisit kullanımını izleyen ve kontrol eden sıkı Avrupa Ortak Tarım Politikasından kaynaklanmaktadır. AB yeşil mutabakatı kapsamında BKÜ kullanımının %50 azaltılması hedeflenmiştir (COM 2019). "BKÜ kullanımının, özellikle nüfus artışıyla bağlantılı olarak küresel gıda talebindeki artış göz önüne alındığında, AB'nin bitki sağlığı ve gıda güvenliği

konusundaki hedeflerine ulaşmak için temel bir araç olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, pestisitlere ilişkin AB mevzuatının amacı, pestisitleri ortadan kaldırmak değil, daha ziyade pestisitlere bağımlılığın azaltılması, alternatif yöntemler ve düşük riskli ve kimyasal olmayan pestisitlerin kullanımının artırılması yoluyla insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkilerini en aza indirmektir" (COM 2023).



Şekil 2. Dünyada ekili alan başına BKÜ kullanım miktarları (kg/ha)  
Figure 2. Amounts of PPP use per cultivated area in the world (kg/ha)

Dünya'da ekili alan başına BKÜ kullanım miktarları Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde BKÜ kullanımının en fazla olduğu ülkenin Çin olduğu ve bunu sırasıyla Japonya, Hollanda, Belçika, İtalya ve Brezilya'nın takip ettiği görülmektedir. BKÜ kullanımının en az olduğu ülke Rusya olup, bunu sırasıyla Kanada, Avustralya, Türkiye ve İngiltere'nin takip ettiği anlaşılmaktadır. Türkiye'nin ekili alan başına BKÜ kullanım miktarının dünyadaki ilaç kullanımı göz önüne alındığında düşük olduğu hatta en yüksek BKÜ kullanımı olan Çin'in Türkiye'den 8 kat daha fazla BKÜ kullanımı olduğu görülmektedir. Bu durum olumlu olmakla birlikte gözden kaçmaması gereken nokta Türkiye'de lokal olarak BKÜ kullanımının yüksek olduğu yerler bulunmasıdır.

Delen ve ark., (2015) Türkiye'de 'birim alana tüketim' değerlerinin gelişmiş ülkelerle karşılaştırıldığında, yüksek olmadığı belirterek, ABD'de 2.2 kg, Fransa'da 2.9 kg, İtalya'da 5.6 kg, Hollanda'da 8.8 kg, Çin'de 10.3 kg ve Japonya'da 13.1 kg olduğunu bildirmektedirler. Tüketim miktarının düşük olmasına karşın Türkiye'de BKÜ kullanımının bilinçsizce yapıldığına dikkat çekerek, tüketimin %60'dan fazlasının Akdeniz, Ege ve Marmara Bölgelerinde yoğunlaştığını belirtmişlerdir. BKÜ tüketim durumunun bugünde geçerliliğini koruduğunu görüyoruz.

### Türkiye'de bitki koruma ürünleri sektörü

Türkiye'de BKÜ tüketimi 55.374 ton olup, 173 firma, 54 üretim tesisi, 342 ruhsatlı aktif madde ve buna bağlı olarak ruhsatlı 5210 BKÜ bulunmaktadır. Bunlara ilaveten 80 tane ruhsatlı biyolojik kontrol ajanı ve yine 111 tane ruhsatlı biyoteknik kontrol ürünü Gıda Kontrol Genel Müdürlüğü tarafından ruhsatlandırılmış bulunmaktadır. 2001 yılında kullanılan 30.053 ton BKÜ için 186 trilyon TL, yaklaşık 321,5 milyon dolar harcanmış (Anonim 2002), 2007 yılında BKÜ kullanımı 33.000'ne yükselmiş ve yaklaşık 230-250 milyon dolar harcamıştır (Tiryaki ve ark., 2010). 2014 yılında BKÜ sektörünün pazar değerinin 600 milyon dolara yükseldiği (Kaymak & Serim, 2015) ve son yıllardaki kullanım miktarının 50-55 bin ton civarında olduğu ve 23-25 bin ton civarında BKÜ ihraç edildiği ve piyasa değerinin bir milyar dolar civarında olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye'de 2001 yılında BKÜ kullanımının %41.89'unu insektisitler, %23.82'sini herbisitler, %21.50'sini fungusitler ve %6.43'ünü diğer BKÜ'ler oluşturmuştur (Anonim, 2002). 2007 yılında BKÜ kullanımı % 47'sini insektisitler, % 24'ünü herbisitler, % 16'sını fungusitler, % 13' ünü de diğer gruplar oluşturmuştur (Tiryaki ve ark., 2010). Burada 2001 yılından 2007 yılına kadar insektisitlerin kullanımının arttığı, herbisitlerin kullanımında az bir artış olduğu, fungusitlerin

kullanımında düşüş yaşanırken diğerleri grubunun neredeyse iki katı arttığı dikkati çekmektedir. 2022 yılında ise toplam BKÜ kullanımı artarak 55.374 tona çıkmış olup, tüketiminin %22.04'sini insektisitler, %26.28'sini herbisitler, %35.11'ini fungusitler ve %11.57'ini diğer BKÜ'ler oluşturmaktadır (Anonim, 2023b). Son yıllarda Türkiye'de insektisit ve diğerleri grubunun kullanımının azaldığı, herbisit kullanımının da az da olsa artış olduğu, ancak 2001-2007 yılları arasında kullanımı azalan fungusitler grubunda ciddi bir artış olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumun daha çok yetiştirilen ürün grupları ve iklim değişikliği ile ilişkili olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye'de 2008 yılında 418 aktif madde ruhsatlı bulunurken, BKÜ sektöründeki büyümeye rağmen ruhsatlı aktif madde sayısının 342'ye düştüğü dikkati çekmektedir. Buda Tarım ve Orman Bakanlığının özellikle AB ve diğer ülkelerde yaşanan gelişmeleri yakından takip ederek gerekli aksiyonları aldığını göstermektedir. BKÜ sektöründeki büyümeyle ilişki olarak 2008 yılında 4100 adet olan ruhsatlı BKÜ sayısının 5210'a yükseldiği görülmektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı dünyadaki ve AB'deki gelişmeleri yakından takip etmekte olup geçen süre zarfında 36 dan fazla klorlandırılmış hidrokarbonlu BKÜ ile 2009 den bu yana da 223 aktif madde kullanımını sonlandırmış olup, 1 aktif maddenin de kullanımını oldukça kısıtlamış bulunmaktadır. Tarım ve Orman Bakanlığı, BKÜ kullanımı konusunda mobil uygulamada bulunan BKÜ Veri Tabanını hayata geçirmiş ve güncel olarak Türkiye'de ruhsatlı BKÜ ve tavsiye edildiği ürünler, dozu, firması, son ilaçlama ile hasat arasında geçmesi gereken süre gibi pek çok bilgiyi üreticilerin hizmetine vermiş bulunmaktadır. Yine BKÜ takip sistemini dünyada hayata geçiren nadir ülkelerden biri olmuş ve Türkiye'de üretilen ve ithal edilen her bir BKÜ QR kod (Anonim, 2019) ile etiketlenmekte ve üretimden son kullanıma kadar Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından takip edilmektedir. Yine Türkiye'de BKÜ ruhsatlandırma sistemi ve yönetmelikleri AB ve gelişmiş ülkelerle uyumlu hale getirilmiştir. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından piyasa kontrolleri yapılarak ruhsattaki spesifikasyonunda farklı üretilen ürünlere idari ve mali yaptırımlar uygulanmaktadır. Hasat öncesi BKÜ denetimi yaygın olarak yapılmakta, kalıntı çıkan ürünler imha edilmektedir. Ayrıca Entegre Mücadele programları uygulanmakta olup, her yıl entegre mücadele yapılan alanlar arttırılmaktadır. Entegre mücadele teknik talimatları ürün bazında hazırlanmış, 29 üründe 25 adet Entegre Mücadele Teknik Talimatları üreticilerimizin hizmetine sunulmuştur. Burada önemli olan nokta Entegre Mücadelede kullanılacak BKÜ'lerde yapılan risk analizleri sonucunda uygun bulunanlara teknik talimatlarda yer verilmiş olmasıdır (Anonim, 2023f).

## SONUÇ ve ÖNERİLER

İklim değişikliği ve jeopolitik riskler, hızlı nüfus artışı, genç neslin tarımdan uzaklaşması ve verimli tarım alanlarının azalması gibi ciddi tarımsal problemler beraberinde BKÜ kullanımını getirmektedir. Tarımsal üretimde de hastalık, zararlı ve yabancı ot mücadelesinde Türkiye'de ve dünyada en çok tercih edilen yöntemin kimyasal mücadele olduğu (Özercan & Taşçı 2022) ve buna bağlı olarak BKÜ kullanımının Türkiye'de ve dünyada artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Ancak kimyasal mücadelenin insan ve çevre sağlığı açısından taşıdığı riskler nedeniyle, BKÜ kullanımının gelişi güzel, bilinçsizce değil, akla, bilime, bilgiye dayalı ve biyolojik çeşitliliğin korunmasına yardımcı olacak şekilde sürdürülebilir olarak yürütülmesi esastır. AB Yeşil Mutabakatında yer aldığı gibi BKÜ kullanımlarının azaltılması konusunda bir eğilimde bulunmaktadır. Bu kapsamda en son tercihin kimyasal mücadele olduğu Entegre Zararlı Yönetimi çalışmalarının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Daha sağlıklı ürün elde edilmesi, kaynakların korunması, üretim maliyeti içinde önemli yere sahip olan BKÜ kullanımı girdilerinin azaltılması açısından BKÜ kullanımına yönelik olarak alınacak her türlü önlem ve bilinçli uygulamalar ülke tarımsal üretiminin sürdürülebilirliği açısından önemli olacaktır (Özercan & Taşçı 2022). Eğitim çalışmalarına, dijital tarım çözümlerine, kimyasal BKÜ'lere alternatif biyolojik preparatların geliştirilmesinin teşvik edilmesi ve ARGE çalışmalarına yeterli desteğin sağlanması öncelikli olarak değerlendirilmektedir. Biyolojik çeşitliliğin korunarak sürdürülebilir yöntemlerin tercih edilmesi önem arz etmektedir. BKÜ etiketleri mutlaka uygulama öncesi okunmalı, risk analiz yapılmış olan entegre mücadele teknik talimatlarında yer alan BKÜ'ler kullanılmalı, BKÜ etiketinde yazan doz ve oranlarda doğru zamanda hasat ile son ilaçlama arasında geçmesi gereken süreye dikkat edilerek, kişisel koruyucu ekipmanlar kullanılarak ve ilaçlama alet ve makinalarının kalibrasyonu yapılarak uygulamalardan kaynaklanan hataların en aza indirilmesine çalışılmalıdır. BKÜ'lerin kullanımı konusunda dikkat edilmesi önerilen noktalar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatına uyum çerçevesinde Türkiye'de BKÜ kullanımının azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılması
- Organik tarım üretiminin yaygınlaştırılması ve AB'nin organik tarım mevzuatına uyum çalışmalarının yapılması
- Biyolojik ve biyoteknik mücadele yöntemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması
- Arazi toplulaştırma ve tescil çalışmalarına devam edilmesi
- Yenilenebilir enerji kullanan seraların ve üretim tesislerinin desteklenmesi



- Tarımsal üretimde atık ve artık yönetiminin geliştirilmesi
- Gıda atık ve artıklarının geri dönüşümünün sağlanmasına yönelik bilinçlendirme çalışmalarının yapılması
- AB Tarladan Sofraya ve Biyolojik çeşitlilik Stratejileri hakkında eğitim ve yayım faaliyetlerinin yürütülmesi düzenlenmesi

## TEŞEKKÜR

Verilerin elde edilmesinde yardımcı olan, Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı ve Gıda Kontrol Genel Müdürlüğü, Bitki Koruma Ürünleri Daire Başkanlığı ile Bitki Sağlığı ve Karantina Daire Başkanlığına teşekkürlerimi sunarım.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazar hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedir.

## KAYNAKLAR

- Altıkat, A., Turan, T., & Ekmekyapar, T. F. (2009). Türkiye'de Pestisit Kullanımı ve Çevreye Olan Etkileri. *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(2), 87-92, 2009 ISSN : 1300 – 9036.
- Anonim, (2002). *Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü. Tarımsal ilaç kullanımı. (Yayınlanmamış), Ankara.*
- Anonim, (2019). *Bitki Koruma Ürünlerinin Toptan ve Perakende Satılması ile Depolanması Hakkında Yönetmelik*. 13.02.2019 Tarih ve 30685 Sayılı Resmi Gazete, Ankara
- Anonim, (2023a). 2023 Yılı Bitki Sağlığı Uygulama Programı. [https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/DB\\_Bitki\\_Sagligi/Bitki\\_Sagligi\\_Uygulam\\_a\\_Kitaplari/2023\\_Bitki\\_Sagligi\\_Uygulama\\_Programi.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/DB_Bitki_Sagligi/Bitki_Sagligi_Uygulam_a_Kitaplari/2023_Bitki_Sagligi_Uygulama_Programi.pdf). (Alınma Tarihi: 30.11.2023).
- Anonim, (2023b). Bitki Koruma Ürünleri İstatistikleri Bilgiler Formu. <https://www.tarimorman.gov.tr/Konu/1241/BKU-Istatistikleri-Bilgiler-Formu>. (Alınma Tarihi: 30.11.2023).
- Anonim, (2023c). Türkiye, Nüfus Büyüklüğüne Göre Sıralamada 194 Ülke Arasında 18. Sırada Yer Aldı. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Dunya-Nufus-Gunu-2023-49688#:~:text=T%C3%BCrkiye%2C%2085%20milyon%20279%20bin,1%2C1'ini%20olu%C5%9Fturdu>. (Alınma Tarihi: 30.11.2023).
- Anonim, (2023d). Turizm İstatistikleri, III. Çeyrek: Temmuz - Eylül, 2023. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Turizm-Istatistikleri-III-Ceyrek-Temmuz-Eylul-2023-49604#:~:text=Turizm%20geliri%20ge%C3%A7en%20y%C4%B1n%20ayn%C4%B1d%C4%B1n%20ikametli%20vatanda%C5%9Flarda> n%20elde%20edildi. (Alınma Tarihi: 30.11.2023).

- Anonim, (2023e). Yasaklanan Bitki Koruma Ürünleri Aktif Madde Listesi. <https://www.tarimorman.gov.tr/Konu/934/>. (Alınma Tarihi: 30.11.2023).
- Anonim, (2023f). Yeni ve Revize Edilen Entegre Mücadele Teknik Talimatları (2022). <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=29>. (Alınma Tarihi: 30.11.2023).
- Bayram, Y. (2018). *Bitki Koruma Ürünleri ve Makinelerinin Mevcut Durumu Denetimi ve İşleyiş Pratiği*. In Nevzat Birişik (Ed), *Teoriden Pratiğe Kimyasal Mücadele*. ss. 293-307.
- Birişik, N., Bayram, Y., Kılıç, M., Mutlu, Ç., Öğreten, A., Eren, S., Kaplan, M., Süer, İ.E., Baran, B., Duman, K., Karaca, V., Duman, M., Çiftçi, O., Türkölmez, Ş., Peçen, A., Sağır, P., Yatkın, G., Güler, B., Kaya, C., Çelik, Y., Orak, A.B., Yaman, B., & Ateş, E. (2015). *Teoriden Pratiğe Kültürel Mücadele*. In Nevzat Birişik (Ed), 15-33. ISBN: 978-605-9175-21-0.
- Carson, R. (1962). *Silent Spring*. Houghton Mifflin. Boston, Massachusetts.
- COM, (2019). The European Green Deal. Brussels, 11.12.2019 640 final. [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en). (Alınma Tarihi: 21.10.2021).
- COM, (2020). A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally friendly food system. [https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-05/f2f\\_action-plan\\_2020\\_strategy-info\\_en.pdf](https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-05/f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf) (Alınma Tarihi: 22.07.2020).
- COM, (2023). Evaluation of Regulation (EC) No 1107/2009 on the placing of plant protection products on the market and of Regulation (EC) No 396/2005 on maximum residue levels of pesticides. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0208>. (Alınma Tarihi: 30.11.2023).
- Daş, Y. K., & Aksoy, A. (2016). Pestisitler. *Türkiye Klinikleri Veteriner Bilimleri Dergisi, Pestisitler Özel Sayısı*, 2(2), 1-17.
- Delen, N., Durmuşoğlu, E., Güncan, A., Güngör, N., Turgut, C., & Burçak, A. (2005). Türkiye'de Pestisit Kullanımı, Kalıntı ve Organizmalarda Duyarlılık Azalışı Sorunları. Türkiye Ziraat Mühendisliği 6 İnci Teknik Kongresi, Ankara. Türkiye, 3 - 7 Ocak 2005, ss.1-21.
- Delen, N., Tiryaki, O., Türkseven, S., & Temur, C. (2015). Türkiye'de Pestisit Kullanımı Kalıntı ve Dayanıklılık Sorunları, Çözüm Önerileri. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi. Ankara, Türkiye, 12-16 Ocak 2015, ss.758 - 778
- Erdoğan, C. (2021). *Sürdürülebilir Bitki Koruma Uygulamaları, Biyoçeşitlilik ve Öngörüler*. In Pakdemirli, B., Sivritepe, H. O., Bayraktar, Z., & Takmaz, S. (Eds). *Pandemi Sonrası Yeni Nesil Tarım*. 71-110. ISBN:978-625-7333-72-6.
- Erdoğan, C., Velioglu, A. S., & Gürkan, M. O. (2007). Bitki koruma ürünlerinin ruhsatlandırılması

- aşamasında yapılan risk değerlendirmeleri. Tarım İlaçları Kongre ve Sergisi, Ankara, Türkiye, 25-26 Ekim 2007, ss. 190-201.
- FAO, (2023). Pesticides use and trade, 1990–2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0208>. (Alınma Tarihi: 30.11.2023).
- Karakaş, G. (2022). Pestisit Kullanımının Bal Verimi Üzerine Etkisi, Panel Veri Analizi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 25 (5), 1163-1167.
- Kaymak, S., Özdem A., Karahan A., Özercan B., Aksu P., Aydar A., Kodan M., Yılmaz A., Başaran M. S., Asav Ü., Erdoğan P., & Güler, Y. (2015). *Ülkemizde Zirai Mücadele Girdilerinin Değerlendirilmesi*. 83 s. Kitap, ISBN: 978-605-9175-33-3
- Kaymak, S., & Serim, T. (2015). Pestisit Sektöründe Araştırma ve Geliştirme. *Meyve Bilimi*. 2(1), 17-34. ISSN: 2148-0036.
- Koç, İ., & Yardım, E. N. (2019). Pestisitlerin ve Odun Sirkesinin Bazı Mikrobiyal ve Fiziko-Kimyasal Toprak Parametrelerine Etkilerinin Araştırılması. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(6), 896-904.
- Matthews, G. A. (2006). *Pesticides: Health, Safety and The Environment*. Blackwell publishing. 235 p.
- OECD/FAO, (2012). OECD-FAO Agricultural Outlook 2012, OECD Publishing, Paris, [https://doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2012-en](https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2012-en). (Alınma Tarihi: 10.08.2020).
- Özdem, A., & Karahan, A. (2018). *Dünyada ve Türkiye'de Kimyasal Mücadele*. In: Nevzat Birişik (Ed), *Teoriden Pratiğe Kimyasal Mücadele*. ss. 49-69. ISBN: 978-605-2207-13-0
- Özercan, B., & Taşçı, R. (2022). Türkiye'de Pestisit Kullanımının İller, Bölgeler ve Pestisit Grupları Açısından İncelenmesi. *Ziraat Mühendisliği*, (375), 75-88. DOI: 10.33724/zm.1120599
- Tiryaki, O., Canhilal, R., & Horuz, S. (2010). Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26 (2), 154-169.



## A Study on Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) Fauna of Yavşan Plateau Nature Park (Kahramanmaraş-Türkiye)

Elif MERCAN<sup>1</sup>, Sakine Serap AVGIN<sup>2</sup>, Merve BALIK AKPINAR<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Bioengineering and Sciences, Kahramanmaraş, Türkiye, <sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Education, Department of Science Education, Kahramanmaraş, Türkiye, <sup>3</sup>Kahramanmaraş Regional Directorate of Forestry, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-8018-0392>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-4845-9799>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0009-0004-5081-427X>

✉: elif.gomlek.80@gmail.com

### ABSTRACT

It is of great significance to reveal the insect fauna of Kahramanmaraş, which has different ecosystems and climatic conditions, in terms of biological diversity. This study investigated the Scarabaeoidea fauna of Yavşan Plateau which is located in Kahramanmaraş and which was declared as a nature park in 2009. The present study examined adult Scarabaeoidea specimens collected between March and October 2016. The specimens were obtained through pitfall the trap method and field search method (using tools such as forceps, etc.). The findings demonstrated that 28 species and 5 subspecies belonging to 25 genera from the Scarabaeoidea superfamily were identified in the study area. 31 of them belong to the family Scarabaeidae, while two species are included in the family Hybosoridae amongst them. *Elaphocera dilatata* (Erichson, 1840) was recorded for the first time from Türkiye. 14 of the recorded species and subspecies were reported for the first time for fauna of Kahramanmaraş province. The study covers the distribution of the identified species in Türkiye and throughout the world as well as their chorotype information, locality and history. This study is expected to shed light onto the ever-decreasing biodiversity due to various reasons such as global climate change, habitat degradation etc.

### Entomology

### Research Article

### Article History

Received : 17.06.2023

Accepted : 24.08.2023

### Keywords

Scarabaeoidea  
Coleoptera  
Hybosoridae  
Kahramanmaraş  
Türkiye

## Yavşan Yaylası Tabiat Parkı (Kahramanmaraş-Türkiye) Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) Faunası Üzerine Bir Araştırma

### ÖZET

Farklı iklim koşulları ve farklı ekosistemlerin yer aldığı Kahramanmaraş ilinin böcek faunasının ortaya konulması biyolojik çeşitlilik açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada Kahramanmaraş ilinde yer alan ve 2009 yılında tabiat parkı olarak ilan edilen Yavşan Yaylasının Scarabaeoidea faunası araştırılmıştır. Çalışma kapsamında 2016 yılı Mart ve Ekim ayları arasında toplanan ergin Scarabaeoidea örnekleri incelenmiştir. Örnekler çukur tuzak yöntemi ve arazi taraması yöntemi ile (pens vb. araçlar yardımıyla) elde edilmiştir. Yapılan teşhis çalışmaları sonucunda çalışma alanında Scarabaeoidea üst familyasından 25 cinse ait 28 tür ve 5 alt türün tanımlaması yapılmıştır. Bu tür ve alttürlerden 31 tanesi Scarabaeidae familyasına, 2 tanesi ise Hybosoridae familyasına aittir. *Elaphocera dilatata* (Erichson, 1840) türü Türkiye'den ilk defa bu çalışma ile kaydedilmiştir. Çalışmada elde edilen tür ve alttürlerden 14 tanesi Kahramanmaraş ilinden ilk defa kaydedilmiştir. Tespit edilen türlerin Türkiye ve dünya genelindeki yayılışları, korotip bilgileri, yakalandıkları lokalite ile tarih bilgileri çalışmada yer almaktadır. Bu çalışma ile küresel iklim değişikliği, habitat bozulmaları vb. sebeplerle her geçen gün azalan biyoçeşitliliğe katkı sağlamak amaçlanmıştır.

### Entomoloji

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 17.06.2023

Kabul Tarihi : 24.08.2023

### Anahtar Kelimeler

Scarabaeoidea  
Coleoptera  
Hybosoridae  
Kahramanmaraş  
Türkiye

---

<b>Atıf Şekli:</b>	Mercan, E., Avgın, SS., & Balık Akpınar, M., (2024). Yavşan Yaylası Tabiat Parkı (Kahramanmaraş-Türkiye) Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) Faunası Üzerine Bir Araştırma. <i>KSÜ Tarım ve Doğa Derg</i> 27(2), 393-406. <a href="https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1316062">https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1316062</a>
<b>To Cite :</b>	Mercan, E., Avgın, SS., & Balık Akpınar, M., (2024). A Study on Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) Fauna of Yavşan Plateau Nature Park (Kahramanmaraş-Türkiye). <i>KSU J. Agric Nat</i> 27(2), 393-406. <a href="https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1316062">https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1316062</a>

---

## INTRODUCTION

Great biodiversity has emerged in terms of both the number of species and individuals within the order Coleoptera. Such a variety of sizes, colours and shapes are not observed in any other animal groups (Evans et al., 2000; Şenyüz & Şahin, 2013). The superfamily Scarabaeoidea (Coleoptera), is an important superfamily as it involves various harmful and beneficial species. This superfamily includes more than 35,000 species around the world (Ratcliffe & Paulsen, 2008). Under the superfamily Scarabaeoidea, there are 12 families and 43 subfamilies (Smith, 2006). The Palaearctic Catalogue of Coleoptera reported that 7,200 species belong to the Scarabaeoidea superfamily, and around 700 different species belonging to this superfamily are distributed in Türkiye (Löbl & Smetana, 2006).

Species belonging to the superfamily Scarabaeoidea live in a wide variety of habitats, and hence they can be fungivores, herbivores, carnivores, necrophags, coprofags and saprophags (Ratcliffe, 2002). The Scarabaeoidea superfamily is amongst the prominent superfamilies with different characteristics in order Coleoptera. Although they have strong muscles, they are not good walkers. The body structures of the species belonging to the Scarabaeoidea superfamily may be in quite different forms since they live in different habitats. These species are noted to have remarkable features as they are large, brightly coloured and mostly ornamented (Lodos, 1995; Polat, 2016).

Scarabaeoidea species prefer weak and potentially dying plants as hosts. All life stages of this superfamily, such as eggs, larvae and pupae, occur around the roots of their hosts. Some species of the Scarabaeidae family undertake the tasks of environmental cleaning and recycling, especially in areas like pastures.

Therefore, these species are an indispensable part of the ecosystem of any region. Scarabaeoidea adults fly at a fast speed. Many species fly and act at twilight or at night. Those that roll their droppings into balls, on the other, fly or move during the day. The sense of smell is quite well-developed in the vast majority of dung beetles (Polat, 2016).

Scarabaeoidea species mix feces with soil in agricultural lands, meadows and pastures thus contributing to the elimination of environmental pollution. Besides, the mixing of animal feces with the soil increases the formation of humus, contributes to

the aeration of the soil, increases the water permeability of the soil, and helps to improve the physical structure of the soil by descending to the lower layers of the soil. Mixing animal feces with the soil through these insects prevents the proliferation of flies, parasites, nematodes and similar pests that develop in the feces and cause diseases as well as harms (Polat, 2016).

Yavşan Plateau in Kahramanmaraş is located in the area where the Mediterranean, Eastern Anatolia and Southeastern Anatolia Regions come closest to each other. Rich in terms of natural water resources, this plateau houses approximately 65 plant species specific to the region. A continentalized Mediterranean climate type is dominant due to the distance and altitude from the sea in general in Kahramanmaraş (Uslu & Kaya, 2015). Besides, Yavşan plateau was announced as Türkiye's 39th Nature park in 2009 (Ministry of Agriculture and Forestry, 2020).

This study is an attempt to reveal the Scarabaeoidea fauna of the Yavşan Plateau and to present the distribution and chorotype information regarding the species found in the area. Therefore, the study is expected to shed light on the insect fauna and biological diversity of Kahramanmaraş province's Yavşan Plateau and Türkiye as a whole.

## MATERIAL and METHODS

This study was carried out in Yavşan Plateau, Kahramanmaraş province of Türkiye between March and October 2016. Specimens were collected from different locations every 15 days using pitfall trap method and field search method (using tools such as forceps, etc.). Pitfall traps containing a mixture of antifreeze and water (at a 1:1 ratio) were placed at different elevation levels. The traps were set up at elevations ranging from 1200 m to 1900 m, with 5 pitfall traps placed at intervals of 50 meters for every 100 meters of elevation. Scarabaeoidea samples were euthanized using ethyl acetate. Subsequently, these samples were brought to the laboratory in plastic containers and fixed with insect pins. The diagnosis of samples, whose preparation was finalized, was conducted by Assoc. Prof. Dr. Yakup ŞENYÜZ (Kütahya Dumlupınar University, Faculty of Letters and Science, Department of Biology, Zoology). The elicited samples are kept in the Biology Laboratory of the Faculty of Education in Kahramanmaraş Sütçü İmam University.

Yavşan Plateau Nature Park is located in the

Mediterranean Region within the borders of the Onikisubat district of Kahramanmaraş. Yavşan Plateau Nature Park is situated 36 km away from the city center of Kahramanmaraş and covers an area of 3480 hectares, between the coordinates 37.48258° N and 36.70281° E (Figure 1). The area was introduced as the 39th nature park of our country on 15.12.2009 thanks to the natural and cultural resources it contains. Coniferous species naturally growing in Türkiye, such as *Abies cilicica* (Antoine et Kotschy), *Cedrus libani* A. Richard, *Pinus nigra* Arnold and *Juniperus* sp. Linnaeus and leafy trees such as aspen *Populus tremula* Linnaeus and

*Quercus* Linnaeus species are widespread in Yavşan Plateau Nature Park. There are wild walnuts (*Juglans regia*) in the streams. Yavşan Plateau Nature Park is located at the point where the Mediterranean, Eastern Anatolia and Southeastern Anatolia Regions come closest to each other, and the area has a rich natural water resources (Özkan et al., 2020). 529 plant taxa have been identified within the area and 65 of them are endemic. The plant species named *Ajuga relict* (Eskimayasılı) is distributed only in the region called Pekmez Pınarı in Yavşan plateau (Varol, 1997; Özkan et al., 2020).

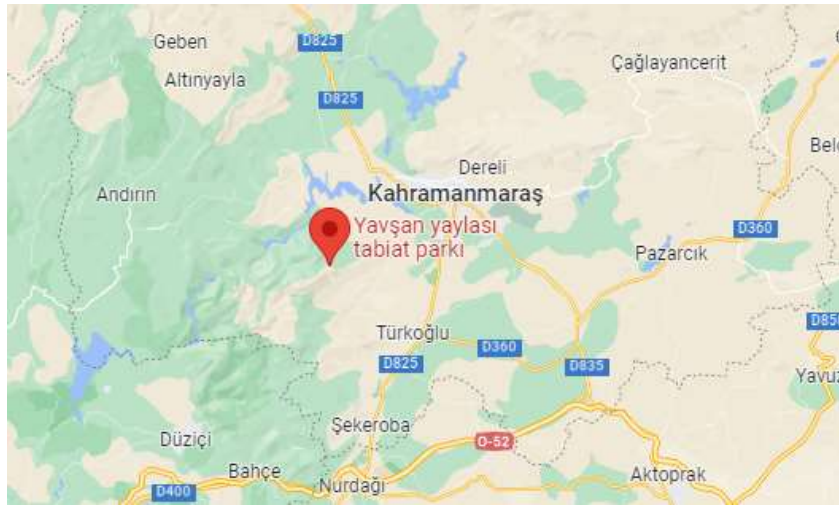


Figure 1. Map view of Yavşan Plateau Nature Park.

Şekil 1. Yavşan Yaylası Tabiat Parkına ait harita görüntüsü.

Yavşan Plateau Nature Park is divided into three protection and use zones, namely the Sensitive Protection Zone, the Sustainable Use Zone and the Controlled Use Zone. The nature park has great significance due to the most beautiful pure and mixed stands of *Cedrus libani*, whose distribution areas are getting narrower in the world (Özkan et al., 2020).

## RESULTS

In this study, the description of 28 species and 5 subspecies belonging to 25 genera within the superfamily Scarabaeoidea has been conducted. Among these species and subspecies, 31 belong to the family Scarabaeidae, and 2 belong to the family Hybosoridae.

**Family: Scarabaeidae Latreille, 1802**

**Subfamily: Scarabaeinae (Latreille, 1802)**

**Genus: *Copris* Geoffroy, 1762**

***Copris hispanus cavolinii* (Petagna, 1792)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1536 m, 14.V.2016, 37°24'28.5552" N 36°35'3.6168" E; 1495 m, 28.V.2016, 37°24'18.6516" N 36°35'10.8996" E. Totally two specimens.

Distribution in Türkiye: Adana, Adıyaman, Afyon, Ankara, Antalya, Bitlis, Bursa, Çorum, Diyarbakır, Eskişehir, Gaziantep, Hatay, Isparta, İzmir, Kahramanmaraş, Kastamonu, Kayseri, Kırkkale, Kırşehir, Mersin, Muğla, Niğde, Osmaniye, Sivas, Uşak, Van (Lodos et al., 1999; Rozner & Rozner., 2009; Coşkun, 2012; Şenyüz et al., 2016).

Distribution in the world: Afghanistan, Algeria, Cyprus, Egypt, France, Iran, Italy, Libya, Mediterranean islands, Morocco, Pakistan, Portugal, Russia, Spain, Tunisia, Türkiye (Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: Asia – Europe – Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

**Genus: *Gymnopleurus* Illiger, 1803**

***Gymnopleurus geoffroyi* (Fuessly, 1775)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1395 m, 14.V.2016, 37°24'18.6516" N 36°35'10.8996" E; 1412 m, 23.V.2016, 37°24'01.28" N 3°35'07.01"E; 1216 m, 8.VI.2016, 37°24'57.21" N 36°35'04.74" E; 1291 m, 16.VI.2016, 37°24'58.09" N 36°34'58.54" E; 1356 m, 28.VI.2016, 37°24'19.87" N 36°35'05.21" E. Totally five specimens.

Distribution in Türkiye: Adana, Adıyaman,

Afyonkarahisar, Amasya, Ankara, Antalya, Balıkesir, Bilecik, Bitlis, Bolu, Burdur, Bursa, Çanakkale, Çorum, Denizli, Diyarbakır, Edirne, Eskişehir, Gaziantep, Giresun, Hakkari, Hatay, Isparta, İzmir, İzmir, Kastamonu, Kayseri, Kırklareli, Kırşehir, Karabük, Kocaeli, Kütahya, Manisa, Manisa, Muğla, Mersin, Ordu, Osmaniye, Rize, Siirt, Sinop, Sivas, Tekirdağ, Tokat, Trabzon, Uşak, Van, Zonguldak(Kırgız, 1982; Lodos et al., 1999; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş, Keith & Tezcan, 2011a; Coşkun, 2012; Şahiner, 2013; Şenyüz, Dindar & Altunsoy, 2013; Gülmez, Dinar & Ari, 2019).

Distribution in the world: Albania, Algeria, Armenia, Austria, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Egypt, France, Germany, Greece, Hungary, Israel, Italy, Kuwait, Macedonia, Moldova, Montenegro, Poland, Romania, Russia, Serbia, Slovakia, Switzerland, Türkiye, Ukraine(Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: Europe – Central Asia – Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

**Genus: *Onthophagus* Latreille, 1802**

***Onthophagus (Furconthophagus) furcatus* (Fabricius, 1781)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1705 m, 14.V.2016, 37°23'53.18" N 36°34'58.90" E; 1712 m, 23.V.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E. Totally two specimens.

Distribution in Türkiye: Adana, Adıyaman, Afyonkarahisar, Ağrı, Amasya, Ankara, Antalya, Artvin, Aydın, Balıkesir, Bartın, Batman, Bayburt, Bilecik, Bingöl, Bitlis, Bolu, Burdur, Bursa, Çanakkale, Çankırı, Çorum, Denizli, Diyarbakır, Düzce, Edirne, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Eskişehir, Gaziantep, Giresun, Gümüşhane, Hakkari, Hatay, Iğdır, Isparta, İstanbul, İzmir, Karaman, Kars, Kastamonu, Kayseri, Kırıkkale, Kırklareli, Kırşehir, Kilis, Kocaeli, Konya, Kütahya, Malatya, Manisa, Mardin, Mersin, Muğla, Muş, Nevşehir, Niğde, Ordu, Osmaniye, Rize, Sakarya, Samsun, Siirt, Sinop, Sivas, Şanlıurfa, Şırnak, Tekirdağ, Tokat, Trabzon, Tunceli, Uşak, Van, Yalova, Yozgat, Zonguldak(Lodos et al., 1999; Pehlivan, 1989; Tezcan & Pehlivan, 2001; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş, Keith & Tezcan, 2011a,b; Şenyüz et al., 2013; Özgen, Şenyüz & Temizer, 2014; Sullivan et al., 2016).

Distribution in the world: Albania, Armenia, Austria, Belarus, Belgium, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, England, France, Georgia, Germany, Greece, Hungary, India, Iraq, Israel, Italy, Kazakhstan, Macedonia, Montenegro, Morocco, Poland, Portugal, Romania, Russia, Saudi Arabia, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Switzerland, Türkiye, Turkmenistan, Ukraine(Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: Turan – Europe – Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

***Onthophagus illyricus* (Scopoli, 1763)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1395 m, 14.V.2016, 37°24'18.6516" N 36°35'10.8996" E; 1712 m, 23.V.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E; 1216 m, 08.VI.2016, 37°24'57.21" N 36°35'04.74" E; 1456 m, 16.VII.2016, 37°24'09.36" N 36°35'06.46" E; 1625 m, 27.VII.2016, 37°24'21.89" N 36°35'11.50" E; 1524 m, 07.VIII.2016, 37°34'23.85" N 36°35'02.86" E. Totally six specimens.

Distribution in Türkiye: Adana, Antalya, Aydın, Bartın, Çanakkale, Eskişehir, Gaziantep, Hakkari, Hatay, Isparta, Kahramanmaraş, Karaman, Kastamonu, Kayseri, Kırşehir, Konya, Kütahya, Manisa, Mersin, Muğla, Niğde, Osmaniye, Uşak, Zonguldak(Pehlivan, 1989; Lodos et al., 1999; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş et al., 2011a; Şenyüz & Şahin, 2013; Küçükaykay et al., 2013; Ataş, 2019).

Distribution in the world: Afghanistan, Albania, Armenia, Austria, Azores, Belarus, Belgium, Bosnia and Herzegovina, Croatia, Cyprus, Czech Republic, France, Georgia, Germany, Greece, Hungary, Iran, Iraq, Israel, Italy, Kazakhstan, Lebanon, Luxembourg, Macedonia, Moldova, Montenegro, Poland, Portugal, Romania, Russia, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Syria, Türkiye, Ukraine(Löbl & Löbl, 2016).

Chorotype: Turan – Europe (Carpaneto et al., 2000).

***Onthophagus (Palaeonthophagus) opacicollis* Reitter, 1893**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1456 m, 18.IV.2016, 37°24'19.87" N 36°35'05.21" E; 1512 m, 23.V.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E; 1526 m, 08.VII.2016, 37°24'57.21" N 36°35'04.74" E. Totally three specimens.

Distribution in Türkiye: Adana, Antalya, Balıkesir, Bolu, Çanakkale, Eskişehir, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kütahya, Manisa, Mersin, Niğde, Ordu, Samsun, Tokat (Lodos et al., 1999; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş et al., 2011a; Şenyüz & Şahin, 2013; Şenyüz et al., 2013; Sullivan et al., 2016; Ataş, 2019).

Distribution in the world: Albania, Algeria, Bulgaria, Bosnia and Herzegovina, Croatia, Cyprus, France, Greece, Hungary, Israel, Italy, Macedonia, Morocco, Portugal, Slovakia, Spain, Switzerland, Syria, Tunisia, Türkiye(Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: Europe –Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

***Onthophagus(Palaeonthophagus) ruficapillus* Brulle, 1832**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1695 m, 14.VI.2016, 37°24'13.70" N 36°37'07.65" E; 1712 m, 23.VI.2016, 37°24'28.55" N 36°35'03.61" E;

1656 m, 08. VI.2016, 37°24'57.21" N 36°35'04.74" E. Totally three specimens.

Distribution in Türkiye: Adana, Afyonkarahisar, Amasya, Ankara, Antalya, Aydın, Balıkesir, Bartın, Bolu, Burdur, Çanakkale, Çankırı, Çorum, Denizli, Edirne, Erzurum, Eskişehir, Gaziantep, Giresun, Hatay, Isparta, İzmir, Kahramanmaraş, Kastamonu, Kırklareli, Kırşehir, Konya, Kütahya, Kilis, Mardin, Manisa, Muğla, Mersin, Nevşehir, Niğde, Osmaniye, Sakarya, Samsun, Sinop, Sivas, Tekirdağ, Yozgat, Zonguldak(Pehlivan, 1989; Lodos et al., 1999; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş et al., 2011a; Özgen et al., 2014; Sullivan et al., 2016).

Distribution in the world:Albania, Armenia, Austria, Azerbaijan, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, France, Georgia, Greece, Hungary, Iraq, Iran, Israel, Italy, Jordan, Macedonia, Moldova, Montenegro, Poland, Portugal, Romania, Russia, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Switzerland, Syria, Turkey, Ukraine(Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: Europe (Carpaneto et al., 2000).

**Genus: *Scarabaeus* Linnaeus, 1758**

***Scarabaeus (Scarabaeus) pius* (Illiger, 1803)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1295 m, 14.V.2016, 37°24'18.6516" N 36°35'10.8996" E; 1712 m, 23.V.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E; 1395 m, 8.VI.2016, 37°24'57.21 " N 36°35'04.74" E. Totally three specimens.

Distribution in Türkiye: Adıyaman, Ankara, Antalya, Bilecik, Bolu, Bursa, Çanakkale, Çorum, Denizli, Diyarbakır, Eskişehir, İzmir, Kahramanmaraş, Kayseri, Kırklareli, Kırşehir, Konya, Kütahya, Manisa, Mersin, Muğla, Niğde, Pamukkale, Şanlıurfa, Siirt, Tokat, Van(Pehlivan, 1988; Lodos et al., 1999; Rozner & Rozner, 2009; Özgen et al., 2014).

Distribution in the world: Afghanistan, Albania, Armenia, Austria, Azerbaijan, Bulgaria, Croatia, France, Georgia, Greece, Hungary, Iran, Israel, Italy, Jordan, Kazakhstan, Lebanon, Macedonia, Romania, Russia, Spain, Syria, Tajikistan, Turkmenistan, Turkey, Uzbekistan, Yugoslavia (Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: Europe – East Mediterranean – Turan (Vigna Taglianti et al., 1999).

**Genus: *Sisyphus* Latreille, 1807**

***Sisyphus schaefferi* (Linnaeus, 1758)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1395 m, 14.V.2016, 37°24'18.6516" N 36°35'10.8996" E; 1712 m, 23.V.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E; 1816 m, 08.VI.2016, 37°24'57.21" N 36°35'04.74" E. Totally three specimens.

Distribution in Türkiye:Adana, Adıyaman, Ankara, Afyon, Antalya, Balıkesir, Bilecik, Bitlis, Burdur,

Çanakkale, Çorum, Edirne, Eskişehir, Erzurum, Gümüşhane, Hatay, Isparta, İzmir, Kahramanmaraş, Kars, Kırkkale, Kırklareli, Kütahya, Mersin, Muğla, Osmaniye, Samsun, Sivas, Tekirdağ, Van(Lodos et al., 1978; Kırgız, 1982; Pehlivan, 1988; Lodos et al., 1999; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009; Coşkun, 2012; Şenyüz & Şahin, 2013; Ataş, 2019).

Distribution in the world: Albania, Algeria, Armenia, Austria, Azerbaijan, Belgium, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, France, Georgia, Germany, Greece, Hungary, Iran, Israel, Italy, Jordan, Kazakhstan, Luxembourg, Macedonia, Moldavia, Morocco, Netherlands, Poland, Portugal, Romania, Russia, Slovakia, Slovenia, Spain, Switzerland, Syria, Tunisia, Turkmenistan, Turkey, Ukraine, Yugoslavia(Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: Central Asia – Europe – Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

**Subfamily: Dynastinae (MacLeay, 1819)**

**Genus: *Oryctes* Illiger, 1798**

***Oryctes nasicornis* (Linnaeus, 1758)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1395 m, 37°24'18.6516" N 36°35'10.8996" E; 1572 m, 23.V.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E; 1345 m, 08.VI.2016, 37°24'57.21" N 36°35'04.74" E. Totally three specimens.

Distribution in Türkiye: Adana, Ağrı, Artvin, Bilecik, Çorum, Denizli, Erzincan, Erzurum, Hatay, Isparta, İzmir, Kahramanmaraş, Kars, Konya, Manisa, Mersin, Ordu, Sakarya, Samsun, Siirt, Trabzon (Lodos et al., 1999; Öztürk & Kalkar, 2011; Atay, Jansson & Gürkan, 2012; Şenyüz et al., 2013; Özgen et al., 2014; Göktürk & Mihli, 2015; Polat, Yıldırım & Ulıana, 2018).

Distribution in the world: Albania, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Egypt, Greece, Israel, Lebanon, Macedonia, Romania, Slovenia, Syria, Turkey, Yugoslavia (Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: Central Asia – Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

**Genus: *Pentodon* Hope, 1837**

***Pentodon bidens punctatus*(Villers, 1789)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1395 m, 14.V.2016, 37°24'18.6516" N 36°35'10.8996" E; 1712 m, 23.V.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E; 1216 m, 08.VI.2016, 37°24'57.21" N 36°35'04.74" E. Totally three specimens.

Distribution in Türkiye: Adana, Antalya, Karaman, Konya, Kütahya (Lodos et al., 1999; Aydın & Kazak, 2007; Şenyüz & Şahin, 2009).

Distribution in the world:Southern Europe, North Africa (Pivotti et al., 2011).

Chorotype: Turan – Mediterranean (Pivotti et al., 2011).

***Pentodon idiota* (Herbst, 1789)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1395 m, 14.V.2016, 37°24'18.6516" N 36°35'10.8996" E; 1412 m, 23.V.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E; 1286 m, 08.VI.2016, 37°24'57.21" N 36°35'04.74" E; 1512 m, 16.VI.2016, 37°24'21.73" N 36°35'04.58" E. Totally four specimens.

Distribution in Türkiye: Adana, Adıyaman, Ankara, Antalya, Denizli, Isparta, İstanbul, İzmir, Kırklareli, Kırşehir, Kocaeli, Konya, Kütahya, Muğla, Samsun, Siirt (Lodos et al., 1999; Rozner & Rozner, 2009; Şenyüz & Şahin, 2009; Aslan & Karaca, 2012; Özgen et al., 2014; Polat et al., 2018).

Distribution in the world: Albania, Armenia, Austria, Azerbaijan, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Georgia, Greece, Hungary, Iran, Iraq, Israel, Lebanon, Macedonia, Russia, Slovakia, Turkey, Ukraine, Yugoslavia (Löbl & Smetana 2006).

Chorotype: Southern Europe (Carpaneto et al., 2000).

**Genus: *Phyllognathus* Eschscholtz, 1830**

***Phyllognathus excavatus* (Forster, 1771)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1395 m, 14.V.2016, 37°24'18.6516" N 36°35'10.8996" E; 1278 m, 23.V.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E; 1384 m, 08.VI.2016, 37°24'57.21" N 36°35'04.74" E. Totally three specimens.

Distribution in Türkiye: Adana, Ağrı, Antalya, Elazığ, Erzurum, Isparta, İzmir, Kahramanmaraş, Mersin, Muğla, Niğde, Osmaniye (Ulusoy, Vatansever & Uygun, 1999; Demirözer & Karaca, 2011; Gömlek, 2018).

Distribution in the world: Albania, Algeria, Arab Emirates, Bosnia and Herzegovina, Canary Islands, Croatia, Cyprus, Egypt, France, Greece, Iraq, Iran, Israel, Italy, Jordan, Kazakhstan, Kuwait, Lebanon, Libya, Macedonia, Malta, Montenegro, Morocco, Oman, Portugal, Russia, Saudi Arabia, Spain, Syria, Tunisia, Turkmenistan, Türkiye, Ukraine, Yemen (Löbl & Löbl, 2016).

Chorotype: Europe – Turan – Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

**Subfamily: Melolonthinae Leach, 1819**

**Genus: *Anoxia* Laporte de Castelnau, 1833**

***Anoxia orientalis* (Krynicky, 1832)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1395 m, 14.V.2016, 37°24'18.6516" N 36°35'10.8996" E; 1418 m, 23.V.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E; 1746 m, 08.VI.2016, 37°24'57.21" N 36°35'04.74" E. Totally three specimens.

Distribution in Türkiye: Adana, Adıyaman, Ankara, Antalya, Bayburt, Bursa, Çorum, Erzincan,

Gaziantep, Hatay, İzmit, Kahramanmaraş, Kastamonu, Kayseri, Kocaeli, Kütahya, Mersin, Niğde, Osmaniye, Sakarya, Samsun, Sinop, Trakya (Lodos, 1995; Ulusoy et al., 1999; Rozner & Rozner, 2009; Rezaei, 2015; Polat et al., 2018).

Distribution in the world: Albania, Armenia, Austria, Azerbaijan, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Georgia, Greece, Hungary, Iran, Israel, Italy, Lebanon, Macedonia, Romania, Russia, Slovenia, Syria, Switzerland, Turkmenistan, Yugoslavia (Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: Europe – Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

**Genus: *Elaphocera* Gene, 1836**

***Elaphocera dilatata* Erichson, 1840**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1409 m, 02.IV.2016, 37°24'50.34" N 36°34'49.51" E; 1357 m, 09.IV.2016, 37°24'51.16" N 36°34'44.39" E. Totally two specimens.

Distribution in Türkiye: This species is new record for fauna of Türkiye.

Distribution in the world: Sardinia Island (Fancello, Bazzato & Cillo, 2014; Fauna Europaea, 2022a).

Chorotype: Endemic to Sardinia Island (Carpaneto et al., 2011).

**Genus: *Holochelus* Reitter, 1889**

***Holochelus (Miltotrogus) pilicollis* (Gyllenhal, 1817)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1683 m, 02.IV.2016, 37°24'09.86" N 36°35'04.00" E. Totally two specimens.

Distribution in Türkiye: Kahramanmaraş (Gömlek, 2018).

Distribution in the world: Austria, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Greece, Hungary, Romania, Türkiye, Ukraine (Fauna Europaea, 2022c).

Chorotype: Europe (Carpaneto et al., 2000).

**Genus: *Melolontha* Fabricius, 1775**

***Melolontha anita* (Reitter, 1902)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1395 m, 18.IV.2016, 37°24'18.6516" N 36°35'10.8996" E; 1471 m, 09.V.2016, 37°24'19.87" N 36°35'05.21" E; 1508 m, 24.V.2016, 37°24'18.65" N 36°35'10.03" E; 1357 m, 22.IV.2016, 37°24'26.84" N 36°35'08.12" E; 1596 m, 16.V.2016, 37°24'13.70" N 36°37'07.65" E. Totally five specimens.

Distribution in Türkiye: Kahramanmaraş (Gömlek, 2018).

Distribution in the world: Türkiye (Carpaneto et al., 2000).

Chorotype: Endemic (Carpaneto et al., 2000).

**Genus: *Polyphylla* Harris, 1842**

***Polyphylla olivieri* (Castelnau, 1840)**



Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1683 m, 14.VII.2016, 37°24'09.86" N 36°35'04.00" E; 1668 m, 23.VII.2016, 37°23'53.18" N 36°34'58.90" E; 1712 m, 08.VIII.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E. Totally three specimens.

Distribution in Türkiye: Antalya, Ankara, Bitlis, Bolu, Bursa, İstanbul, Isparta, Kahramanmaraş, Kütahya, Niğde, Samsun, Van (Sabatinelli, 1977; Rey, 1999; Lodos et al., 1999; Karaca et al., 2006; Akdoğan, 2006; Coşkun, 2012; Rezaei, 2015).

Distribution in the world: Greece, Iran, Near East, Transcaucasia, Türkiye (Bunalski et al., 2014).

Chorotype: Turan – Mediterranean (Vigna Taglianti et al., 1999).

**Subfamily: Rutelinae MacLeay, 1819**

**Genus: *Anomala* Schoenherr, 1817**

***Anomala affinis* (Ganglbauer, 1882)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1668 m, 25.VI.2016, 37°23'53.18" N 36°34'58.90" E. Totally three specimens.

Distribution in Türkiye: Balıkesir, Mersin (Polat et al., 2018).

Distribution in the world: Greece, Türkiye (Löbl & Löbl, 2016).

Chorotype: Asia - Europe (Vigna Taglianti et al., 1999).

***Anomala osmanlis* Blanchard, 1850**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1201 m, 25.VI.2016, 37°24'58.46" N 36°35'04.73" E. Totally two specimens.

Distribution in Türkiye: Adana, Adıyaman, Antalya, Isparta, İzmir, Manisa, Muğla, Osmaniye (Gümüş & Avcı, 2015; Polat et al., 2018).

Distribution in the world: Bulgaria, Greece, Near East, Türkiye (Fauna Europaea, 2022b).

Chorotype: East Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

**Genus: *Blitopertha* Reitter, 1903**

***Blitopertha nigripennis* Reitter, 1888**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1357 m, 25.VI.2016, 37°24'51.16" N 36°34'44.39" E; 1409 m, 15.VII.2016, 37°24'50.34" N 36°34'49.51" E; 1201 m, 28.VII.2016, 37°24'58.46" N 36°35'04.73" E. Totally three specimens.

Distribution in Türkiye: Adana, Ankara, Antalya, Bingöl, Eskişehir, Erzincan, Erzurum, Gaziantep, Gümüşhane, Hatay, Isparta, Kahramanmaraş, Kastamonu, Kayseri, Kırşehir, Kütahya, Malatya, Mersin, Osmaniye, Sivas, Sinop (Şenyüz & Şahin, 2009; Küçükaykay et al., 2013; Özgen et al., 2014; Rezaei, 2015; Uliana & Sabatinelli, 2017; Polat et al., 2018; Sert & Özdemir, 2019).

Distribution in the world: Armenia, Azerbaijan, Cyprus, Georgia, Iran, Israel, Jordan, Lebanon,

Russia, Syria, Türkiye, Turkmenistan (Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: Asia – Mediterranean (Vigna Taglianti et al., 1999).

**Subfamily: Cetoniinae Leach, 1815**

**Genus: *Oxythyrea* Mulsant, 1842**

***Oxythyrea cinctella* (Schaum, 1841)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1395 m, 14.V.2016, 37°24'18.6516" N 36°35'10.8996" E; 1712 m, 23.V.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E; 1216 m, 08.VI.2016, 37°24'57.21" N 36°35'04.74" E. Totally three specimens.

Distribution in Türkiye: Adana, Adıyaman, Afyon, Aksaray, Amasya, Ankara, Antalya, Artvin, Aydın, Balıkesir, Bartın, Bilecik, Bingöl, Bitlis, Bolu, Burdur, Bursa, Çanakkale, Çorum, Denizli, Diyarbakır, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Eskişehir, Gaziantep, Hatay, Isparta, İstanbul, İzmir, İğdır, Kahramanmaraş, Karaman, Karabük, Kars, Kastamonu, Kayseri, Kırkkale, Kırşehir, Kırklareli, Kilis, Konya, Kütahya, Malatya, Manisa, Mardin, Mersin, Muğla, Muş, Nevşehir, Niğde, Osmaniye, Rize, Sakarya, Samsun, Şanlıurfa, Tekirdağ, Tunceli, Uşak, Van (Lodos et al., 1978; Lodos et al., 1999; Akdoğan, 2006; Şenyüz & Şahin, 2009; Coşkun, 2012; Polat, Yıldırım & Uliana, 2017; Laz & Avcı, 2017).

Distribution in the world: Afghanistan, Albania, Armenia, Azerbaijan, Bulgaria, China, Cyprus, Georgia, Greece, Hungary, Iran, Iraq, Israel, Jordan, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Lebanon, Macedonia, Pakistan, Russia, Syria, Tajikistan, Turkmenistan, Turkey, Uzbekistan, Yugoslavia (Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: Turan – Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

**Genus: *Protaetia* Burmeister, 1842**

***Protaetia (Netocia) cuprina* (Motschulsky, 1849)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1395 m, 14.V.2016, 37°24'18.6516" N 36°35'10.8996" E; 1632 m, 23.V.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E; 1712 m, 08.VI.2016, 37°24'57.21" N 36°35'04.74" E. Totally three specimens.

Distribution in Türkiye: Ankara, Antalya, Aydın, Balıkesir, Burdur, Denizli, Erzurum, Eskişehir, İzmir, Karaman, Mersin, Muğla, Nevşehir, Osmaniye, Rize, Samsun (Carpaneto et al., 2000; Rozner & Rozner, 2009; Sürçüt et al., 2014).

Distribution in the world: Bulgaria, Moldova, Near East, Türkiye (Fauna Europaea, 2023).

Chorotype: Europe - Mediterranean (Vigna Taglianti et al., 1999).

***Protaetia (Netocia) aethiessina* Reitter, 1891**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1357 m, 16.IV.2016, 37°24'51.16" N 36°34'44.39" E;

1409 m, 25.VI.2016, 37°24'50.34" N 36°34'49.51" E. Totally two specimens.

Distribution in Türkiye: In the literature review, no locality data regarding the distribution areas of this species in our country were encountered.

Distribution in the world: Armenia, Iran, Türkiye (Vondracek, 2010; Bunalski et al., 2014).

Chorotype: Asia - Turan (Vigna Taglianti et al., 1999).

***Protaetia (Cetonischema) speciosissima (Scopoli, 1786)***

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1216 m, 25.VI.2016, 37°24'57.21" N 36°35'04.74" E. Totally one specimens.

Distribution in Türkiye: Balıkesir (Polat et al, 2017).

Distribution in the world: Albania, Austria, Belarus, Belgium, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Czech Republic, France, Germany, Greece, Hungary, Italy, Lithuania, Macedonia, Moldova, Montenegro, Poland, Romania, Russia, Slovakia, Slovenia, Switzerland, Türkiye, Ukraine (Catalogue of Life, 2022).

Chorotype: Europe -Mediterranean (Lapiana & Sparacio, 2006).

***Protaetia (Philhelena) ungarica armeniaca (Menetries, 1832)***

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1712 m, 02.IV.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E. Totally one specimens.

Distribution in Türkiye: Adana, Erzurum (Polat et al., 2017).

Distribution in the world: Caucasus, Central Asia, Northern Iran (Shokhin, 2019).

Chorotype: Asia – Turan (Vigna Taglianti et al., 1999).

***Protaetia (Potosia) besucheti (Alexis & Delpont, 1996)***

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1395 m, 14.V.2016, 37°24'18.6516" N 36°35'10.8996" E. Totally three specimens.

Distribution in Türkiye: Adana, Antalya, Denizli, Kayseri (Polat et al., 2017).

Distribution in the world: Greece, Türkiye (Löbl & Löbl, 2016).

Chorotype: Mediterranean (Vigna Taglianti et al., 1999).

***Protaetia (Netocia) afflicta (Gory & Percheron, 1833)***

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1395 m, 14.V.2016, 37°24'18.6516" N 36°35'10.8996" E; 1712 m, 23.V.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E; 1216 m, 08.VI.2016, 37°24'57.21" N 36°35'04.74" E. Totally three specimens.

Distribution in Türkiye: Adıyaman, Diyarbakır, Mardin, Mersin, Siirt (Rozner & Rozner, 2009; Özgen, Şen & Anlaş, 2012; Sert & Özdemir, 2019).

Distribution in the world: Cyprus, Egypt, Greece,

Israel, Jordan, Lebanon, Syria, Türkiye (Vondracek, 2010).

Chorotype: Eastern Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

***Protaetia (Netocia) subpilosa subpilosa (Desbrochers des Loges, 1869)***

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1712 m, 25.VI.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E; 1216 m, 02.IV.2016, 37°24'57.21" N 36°35'04.74" E. Totally two specimens.

Distribution in Türkiye: Adana, Gaziantep, Karaman (Polat et al., 2018; Bolu et al., 2018).

Distribution in the world: Bulgaria, Greece, Jordan, Lebanon, Syria, Türkiye (Löbl & Löbl, 2016).

Chorotype: Europe – Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

***Protaetia (Netocia) vidua (Gory & Percheron, 1833)***

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1395 m, 14.V.2016, 37°24'18.6516" N 36°35'10.8996" E; 1712 m, 23.V.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E; 1216 m, 08.VI.2016, 37°24'57.21" N 36°35'04.74" E. Totally three specimens.

Distribution in Türkiye: Balıkesir, Bingöl, Burdur, Çanakkale, Denizli, Erzurum, Eskişehir, Iğdır, Isparta, İzmir, Kırklareli, Kütahya, Muş, Osmaniye, Tunceli (Rozner & Rozner, 2009; Özgen et al., 2014; Polat et al., 2017).

Distribution in the world: Armenia, Azerbaijan, Bulgaria, Egypt, Georgia, Greece, Iran, Israel, Jordan, Lebanon, Macedonia, Romania, Syria, Türkiye (Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: East Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

**Genus: *Tropinota* Mulsant, 1842**

***Tropinota (Epicometis) hirta (Poda, 1761)***

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1438 m, 24.VI.2016, 37°24'36.92" N 36°34'54.96" E; 1395 m, 14.V.2016, 37°24'18.6516" N 36°35'10.8996" E; 1712 m, 23.V.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E; 1216 m, 08.VI.2016, 37°24'57.21" N 36°35'04.74" E. Totally four specimens.

Distribution in Türkiye: Adana, Afyonkarahisar, Aydın, Ankara, Antalya, Balıkesir, Bilecik, Bolu, Bursa, Burdur, Çanakkale, Çankırı, Çorum, Denizli, Edirne, Gaziantep, Hatay, Isparta, İzmir, Kahramanmaraş, Karaman, Karabük, Kastamonu, Kayseri, Kırıkkale, Kırklareli, Kırşehir, Kilis, Konya, Kütahya, Manisa, Mersin, Muğla, Niğde, Osmaniye, Sakarya, Tekirdağ, Uşak (Lodos et al, 1978, Lodos et al, 1999; Şenyüz & Şahin, 2009).

Distribution in the world: Albania, Andorra, Austria, Belarus, Belgium, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Czech Republic, Estonia, France, Georgia, Germany, Greece, Hungary, Italy, Kazakhstan,

Latvia, Lithuania, Luxembourg, Macedonia, Malta, Poland, Portugal, Romania, Russia, Slovakia, Slovenia, Spain, Switzerland, Türkiye, Ukraine, Yugoslavia (Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: Europe – Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

**Genus: *Valgus* Scriba, 1790**

***Valgus hemipterus* (Linnaeus, 1758)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1395 m, 14.V.2016, 37°24'18.6516" N 36°35'10.8996" E; 1712 m, 23.V.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E; 1436 m, 08.VI.2016, 37°24'57.21" N 36°35'04.74" E. Totally three specimens.

Distribution in Türkiye: Bilecik, Burdur, Çanakkale, Edirne, Erzurum, Isparta, İstanbul, İzmir, Kahramanmaraş, Kırklareli, Manisa, Muğla, Nevşehir, Ordu, Sakarya, Tekirdağ (Lodos et al., 1978; Bahadıroğlu et al., 2007; Rozner & Rozner, 2009; Polat et al., 2017).

Distribution in the world: Albania, Algeria, Armenia, Austria, Belarus, Belgium, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, China, Corsica, Crete, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, England, Estonia, Finland, France, Georgia, Germany, Hungary, Iran, Italy, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Macedonia, Morocco, Netherlands, Poland, Portugal, Romania, Russia, Sardinia, Sicily, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Tajikistan, Tunisia, Türkiye, Ukraine, Uzbekistan, Yugoslavia (Löbl & Löbl, 2016).

Chorotype: Europe – Turan – Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

**Family: Hybosoridae Erichson, 1847**

**Subfamily: Hybosorinae Erichson, 1847**

**Genus: *Hybosorus* MacLeay, 1819**

***Hybosorus illigeri* (Reiche, 1853)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1282 m, 26.IV.2016, 37°24'55.15" N 36°35'01.49" E; 1712 m, 09.V.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E; 1216 m, 21.V.2016, 37°24'57.21" N 36°35'04.74" E. Totally three specimens.

Distribution in Türkiye: Adana, Balıkesir, Çanakkale, Mersin, Siirt (Lodos et al., 1999; Rozner & Rozner, 2009; Özgen et al., 2014; Arslan, 2015; Ataş, 2019).

Distribution in the world: Afghanistan, Albania, Algeria, Azerbaijan, Bulgaria, China, Croatia, Cyprus, Egypt, France, Georgia, Greece, India, Iran, Iraq, Israel, Italy, Jordan, Libya, Macedonia, Morocco, Pakistan, Portugal, Romania, Russia, Saudi Arabia, Spain, Syria, Tajikistan, Tunisia, Turkmenistan, Türkiye, Ukraine, Uzbekistan, Yemen, Yugoslavia (Löbl & Smetana, 2006).

Chorotype: Turan – Mediterranean (Carpaneto et al., 2000).

**Genus: *Seleucosorus* Kuijten, 1983**

***Seleucosorus punctatissimus* (Reiche, 1861)**

Material examined: Kahramanmaraş: Yavşan plateau, 1712 m, 02.IV.2016, 37°23'51.64" N 36°34'55.13" E. Totally one specimens.

Distribution in Türkiye: Antalya, Muğla (Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009).

Distribution in the world: Türkiye (Bellmann, 2007; Carpaneto et al., 2000).

Chorotype: South West Asia (Carpaneto et al., 2000)

## CONCLUSIONS and DISCUSSION

On analysing adult Scarabaeoidea species collected from Yavşan plateau in Kahramanmaraş between March and October 2016, 28 species and 5 subspecies belonging to this superfamily were identified. 31 of these species and subspecies belong to the Scarabaeidae family, while 2 of them to the Hybosoridae family. *Elaphoceradilatata* (Erichson, 1840) is a new record for Türkiye. Also *Protaetia* (*Cetonischema*) *speciosissima* (Scopoli, 1786) was recorded for the first time from Mediterranean region of Türkiye.

Some species and subspecies such as *Pentodonbidens punctatus* (Villers, 1789); *Pentodonidiota* (Herbst, 1789); *Anomalaaffinis* (Ganglbauer, 1882); *Anomalaosmanlis* Blanchard, 1850; *Protaetia* (*Philhelena*) *ungaricaarmenica* (Menetries, 1832); *Protaetia* (*Potosia*) *besucheti* (Alexis & Delpont, 1996); *Protaetia* (*Netocia*) *afflicta* (Gory & Percheron, 1833); *Protaetia* (*Netocia*) *subpilosubpilosa* (Desbrochers des Loges, 1869); *Protaetia* (*Netocia*) *vidua* (Gory & Percheron, 1833); *Hybosorusilligeri* (Reiche, 1853); *Seleucosoruspunctatissimus* (Reiche, 1861) are new record for Kahramanmaraş province. In addition, *Holochelus* (Miltotrogus) *pilicollis* (Gyllenhal, 1817) and *Melolonthaanita* (Reitter, 1902) were reported from Kahramanmaraş for the second time. Besides, the present study recorded exact locality information of *Protaetia* (*Netocia*) *aethiessina* Reitter, 1891, whose distribution in Türkiye was mentioned in different sources, yet locality information was not found in the literature review.

As in Figure 2, the number of Scarabaeoidea species obtained from Yavşan Plateau Nature Park by subfamilies are as following: Scarabaeinae; 8 species, Dynastinae; 4 species, Melolonthinae; 5 species, Rutelinae; 3 species, Cetoniinae; 11 species and Hybosorinae; 2 species. Accordingly, Cetoniinae and Scarabaeinae subfamilies have the highest species diversity in the study area.

On analysing the graph in Figure 3, the sample numbers obtained from the study area by elevation steps are as following: 1200-1300 m; 17 samples, 1300-1400 m; 22 samples, 1400-1500 m; 11 samples, 1500-

1600 m; 8 samples, 1600-1700 m; 8 samples, 1700-1800 m; 19 samples and 1800-1900 m; 1 sample. Hence, the

highest number of samples were obtained at 1300-1400 m and 1700-1800 m.

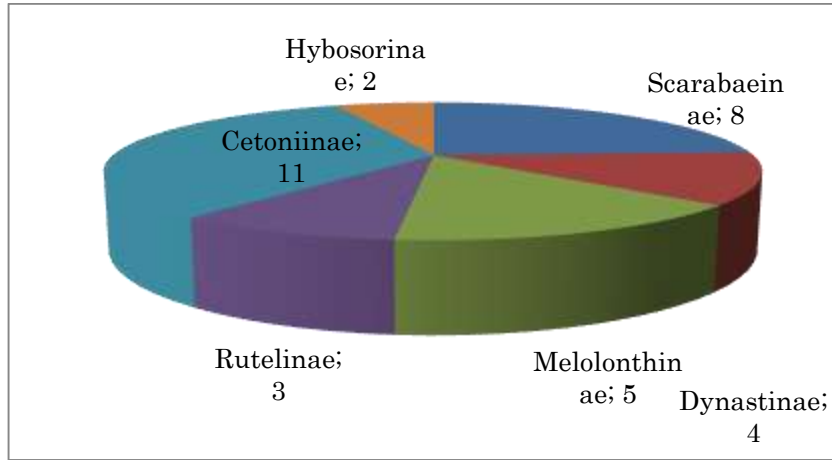


Figure 2. The number of species by subfamilies.  
Şekil 2. Aİlfamilyalara göre elde edilen tür sayıları.

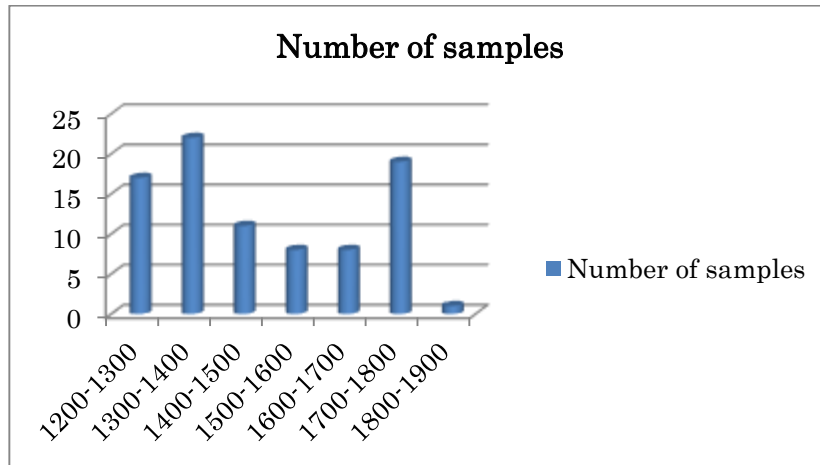


Figure 3. Number of samples by elevation steps.  
Şekil 3. Yükselti basamaklarına göre elde edilen örnek sayıları.

The graph in Figure 4 depicts the numbers of the species obtained from the study area according to their chorotype distribution: Asia-Europe; 3 species, Central Asia-Mediterranean; 2 species, Turan-Europe-Mediterranean; 1 species, Turan-Europe; 1 species, Mediterranean; 1 species, Southern Europe; 3 species, Eastern Mediterranean; 4 species, Central Asia-Europe-Mediterranean; 2 species, Turan-Mediterranean; 6 species, Europe-Mediterranean; 4 species, Asia-Mediterranean; 1 species, Asian; 2 species, Southwest Asia; 1 species, Endemic; 1 species. Accordingly, Turan-Mediterranean chorotype has the most species.

#### ACKNOWLEDGEMENT

This study was carried out within the scope of the project numbered 2016 / 3 – 8 YLS, which was 1

supported by Kahramanmaraş Sütçü İmam University Scientific Research Projects Unit. We would like to thank the Research Projects Management Unit. We extend our gratitude to Associate Professor Dr. Yakup ŞENYÜZ, who is affiliated with the Department of Biology, Zoology, Faculty of Science and Letters at Kütahya Dumlupınar University, for his contributions to species identification.

#### Contribution Rate Statement Summary of Researchers

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

#### Conflict of Interest Statement

The authors report no conflict of interest.

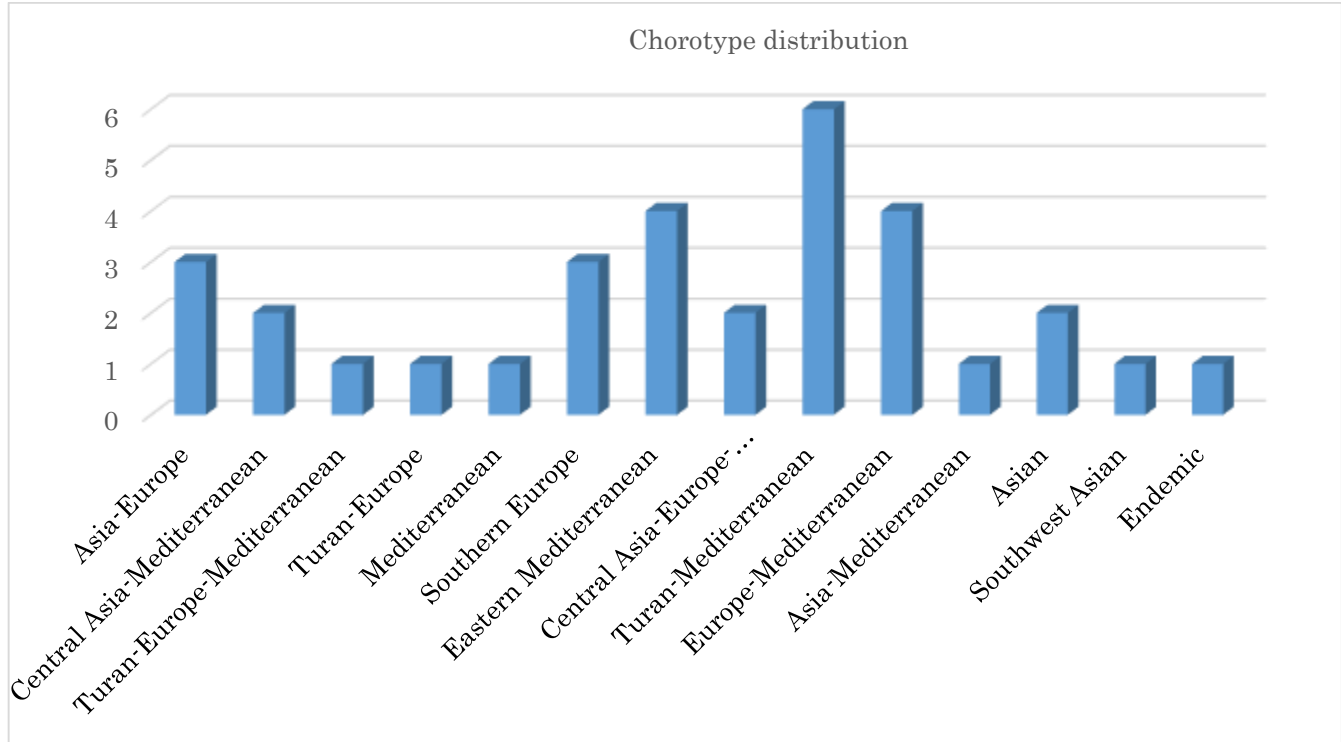


Figure 4. Chorotype distribution of the obtained species.  
Şekil 4. Elde edilen türlerin korotip dağılımları.

## REFERENCES

- Akdoğan, B. (2006). *Niğde İli Ve Çevresinde Yayılış Gösteren Scarabaeidae (Coleoptera) Familyasının Sistematiği (Tez no 222780)*, [Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Anlaş, S., Keith, D., & Tezcan, S. (2011a). Notes on the seasonal dynamics of some *Coprophagous* Scarabaeoidea (Coleoptera) species in Manisa province, western Anatolia. *Turkish Journal of Entomology*, 35(3), 447-460.
- Anlaş, S., Keith, D., & Tezcan, S. (2011b). Notes on the pitfall trap collected Scarabaeoidea (Coleoptera) species in Bozdağlar Mountain of western Turkey. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi*, 2, 1-5.
- Arslan, E. B. (2015). *Balıkesir İlindeki Hayvan Dışkılarında Bulunan Kınkanatlı Böcekler (Coleoptera) Üzerinde Faunistik Araştırmalar (Tez no 457509)*, [Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Aslan, B. & Karaca, I. (2012). Insect fauna of Kovada Lake National Park Basin (Isparta, Turkey). *Turkish Journal of Entomology*, 36(4), 473-489.
- Ataş, E. (2019). *Çanakkale-Kalkım Orman İşletme Müdürlüğü Scarabaeidae (Coleoptera) Türleri (Tez no 600369)*, [Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Atay, E., Jansson, N., & Gürkan, T. (2012). Saproxylc beetles on old hollow oaks (*Quercus* spp.) in a small isolated area in southern Turkey: (Insecta: Coleoptera). *Zoology in the Middle East*, 57(1), 105-114.
- Aydın, G. & Kazak, C. (2007). Evaluation of insect as bio-indicators for human activities in biotopes of Çukurova Delta (Adana). *Turkish Journal of Entomology*, 31(2), 111-128.
- Bahadıroğlu, C., Akıncı, M., & Kalkar, Ö. (2007). Kahramanmaraş Ahır Dağı'nda Cetoniidae ve Buprestidae (Coleoptera) Familyalarına Bağlı Türler ve Bu Türlerin Yükselti Basamaklarına Göre Dağılımı. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 10(1), 6-12.
- Bellmann, A. (2007). Beitrag zur Kenntnis der Aphodiinae der Türkei (Coleoptera: Scarabaeoidea). Stuttgart, *Entomologische Zeitschrift*, 117(3), 132-136.
- Bolu, H., Çiftçi, Ü., Makuloğulları, F., Yılmaz, S., Özbek, C., Demir, D., & Yılmaz, B. R. (2018). Southeastern Anatolia Region Insect Fauna I (Coleoptera III: Buprestoidea; Byrrhoidea; Elateroidea; Scarabaeoidea; Hydrophiloidea; Staphylinoidea) of Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 13(1), 266-281.
- Bunalski, M., Samin, N., Ghahari, H., & Hawkeswood,

- T. J. (2014). Contributions to the knowledge the scarab beetles of Golestan province, Northern Iran with checklist of Iranian Scarabaeoidea (Coleoptera). *Polish Journal of Entomology*, 83(2), 141-170.
- Carpaneto, G. M., Piattella, E., & Pittino, R. (2000). The scarab beetles of Turkey: an updated checklist and chorotype analysis (Coleoptera, Scarabaeoidea). *Biogeographia The Journal of Integrative Biogeography*, 21 (1), 217-240.
- Carpaneto, G. M., Piattella, E., Dellacasa, G., Dellacasa, R., Pittino, R., & Mazziotta, A. (2011). The lamellicorn beetles of southern Sardinia (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Conservazione Habitat Invertebrati*, 5, 353-387.
- Catalogue of Life. (2022, June 10). *Protaetia (Cetonischema) speciosissima*. Retrieved from <https://www.catalogueoflife.org/data/taxon/77Z8J>.
- Coşkun, G. (2012). *Van Gölü Havzası Scarabaeidae (Coleoptera) Familyası Üzerine Faunistik ve Sistemik Araştırmalar*(Tez no 318677), [Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Demirözer, O. & Karaca, İ. (2011). Phytophagous Arthropod Species Associated with Oil Bearing Rose, *Rosa damascena* Miller, in Isparta Province with Distributional Remarks. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 6(1), 9-25.
- Evans, A.V., Bellamy, C.L., & Watson, L.C. (2000) *An inordinate fondness for beetles*. University of California press, 208 pp.
- Fancello, L., Bazzato, E., & Cillo, D. (2014). Appunti Sulle *Elaphocera* Di Sardegna, Descrizione Di Una Nuova Specie E Rivalutazione Delle Specie Descritte Da Erichson E Gene (Insecta, Coleoptera, Scarabaeidae, Melolonthinae, Tanyproctini). *Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Venezia*, 65, 67-101.
- Fauna Europaea. (2022a, February 5). *Elaphocera erichsoni*. Retrieved from [https://fauna-eu.org/cdm\\_dataportal/taxon/634c124a-4402-45d4-b896-e5313263c07f#distribution](https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/taxon/634c124a-4402-45d4-b896-e5313263c07f#distribution).
- Fauna Europaea. (2022b, May 15). *Anomala osmanlis*. Retrieved from [https://fauna-eu.org/cdm\\_dataportal/taxon/9f76467f-3b00-4fa5-8bb5-a573fb8357c4#distribution](https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/taxon/9f76467f-3b00-4fa5-8bb5-a573fb8357c4#distribution).
- Fauna Europaea. (2022c, May 15). *Holochelus (Miltotrogus) pilicollis*. Retrieved from [https://fauna-eu.org/cdm\\_dataportal/taxon/54cae782-4da2-4c28-9917-6fb1985ff651#distribution](https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/taxon/54cae782-4da2-4c28-9917-6fb1985ff651#distribution).
- Fauna Europaea. (2023, August 5). *Protaetia (Netocia) cuprina*. Retrieved from [https://fauna-eu.org/cdm\\_dataportal/taxon/a47ec384-45de-486d-891a-6d16bcf90c35#distribution](https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/taxon/a47ec384-45de-486d-891a-6d16bcf90c35#distribution).
- Göktürk, T. & Mihli, A. (2015). New contributions to Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera) fauna of the Artvin province in Turkey. *Annals of Agrarian Science*, 13(1), 71-78.
- Gömlek, E. (2018). *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi (Avşar) Kampüsünde Coleoptera Faunası Üzerine Bir Çalışma*(Tez no 493817), [Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Gülmez, M., Dinar, K., & Ari, H. (2019). Mersin, Tarsus Scarabaeinae, Dynastinae (Coleoptera, Scarabaeidae) Faunası Üzerine Bir Çalışma. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (43), 35-42.
- Gümüş, A. & Avcı, M. (2015). Isparta ilinde kavak zararlısı böcekler ve avcıları. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 16(2), 111-129.
- Karaca, İ., Karsavuran, Y., Avcı, M., Demirözer, O., Aslan, B., Sökeli, E., & Bulut, H. S. (2006). Isparta ilinde Coleoptera takımına ait türler üzerinde faunistik çalışmalar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 180-184.
- Kaya, M. & Kovancı, B. (2004). Bursa'da ahududu alanlarında saptanan Coleoptera türleri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi)*, 19(3), 1-7.
- Kırgız, T. (1982). *Adana İli ve Çevresinin Dışkı Böcekleri (Coleoptera: Scarabaeidae) Faunası Üzerinde Taksonomik Araştırmalar*, [Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Temel Bilimler Fakültesi].
- Koçak, A. Ö. & Kemal, M. (2010). List of the species of some pterygot orders recorded in the Province Van (East Turkey) and a description of a new species in the family Cicadidae (Insecta). *Priamus*, 12(5), 130-149.
- Küçükaykay, E., Şenyüz, Y., Şirin, Ü., Çalışkan, H., & Destire, C. (2013). New Contributions to Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera) Fauna of the Eskişehir Province. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-C Yaşam Bilimleri Ve Biyoteknoloji*, 3(1), 23-29.
- Lapiana, F. & Sparacio, I. (2006). I Coleotteri Lamellicorni Delle Madonie (Sicilia) (Insecta Coleoptera Lucanoidea et Scarabaeoidea). *Naturalista Siciliano*, S. IV, 30(2), 227-292.
- Laz, B. & Avcın, S. S. (2017). Kahramanmaraş Andırın İlçesi Cetoniidae Familyası Üzerine Faunistik Araştırmalar. *Turkish Journal of Forest Science*, 1(1), 25-32.
- Lodos, N., Önder, F., Pehlivan, E., & Atalay, R. (1978). *Ege Ve Marmara Bölgesinin Zararlı Böcek Faunasının Tespiti Üzerinde Çalışmalar*. Gıda-Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Zirai Mücadele Karantina Genel Müdürlüğü, Ankara, 301 pp.
- Lodos, N. (1989). *Türkiye Entomolojisi VI. (Genel Uygulamalı ve Faunistik)*. Ege Üniversitesi Ziraat

- Fakültesi Ofset Atölyesi, İzmir, 300 pp.
- Lodos, N. (1995). *Türkiye Entomolojisi IV: Genel, Uygulamalı Ve Faunistik*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:493, İzmir, 250 pp.
- Lodos, N., Önder, F., Pehlivan, E., Atalay, R., Erkin, E., Karsavuran, Y., Tezcan, S., & Aksoy, S. (1999). *Faunistic Studies on Scarabaeoidea (Coleoptera) of Western Black Sea, Central Anatolia and Mediterranean Regions of Turkey*. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 64 pp.
- Löbl, I. & Smetana, A. (2006). *Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Volume 3: Scarabaeoidea-Scirtoidea-Dascilloidea-Buprestoidea-Byrrhoidea*. Apollo Books. 690 pp.
- Löbl, I. & Löbl, D. (2016). *Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Volume 3. Scarabaeoidea, Scirtoidea, Dascilloidea, Buprestoidea, Byrrhoidea*. Revised and updated edition. – Brill; Leiden, Boston, 983 pp.
- Ministry of Agriculture and Forestry. (2020, July 17). *Korunan Alanlar*. Retrieved from <https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Belgeler/Korunan%20Alanlar%20Listesi/2TAB%C4%B0AT%20PARKLARI.pdf>.
- Özgen, İ., Şen, S., & Anlaş, S. (2012). Diyarbakır İli Eğil İlçesi Mera-Meşe Ekosisteminde Üç Farklı Örnekleme Yönteminde Insecta Biyoçeşitliliği. *21. Ulusal Biyoloji Kongresi*, 03–07 Eylül 2012, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye <http://www.ubk2012.ege.edu.tr>
- Özgen, İ., Şenyüz, Y., & Temizer, A. (2014). Güneydoğu ve Doğu Anadolu Bölgesi Scarabaeoidea (Coleoptera) Faunasına Katkılar. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(1), 20-29.
- Özkan, Ç. Ö., Kalınkütük, H., Kalınkütük, K., Abdurrahmanoğulları, A., Özkan, Ö., & Özkan, A. (2020). Yavşan Yaylası Tabiat Parkının Tanıtımı. *Black Sea Journal of Engineering and Science*, 3(1), 5-7.
- Öztürk, Ö. & Kalkar, Ö. (2011). Kahramanmaraş Menzelet Baraj Gölü Çevresindeki Coleoptera Faunası Üzerine Ön Bir Araştırma. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 14(2), 22-27.
- Pehlivan, E. (1988). Türkiye Scarabaeidae (Coleoptera) Familyası Üzerinde Taksonomik Çalışmalar I. Scarabaeus L , Gymnopleurus III., Sisyphus Latr. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 12(4), 221-230.
- Pehlivan, E. (1989). Türkiye Scarabaeidae (Coleoptera) Familyası Üzerinde Taksonomik Çalışmalar. II. Onthophagus Latr. *Turkish Journal of Entomology*, 13 (1), 25-42.
- Pivotti, I., Agoglitta, R., Zunino, M., Piattella, E., Dellacasa, M., Corallini, C., & Mifsud, D. (2011). The Scarabaeoidea of the Maltese Islands (Central Mediterranean) (Coleoptera). *Bulletin of the Entomological Society of Malta*, 4, 85-124.
- Polat, A. (2016). *Erzurum ili Scarabaeoidea (Coleoptera) türleri üzerinde faunistik ve sistematik çalışmalar(Tez no 434821)*, [Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Ana Bilim Dah]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Polat, A., Yıldırım, E., & Uliana, M. (2017). A contribution to the knowledge of the Glaphyridae and Cetoniinae (Scarabaeidae) (Coleoptera: Scarabaeoidea) fauna of Turkey. *Linzer Biologische Beiträge*, 49(2), 1505-1522.
- Polat, A., Yıldırım, E., & Uliana, M. (2018). A contribution to the knowledge of the Dynastinae, Rutelinae and Melolonthinae fauna of Turkey (Coleoptera: Scarabaeidae). *Entomofauna*, 39(2), 597-614.
- Ratcliffe, B.C. (2002). A checklist of the Scarabaeoidea (Coleoptera) of Panama. *Zootaxa*, 32(1), 1-48.
- Ratcliffe, B.C. & Paulsen, M.J. (2008). *The Scarabaeoid Beetles of Nebraska*. Bulletin of the University Nebraska State Museum, Volume 22, 570 pp.
- Rey, A. (1999). Note su alcuni Scarabeoidei floricoli di Grecia e Turchia con descrizione di una nuova specie di Melolontha (Coleoptera, Scarabaeoidea). *Fragmenta entomologica*, Roma, 31(1), 89-116.
- Rezaei, S. (2015). *Ankara İli Melolonthinae ve Rutelinae (Coleoptera: Scarabaeidae) Altfamilyaları Üzerinde Sistematik Çalışmalar(Tez no 392753)*, [Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dah]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Rozner, I. & Rozner, G. (2009). Additional data to the Lamellicornia fauna of Turkey (Coleoptera: Lamellicornia). *Natura Somogyiensis*, 15, 69-100.
- Sabatinelli, G. (1977). Note su alcuni Lucanidae e Scarabaeoidea floricoli di Turchia, con descrizione di due nuove specie (Coleoptera). *Fragmenta entomologica*, 13, 71-96.
- Sert, O. & Özdemir, S. (2019). A Study on the Insect Fauna in Some Provinces of Central, Eastern and Southeastern Anatolian Regions of Turkey. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 47(1), 33-49.
- Shokhin, I. V. (2019). The fauna of lamellicorn beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea) of Azerbaijan. *Caucasian Entomological Bulletin*, 15(1), 61–106.
- Smith, A. B. (2006). A review of the family-group names for the superfamily Scarabaeoidea (Coleoptera) with corrections to nomenclature and a current classification. *The Coleopterists Bulletin*, 60(mo5), 144-204.
- Sullivan, G. T., Sullivan, S., Lumaret, J. P., Baxter, G., Zalucki, M., & Zeybekoğlu, Ü. (2016). Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) utilizing water buffalo dung on the Black Sea coast of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 40(1), 80-86.

- Sürgüt, H., Tüven, A., Varlı, S.V., Polat, A., Tezcan, S.(2014). An evaluation on the Pitfall trap collected Scarabaeoidea (Coleoptera) species in Western Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 9(2), 812-818.
- Şahiner, Ö. (2013). *Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi Aphodiinae ve Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) Altfamilyaları Üzerine Sistematik Çalışmalar (Tez no 334751)*, [Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Şenyüz, Y. & Şahin, Y. (2009). Faunistic studies on Cetoniinae, Dynastinae, Melolonthinae, Rutelinae (Coleoptera: Scarabaeidae) Geotrupinae (Geotrupidae) of Kütahya province, Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 4(2), 536-541.
- Şenyüz, Y. & Şahin, Y. (2013). Faunistic, ecological and zoogeographical evaluations on the dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) of Kütahya province (Turkey). *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 37(4), 433-448.
- Şenyüz, Y., Dindar, K., & Altunsoy, F. (2013). Contributions to the knowledge of Scarabaeidae (Coleoptera) fauna of the Middle and East Black Sea Region of Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 8(2), 772-781.
- Şenyüz, Y., Dindar, K., Çalışkan, H., & Şirin, D. U. (2016). Chorological Categories and Faunistic Records of Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea: Scarabaeidae) from the Sundiken Mountains, Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, 48(1), 137-150.
- Tezcan, S. & Pehlivan, E. (2001). Evaluation of the Lucanoidea and Scarabaeoidea (Coleoptera) fauna of ecological cherry orchards in İzmir and Manisa provinces. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 38(2-3), 31-37.
- Uliana, M. & Sabatinelli, G. (2017). *Araboplia lorisi* new genus and species of Rutelinae from Saudi Arabia (Coleoptera, Scarabaeidae), with comments on the subtribe Popilliina. *European Journal of Taxonomy*, (373), 1-12.
- Ulusoy, M. R., Vatansever, G., & Uygun, N. (1999). Ulukışla (Niğde) Ve Pozantı (Adana) Yöresi Kiraz Ağaçlarında Zararlı Olan Türler, Doğal Düşmanları Ve Önemlileri Üzerindeki Gözlemler. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 23(2), 111-120.
- Uslu, Ö. S. & Kaya, A. R. (2015). Kırsal Turizm Alanında Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu (TKDK) Destekleri: Kahramanmaraş Örneği. *International Journal of Social and Economic Sciences*, 5(2), 17-24.
- Varol, O. (1997). *Çimen Dağı (Kahramanmaraş) Vegetasyonu (Tez no 65621)*, [Doktora Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Vigna Taglianti, A., Audisio, P. A., Biondi, M., Bologna, M. A., Carpaneto, G. M., De Biase, A., & Zapparoli, M. (1999). A proposal for a chorotype classification of the Near East fauna, in the framework of the Western Palearctic region. *Biogeographia—The Journal of Integrative Biogeography*, 20(1), 31-59.
- Vondráček, D. (2010). *Biogeografie a taxonomie evropských zlatohlávkovitých brouků (Coleoptera: Scarabaeoidea: Cetoniinae)*. Univerzita Karlova, Faculty of Science, Czech Republic, Bachelor Thesis, 41 pp.





## New Data on the Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) Fauna of Bozdağ at Eskişehir in Central Anatolia Region

Mehmet GÜLMEZ<sup>1</sup>, Yakup ŞENYÜZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sivas Cumhuriyet University, Institute of Science, Molecular Biology and Genetics, SİVAS, <sup>2</sup>Kütahya Dumlupınar University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, KÜTAHYA

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-6547-7190>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-9769-9406>

✉: [mgulmez26@gmail.com](mailto:mgulmez26@gmail.com)

### ABSTRACT

Insects are generally dominant in terrestrial ecosystems and play a role in ecologically important functions and ecological processes. Dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) are essential for the first decomposition, especially in forest/pasture ecosystems. This study aimed to determine the faunistic data of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) depending on three different altitudes in the Bozdağlar region of Eskişehir. In this study, the pitfall trap method collected totally of 40 species (34 species and 6 subspecies) belonging to 10 genera belonging to the Scarabaeinae subfamily of the Scarabaeidae family. *Cheironitis haroldi* Ballion, 1871, *Caccobius mundus* Ménériés, 1839, *Onthophagus (A.) falzonii* Goidanich, 1926, *Onthophagus (P.) carpanetoi* Pittino, 1982, *Onthophagus (P.) similis* Scriba, 1790, *Onthophagus (P.) t. truchmenus* Kolenati, 1846 and *Ateuchetus armeniacus* Ménériés, 1832, are the new data for Eskişehir province.

### Entomology

### Research Article

### Article History

Received : 31.05.2023

Accepted : 28.10.2023

### Keywords

Dung beetles

Eskişehir

Scarabaeiane

Scarabaeidae

Türkiye

## İç Anadolu Bölgesi Eskişehir İli Bozdağ'ın Scarabaeinae (Coleoptera:Scarabaeidae) Faunasına Üzerine Yeni Veriler

### ÖZET

Böcekler genellikle, karasal ekosistemlerde baskınlardır. Ekolojik olarak, önemli fonksiyonlarda ve önemli ekolojik süreçlerde rol oynarlar. Bokböcekleri, (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) özellikle orman/mera ekosistemlerindeki ilk ayrıştırmanın önemli gruplarından. Bu çalışmada Eskişehir'in Bozdağlar bölgesinde 3 farklı yüksekliğe bağlı, Scarabaeinae (Scarabaeidae: Coleoptera) altfamilyasının faunistik verilerinin tespit edilmesini amaçlandı. Bu çalışmada, düşürme tuzak yöntemi ile toplanan Scarabaeidae familyasının Scarabaeinae altfamilyasına ait 10 cinse ait toplam 40 tür (34 tür ve 6 alttür) verilmiştir. *Cheironitis haroldi* Ballion, 1871, *Caccobius mundus* Ménériés, 1839, *Onthophagus (A.) falzonii* Goidanich, 1926, *Onthophagus (P.) carpanetoi* Pittino, 1982, *Onthophagus (P.) similis* Scriba, 1790, *Onthophagus (P.) t. truchmenus* Kolenati, 1846 ve *Ateuchetus armeniacus* Ménériés, 1832, Eskişehir ili için yeni kayıttır.

### Entomoloji

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 31.05.2023

Kabul Tarihi : 28.10.2023

### Anahtar Kelimeler

Bok böceği

Eskişehir

Scarabaeiane

Scarabaeidae

Türkiye

**To Cite :** Gülmez M & Şenyüz Y (2024) New Data on the Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) Fauna of Bozdağ at Eskişehir in Central Anatolia Region. *KSU J. Agric Nat* 27(2), 407-416. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1308139>

**Atıf Şekli:** Gülmez M & Şenyüz Y (2024) İç Anadolu Bölgesi Eskişehir İli Bozdağ'ın Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) Faunasına Üzerine Yeni Veriler. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (2), 407-416. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1308139>

### INTRODUCTION

Coleoptera (Arthropoda) is the most significant order of insects, with approximately 326.000 figspecies (Küçükaykay et al., 2013; Şenyüz et al., 2015; Bánki et al., 2023). Scarabaeinae subfamily (Coleoptera: Scarabaeidae) contains 817 species of 46 genera in 10

tribes in the Palearctic Region (Löbl & Löbl, 2016; Gülmez et al., 2019; Zeybek & Çıkman, 2019). In Turkey, there are also 92 species belonging to 14 genera in 7 tribes (Löbl & Löbl, 2016). Scarabaeidae is known as dung beetles. The dung beetles, a species-rich indicator group specialized in consuming mammal

feces, are unique elements of many terrestrial ecosystems worldwide and play an important role in ecological functions (Enari et al., 2013; Gülmez, 2014; Gómez & Kolokotronis, 2017; Cuesta & Lobo, 2019). Because of this reason, dung beetles (Scarabaeidae) provide beneficial ecological functions and ecosystem services in natural, subtropical, and tropical latitudes and elevations, especially also in the forest, by increasing rates of dung decomposition and nutrient cycling, dispersing seeds, and reducing levels of pests of humans and animals (Nichols et al. 2008; Sullivan et al., 2017; Latha & Sabu, 2018). Lobo et al., (2007) reported that data on the distribution of dung beetles with elevation in the Palaearctic are only for some western European regions (France and the Iberian Peninsula), but there is no safety data from the eastern European mountains. Therefore, this study aims to determine the species composition of each locality and species with particular altitudes and distribution preferences of species. Moreover, Şenyüz et al. (2019), similar research supported our study.

## MATERIAL and METHOD

This study was carried out from October 2012 to

September 2013 in Bozdağ Mountains in Eskişehir Province. The specimens were collected at 3 different localities (Table 1, Figure 1) at altitudes varying between 207 to 1133 m. from October 2012 to September 2013, baited pitfall traps (Veiga et al., 1989) were placed at each locality, and fresh cattle dung ( $\approx 1000$  g) was used as forage for each trap. All the pitfall traps remained in the field for 72 h. The collected samples were brought to the laboratory with jars with ethylalcohol. In the laboratory, the dung beetle specimens were identified by using Zeiss Stemi 2000 stereomicroscope following the character of Balthasar (1963a,b, 1964) and Pehlivan (1988, 1989). Distributional data for Turkey were taken from Tuatay et al. (1967, 1972), Carpaneto (1973), Lodos (1978), Lodos et al. (1999), Carpaneto et al., (2000), Pittino (1982, 2004), Pehlivan (1988, 1989), Tezcan and Pehlivan (2001), Şenyüz (2004), Bellmann (2007), Rozner & Rozner (2009), Anlaş et al., (2011a, b), Küçükaykay et al., (2013), Şenyüz & Şahin (2013), Özgen et al., (2014), Şenyüz et al., (2013a,b, 2015, 2016, 2017, 2019), Löbl & Löbl, (2016), Polat et al., (2017); Gülmez et al., (2019) and Ersoy & Hasbenli, (2022).

Table 1. Locations data of study area

### Çizelge 1. Çalışma alanının lokalite bilgileri

Location	Latitude	Longitude	Elevation (m)
Karaoğlan-Mihalgazi	40° 01'.334"	30° 32'.019"	207 m.
Kalekaya Top- Erenler Site	39° 59'.569"	30° 31'.186"	612 m.
Sulukaraağaç Site	39° 56'.159"	30° 29'.590"	1133 m.



Figure1. Location data and map of study area

### Şekil 1. Çalışma alanının konum bilgileri

## RESULTS

**Family** Scarabaeidae Latreille, 1802

**Subfamily** Scarabaeinae Latreille, 1802

**Genus** *Copris* Geoffroy, 1762

***Copris hispanus cavolinii*** V. Petagna, 1792

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 17-20.IV.2013, 1♀.

**Distribution in Türkiye:** It is spread in all geographical regions, except Eastern Anatolia Region (Tuatay et al., 1967, 1972; Lodos, 1978; Lodos et al., 1999; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009, Şenyüz et al., 2016; Ersoy & Hasbenli, 2022).

***Copris lunaris*** Linnaeus, 1758

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♀♀; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂.

**Distribution in Türkiye:** It is spread in all geographical regions, except Southeastern Anatolia Region (Tuatay et al., 1967, 1972; Lodos et al., 1999; Şenyüz, 2004; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş et al., 2011a,b; Şenyüz et al., 2013a, 2015, 2016; Şenyüz & Şahin, 2013; Ersoy & Hasbenli, 2022).

**Genus *Gymnopleurus*** Illiger, 1803

***Gymnopleurus geoffroyi*** Fuessly, 1775

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 60 exx.; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 1435 exx.; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 51 exx.; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 9 exx.; 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 1 ex.; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 18 exx.; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 2470 exx.; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 275 exx.; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 19 exx.; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 4 exx.; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 86 exx.; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 19 exx.; 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 14 exx.

**Distribution in Türkiye:** It is spread in all geographical regions (Tuatay et al., 1967, 1972; Pehlivan, 1988; Lodos et al., 1999; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş et al., 2011b; Şenyüz et al., 2013a, b, 2015, 2016, Gülmez et al., 2019; Ersoy & Hasbenli, 2022).

**Genus *Euoniticellus*** A. Janssens, 1953

***Euoniticellus fulvus*** Goeze, 1777

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 5♂♂, 2♀♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂, 3♀♀; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♀♀; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 3♂♂, 2♀♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂, 1♀; 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 7♀♀; 13-16.IX.2013, Gülmez M. leg. and det. 1♂; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 4♂♂, 2♀♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 11♂♂, 12♀♀; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 25♂♂, 22♀♀; 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 16♂♂, 1♀.

**Distribution in Türkiye:** It is widespread in all geographical regions (Tuatay et al., 1967; Lodos et al., 1999; Şenyüz, 2004; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş et al., 2011b; Şenyüz et al., 2013a,b; Şenyüz & Şahin, 2013; Özgen et al., 2014; Şenyüz et

al., 2015; Gülmez et al., 2019; Ersoy & Hasbenli, 2022).

**Genus *Cheironitis*** van Lansberge, 1875b

***Cheironitis haroldi*** Ballion, 1871

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 1 ex.; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 1 ex.; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 1 ex.

**Distribution in Türkiye:** It is widespread in all geographical regions except Marmara and Aegean (Lodos et al., 1999; Rozner & Rozner, 2009).

***Cheironitis ungaricus*** Herbst, 1789

**Material examined:** Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 1 ex.

**Distribution in Türkiye:** It is distributed in the Aegean and Central Anatolia Region (Anlaş et al., 2011b; Şenyüz et al., 2015).

**Genus *Caccobius*** C.G. Thomson, 1859: 80

***Caccobius histeroides*** Ménétré, 1832

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 27 exx.; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 6 exx.; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 4 exx.; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 103 exx.; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 6 exx.; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 6 exx.; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 3 exx.; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 11 exx.; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 8 exx.; 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 24 exx.

**Distribution in Türkiye:** It is spread in all geographical regions (Tuatay et al., 1967; Lodos et al., 1999; Tezcan and Pehlivan, 2001; Şenyüz, 2004; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş et al., 2011a, 2011b; Şenyüz & Şahin, 2013; Şenyüz et al., 2013a, 2015; Ersoy & Hasbenli, 2022).

***Caccobius mundus*** Ménétré, 1839

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 1 ex.; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 3 exx.

**Distribution in Türkiye:** It is distributed only in the Mediterranean Region (Bellmann, 2007).

***Caccobius schreberi*** Linnaeus, 1767:

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 1 ex.; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 1 ex.; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 1 ex.; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 1 ex.; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 4 exx.; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 5 exx.; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 5 exx.; 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 18 exx.; 13-16.IX.2013, Gülmez M. leg. and det., 1 ex.

**Distribution in Türkiye:** It is spread in all geographical regions (Tuatay et al., 1967, 1972; Lodos, 1978; Lodos

et al., 1999; Şenyüz, 2004; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş et al., 2011b; Şenyüz & Şahin, 2013; Şenyüz et al., 2013a, b, 2015, 2016; Ersoy & Hasbenli, 2022).

**Genus** *Euonthophagus* Balthasar, 1959b

*Euonthophagus amyntas alces* Fabricius, 1792

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 17-20.IV.2013, Gülmez FFM. leg. and det., 4♂♂, 5♀♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 12♂♂, 4♀♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 3 ♂♂; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂; 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂, 1♀; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 8♂♂, 17♀♀; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♀; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂, 13♀♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂, 7♀♀.

**Distribution in Türkiye:** It is spread in all geographical regions (Tuatay, 1967, 1972; Lodos, 1978; Lodos et al., 1999; Bellmann, 2007; Anlaş et al., 2011b; Rozner & Rozner, 2009; Şenyüz et al., 2013b, 2015, 2016, 2017; Ersoy & Hasbenli, 2022).

*Euonthophagus atramentarius* Ménétrés, 1832

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 16-19.III.2013, Gülmez M. leg. and det., 4♂♂, 3♀♀, 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 5♀♀, 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 6♂♂, 2♀♀; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 4♂♂, 7♀♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂, 1♀; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 11♂♂, 6♀♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂, 1♀; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂.

**Distribution in Türkiye:** It is distributed in all geographical regions except Southeastern Anatolia Region (Tuatay et al., 1967; Pehlivan, 1989; Lodos et al., 1999; Şenyüz, 2004; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş et al., 2011b; Şenyüz & Şahin, 2013; Şenyüz et al., 2015, 2017; Gülmez et al., 2019; Ersoy & Hasbenli, 2022).

*Euonthophagus gibbosus* Scriba, 1790

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 3♂♂, 3♀♀; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 3♂♂, 1♀; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂, 3♀♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 5♂♂, 2♀♀.

**Distribution in Türkiye:** It is spread in all geographical regions (Tuatay et al., 1967, 1972; Pehlivan, 1989; Lodos et al., 1999; Şenyüz, 2004; Rozner & Rozner, 2009; Şenyüz et al., 2013a, 2015, 2016; Şenyüz & Şahin, 2013; Ersoy & Hasbenli, 2022).

**Genus** *Onthophagus* Latreille, 1802a

*Onthophagus (Amphionthophagus) falzonii* Goidanich, 1926

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♀♀; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂, 1♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂, 2♀♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂, 1♀; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂, 1♀; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂, 3♀♀; 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂.

**Distribution in Türkiye:** It is distributed only in the Mediterranean Region (Lodos et al., 1999; Pehlivan, 1989; Bellmann, 2007).

*Onthophagus (Furconthophagus) furcatus* Fabricius, 1781

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 19-22.X.2012, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂, 3♀♀; 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂, 2♀♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 3♂♂, 15♀♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 56♂♂, 68♀♀; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 125♂♂, 113♀♀; 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 81♂♂, 68♀♀; 13-16.IX.2013, Gülmez M. leg. and det., 22♂♂, 18♀♀; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 19-22.X.2012, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂, 1♀; 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 11♂♂, 4♀♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 28♂♂, 21♀♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 23♂♂, 27♀♀; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 20♂♂, 28♀♀; 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 22♂♂, 13♀♀; 13-16.IX.2013, Gülmez M. leg. and det., 11♂♂, 8♀♀; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 19-22.X.2012, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 15♂♂, 9♀♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 34♂♂, 29♀♀; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 16♂♂, 16♀♀; 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 236♂♂, 204♀♀; 13-16.IX.2013, Gülmez M. leg. and det., 48♂♂, 43♀♀.

**Distribution in Türkiye:** It is spread in all geographical regions (Tuatay et al., 1967, 1972; Lodos et al., 1999; Pehlivan, 1989; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş et al., 2011a,b; Şenyüz et al., 2015, 2016, 2017; Ersoy & Hasbenli, 2022).

*Onthophagus (Onthophagus) illyricus* Scopoli, 1763

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♀; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♀; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂; 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 6♂♂, 3♀♀.

**Distribution in Türkiye:** It is spread in all geographical regions, except Marmara Region (Pehlivan, 1989; Lodos et al., 1999; Şenyüz, 2004; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş et al., 2011b; Küçükaykay et al., 2013).

*Onthophagus (Onthophagus) taurus* Schreber, 1759

**Material examined:** Sulukaraağaç Site, 1133 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂; 17-20.VI.2013,

Gülmez M. leg. and det., 1♂,1♀; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂; 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 17♂♂,20♀♀; 13-16.IX.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂,1♀.

**Distribution in Türkiye:** It is spread in all geographical regions (Tuatay et al., 1967, 1972; Lodos, 1978; Pehlivan, 1989; Lodos et al., 1999; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş et al., 2011a,b; Şenyüz et al., 2013a; Şenyüz & Şahin, 2013; Özgen et al., 2014; Şenyüz et al., 2015; Ersoy & Hasbenli, 2022).

***Onthophagus (Palaeonthophagus) aleppensis*** L. Redtenbacher, 1843

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 16-19.III.2013, Gülmez M. leg. and det., 4♀♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂,1♀; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 3♂♂,4♀♀.

**Distribution in Türkiye:** It is distributed in the Aegean, Central Anatolia, and Southeastern Anatolia (Pehlivan, 1989; Dindar, 2013; Şenyüz et al., 2016, 2017).

***Onthophagus (Palaeonthophagus) carpanetoi*** Pittino, 1982

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 4♀♀; 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂,2♀♀.

**Distribution in Türkiye:** It is spread in all geographical regions (Pittino, 1982; Keith, 1998; Pittino, 2004; Bellmann, 2007; Ziani & Sama, 2013).

***Onthophagus (Palaeonthophagus) coenobita*** Herbst, 1783

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂,3♀♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 9♂♂,12♀♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 4♂♂,2♀♀; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 11♂♂,13♀♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 31♂♂,14♀♀; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 9♂♂,5♀♀; 13-16.IX.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂,1♀.

**Distribution in Türkiye:** It is widespread in all geographical regions, except Aegean, Mediterranean, and Southeastern Anatolia Region (Rozner & Rozner, 2009; Şenyüz et al., 2013a, b, 2015; Ersoy & Hasbenli, 2022).

***Onthophagus (Palaeonthophagus) fissicornis*** Steven, 1809

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 16-19.III.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂; 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂,4♀♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 6♂♂,6♀♀; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 7♂♂,13♀♀; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 3♂♂,6♀♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 6♀♀.

**Distribution in Türkiye:** It is spread in all geographical regions (Tuatay et al., 1967, 1972; Lodos, 1978; Pehlivan, 1989; Lodos et al., 1999; Şenyüz, 2004; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009; Şenyüz & Şahin, 2013; Şenyüz et al., 2013a, b, 2015, 2016; Ersoy & Hasbenli, 2022).

***Onthophagus (Palaeonthophagus) fracticornis*** Preyssl, 1790

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 19-22.X.2012, Gülmez M. leg. and det., 1♂,2♀♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 7♂♂,2♀♀; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 16-19.III.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂,1♀; 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 8♂♂,4♀♀; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 19-22.X.2012, Gülmez M. leg. and det., 5♂♂,6♀♀; 16-19.III.2013, Gülmez M. leg. and det., 15♂♂,11♀♀; 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 4♂♂,2♀♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 4♂♂,2♀♀.

**Distribution in Türkiye:** It is distributed in all geographical regions (Tuatay et al., 1967, 1972; Pehlivan, 1989; Lodos et al., 1999; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş et al., 2011b; Şenyüz & Şahin, 2013; Şenyüz et al., 2013a, 2015, 2016; Ersoy & Hasbenli, 2022).

***Onthophagus (Palaeonthophagus) lemur*** Fabricius, 1781

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 16-19.III.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂,3♀♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♀♀; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 16-19.III.2013, Gülmez M. leg. and det., 3♂♂,1♀; 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂, 7♀♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 38♂♂,52♀♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 3♂♂, 6♀♀; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♀.

**Distribution in Türkiye:** It is distributed in all geographical regions except Marmara Region (Pehlivan, 1989; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009; Dindar, 2013; Şenyüz et al., 2015; Ersoy & Hasbenli, 2022)

***Onthophagus (Palaeonthophagus) lucidus*** Illiger, 1800

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 22-25.I.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂,2♀♀; 15-18.II.2013, Gülmez M. leg. and det., 6♂♂; 16-19.III.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂,2♀♀; 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 8♂♂, 4♀♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂,4♀♀; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂, 1♀.

**Distribution in Türkiye:** It is spread in all geographical regions (Tuatay et al., 1967, 1972; Pehlivan, 1989; Lodos et al., 1999; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009; Şenyüz et al., 2013b, 2015, 2016, 2017).

***Onthophagus (Palaeonthophagus) marginalis*** Gebler, 1817

**Material examined:** Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 15♂♂,19♀♀;

Sulukaraağaç Site, 1133 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂.

**Distribution in Türkiye:** It is distributed in all geographical regions (Tuatay et al., 1967, 1972; Pehlivan, 1989; Lodos et al., 1999; Şenyüz, 2004; Rozner & Rozner, 2009; Şenyüz & Şahin, 2013; Şenyüz et al., 2016; Ersoy & Hasbenli, 2022)

***Onthophagus (Palaeonthophagus) medius*** Kugelann, 1792

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 16-19.III.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♀.

**Distribution in Türkiye:** It is spread in all geographical regions, except the Mediterranean, Eastern Anatolia, and Southeastern Anatolia Region (Anlaş et al., 2011b; Şenyüz et al., 2013a, b, 2016).

***Onthophagus (Palaeonthophagus) muelleri*** P. Novak, 1921

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 16-19.III.2013, Gülmez M. leg. and det., 22♂♂, 29♀♀; 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 9♂♂, 7♀♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 16♂♂, 7♀♀; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 16-19.III.2013, Gülmez M. leg. and det., 3♂♂, 2♀♀; 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂, 2♀♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 5♂♂, 4♀♀; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 4♂♂, 2♀♀; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 4♂♂.

**Distribution in Türkiye:** It is distributed in the Central Anatolia and Mediterranean Region (Pittino, 1982; Pehlivan, 1989; Şenyüz et al., 2015)

***Onthophagus (Palaeonthophagus) opacicollis*** Reitter, 1892

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 19-22.X.2012, Gülmez M. leg. and det., 1♂, 2♀♀; 22-25.I.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂, 1♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 3♂♂, 5♀♀; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 19-22.X.2012, Gülmez M. leg. and det., 1♂; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂, 1♀; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 19-22.X.2012, Gülmez M. leg. and det., 1♀; 22-25.I.2013, Gülmez M. leg. and det., 3♂♂; 16-19.III.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂, 2♀♀.

**Distribution in Türkiye:** It is spread in all geographical regions, except Eastern Anatolia Region (Pehlivan, 1989; Lodos et al., 1999; Şenyüz, 2004; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş et al., 2011b; Şenyüz & Şahin, 2013; Şenyüz et al., 2013a, 2015, 2016).

***Onthophagus (Palaeonthophagus) osellai*** Pittino, 1982

**Material examined:** Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂.

**Distribution in Türkiye:** It is distributed in all geographical regions (Pittino, 1982, 2004; Rozner & Rozner, 2009; Şenyüz et al., 2013b, 2015, 2016).

***Onthophagus (Palaeonthophagus) ovatus*** Linnaeus,

1767

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 19-22.X.2012, Gülmez M. leg. and det., 3♂♂, 3♀♀; 16-19.III.2013, Gülmez M. leg. and det., 3♂♂; 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 14♂♂, 1♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 4♂♂, 7♀♀; 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 4♂♂, 5♀♀; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 16-19.III.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂, 2♂♂; 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 17♂♂, 8♀♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 19♂♂, 25♀♀; 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 3♀♀; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 19-22.X.2012, Gülmez M. leg. and det., 6♂♂, 4♀♀; 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 5♂♂, 2♀♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 27♂♂, 17♀♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 117♂♂, 97♀♀; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 73♂♂, 53♀♀; 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 186♂♂, 168♀♀; 13-16.IX.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂, 1♀.

**Distribution in Türkiye:** It is spread in all geographical regions except Eastern Anatolia Region (Pehlivan, 1989; Lodos et al., 1999; Şenyüz, 2004; Anlaş et al., 2011a; Şenyüz & Şahin, 2013; Şenyüz et al., 2013a, b, 2015).

***Onthophagus (Palaeonthophagus) ruficapillus*** Brullé, 1832

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 16-19.III.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♀♀; 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 3♂♂, 2♀♀; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♀; 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 15♂♂, 39♀♀; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂, 4♀♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 3♂♂, 2♀♀; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 70♂♂, 65♀♀; 17-20.VIII.2013, Gülmez M. leg. and det., 16♂♂, 38♀♀.

**Distribution in Türkiye:** It is widespread in all geographical regions (Pehlivan, 1989; Lodos et al., 1999; Şenyüz, 2004; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş et al., 2011b, Şenyüz et al., 2015, 2017; Gülmez et al., 2019; Ersoy & Hasbenli, 2022).

***Onthophagus (Palaeonthophagus) sericatus*** Reitter, 1892

**Material examined:** Sulukaraağaç Site, 1133 m., 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂.

**Distribution in Türkiye:** It is distributed in all geographical regions, except the Aegean and Eastern Anatolia Region (Pehlivan, 1989; Lodos et al., 1999; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009, Şenyüz et al., 2017).

***Onthophagus (Palaeonthophagus) similis*** Scriba, 1790

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 19-22.X.2012, Gülmez M. leg. and det., 1♂; 15-18.II.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 19-22.X.2012, Gülmez M. leg. and det., 1♀;

Sulukaraağaç Site, 1133 m., 19-22.X.2012, Gülmez M. leg. and det., 8♂♂,9♀♀; 15-18.II.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♀; 16-19.III.2013, Gülmez M. leg. and det., 5♂♂,15♀♀; 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 5♂♂,1♀.

**Distribution in Türkiye:** It is distributed in Marmara, Aegean, Mediterranean, and Southeastern Anatolia Region (Pehlivan,1989; Rozner & Rozner, 2009; Dindar, 2013).

***Onthophagus (Palaeonthophagus) suturellus*** Brullé, 1832

**Material examined:** Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 16-19.III.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂.

**Distribution in Türkiye:** It is spread in all geographical regions, except Marmara, Black Sea, and Southeastern Anatolia Region (Tuatay et al., 1967, 1972; Pehlivan, 1989; Lodos et al., 1999; Rozner & Rozner, 2009, Şenyüz et al., 2016).

***Onthophagus (Palaeonthophagus) truchmenus truchmenus*** Kolenati, 1846

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♀; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♀.

**Distribution in Türkiye:** It is widespread in all geographical regions, except Marmara, the Black Sea, and Southeastern Anatolia Region (Tuatay et al., 1967; Lodos et al., 1999; Şenyüz, 2004).

***Onthophagus (Palaeonthophagus) vacca*** Linnaeus, 1767

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♀.

**Distribution in Türkiye:** It is distributed in all geographical regions except Southeastern Anatolia Region (Tuatay et al., 1967, 1972; Pehlivan, 1989; Lodos et al., 1999; Şenyüz 2004; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş et al., 2011b; Şenyüz & Şahin, 2013; Şenyüz et al., 2013a, b, 2015; Ersoy & Hasbenli, 2022).

***Onthophagus (Palaeonthophagus) verticicornis*** Laicharting, 1781

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂,2♀♀; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♀; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♀; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 23♂♂,29♀♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 3♂♂,1♀; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 2♂♂,3♀♀; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 3♂♂,3♀♀.

**Distribution in Türkiye:** It is widespread in Marmara, Central Anatolia, and Aegean Region (Rozner &

Rozner, 2009; Şenyüz et al., 2013b, 2016; Ersoy & Hasbenli, 2022).

**Genus *Ateuchetus*** Bedel, 1892

***Ateuchetus armeniacus*** Ménériés, 1832:

**Material examined:** Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 1♂.

**Distribution in Türkiye:** It is distributed in all geographical regions, except the Black Sea, Eastern Anatolia, and Southeastern Anatolia Region (Pehlivan, 1988; Anlaş et al., 2011b; Dindar, 2013; Ersoy & Hasbenli, 2022).

**Genus *Scarabaeus*** Linnaeus, 1758

***Scarabaeus pius*** Illiger, 1803

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 3 exx.; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 60 exx.; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 8 exx.; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 2 exx.; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 2 exx.; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 6 exx.; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 1 ex.; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 4 exx.; 13-16.IX.2013, Gülmez M. leg. and det., 1 ex.; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 1 ex.; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 6 exx.; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 4 exx.

**Distribution in Türkiye:** It is spread in all geographical regions (Tuatay et al., 1967, 1972; Pehlivan, 1988; Lodos et al., 1999; Rozner & Rozner, 2009; Özgen et al., 2014, Şenyüz et al., 2016; Ersoy & Hasbenli, 2022).

***Scarabaeus typhon*** Fischer von Waldheim, 1823

**Material examined:**Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 1 ex.; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 50 exx.; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 5 exx.; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 5 exx.; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 1 ex.; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 4 exx.

**Distribution in Türkiye:** It is distributed in all geographical regions, except the Black Sea, Mediterranean, and Southeastern Anatolia Region (Rozner & Rozner, 2009; Sürgüt et al., 2014; Şenyüz et al., 2016; Ersoy & Hasbenli, 2022).

**Tribe Sisyphini** Mulsant, 1842

**Genus *Sisyphus*** Latreille, 1806

***Sisyphus schaefferi schaefferi*** Linnaeus, 1758

**Material examined:** Karaoğlan-Mihalgazi, 207 m., 17-20.IV.2013, Gülmez M. leg. and det., 2 exx.; Kalekaya Top-Erenler Site 612 m., 19-22.X.2012, Gülmez M. leg. and det., 1 ex.; 16-19.V.2013, Gülmez M. leg. and det., 16 exx.; 17-20.VI.2013, Gülmez M. leg. and det., 9 exx.; 18-21.VII.2013, Gülmez M. leg. and det., 1 ex.; 13-16.IX.2013, Gülmez M. leg. and det., 2 exx.; Sulukaraağaç Site, 1133 m., 16-19.V.2013, Gülmez M.

leg. and det., 3 exx.

**Distribution in Türkiye:** It is spread in all geographical regions (Tuatay et al., 1967, 1972; Lodos, 1978; Lodos et al., 1999; Şenyüz, 2004; Bellmann, 2007; Rozner & Rozner, 2009; Anlaş et al. 2011a, b; Şenyüz & Şahin, 2013; Şenyüz et al., 2013a, b, 2015, 2016; Ersoy & Hasbenli, 2022)

## DISCUSSION AND CONCLUSION

This study was completed at 3 different altitudes, with fieldwork carried out regularly every month for a year. Thirty-four species and six subspecies total of 40 species of 10 genera belonging to the Scarabaeinae subfamily of Scarabaeidae, were collected. Despite *Copris hispanus cavolinii* were preferred just in 207 m. elevation, *Copris lunaris* were preferred only at May in different altitudes. *Onthophagus (Palaeonthophagus) medius* 207m. and March, *Cheironitis ungaricus* 612 m. and July, *Onthophagus (Palaeonthophagus) sericatus* 1133 m. and June preferred both only altitude and only month. Moreover, 23 species and subspecies were found every three altitudes at different months. The *Onthophagus* genus has the most founding species, with 13 species in these altitudes.

*C. haroldi*, *C. mundus*, *O. (A.) falzonii*, *O. (P.) carpanetoi*, *O. (P.) similis*, *O. (P.) t. truchmenus* and *S. armeniacus* are the new data for Eskişehir province. Also, these three species, *C. mundus*, *O. (A.) falzonii*, and *O. (P.) similis*, are the new data Central Anatolia Region.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study was prepared from the master thesis of the first author, Mehmet GÜLMEZ. Thanks to Ph.D. student Kemal DİNDAR for their help. Also, thank Prof. Dr. Ferhat ALTUNSOY (Department of Biology, Anadolu University) for the field works.

## Researcher's Contribution Rate Declaration Summary

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

## Conflicts of Interest Statement

None of the authors had financial or personal relationships with other individuals or organizations that might inappropriately influence their work during submission.

## REFERENCES

Anlaş, S., Keith, D. & Tezcan, S. (2011a). Notes on the pitfall trap collected Scarabaeoidea (Coleoptera) species in Bozdağlar Mountain of western Turkey. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi* 2, 1-5.  
Anlaş, S., Keith, D. & Tezcan, S. (2011b). Notes on the seasonal dynamics of some coprophagous Scarabaeoidea (Coleoptera) species in Manisa

province, Western Anatolia. *Türkiye Entomoloji Dergisi* 35, 447-460.  
Bánki, O., Roskov, Y., Döring, M., Ower, G., Hernández Robles, D. R., Plata Corredor, C. A., Stjernegaard Jeppesen, T., Örn, A., Vandepitte, L., Hobern, D., Schalk, P., DeWalt, R. E., Ma, K., Miller, J., Orrell, T., Aalbu, R., Abbott, J., Adlard, R., Adriaenssens, E. M., et al. (2023). Catalogue of Life Checklist (Version 2023-10-16). Catalogue of Life.  
Balthasar, V. (1963a). Monographie der Scarabaeidae und Aphodiidae der palaearktischen und orientalischen region, Band 1, Verlag der Tscherhoslowakischen Akademie der Wissenschaften Prag 392 pp.  
Balthasar, V., (1963b). Monographie der Scarabaeidae und Aphodiidae der palaearktischen und orientalischen region, Band 2, Verlag der Tschechoslowaischen Akademie der Wissenschaften 628 pp.  
Balthasar, V., (1964). Monographie der Scarabaeidae und Aphodiidae der palaearktischen und orientalischen region, Band 3, Verlag der Tschechoslowaischen Akademie der Wissenschaften Prag 654 pp.  
Bellmann, A. (2007). Beitrag zur Kenntnis der Aphodiinae der Türkei (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Ent. Z. Stuttgart* 117, 132-136.  
Carpaneto, G.M. (1973). Una Nuova Specie Di Aphodius (Coleopterus) Dell'Armenia Turca. (Col. Aphodiidae). *Frag. Ent. Roma* 9, 21-33.  
Carpaneto, G.M., Piattella, E. & Pittino, R., (2000). The scarab beetles of Turkey: An updated checklist and chorotype analysis (Coleoptera, Scarabaeoidea). *Biogeographia* 21, 217-240.  
Cuesta, E. & Lobo J.M. (2019). A comparison of dung beetle assemblages (Coleoptera, Scarabaeoidea) collected 34 years apart in an Iberian mountain locality. *Journal of Insect Conservation* 23 (1), 101-110.  
Dindar, K. (2013). *Kütahya Gümüş Dağı Aphodiinae ve Scarabaeinae'lerinin (Coleoptera: Scarabaeidae) Mevsimsel ve Vertikal Dağılışı*. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Zooloji Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 106 sy.  
Enari, H., Koike, S. & Sakamaki, H. (2013). Influences of different large mammalian fauna on dung beetle diversity in beech forests. *Journal of Insect Science* 13 (54), 1-13.  
Ersoy, D.E. & Hasbenli, A. (2022). Kazan Tepeleri (Ankara-Türkiye) Scarabaeidae (Coleoptera) Faunasına Katkıları. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi* 9(1), 60-71.  
Gülmez, M. (2014). *Eskişehir Bozdağ'ında Scarabaeinae ve Aphodiinae Alt Familyalarının Fenolojik ve Vertikal Dağılımları*. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana



- Bilim Dalı, Zooloji Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya, 122 sy.
- Gülmez, M., Dindar, K. & Ari, H. (2019). A Study About Fauna of Scarabaeinae, Dynastinae (Coleoptera, Scarabaeidae) At Mersin Tarsus, *Journal of Science and Technology of DPU* 43, 35-42.
- Gómez, A. & Kolokotronis, S.O. (2017). Genetic identification of mammalian meal source in dung beetle gut contents, *Mitochondrial DNA Part A* 28 (4), 612-615.
- Küçükaykay, E.C., Şenyüz, Y., Şirin, Ü., Çalışkan, H. & Destire, C. (2013). New Contributions To Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera) Fauna Of The Eskişehir Province. *Anadolu Univ. Journal Science Technol. -C Life Sci. Biotechnology* 3, 23-30.
- Latha, T. & Sabu, K.T. (2018). Dung beetle (Coleoptera: Scarabaeinae) community structure across a forest-agriculture habitat ecotone in South Western Ghats, International Journal of Environment, *Agriculture and Biotechnology (IJEAB)* 3 (5), 1879-1890.
- Lobo, J.M., Gueorguiev, B. & Chehlarov, E. (2007). Variation in dung beetle (Coleoptera: Scarabaeoidea) assemblages with altitude in the Bulgarian Rhodopes Mountains: A comparison, *Eur. J. Entomology* 104, 489-495.
- Lodos, N. (1978). *The study of the harmful insect fauna of Marmara and Aegean regions. Publications of Food, Agriculture and Animal Husbandry Ministry of Republic of Turkey, Ankara.* Pp. 301. (in Turkish)
- Lodos, N., Önder, F., Pehlivan, E., Atalay, R., Erkin, E., Karsavuran, Y., Tezcan, S. & Aksoy, S. (1999). *Faunistic Studies on Scarabaeoidea (Coleoptera) of Western Black Sea, Central Anatolia, and Mediterranean Regions of Turkey.* Ege Üniversitesi basım evi. İzmir, 64 pp.
- Löbl, I. & Löbl, D. (2016). Catalogue of Palaearctic Coleoptera, Volume 3, Scarabaeoidea, Scirtoidea, Dascilloidea, Buprestioidea, Byrrhoidea, Revised and updated edition, Leiden; Boston; Brill: 1011.
- Nichols, E., Spector, S., Louzadab, J., Larsen, T., Amézquita, S. & Favila, M.E. (2008). Ecological Functions And Ecosystem Services Provided By Scarabaeinae Dung Beetles, *Biological Conservation* 141, 1461-1474.
- Özgen, İ., Şenyüz, Y. & Temizer, A. (2014). Contributions to the Knowledge of Scarabaeoidea (Coleoptera) Fauna of Southeast and East Anatolia Region of Turkey. *J. Anatolian Nat. Sci* 5, 20-29.
- Pehlivan, E. (1988). Les travaux taxonomiques sur la famille Scarabaeidae (Coleoptera) de la Turquie. I. *Scarabaeus L., Gymnopleurus Ill. Sisyphus Latr.* *Turk. J. Ent* 12, 221- 230.
- Pehlivan, E. (1989). Les travaux taxonomiques sur la famille Scarabaeidae (Coleoptera) de la Turquie. II. *Onthophagus Latr.* *Turk.J. Ent* 13, 25-42.
- Pittino, R. (1982). Due nuovi *Onthophagus* Latr. anatolici del gruppo ovatus (L.) (Coleoptera, Scarabaeidae). *Frag. Ent* 16, 189-203.
- Pittino, R. (2004). New or noteworthy taxa of the Genus *Onthophagus* (subg. *Palaeonthophagus*) from south-eastern Europe and the Near East (Coleoptera, Scarabaeidae). *Frag. Ent* 36, 145-214.
- Polat, A., Yıldırım, E. & Ziani, S. (2017). A contribution to the knowledge of the Aphodiinae and Scarabaeinae fauna of Turkey (Coleoptera: Scarabaeoidea: Scarabaeidae), *Linzer biol. Beitr* 49 (1), 733-744.
- Rozner, I. & Rozner, G. (2009). Additional data to the Lamellicornia Fauna of Turkey (Coleoptera: Lamellicornia). *Natura Somogyiensis, Kaposvár* 15, 69-100.
- Sullivan, G.T., Ozman-Sullivan, S.K., Bourne, A., Lumaret, J.P., Zeybekoglu, U., Zalucki, M.P. & Baxter, G. (2017). Temporal Resource Partitioning and Interspecific Correlations in a Warm, Temperate Climate Assemblage of Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeidae), *Journal of Insect Science* 17(1), 1-6.
- Sürgüt, H., Tüven, A., Varli, S.V., Polat, A. & Tezcan, S. (2014). An Evaluation on the pitfall trap collected Scarabaeoidea (Coleoptera) species in Western Turkey. *Munis Ent. Zool* 9, 812-818.
- Şenyüz, Y., (2004), Kütahya ili yakın çevresi Scarabaeidae (Coleoptera) faunasının tespiti, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi: s.104.
- Şenyüz, Y. & Şahin, Y. (2013). Faunistic, ecological and zoogeographical evaluations on the dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) of Kütahya province, (Turkey). *Turk. J. Ent* 37, 433-448.
- Şenyüz, Y., Dindar, K. & Altunsoy, F. (2013a). Contributions to the knowledge of Scarabaeidae (Coleoptera) fauna of the Middle and East Black Sea Region of Turkey. *Munis Ent. Zool* 8, 772-781.
- Şenyüz, Y., Dindar, K., Gülmez, M. & İzgördü, H. (2013b). A faunistic study on the species of Aphodiinae and Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) in Bursa, *Journal of Science of Dumlupınar University* 32, 1-12.
- Şenyüz, Y., Dindar, K. & Gülmez, M. (2015). Additions to Scarabaeoidea (Coleoptera) Fauna Of Eskişehir. *Anadolu Univ. J. of Sci. and Technology - C - Life Sci. and Biotech.* 4 (1), 13-23.
- Şenyüz, Y., Dindar, K., Çalışkan, H. & Şirin, D.Ü. (2016). Chorological Categories and Faunistic Records of Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea: Scarabaeidae) from the Sundiken Mountains, Turkey, *Pakistan J. Zoology* 48(1), 137-150.
- Şenyüz, Y., Gülmez, M., Dindar, K. & İzgördü, H. (2017). A Preliminary Study On The Fauna Of Dung Beetle (Coleoptera, Scarabaeidae) At Horzum

- Village Of Şanlıurfa. *Journal of Science and Technology of Dumlupınar University* 39, 21-30.
- Şenyüz, Y., Lobo, J.M. & Dindar, K. (2019). Altitudinal gradient in species richness and composition of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in an eastern Euro-Mediterranean locality: Functional, seasonal and habitat influences. *European Journal of Entomology* 116, 309–319.
- Tezcan, S., & Pehlivan, E., (2001), Evaluation Of The Lucanoidea And Scarabaeoidea (Coleoptera) Fauna Of Ecological Cherry Orchards İn İzmir And Manisa Provinces Of Turkey, *Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi.*, 38 (2-3): s 31-37
- Tuatay, N., Gül, S., Demirtola, A., Kalkandelen, A. & Çağatay, N. (1967). *Catalogue of insect of plant protection museum (1961-1966)*. Zirai Mücadele ve Zirai Karantina Gn. Md. Yayınları, Ankara, 66 sy.
- Tuatay, N., Kalkandelen, A. & Aysev, N. (1972). *Catalogue of insect of Plant Protection museum*, T.C. Tarım Bakanlığı Zirai Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 119 sy.
- Veiga, C.M., Lobo, J.M. & Martín -Piera, F. (1989). Las trampas pit- fall con cebo, sus posibilidades en el estudio de las comunidades coprófagas de Scarabaeoidea (Col.). II. Análisis de efectividad. — *Rev. Ecol. Biol. Sol* 26, 91–109.
- Zeybek S., & Çıkman, E. (2019). *Cheironitis pamphilus* (Ménétriés, 1849)'un (Coleoptera: Scarabaeidae) Ekolojisi ve Farklı Gübre Materyalleri ile İlişkisi. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 1(4), 13-22.
- Ziani, S., & Sama, G., (2013), Chorological data on some Geotrupidae, Aphodiidae and Scarabaeidae (Coleoptera, Scarabaeoidea) species collected during some field-trips in Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 8 (1):s. 458-465.



## The Effect of Different Harvest Times on Phenolic Content and Antioxidant Activity in Some Microgreens

Sıla BARUT GÖK<sup>1</sup>, Funda ÖZDÜVEN<sup>2</sup>, Funda ERYILMAZ AÇIKGÖZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Technology, Çorlu Vocational School, Tekirdağ Namık Kemal University, Tekirdağ, 59830, Türkiye, <sup>2,3</sup>Department of Plant and Animal Production, Vocational College of Technical Sciences, Tekirdağ Namık Kemal University, Tekirdağ, 59030, Türkiye  
<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-7666-9630>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-4286-8943>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-2305-5587>

✉: sbgok@nku.edu.tr

### ABSTRACT

Microgreens, which have only become popular during the last decades, are rich in phytochemicals, including phenolic compounds, which act as antioxidants. The study aimed to examine the effects of two different harvest times (cotyledon [embryonic leaves] and 1.5-true leaf stage) of five microgreens on the bioactive compounds in terms of antioxidant capacity and total phenolics. The total phenolic components ranged from 60.9 to 2153.2 mg GAE g<sup>-1</sup> in cotyledon leaves, whereas the value varied from 96.2 to 2113.9 mg GAE g<sup>-1</sup> in the true leaves of microgreens. Increases in the phenolic content of the first true leaves in dill and chia were detected as 57.8% and 29.6% compared to the cotyledon leaf. Among the cotyledon microgreens, the maximum phenolic content was detected in the garden cress. The antioxidant capacity of the cotyledon and true leaf stages ranged between 485.4±2.3-1985.67±24.9 µg g<sup>-1</sup> and 508.87±5.3-2393.56±12.6 µg g<sup>-1</sup>, respectively. The maximum antioxidant capacity was detected in radish, followed by garden cress. The biggest variation between the cotyledon and first true leaves in the study was observed for red beetroot. This study revealed the alteration in the phenolic content and antioxidant activity of five cultivars based on growth stages of cotyledonary and true leaves in microgreen form.

### Food Science

### Research Article

### Article History

Received : 08.12.2022

Accepted : 27.10.2023

### Keywords

Bioactive compound  
Cotyledon leaf  
Growth stage  
Microgreen  
Phytonutrient

## Farklı Hasat Zamanlarının Bazı Mikroyeşilliklerin Fenolik İçerik ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi

### ÖZET

Son yıllarda popüler hale gelen mikroyeşillikler, antioksidan rolü oynayan fenolik bileşikler de dahil olmak üzere fitokimyasallar açısından zengin besinlerdir. Çalışmanın amacı, beş mikroyeşillik uygulanan iki farklı hasat zamanının (kotiledon [embriyonik yapraklar] ve 1.5-gerçek yaprak aşaması) biyoaktif bileşikler üzerindeki etkilerini fenolik içerik ve antioksidan aktivite açısından incelemektir. Toplam fenolik içerik kotiledon yapraklarında 60.9 ile 2153.2 mg GAE g<sup>-1</sup> arasında değişirken mikroyeşilliklerin gerçek yapraklarında bu değer 96.2 ile 2113.9 mg GAE g<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Dereotu ve chia bitkilerinde ilk gerçek yaprakların fenolik içeriklerindeki artışlar kotiledon yapraktakine kıyasla %57.8 ve %29.6 olarak tespit edilmiştir. Kotiledon mikroyeşillikler arasında en fazla fenolik içerik bahçe teresinde tespit edilmiştir. Kotiledon ve gerçek yaprak dönemlerinin antioksidan kapasiteleri sırasıyla 485.4±2.3-1985.67±24.9 µg g<sup>-1</sup> ve 508.87±5.3-2393.56±12.6 µg g<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. En yüksek antioksidan kapasite, turp ve ardından terede tespit edilmiştir. Çalışmada kotiledon ile ilk gerçek yapraklar arasındaki en büyük farklılık kırmızı pancarda gözlemlenmiştir. Bu çalışma, kotiledon ve gerçek yaprağın büyüme aşamalarına dayalı olarak beş mikroyeşillik çeşidinin fenolik içeriği ve antioksidan aktivitesindeki değişimi açıkça ortaya koymuştur.

### Gıda Bilimi

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 08.12.2022

Kabul Tarihi : 27.10.2023

### Anahtar Kelimeler

Biyoaktif bileşen  
Kotiledon yaprak  
Büyüme evresi  
Mikroyeşillik  
Fitokimyasal

<b>Atıf Şekli:</b>	Barut Gök, S., Özduven, F., Eryılmaz Açıkgoz, F. (2024). Farklı Hasat Zamanlarının Bazı Mikroyeşilliklerin Fenolik İçerik ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi. <i>KSÜ Tarım ve Doğa Derg 27 (2)</i> , 417-422. <a href="https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.1216114">https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.1216114</a>
<b>To Cite :</b>	Barut Gök, S., Özduven, F., Eryılmaz Açıkgoz, F. (2024). The effect of different harvest times on phenolic content and antioxidant activity in some microgreens. <i>KSU J. Agric Nat 27 (2)</i> , 417-422. <a href="https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.1216114">https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.1216114</a>

## INTRODUCTION

Today, importance is given to healthy nutrition for the prevention of some diseases. As public health awareness increases worldwide, the demand for functional foods with multiple health benefits is also increasing (Marton et al., 2010; Messaoud & Boussaid, 2011; Yaşa et al., 2023). In addition to average nutritional values, microgreens are considered functional foods with human health-promoting and preventing disease properties. These plants are also a good source of mineral substances in the daily diet (Xiao et al., 2012).

Microgreens are also called vegetable confetti, in addition to being an exotic type of edible greens. They are young seedlings of herbs, grains, and vegetables with edible cotyledon leaves or 1.5-2 first true leaves (Xiao et al., 2012; Lenzi et al., 2019) (Fig. 1). They are different from sprouts due to their light requirement and especially a growing medium and have a longer growth cycle of 7-28 days (Di Gioia et al., 2017). In recent years, microgreens have gained the interest of producers due to their short growing cycle, ease of cultivation, production all year round, high potential profitability due to their popularity, and high sustainability in production (Kyriacou et al., 2020). Microgreens may contain higher amounts of phytochemicals, minerals, and vitamins than their mature counterparts. Microgreens are also considered to be a substitute for sprouts due to their rich nutrient content and more intense flavor (Zhang et al., 2021). Previous studies showed that microgreens are good sources of phytonutrients, such as carotenoids and polyphenols (Sun et al., 2013; Xiao et al., 2012; Xiao et al., 2013; Xiao et al., 2015). Although many leafy plants are consumed, limited knowledge is available about their microgreen forms (Yadav et al., 2019). However, most rare research documented the comparative analysis of nutritional components such as minerals, vitamins, and protein content of the microgreen stage alone (Pinto et al., 2015; Ebert et al., 2015). Only a few attempts reported the comparative analysis of bioactive compounds such as phenolics and antioxidants between the cotyledonary and true leaf stages of microgreens (Mishra et al., 2021; Yadav et al., 2019).

The physiological development periods of the products and the effects of growing conditions can also affect a plant's antioxidant capacity (Zhao et al., 2007).

Harvesting microgreens at the right time for the presence of bioactive compounds is one of the main production strategies. The cotyledon leaves, which

form as a result of the germination of the seeds, continue their life by consuming the nutrients stored in the cotyledon leaf tissues until the first true leaves emerge. With the continuation of development, the plant starts photosynthesis with the occurrence of chlorophyll synthesis in true leaves. The effect of the nutrient content of the cotyledon leaves, containing stored nutrients, and the first true leaves where photosynthesis begins on the bioactive components will be revealed with this study. Several microgreens had higher concentrations of antioxidants, but the results were not generalizable (Yadav et al., 2019; Di Bella et al., 2020; Zhang et al., 2021).

The present study was undertaken to examine the effects of two different harvest times (cotyledon leaf stage (embryonic leaves) and 1.5 true leaf stage) of five microgreens on the bioactive compounds.

## MATERIALS and METHODS

### Production of microgreens

The research was carried out in laboratory conditions in April 2021. The research was designed as a randomized block experimental design (three replications). The plants used in the research were: garden cress (*Lepidium sativum* L.), radish (*Raphanus sativus* L.), red beetroot (*Beta vulgaris* L.), dill (*Anethum graveolens* L.), and chia (*Salvia hispanica* L.). Preservatives and pesticides were not used on the seeds of the plants used in the research.

The seeds of the plants were sown on April 6 in a 38x24x6 cm seedling tray filled with peat. Seed sowing was carried out quite densely and by the broadcasting method. Some specifications of the used peat are 160-260 mg L<sup>-1</sup> N, 180-280 mg L<sup>-1</sup> P2O5, 200-150 mg L<sup>-1</sup> K2O, 80-150 mg L<sup>-1</sup> Mg, pH: 6, 70% organic matter, and 35% C.

### Sample preparation

Harvesting was carried out by cutting microgreens from the root collar area with a sharp, sterile knife. After the harvest, the plants were rinsed with distilled water, quickly frozen at -20±1 °C without losing time, and stored in these conditions until analysis. The seed sowing, germination, cotyledon leaf plant harvest, and true leaf plant harvest dates of the plants are given below (Table 1). Cotyledon-leaf plant harvest date was 8-14 days after sowing, depending on the plant type and the true-leaf plant harvest date was 14-16 days after sowing (Fig. 1, Fig. 2a, Fig. 2b).

Table 1. Seed sowing, germination, cotyledon-leaf plant harvest, and true-leaf plant harvest dates.

*Çizelge 1. Tohum ekimi, çimlenme, kotiledon yaprak ve gerçek yaprak hasat tarihleri.*

Microgreens	Scientific name	Seed Sowing Date	Germination Date	Cotyledon Plant Harvest Date	Leaf Harvest Date	True Leaf Plant Harvest Date
Garden Cress	<i>Lepidium sativum</i> L.	April 6	April 8	April 14		April 22
Red Beetroot	<i>Beta vulgaris</i> L.	April 6	April 9	April 20		April 22
Dill	<i>Anethum graveolens</i> L.	April 6	April 11	April 20		April 22
Radish	<i>Raphanus sativus</i> L.	April 6	April 8	April 14		April 20
Chia	<i>Salvia hispanica</i> L.	April 6	April 10	April 15		April 20

Temperature (°C) and humidity (%) were measured during the study in controlled climate room conditions and the average temperature was 22 °C and average humidity was 65%.



Figure1. Microgreens used in the research  
*Şekil 1. Çalışmada kullanılan mikroyeşillikler*

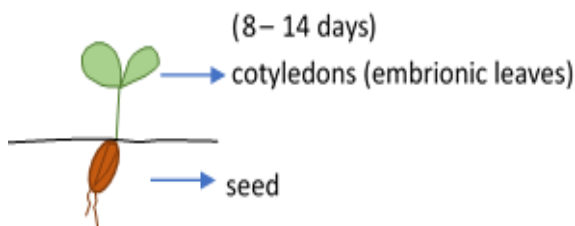


Figure2a. Cotyledon-leaf plant harvest  
*Şekil 2a. Kotiledon-yaprak hasadı*

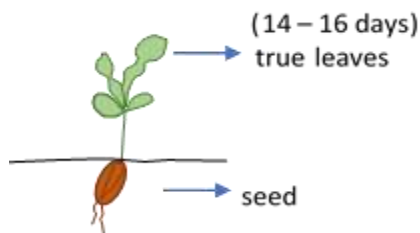


Figure2b. True-leaf plant harvest  
*Şekil 2b. Gerçek yaprak hasadı*

### Total phenolic content assay

The total phenolics in microgreens were extracted by shaking with 80% MeOH at room temperature for 24 h. The suspension was centrifuged at 10,000 rpm for 10 min at 25±1 °C, and the supernatant was collected. Phenolics were detected using the Folin–Ciocalteu reagent method by reading the absorbance at 765 nm with a UV–Vis spectrophotometer (UV-2500, Shimadzu, Japan) according to the method of Ainsworth and Gillespie (2007). Gallic acid was used as the standard, and the results are shown as milligrams of gallic acid equivalent (GAE)/100 g fresh microgreen weight (FW).

### DPPH radical scavenging activity assay

The antioxidant capacity of different microgreen extracts (ME) was determined according to the method of Brand-Williams et al. (1995). Different concentrations of extracts (40-160 µL) were placed in 9-mL tubes, and 600 µl of molar DPPH\* were added to each tube; the total volume was completed to 6 mL with MeOH. After mixing and incubating the tubes for 30 min at room temperature in the dark, absorbance was read at 517 nm against the control. By using the absorbance value, the % inhibition of DPPH radicals (I%) for each of the extracts was calculated by using equation (3). In equation (1), the absorption of the control (methanol instead of SE) is expressed as A control (0.340), and the absorption of the analyzed sample is expressed as A sample.

$$\text{Inhibition \%} = \left( \frac{A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Inhibition values were graphed against different concentrations for each extract, and linear regression analysis was applied to obtain the equation defining the curve. By using Eq.(1), the EC<sub>50</sub> value was calculated. The EC<sub>50</sub> value is the amount of antioxidants necessary to decrease the initial DPPH\* concentration by 50%.

### Statistical analysis

The results of the experiments were evaluated using SPSS 16 statistical software. ANOVA variance analysis and Duncan multiple comparison tests were conducted on the research results.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Total Phenolic Content (TPC)

The analysis of variance results for the total phenolic content (TPC) of microgreens is presented in Table 2. Variation for TPC of cotyledon and true leaf extracts of microgreens was observed among the cultivars. Results expressed that the TPC ranged from 60.9 to 2153.2 mg Gallic acid equivalent (GAE) g<sup>-1</sup> in the cotyledon leaf, whereas the value varied from 96.2 to 2113.9 mg GAE g<sup>-1</sup> in the true leaf of microgreens. Cotyledon leaves of garden cress, red beetroot, and radish were found to have significantly higher sources for TPC than the first true leaves of these microgreens. On the contrary, an increase in the phenolic content of first true leaves in dill and chia was detected as 57.8% and 29.6% compared to the cotyledon leaf stage. Among the cotyledon leaf microgreens, the maximum phenolic content was detected in garden cress (2153.2±9.5 mg GAE g<sup>-1</sup>), followed by red beetroot (905.2±8.3 mg GAE g<sup>-1</sup>). Similarly, the highest phenolic content of the true leaf microgreens was detected in garden cress (2113.9±8.5 mg GAE g<sup>-1</sup>) followed by red beetroot (253.2±7.5 mg GAE g<sup>-1</sup>). However, decreasing trends of 1.8% and 72.02% were detected, respectively. The findings are in accordance with the results of

Mishra et al. (2021), who detected the TPC of six Indian mustard genotypes. Although the results for TPC of cotyledon leaf and true leaf stages were not statistically different, the true leaf extracts of four genotypes had higher TPC than their cotyledon leaf extracts. The variation in the phenolics of the studied microgreens could be attributed to the presence/abundance/absence of different kinds of phenolics from cultivar to cultivar. In addition to this, Navarro et al. (2008) & Delgado et al. (2004) reported that the concentration of phenolic compounds in the plant varieties depends on the growth steps. In fact, the young plant has a unique blend of phytonutrients giving it a much higher bioavailability of nutritional components than in mature stages (Yadav et al., 2019). However, the phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activity could also be important in the plant based on the variety and growth stage (Medda et al., 2020). The first enzyme in the synthesis of most phenolics is phenylalanine ammonia-lyase (PAL), which catalyzes the deamination of L-phenylalanine, and the cinnamic acid thus formed is further used for the synthesis of other phenolic compounds like phenolic acids, lignin, flavonoids and condensed tannins in the plant (Medda et al. 2020).

Table 2 TPC of different microgreen extracts (mg GAE g FW<sup>-1</sup>).

*Çizelge 2. Farklı mikroyeşillik ekstraktlarının toplam fenolik içerikleri (mg GAE g FW<sup>-1</sup>)*

	Garden Cress	Red Beetroot	Dill	Radish	Chia
Cotyledon	2153.2±9.5 <sup>a</sup>	905.2±8.3 <sup>a</sup>	60.9±2.6 <sup>b</sup>	247.6±5.0 <sup>a</sup>	81.2±0.6 <sup>b</sup>
True leaf	2113.9±8.5 <sup>b</sup>	253.2±7.5 <sup>b</sup>	96.2±4.5 <sup>a</sup>	175.6±8.1 <sup>b</sup>	105.2±2.3 <sup>a</sup>
CV %	0.06	0.32	2.89	1.33	2.00
LSD	5.17	6.57	7.98	9.93	6.57
Prob > F	0.0009**	0.001**	0.0027**	0.0010**	0.0040**

Values are the mean of three replicates ± standard deviation; different letters in the same column represent statistically different results.

### DPPH radical scavenging activity

The analysis of variance results for the antioxidant activity of microgreens is presented in Table 3. The DPPH radical scavenging activities of methanol extracts obtained from the cotyledon, and true leaf stages ranged between 485.4±2.3-1985.67±24.9 µg g<sup>-1</sup> and 508.87±5.3-2393.56±12.6 µg g<sup>-1</sup>, respectively. Cotyledon leaves of all microgreens, except red beetroot, exhibited higher antioxidant activity than the first true leaves. Among the cotyledon microgreens, the maximum antioxidant activity was detected in radish (485.4±2.3 µg g<sup>-1</sup>) followed by garden cress (698.04±12.8 µg g<sup>-1</sup>). In accordance with these results, Xiao et al. (2015) reported that the highest concentration of total phenolics was found in China rose radish regarding the phytonutrient concentrations of the studied microgreen species (Xiao et al., 2015). The biggest alteration between the cotyledon and the first true leaves in the present study was observed for red beetroot. Similarly, the highest

concentration of antioxidant capacity in young lettuce seedlings was observed in 7 days following germination and rapidly decreased by more than 60% in about 14 days. There were comparisons of antioxidant contents and capacity between microgreens and their mature counterparts (Pinto et al., 2015; Choe et al., 2018; Zhang et al., 2021). Many studies showed higher nutritional quality and higher concentration of antioxidants in microgreens than in mature plants. Furthermore, the results were not generalizable (Zhang et al., 2021). However, this is the first study that reveals the variation in bioactive compounds, such as antioxidant activity, in microgreens in terms of cotyledonary and first true leaves.

## CONCLUSION

Studies demonstrated that microgreens contain much higher levels of functional components such as phenolics and antioxidants than the amounts found in

mature leaves. Although much research has focused on the mineral content and some properties of the plants at different growth stages, there is limited knowledge about the change in bioactive compounds of different growth stages in terms of microgreens and mature leaves. However, no studies reported the change in bioactive compounds of cotyledonary leaf and true leaf stages in terms of microgreens. Cotyledon leaves of garden cress, red beetroot, and radish were significantly higher sources of total phenolic

components than the first true leaves of microgreens. However, cotyledon leaves of all microgreen species, except red beetroot, exhibited higher antioxidant activity than their first true leaves. The variation in phenolics of studied microgreens could be attributed to the presence/abundance/absence of the different kinds of phenolics from cultivar to cultivar. This study demonstrated the changes in the phenolic components and antioxidant capacity of five cultivars in different growth stages of the microgreen form.

Table 3 The antioxidant activity of different microgreen extracts ( $EC_{50} \mu g g^{-1}$ )  
*Çizelge 3. Farklı mikroyeşillik ekstraktlarının antioksidan aktivitesi ( $EC_{50} \mu g g^{-1}$ )*

	Garden Cress	Red Beetroot	Dill	Radish	Chia
Cotyledon	698.04± 12.8 <sup>b</sup>	1567.83.2±183.1 <sup>a</sup>	1985.67±24.9 <sup>a</sup>	485.4±2.3 <sup>b</sup>	1124.25±170.5 <sup>a</sup>
True leaf	1129.13±15.5 <sup>a</sup>	508.87±5.3 <sup>b</sup>	2393.56±12.6 <sup>b</sup>	791.33±47.9 <sup>a</sup>	1327.74±57.0 <sup>a</sup>
CV %	2.19	12.84	0.40	5.56	6.55
LSD	7.30	468.20	30.44	124.60	282.32
Prob > F	0.0014**	0.0104*	0.0003**	0.0088*	0.09 <sup>ns</sup>

Values are mean of three replicates ± standard deviation; different letters in the same column represent statistically different results.

#### Author Contributions

SBG: Conceptualization; data curation; formal analysis; investigation; methodology; software; supervision; validation; visualization; writing – original draft; writing. FÖ: Data curation; formal analysis; investigation; methodology. FEA: Conceptualization; data curation; formal analysis; investigation; methodology; supervision; writing – original draft; writing.

#### Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

#### REFERENCES

- Ainsworth, E.A. & Gillespie, K.M. (2007). Estimation of Total Phenolic Content and Other Oxidation Substrates in Plant Tissues Using Folin-Ciocalteu Reagent. *Nature Protocols*, 2, 875-877.
- Brand-Williams, W. Cuvelier, M.E. & Berset, C. (1995). Use of a freeradical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology-Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 28(1), 25– 30.
- Choe, U. Yu, L. Wang, T.T.Y. (2018). The science behind microgreens as an exciting new food for the 21st century, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66, 11519-11530. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b03096>.
- Di Bella, M.C. Niklas, A. Toscano, S. Picchi, V. Romano, D. Lo Scalzo, R. Branca, F. (2020). Morphometric characteristics, polyphenols and ascorbic acid variation in Brassica oleracea L. novel foods: sprouts, microgreens and baby leaves, *Agronomy* 10(6), 782. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060782>.
- Di Gioia, F. Renna, M. & Santamaria, P. (2017). Sprouts, Microgreens and “Baby Leaf” Vegetables. In: Yildiz F., Wiley R. (eds) Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables. Food Engineering Series. Springer, Boston, MA.
- Delgado, R. Martin, P. Del Alamo, M. & Gonzalez, M.R. (2004). Changes in the phenolic composition of grape berries during ripening in relation to vineyard nitrogen and potassium fertilisation rates *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(7), 623-630.
- Ebert, A.W. Wu, T.H. Yang, R.Y. (2015). Amaranth sprouts and microgreens—a homestead vegetable production option to enhance food and nutrition security in the rural-urban continuum. In: Sustaining small-scale vegetable production and marketing systems for food and nutrition security, Bangkok, pp 233–244.
- Kyriacou, M.C. El-Nakhel, C. Pannico, A. Graziani, G. Soteriou, G.A. Giordano, M. Palladino, M. Ritieni, A. De Pascale, S. & Rouphael, Y. (2020). Phenolic constitution, phytochemical and macronutrient content in three species of microgreens as modulated by natural fiber and synthetic substrates. *Antioxidants*, 9, 252. [10.3390/antiox9030252](https://doi.org/10.3390/antiox9030252).
- Lenzi, A. Orlandini, A. Bulgari, R. Ferrante, A. & Bruschi, P. (2019). Antioxidant and mineral composition of three wild leafy species: A comparison between microgreens and baby greens. *Foods*, 8, 487.
- Marton, M. Mandoki, Zs. & Csapo, J. (2010). Evaluation of biological value of sprouts. *Fat*

- content, fatty acid Composition. *Acta Univ. Sapientiae Alimentaria*, 3, 53-65.
- Medda, S. Dessena, L. & Mulas, M. (2020). Monitoring of the PAL Enzymatic Activity and Polyphenolic Compounds in Leaves and Fruits of Two Myrtle Cultivars during Maturation. *Agriculture*, 10(9), 389. <https://doi.org/10.3390/agriculture10090389>.
- Messaoud, C., & Boussaid, M. (2011). Myrtle communis berry color morphs: A comparative analysis of essential oils, fatty acids, phenolic compounds, and antioxidant activities. *Chemistry & Biodiversity*, 8(2), 300–310. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201000088>.
- Mishra, P. Dikshit, G. Thimmegowda, H. Tontang, V. Stobdan, M. Sangwan, T. Aski, S. Dhaka, M. et al. (2021). Diversity in Phytochemical Composition, Antioxidant Capacities, and Nutrient Contents Among Mungbean and Lentil Microgreens When Grown at Plain-Altitude Region (Delhi) and High-Altitude Region (Leh-Ladakh), India. *Frontiers in Plant Science*, 12, 710-812. [10.3389/fpls.2021.710812](https://doi.org/10.3389/fpls.2021.710812).
- Navarro, S. Leon, M. Roca-Perez, L., Boluda, R., Garcia-Ferriz, L., Perez-Bermudez, P. & Gavidia, I. (2008). Characterisation of Bobal and Crujidera Grape Cultivars, In Comparison with Tempranillo and Cabernet Sauvignon: Evolution of leaf macronutrients and berry composition during grape ripening. *Food Chemistry*, 108, 182-190.
- Pinto E., Almeida, A. A., Aguiar, A. A., & Ferreira, I. M. P. L. V. O., (2015). Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces, *J. Food Compos Anal.*, 37(3), 38-43.
- Sun, J., Xiao, Z., Lin, L.Z., Lester, G.E., Wang, Q., Harnly, J.M., Chen, P., (2013). Profiling polyphenols in five Brassica species microgreens by UHPLC-PDA-ESI/HRMSn. *J. Agric. Food Chem.* 61(46), 10960–10970.
- Yadav, L. Koley, T. Tripathi, A. Singh, S. (2019). Antioxidant potentiality and mineral content of summer season leafy greens: comparison at mature and microgreen stages using chemometric, *Agric. Res.* 8, 165-175. <https://doi.org/10.1007/s40003-018-0378-7>.
- Yaşa, B., Genç, M., Angın, N. & Ertaş, M., (2023). Characterization of Some Phytochemical Properties of Myrtle (*Myrtus communis* L.) Fruits Grown in Different Regions. *KSU J. Agric Nat* 26(6), 1230-1238. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1248947>.
- Xiao, Z., Lester, G. E., Park, E., Saftner, R. A., Luo, Y. & Wang, Q. (2015). Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens. *Postharvest Bio. Tech.* 110, 140–148.
- Xiao, Z., Lester, G.E., Luo, Y. & Wang, Q. (2012). Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens? *J. Agric. Food Chem.* 60(31), 7644–7651.
- Xiao, Z. Lester, G., Luo, Y. & Wang, Q. (2013). Recent research findings on an emerging food product: Edible microgreens. *Journal of Food Composition and Analysis* 49, 87–93.
- Zhao, X., Iwamoto, T. & Carey, E.E. (2007). Antioxidant Capacity of Leafy Vegetables as Affected by High Tunnel Environment, Fertilisation and Growth Stage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 2692-2699.
- Zhang Y., Xiao Z., Agera E., Konga L., & Tana L. (2021). Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. *Journal of Future Foods*, 1(1), 58-66.





## Amino Acid Profile of *Rhus coriaria* L. (Sumac) Grown in Different Regions

Haval Mohammed ALI<sup>1</sup>, Dursun ÖZER<sup>2</sup>, Fikret KARATAŞ<sup>3</sup>, Sinan SAYDAM<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Chemistry Department, College of Science, University, of Duhok, Duhok, Iraq, <sup>2</sup>Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Fırat University, 23119 Elazığ, Türkiye, <sup>3</sup>Faculty of Science, Department of Chemistry, Fırat University, Elazığ, Türkiye

<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-2500-9760>, <sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7225-8903>, <sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0884-027X>,

<sup>4</sup> <https://orcid.org/0000-0003-1531-5454>,

✉: [fkartas@firat.edu.tr](mailto:fkartas@firat.edu.tr)

### ABSTRACT

In this study, the amounts of amino acids in *Rhus coriaria* L. (Sumac) samples grown in different regions were analyzed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). A comparison of the amino acid content of analyzed samples showed that Maraş sumac was the richest in glutamic acid, on the other hand, Kadana and Sheladize were rich in non-essential amino acids. It was observed that the sumacs of Shelaza and Maraş regions were the poorest for non-essential amino acids. In terms of essential amino acids, it was determined that the sumacs of the Kadana and Sheladize regions were richer, while the sumacs of the Süleymaniye and Maraş regions were poorer. It can be said that all of the examined sumac samples are rich in glutamic acid, histidine and alanine, but poor in glycine. It was seen that the richest in terms of total essential and non-essential amino acids was the Kadana sumac, while the poorest was the Shelaza sumac. It can be said that the amount of essential and non-essential amino acids varies between regions, resulting from geographical and ecological differences.

### Food Science

### Research Article

### Article History

Received : 23.12.2022

Accepted : 07.09.2023

### Keywords

Sumac  
*Rhus coriaria* L.  
Amino acids  
HPLC

## Farklı Bölgelerde Yetiştirilen *Rhus coriaria* L.'nin (Sumak) Amino Asit Profili

### ÖZET

Bu çalışmada, farklı bölgelerde yetiştirilen *Rhus coriaria* L. (Sumak) örneklerinde aminoasit miktarları Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) ile analiz edildi. Analiz edilen örneklerdeki aminoasit miktarları karşılaştırıldığında, glutamik asit bakımından en zengin Maraş bölgesi sumağı iken, esansiyel olmayan diğer amino asitler bakımından ise Kadana ve Sheladize bölgeleri olduğu tespit edilmiştir. Esansiyel olmayan amino asitler açısından en fakir Shelaza ve Maraş bölgesi sumaklarının olduğu gözlenmiştir. Esansiyel amino asitler açısından Kadana ve Sheladize bölgesi sumaklarının daha zengin, Süleymaniye ve Maraş bölgesi sumaklarının ise daha fakir olduğu tespit edilmiştir. İncelenen sumak örneklerinin hepsinin, glutamik asit, histidin ve alanin bakımından zengin ve glisin bakımından fakir oldukları söylenebilir. Toplam esansiyel ve non-esansiyel amino asit bakımından en zengin Kadana sumağı iken, en fakir Shelaza sumağının olduğu görülmüştür. Esansiyel ve non-esansiyel amino asit miktarlarının bölgeler arasında değişiklik göstermesi, coğrafi ve ekolojik farklılıklardan kaynaklandığı söylenebilir.

### Gıda Bilimi

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 23.12.2022

Kabul Tarihi : 07.09.2023

### Anahtar Kelimeler

Sumak  
*Rhus coriaria* L.  
Amino asit  
HPLC

**To Cite:** Ali HM, Özer D, Karataş F & Saydam S (2024). Amino Acid Profile of *Rhus coriaria* L. (Sumac) grown in different Regions. *KSU J. Agric Nat* 27 (2), 423-429. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1223516>

**Atıf Şekli:** Ali HM, Özer D, Karataş F & Saydam S (2024). Farklı Bölgelerde Yetiştirilen *Rhus coriaria* L.'nin (Sumak) Amino Asit Profili. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (2), 423-429. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1223516>.

## INTRODUCTION

Sumac (*Rhus coriaria* L.) is a medicinal and perennial wild plant belonging to the Anacardiaceae family. Sumac fruit is used in the food industry as a spice and used in many dishes to add sourness and colour, as well as aroma and flavor. In economic terms, the fruits and

leaves of sumac are also used in the food, medicine, leather and dye industries (Shabbir, 2012; Abu Reidah et al., 2014). Sumac has protective and beneficial effects against various diseases such as diabetes, some types of cancer, inflammation, dysentery and digestive system disorders. It has also been reported to have

antiviral, antibacterial, anti-ischemic, DNA protective, non-mutagenic, analgesic, antifungal, antioxidant and hypolipidemic activities (Ünder and Saltan, 2019). Sumac is a natural source of bioactive compounds which contains components such as organic acids, fatty acids, essential and non-essential amino acids, vitamins, carbohydrates, minerals, tannins, anthocyanins, flavonoids, terpenoids and phenolic acids (Demchik et al., 2015; Abu-Reidah et al., 2015; Kossah et al., 2009). The amino acid content of foodstuffs is a measure of their nutritional value; therefore, it is important to determine their amino acid content (Hayes, 2020). It has been reported that amino acids are important in the metabolism of nutrients, cellular growth and development, reproduction and health, and abnormal physiological functions and diseases occur when the intake rate is unbalanced or deficient (Song et al., 2018). Also, liver dysfunction is caused by a change in the ratio of aromatic amino acids to branched-chain amino acids (Tajiri and Shimizu, 2013). Different amino acids are employed to detoxify ammonia in the blood, as well as in the treatment of heart failure, peptic ulcers (Stoimenova et al., 2013). One of the main sources of amino acid is vegetables and fruits. Essential amino acids used in the metabolism for the protein synthesis must be taken with diet. Determination of amino acid levels in samples is important because the type and content of amino acids may differ in different samples. It is reported that the chemical composition and biological properties of sumac samples are largely dependent on their country of origin (Wang and Zhu 2017). Essential amino acids used in protein synthesis and in metabolism must be taken with diet. Amount of amino acids determined in plants, vegetables, and fruits become important subject because one of the main source of amino acids in developing countries.

The goal of this work is to determine the amount of essential and non-essential amino acids and compare the results in sumac samples (*Rhus coriaria* L.) grown in different regions.

## MATERIAL and METHODS

### Materials

All sumac samples in both Turkey and Iraq were obtained from free market stores and analyzes were carried out after drying 10 hours in an oven at 60°C. 10.0 grams of each sample were taken and grinded in blender and separated from seeds and used in the analysis.

### Determination of Amino Acid

**Hydrolysis:** Approximately 1.0 grams of ground samples were taken into a glass tube and 5.0 mL 6.0 N HCl was added and vortexed thoroughly then, samples were kept at 110 °C for 24 hours to break peptide bonds (Elkin and Wasynczuk, 1987). After that, the samples

cooled to room temperature, filtered and the filtrate volume was completed to 10 mL with distilled water.

**Derivatization:** Standard amino acid solutions were prepared using 0.10 N HCl at different concentrations between 1.0 to 5.0 µg/mL. Fifty µL standard amino acid solutions or hydrolyzed samples were transferred to 5.0 mL glass tubes and dried under vacuum at 65 °C. Then 50 µL of “**reagent 1**” solution [(2: 2: 1 mixture of ethanol: water: Triethylamine (TEA) (v/v)] was added and vortexed and dried again under vacuum at 65 °C. The dried samples were vortexed by adding 50 µL of “**reagent 2**” solution [7:1:1:1 mixture of ethanol: water: TEA: phenyl isothiocyanate (v/v)] and left at room temperature in the dark for 30 minutes for complex formation. Afterwards, the samples were dried again under vacuum at 35 °C (Kwanyuen and Burton, 2010). 1.0 mL mobile phase A and Acetonitrile (ACN) mixture (8:2 v/v) was added to each dried sample, vortexed and the samples were taken into HPLC vials for analysis.

**Chromatographic procedure for amino acid analysis:** Amino acid analysis was performed by HPLC by modifying Elkin and Wasynczuk (1987) with Kwanyuen and Burton (2010) methods. Nucleodur 100-5 C18 column (250x4.6 mm, 5 µm) was used. The analyses were carried out by applying the gradient program at 40 °C. The injected sample volume is 20 µL. The mobile phase consists of eluent A and eluent B mixture with a flow rate of 0.8 mL/min and measured at 254 nm (Table 1). Eluent A is 0.07 M CH<sub>3</sub>COONa·3H<sub>2</sub>O (pH=6.4 with CH<sub>3</sub>COOH) and eluent B is a mixture of ACN and water (60:40 v/v).

### Equipment and chemicals

Experiments were carried out by SHIMADZU HPLC, Prominence-I LC- 2030C 3D Model equipped with PDA detector, Blender (Fakir Hausgrate 220 W), Double distilled (H<sub>2</sub>O) water was used throughout the work. All the chemicals used are reagent or analytical grade and obtained from Merck or Sigma-Aldrich.

**Table 1.** Gradient program used for the separation of Phenylthiocarbamyl-amino acids

Time (minute)	Flow rate (mL/min)	% Eluent A	% Eluent B
0.01	0.8	90	10
12.00	0.8	70	30
16.00	0.8	65	35
16.01	0.8	50	50
25.00	0.8	100	0
30.00	0.8	50	50
30.01	0.8	10	90
35.00	0.8	10	90

### Statistical Analysis

All measurements were triplicated and Mean ± Standard Error was determined. The results were subjected to one-way ANOVA by SPSS 10.0 for

Windows. Differences between the group's means were analysed for significance using Tukey HSD test the level of statistical significance was expressed as  $p < 0.05$ . Statistical difference indicated in table horizontal column with the different letter while the same letter indicates no statistical difference.

## RESULT and DISCUSSION

Both primary and secondary metabolites are synthesized in the leaves and fruits of plants. Amino acids are primary metabolites and form the building blocks of proteins. In biological systems, essential amino acids are included in neurotransmitter and biosynthesis processes, and are required for protein synthesis (Davidson, 2019). The non-essential and essential amino acid amounts in sumac samples grown in different regions of Turkey and Iraq are given in Table 2, and 3 respectively.

Glutamic and aspartic acid have an important effect on the flavour of foods (Duan et al., 2020). Aspartic acid, which is involved in the tricarboxylic acid cycle, activates defence systems and catalysis the production of signal amino acids (Han et al., 2021). The highest amount of aspartic acid was found in the Kadana region, while the lowest was found in the sumac samples grown in the Sheladize region (Table 2).

Glutamic acid, which is effective in the carbon and nitrogen cycle in metabolism, is also important for proline biosynthesis (Forde and Lea., 2007). The highest and lowest amounts of glutamic acid were observed in sumacs in Maraş and Shelaza regions, respectively.

Asparagine, which provides nitrogen accumulation, is important in regulating the sugar balance in the cell (Haroun et al., 2010). The highest asparagine was observed in Kadana and the lowest in Shelaza regions.

While serine has a fundamental role in signaling in living organisms (Ros et al., 2014), Glycine protects plasma membranes by reducing the effect of oxygen-dependent free radicals. It has been reported that glycine and serine together are metabolic regulators promoting tumor cell growth (Gorska-Ponikowska et al., 2017). Glycine and serine were found highest in Sumacs of the Sheladize region.

While glutamine regulates nitrogen metabolism in the cell (DeBerardinis et al., 2007), alanine plays a role in the regulation of the defence system and intracellular pH (Kalefetoğlu and Ekmekçi, 2005). The highest amount of glutamine and alanine was observed in sumac grown in the Kadana region.

Bakar et al. (2020) reported that the least amount of amino acid in black and white myrtle fruit is glutamine. It is reported that serine amino acid is highest in white myrtle fruit at  $2.75 \text{ (mg} \cdot \text{(g dw)}^{-1})$ , and glutamic acid is found in black myrtle fruit at  $1.8 \text{ (mg} \cdot \text{(g dw)}^{-1})$ .

Duan et al. (2020) found the amounts of aspartic acid, glutamic acid, proline, serine and glycine in licorice 0.56, 0.37, 6.38, 4.86 and  $0.14 \text{ g kg}^{-1}$ , respectively. On the other hand in pursley, alanine, proline, leucine, isoleucine, valine and threonine were found to be 2.79, 0.80, 0.35, 0.22, 0.79 and  $0.79 \text{ g kg}^{-1}$  respectively.

Mukhtar et al. (2022) found the amounts of glycine, asparagine, glutamine, histidine and arginine in bitter tomato eggplant grown in Nigeria 4.58, 5.36, 1.22, 8.40 and  $0.09 \text{ (mg} \cdot \text{(g dw)}^{-1})$ , respectively.

Proteins rich in proline, glycine, leucine and methionine play an important role in cell wall growth, while leucine, isoleucine and valine have been reported to protect the cell against osmotic stress (Zemanova et al., 2017). Proline and valine were highest in Sheladize, while leucine, isoleucine and methionine were found in sumac samples grown in the Kadana region.

It is stated that threonine, which is in the structure of proteins such as collagen and elastin, is important in fat metabolism and immune system (Olgun et al., 2016). The lowest amount of threonine was observed in the Suleymania region sumac.

It has been reported that histidine is necessary for the formation of red blood cells and myelin sheath, while arginine is important in growth hormone synthesis and strengthening the immune system (Lee and Kim, 2019). Both histidine and arginine were observed to be the highest in the sumac of the Kadana region.

It is stated that tryptophan, which is important in cell development, is the precursor of neurotransmitter biomolecules (Zemanova et al., 2017). Lysine has a role in metabolism, such as producing glutamic acid and increasing resistance to stress (Kishor et al., 2020). The sumac sample grown in the Sheladize region is quite rich in tryptophan and lysine compared to other regions.

Cysteine is very important in supporting protein folding and stability by forming disulfide bonds with other cysteine molecules. Cysteine is a precursor molecule for the synthesis of glutathione, which plays an important role in the response of plants to stress (Mendoza-Cozatl et al., 2010). Tyrosine is required for the synthesis of a variety of natural compounds in plants, such as tocopherols, ubiquinone, betalains, and benzyloquinoline alkaloids. Tyrosine-derived metabolites, tocopherols and ubiquinone are important for plant survival (Xu et al., 2020). These amino acids were found highest in sumac samples grown in the Kadana region.

Mukhtar et al. (2022) found the amounts of methionine, tryptophan, lysine, cysteine and tyrosine in the dark eggplant sample grown in Turkey 3.71, 1.0, 6.80, 1.88 and  $1.02 \text{ (mg} \cdot \text{(g dw)}^{-1})$ , respectively.

**Table 2.** Non-essential Amino acid amounts in sumac samples grown in different regions of Turkey and Iraq ( $\mu\text{g} \cdot (\text{g} \cdot \text{dw})^{-1}$ ).

	<b>Maraş</b>	<b>Elazığ</b>	<b>Sheladize</b>	<b>Shahi</b>	<b>Charput</b>	<b>Shelaza</b>	<b>Ranya</b>	<b>Kadana</b>	<b>Trwanish</b>	<b>Derishke</b>	<b>Suleymania</b>
<b>Aspartic A</b>	23.5±1.2 <sup>a</sup>	48.5±2.5 <sup>b</sup>	10.3±0.5 <sup>a</sup>	80.5±1.6 <sup>c</sup>	65.8±3.2 <sup>c</sup>	20.4±0.9 <sup>a</sup>	71.9±1.7 <sup>c</sup>	170.5±5.5 <sup>e</sup>	126.2±5.2 <sup>d</sup>	71.6±3.2 <sup>c</sup>	74.7±2.3 <sup>c</sup>
<b>Glutamic A</b>	566.3±48.8 <sup>f</sup>	701.9±19.4 <sup>d</sup>	857.6±29.4 <sup>e</sup>	630.1±9.0 <sup>abcd</sup>	579.5±17.3 <sup>bc</sup>	308.6±9.7 <sup>a</sup>	723.9±7.0 <sup>d</sup>	908.3±17.1 <sup>e</sup>	650.7±5.5 <sup>cd</sup>	534.1±12.0 <sup>b</sup>	640±24.3 <sup>bcd</sup>
<b>Asparagine</b>	106.7±2.9 <sup>a</sup>	176.5±7.1 <sup>b</sup>	229.5±6.9 <sup>c</sup>	301.5±5.6 <sup>d</sup>	236.3±6.0 <sup>c</sup>	85.9±3.2 <sup>a</sup>	116.6±4.5 <sup>a</sup>	586.4±8.6 <sup>f</sup>	453.0±13.9 <sup>e</sup>	238.9±10.2 <sup>c</sup>	247.6±7.9 <sup>c</sup>
<b>Serine</b>	207.5±9.3 <sup>a</sup>	223.9±7.0 <sup>ab</sup>	461.2±23.5 <sup>d</sup>	410.8±9.9 <sup>cd</sup>	419.5±10.1 <sup>cd</sup>	222.8±5.2 <sup>ab</sup>	264.8±7.0 <sup>b</sup>	394.9±8.1 <sup>c</sup>	403.7±7.3 <sup>c</sup>	259.8±8.4 <sup>b</sup>	202.1±4.7 <sup>a</sup>
<b>Glycine</b>	1.6±0.1 <sup>abc</sup>	1.8±0.1	5.0±0.4 <sup>d</sup>	2.2±0.1 <sup>c</sup>	4.3±0.2 <sup>d</sup>	1.4±0.05 <sup>ab</sup>	1.6±0.03 <sup>abc</sup>	1.8±0.1 <sup>abc</sup>	1.2±0.05 <sup>a</sup>	1.7±0.1 <sup>abc</sup>	2.0±0.04 <sup>bc</sup>
<b>Glutamine</b>	41.1±1.4 <sup>a</sup>	101.3±2.8 <sup>ef</sup>	116.6±5.6 <sup>fg</sup>	104.0±3.2 <sup>ef</sup>	90.6±3.7 <sup>de</sup>	47.9±1.3 <sup>ab</sup>	104.5±3.1 <sup>ef</sup>	190.9±5.1 <sup>f</sup>	159.0±6.4 <sup>h</sup>	81.0±3.7 <sup>cd</sup>	66.2±2.9 <sup>bc</sup>
<b>Alanine</b>	348.9±4.5 <sup>ab</sup>	385.0±10.0 <sup>bc</sup>	514.5±12.5 <sup>d</sup>	616.7±12.8 <sup>f</sup>	542.8±11.6 <sup>de</sup>	316.2±5.7 <sup>a</sup>	568.9±9.4 <sup>ef</sup>	889.7±8.2 <sup>h</sup>	752.4±11.2 <sup>g</sup>	507.0±16.7 <sup>d</sup>	426.8±9.3 <sup>c</sup>
<b>Proline</b>	12.7±0.7 <sup>a</sup>	49.8±2.5 <sup>b</sup>	291.8±12.5 <sup>c</sup>	60.6±2.9 <sup>b</sup>	69.0±2.7 <sup>bc</sup>	90.7±3.8 <sup>cd</sup>	72.3±3.5 <sup>bcd</sup>	159.7±4.9 <sup>e</sup>	95.5±3.4 <sup>d</sup>	67.7±3.7 <sup>bc</sup>	71.8±3.2 <sup>bc</sup>
<b>Tyrosine</b>	12.5±0.8 <sup>ab</sup>	1.0.0±0.9 <sup>a</sup>	23.5±0.9 <sup>d</sup>	9.1±0.4 <sup>a</sup>	25.1±1.3 <sup>d</sup>	10.2±0.7 <sup>a</sup>	16.3±1.0 <sup>d</sup>	40.1±1.9 <sup>f</sup>	20.8±0.8 <sup>cd</sup>	32.5±1.5 <sup>e</sup>	17.3±0.9 <sup>bc</sup>
<b>Cysteine</b>	11.8±0.7 <sup>a</sup>	23.8±1.5 <sup>b</sup>	38.4±1.4 <sup>d</sup>	33.4±0.9 <sup>cd</sup>	21.0±1.0 <sup>b</sup>	12.8±0.5 <sup>a</sup>	30.6±0.9 <sup>c</sup>	51.9±1.7 <sup>e</sup>	34.9±1.5 <sup>cd</sup>	20.3±0.6 <sup>b</sup>	30.6±1.3 <sup>c</sup>

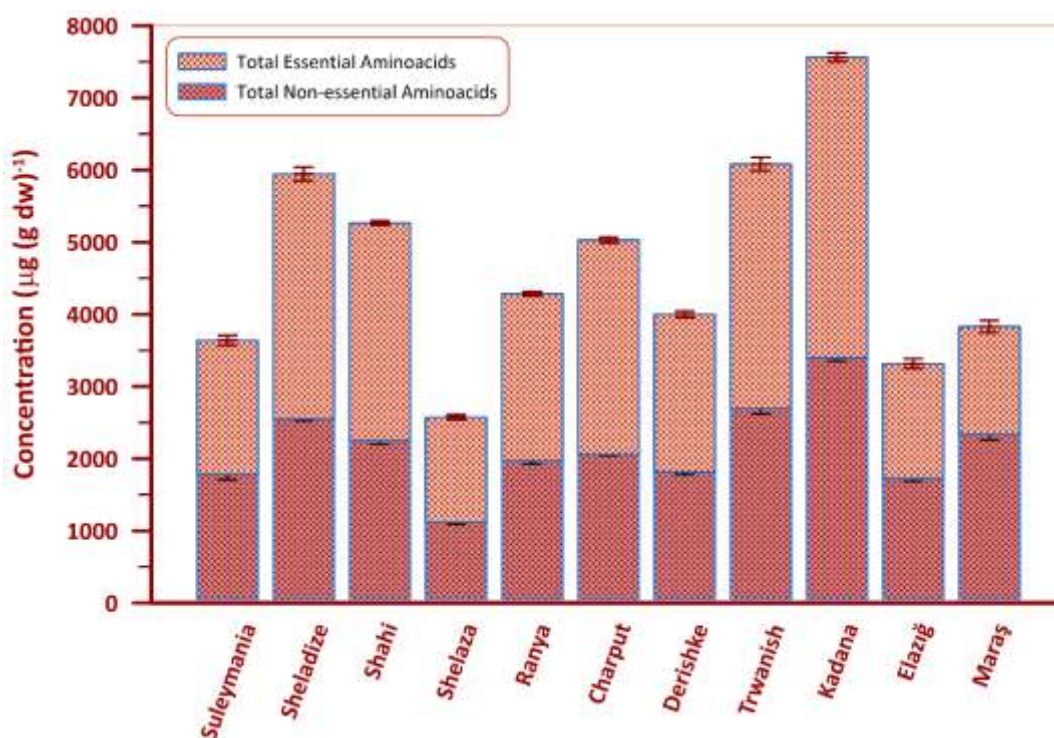
**Table 3.** Essential Amino acid amounts in sumac samples grown in different regions of Turkey and Iraq ( $\mu\text{g} \cdot (\text{g} \cdot \text{dw})^{-1}$ ).

	<b>Maraş</b>	<b>Elazığ</b>	<b>Sheladize</b>	<b>Shahi</b>	<b>Charput</b>	<b>Shelaza</b>	<b>Ranya</b>	<b>Kadana</b>	<b>Trwanish</b>	<b>Derishke</b>	<b>Suleymania</b>
<b>Histidine</b>	635.3±25.6 <sup>b</sup>	496.0±12.7 <sup>a</sup>	1079.3±20.0 <sup>f</sup>	837.9±8.8 <sup>d</sup>	981.7±9.0 <sup>e</sup>	469.8±8.3 <sup>a</sup>	693.9±22.8 <sup>bc</sup>	1303.4±16.3 <sup>g</sup>	1084.3±29.4 <sup>f</sup>	718.7±13.6 <sup>bc</sup>	772.9±22.8 <sup>cd</sup>
<b>Arginine</b>	96.8±1.8 <sup>a</sup>	246.2±11.2 <sup>c</sup>	314.7±15.0 <sup>d</sup>	255.1±6.9 <sup>c</sup>	220.4±7.2 <sup>bc</sup>	117.2±3.9 <sup>a</sup>	302.7±7.6 <sup>b</sup>	500.3±7.5 <sup>f</sup>	371.4±10.0 <sup>e</sup>	219.8±8.0 <sup>bc</sup>	202.3±6.3 <sup>b</sup>
<b>Threonine</b>	283.4±6.6 <sup>b</sup>	211.2±5.4 <sup>a</sup>	612.1±20.2 <sup>f</sup>	613.2±9.5 <sup>f</sup>	588.3±8.4 <sup>f</sup>	295.3±5.2 <sup>b</sup>	277.6±4.9 <sup>a</sup>	515.5±4.9 <sup>e</sup>	449.2±4.6 <sup>d</sup>	368.3±7.4 <sup>c</sup>	187.9±4.6 <sup>a</sup>
<b>Valine</b>	14.9±0.7 <sup>e</sup>	9.7±0.5 <sup>d</sup>	17.4±0.6 <sup>f</sup>	9.4±0.6 <sup>cd</sup>	8.7±0.4 <sup>cd</sup>	8.7±0.5 <sup>cd</sup>	9.6±0.4 <sup>d</sup>	3.2±0.2 <sup>a</sup>	6.0±0.5 <sup>cd</sup>	9.5±0.6 <sup>b</sup>	7.0±0.4 <sup>bc</sup>
<b>Methionine</b>	71.9±3.4 <sup>bc</sup>	81.7±2.5 <sup>b</sup>	204.8±7.4 <sup>g</sup>	163.8±7.8 <sup>f</sup>	223.0±8.2 <sup>g</sup>	103.5±3.9 <sup>d</sup>	69.3±1.3 <sup>b</sup>	92.3±2.5 <sup>b</sup>	130.2±3.2 <sup>e</sup>	94.9±2.4 <sup>b</sup>	29.5±1.9 <sup>a</sup>
<b>Leucine</b>	162.2±4.3 <sup>a</sup>	266.7±6.9 <sup>b</sup>	495.6±17.3 <sup>d</sup>	565.1±17.1 <sup>e</sup>	383.4±11.7 <sup>c</sup>	181.9±4.8 <sup>a</sup>	531.7±7.0 <sup>de</sup>	1040.6±9.0 <sup>g</sup>	730.5±19.2 <sup>f</sup>	413.2±5.6 <sup>c</sup>	485.1±15.0 <sup>d</sup>
<b>Isoleucine</b>	149.1±6.3 <sup>b</sup>	175.7±5.7 <sup>b</sup>	347.8±6.9 <sup>e</sup>	335.3±5.2 <sup>a</sup>	351.2±6.3 <sup>e</sup>	151.6±5.0 <sup>b</sup>	266.4±3.4 <sup>d</sup>	421.2±8.2 <sup>g</sup>	388.1±6.3 <sup>f</sup>	217.2±5.3 <sup>c</sup>	42.9±1.4 <sup>a</sup>
<b>Phenylalanine</b>	8.7±0.4 <sup>a</sup>	16.8±1.0 <sup>ab</sup>	18.8±1.0 <sup>ab</sup>	57.1±2.1 <sup>c</sup>	62.5±3.4 <sup>cd</sup>	12.4±0.5 <sup>a</sup>	69.8±3.2 <sup>cd</sup>	167.6±4.4 <sup>f</sup>	66.9±3.1 <sup>cd</sup>	29.0±1.5 <sup>b</sup>	72.8±3.6 <sup>e</sup>
<b>Tryptophan</b>	46.8±2.3 <sup>ab</sup>	51.1±2.5 <sup>ab</sup>	194.6±4.1 <sup>g</sup>	110.1±5.4 <sup>f</sup>	90.6±1.9 <sup>e</sup>	66.9±2.6 <sup>cd</sup>	60.2±2.8 <sup>bc</sup>	91.1±2.2 <sup>e</sup>	99.3±2.9 <sup>ef</sup>	75.4±2.4 <sup>d</sup>	42.6±1.7 <sup>a</sup>
<b>Lysine</b>	28.5±1.2 <sup>b</sup>	38.6±1.1 <sup>c</sup>	110.5±1.8 <sup>g</sup>	68.1±2.4 <sup>f</sup>	64.4±2.7 <sup>ef</sup>	49.0±2.6 <sup>d</sup>	30.4±1.4 <sup>bc</sup>	32.2±1.7 <sup>bc</sup>	57.9±2.4 <sup>de</sup>	37.5±1.7 <sup>bc</sup>	16.6±0.9 <sup>a</sup>

**Table 4.** Total Essential, Total Non-essential, Total Amino acid ( $\mu\text{g}\cdot(\text{g dw})^{-1}$ ) with ratio of TE/TNE and TE/TA

	TE*	TNE*	TA*	TE/TNE%	TE/TA%
<b>Maraş</b>	1497.5±48.3 <sup>a</sup>	2332.4±51.8 <sup>f</sup>	3830.0±84.8 <sup>cd</sup>	64	39
<b>Elazığ</b>	1593.7±26.4 <sup>a</sup>	1722.3±42.7 <sup>b</sup>	3316.0±68.6 <sup>b</sup>	93	48
<b>Sheladize</b>	3395.7±17.9 <sup>e</sup>	2548.5±75.9 <sup>g</sup>	5944.2±93.7 <sup>g</sup>	133	57
<b>Shahi</b>	3015.0±33.0 <sup>d</sup>	2249.0±3.2 <sup>ef</sup>	5264.0±29.9 <sup>f</sup>	134	57
<b>Charput</b>	2974.2±9.5 <sup>d</sup>	2053.9±37.8 <sup>de</sup>	5028.1±38.0 <sup>f</sup>	145	59
<b>Shelaza</b>	1456.3±16.6 <sup>a</sup>	1117.0±16.8 <sup>a</sup>	2573.3±32.2 <sup>a</sup>	130	57
<b>Ranya</b>	2311.6±30.9 <sup>c</sup>	1971.5±17.9 <sup>cd</sup>	4283.0±29.5 <sup>e</sup>	117	54
<b>Kadana</b>	4167.3±28.7 <sup>f</sup>	3394.4±31.2 <sup>h</sup>	7561.7±59.6 <sup>h</sup>	123	55
<b>Trwanish</b>	3383.7±51.1 <sup>e</sup>	2697.4± 47.4 <sup>g</sup>	6081.0±93.2 <sup>g</sup>	125	56
<b>Derishke</b>	2183.5±26.1 <sup>c</sup>	1814.6±34.7 <sup>bc</sup>	3998.1±45.1 <sup>de</sup>	120	55
<b>Suleymania</b>	1859.6±46.6 <sup>b</sup>	1779.0±30.2 <sup>bc</sup>	3638.6±69.9 <sup>c</sup>	105	51

\* : TE : Total Essential Amino acid, TNE : Total Non-essential Amino acid, TA : Total Amino acid



**Figure 1.** Total essential and non-essential amino acid amounts in sumac samples from different regions

The ratio of amino acids is important for the metabolism to work in a proper way. While the highest total essential and total amino acids were in the Kadana region, the total non-essential amino acid Sheladize region were found in sumac samples (Table 4 and Figure 1).

It was observed that the total amount of essential amino acids in the sumac samples grown in different regions varied between 1456.3±16.6 - 4167.3±28.7 ( $\mu\text{g}\cdot(\text{g dw})^{-1}$ ), and the total amino acid amounts 2573.3±32.2 - 7561.7±59.6 ( $\mu\text{g}\cdot(\text{g dw})^{-1}$ ) were observed (Table 4 and Figure 1).

Wang and Zhu (2017) reported in their study that the essential amino acid content of *Rhus typhina* in the range of 0.05 to 3.16 mg/(g protein) from two different sumac samples, and the non-essential amino acid content varies between 0.10 to 7.46 mg/(g protein).

Sadiq et al. (2013) found the amount of essential amino acids in the pulp and seed of the date palm (*Phoenix*

*dactylifera*), respectively 12.78 and 7.11 g/100 g dw, while the total amino acid amount 28.22 and 15.28 g/100 g dw were reported..

The study carried out by Zhou et al. (2019) using *Nitraria tangutorum* Bobr pulp and peel, reported that the total essential and non-essential amino acids amount ranged between 44.39-53.51 and 65.65-71.41 ( $\text{mg}\cdot(\text{g dw})^{-1}$ ) respectively. Mukhtar et al. (2022) reported that the total amount of essential amino acids in five different eggplant samples ranged from 19.31 to 27.21 ( $\text{mg}\cdot(\text{g dw})^{-1}$ ). Bouba et al. (2016) showed that the total non-essential amino acid (TNE) amounts of *P. brazzeana*, *A. Daniellii*, and *S. Melongena*, which are wild plants used as a spice in Cameroon, are 35.8, 52.04, 59.78 g/(100 g protein), respectively. They reported that the TE/TA ratio was 1.62, 0.72 and 0.45, respectively. It has been reported that the daily total essential amino acid requirement of the individual (70 kg) is about 12.88 g (Joint WHO/FAO/UNU, 2007). A person consuming 10 grams of sumac grown in Kadana

region get daily need of 0.32% of essential amino acid. It has been reported that a good protein source should have a TE/TA ratio of over 40% and TE/ TNE ratio of over 60% (Zhou et al., 2019). While the ratios of TE/TNE in sumac samples vary between 64%-145%, the ratios of TE/TA vary between 39% - 59%. From these results, it can be said that the essential amino acid ratios are high in all sumac samples studied (Table 4).

## CONCLUSION

It has been determined that the sumacs of Kadana and Sheladize regions are rich in non-essential amino acids, while the sumacs of Shelaza and Maraş regions are poor. In terms of essential amino acids, the sumac obtained from Kadana and Sheladize regions was richer, while the sumac from Suleymania and Maraş regions were found to be poor. It can be said that all of the examined sumac samples are rich in glutamic acid, histidine and alanine, but poor in glycine. While the total amount of essential amino acids varies between 1456.3 and 4167.3 ( $\mu\text{g} \cdot (\text{g} \cdot \text{dw})^{-1}$ ) the highest was observed in the sumac of the Kadana region. TE/TNE ratio in the examined sumac samples ranged from 64% to 145%, and TE/TA between 39% and 59%. From these results, it can be said that sumac samples are a good source of essential amino acids. The differences in the amounts of essential and non-essential amino acids between different samples may be due to geographical and ecological differences.

## Author's Contributions

The contribution of the authors is equal.

## Statement of Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

## REFERENCES

- Abu-Reidah, I. M., Ali-Shtayeh, M. S., Jamous, R. M., Arráez-Román, D., & Segura-Carretero, A. (2015). HPLC–DAD–ESI-MS/MS Screening of Bioactive Components from *Rhus coriaria* L. Sumac fruits. *Food Chemistry*, 166, 179–191. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.06.011.
- Abu-Reidah, I. M., Jamous, R. M., & Ali-Shtayeh, M. S. (2014). Phytochemistry. Pharmacological Properties and Industrial Application of *Rhus coriaria* L. Sumac: A Review. *Jordan Journal of Biological Sciences JJBS*, 7(4), 233-244. doi:10.12816/0008245.
- Bakar, B., Çakmak, M., Ibrahim, M. S., Özer, D., Saydam, S., & Karatas, F. (2020). Investigation of Amounts of vitamins, lycopene, and elements in the fruits of *Opuntia ficus-indica* subjected to different pretreatments. *Biological Trace Element Research*, 198(1), 315-323. <https://doi.org/10.1007/s12011-020-02050-w>.
- Bouba, A.A., Ponka, R., Augustin, G., Yanou, N.N., El-Sayed, M.A., Montet, D., Scher, J., Mbofung, C.M. (2016). Amino Acid and Fatty Acid Profile of Twenty Wild Plants Used as Spices in Cameroon. *American Journal of Food Science and Technology* 4(2), 29-37. DOI:10.12691/ajfst-4-2-1.
- Davidson, J. A. (2019). Amino Acids in Life: A Prebiotic Division of Labor. *Journal of Molecular Evolution*, 87, 1-3. <https://doi.org/10.1007/s00239-018-9879-z>.
- DeBerardinis, R. J., Mancuso, A., Daikhin, E., Nissim, I., Yudkoff, M., Wehrli, S., & Thompson, C. B. (2007). Beyond aerobic glycolysis: Transformed cells can engage in glutamine metabolism that exceeds the requirement for protein and nucleotide synthesis. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 104, 19345–19350. doi: 10.1073/pnas.0709747104.
- Demchik, S., Rajangam, A., Hall, J., & Singsaas, E. (2015). Fatty Acids, Carbohydrates and Total Proteins of Wild Sumac (*Rhus typhina* L.) Drupes from the Upper Midwest of the United States. *American Journal of Essential Oils and Natural Products*, 3(2), 30–34. ISSN: 2321 9114.
- Duan, W., Huang, Y., Xiao, J., Zhang, Y., & Tang, Y. (2020). Determination of free amino acids, organic acids, and nucleotides in 29 elegant spices. *Food Science Nutrition*, 8, 3777–3792. doi: 10.1002/fsn3.1667.
- Elkin, R.G., & Wasynczuk, A. M. (1987). Amino acid analysis of feedstuff hydrolysates by precolumn derivatization with phenylisothiocyanate and reversed-phase high-performance liquid chromatography. *Cereal Chemistry* 64(4): 226-229.
- Forde, B. G., & Lea, J. F. (2007). Glutamate in plants: metabolism, regulation, and signalling. *Journal of Experimental Botany*, 58(9), 2339-2358. doi:10.1093/jxb/erm121.
- Gorska-Ponikowska, M., Perricone, U., Kuban-Jankowska, A., Lo Bosco, G., & Barone, G. (2017). 2-methoxyestradiol impacts on amino acid-mediated metabolic reprogramming in osteosarcoma cells by interaction with NMDA receptor. *Journal of Cell Physiology*, 232(11), 3030-3049. doi: 10.1002/jcp.25888.
- Han, M.; Zhang, C.; Suglo, P.; Sun, S.; Wang, M.; Su, T. (2021). L-Aspartate: An Essential Metabolite for Plant Growth and Stress Acclimation. *Molecules* 26: 1-17. doi: 10.3390/molecules26071887.
- Haroun, S. A., Shukry, W. M., & El-Sawy, O. (2010). Effect of asparagine or glutamine on growth and metabolic changes in *Phaseolus vulgaris* under in vitro conditions. *Bioscience Research*, 7(1), 1-21. ISSN: 2218-3973.,
- Hayes, M. (2020). Measuring Protein Content in Food: An Overview of Methods. *Foods* 9, 1340; 1-4. doi:10.3390/foods9101340.
- Joint, WHO/FAO/UNU. (2007). Expert Consultation. Protein and amino acid requirements in human

- nutrition. *World Health Organ Tech Rep Ser*, (935). Table 1.
- Kalefetoğlu, T., Ekmekçi, Y. (2005). Bitkilerde kuraklık stresinin etkileri ve dayanıklılık. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(4), 723-740. ISSN 1303-9709.
- Kishor, P. B. K., Suravajhala, R., Rajasheker, G., Nagaraju Marka, N., Shridhar, K. K., Dhulala, D., Scinthia, K. P., Divya, K., Doma, M., Edupuganti, S., Suravajhala, P., & Polavarapu, R. (2020). Lysine, Lysine-Rich, Serine, and Serine-Rich Proteins: Link Between Metabolism, Development, and Abiotic Stress Tolerance and the Role of ncRNAs in Their Regulation. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1-15. doi: 10.3389/fpls.2020.546213.
- Kossah, R., Nsabimana, C., Zhao, J. X., Chen, H. Q., Tian, F. W., Zhang, H., & Chen, W. (2009). Comparative Study on the Chemical Composition of Syrian Sumac (*Rhus coriaria* L.) and Chinese Sumac (*Rhus typhina* L.) Fruits. *Pakistan Journal Nutrition*, 8, 1570-1574. ISSN 1680-5194.
- Kwanyuen P & Burton JW (2010). A Modified amino acid analysis using PITC derivatization for soybeans with accurate determination of cysteine and half-cystine. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 87(2): 127-132. doi.org/10.1007/s11746-009-1484-2.
- Lee, D. Y., & Kim, E. H. (2019). Therapeutic Effects of Amino Acids in Liver Diseases: Current Studies and Future Perspectives. *Journal of Cancer Prevention*, 24(2), 72-78. doi: 10.15430/JCP.2019.24.2.72.
- Mendoza-Cozatl, D. G., Zhai, Z., Jobe, T. O., Akmakjian, G. Z., Song, W. Y., Limbo, O., Russell, M. R., Kozlovskyy, V. I., Martinoia, E., Vatamaniuk, O. K., Russell, P., & Schroeder, J. I. (2010). Tonoplast-localized Abc2 transporter mediates phytochelatin accumulation in vacuoles and confers cadmium tolerance. *Journal of Biological Chemistry* 285, 40416-40426. doi: 10.1074/jbc.M110.155408.
- Miflin, B. J., & Habash, D. Z. (2002). The role of glutamine synthetase and glutamate dehydrogenase in nitrogen assimilation and possibilities for improvement in the nitrogen utilization of crops. *Journal of Experimental Botany*, 53(370), 979- 987. https://doi.org/10.1093/jexbot/53.370.979.
- Mukhtar, Z. G., Özer, D., Karataş, F., & Saydam, S. (2022). Amino Acid Contents of Some Eggplant Species Grown in Different Region. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12(2), 857-869. doi:10.21597/jist.1037958.
- Olgun, M., Budak Başçiftçi, Z., Ayter, G., Turan, M., Aydın, D., Şaban, D., Sönmez, A. C., & Koyuncu, O. (2016). Potasyum İyodür Uygulamasının Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Biyokimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(2), 46-60. ISSN 1304-9984.
- Ros, R., Bertomeu, J. M., & Krueger, S. (2014). Serine in plants: biosynthesis, metabolism, and functions. *Trends in Plant Science*, 19(9), 564-569. http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2014.06.003.
- Sadiq, I. S., Izuagie, T., Shuaibu, M., Dogoyaro, A. I., Garba, A., & Abubakar, S. (2013). The Nutritional Evaluation and Medicinal Value of Date Palm (*Phoenix dactylifera*). *International Journal of Modern Chemistry* 4(3): 147-154. ISSN: 2165-0128.
- Shabbir, A. (2012). *Rhus Coriaria* linn. a Plant of medicinal, nutritional and industrial importance: a review. *Journal Animal Plant and Science*, 22(2), 505-512. ISSN: 1018-7081.
- Song, Y. T., Xu, C., Kuroki, H., Liao, Y. Y., & Tsunoda, M. (2018). Recent trends in analytical methods for the determination of amino acids in biological samples. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 147, 35-49. doi: 10.1016/j.jpba.2017.08.050.
- Stoimenova, A., Ivanov, K., Obreshkova, D., & Saso, L. (2013). Biotechnology in the production of pharmaceutical industry ingredients: Amino acids. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 27(2), 3620-3626. https://doi.org/10.5504/BBEQ.2012.0134.
- Tajiri, K., & Shimizu, Y. (2013). Branched-chain amino acids in liver diseases. *World J Gastroenterol*, 19 (43), 7620-7629. doi:10.3748/wjg.v19.i43.7620.
- Ünder, D., & Saltan, F. Z. (2019). Sumak ve Önemli Biyolojik Etkileri. *Çukurova Tarım Gıda Bilimleri Dergisi*, 34(1), 51-60. Corpus ID: 202817465.
- Wang, S., Zhu, F. (2017). Chemical composition and biological activity of staghorn sumac (*Rhus typhina*). *Food Chemistry* 237: 431-443. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.111.
- Xu, J. J., Fang, X., Li, C. Y., Yang, L., & Chen, X. Y. (2020). General and specialized tyrosine metabolism pathways in plants. *aBIOTECH* 1:97-105. doi: 10.1007/s42994-019-00006-w.
- Zemanova, V., Pavlik, M., & Pavlikova, D. (2017). Cadmium toxicity induced contrasting patterns of concentrations of free sarcosine, specific amino acids and selected microelements in two *Noccaea* species. *Plos One*, 12(5), 1-17. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177963.
- Zhou, W., Wang, Y., Yang, F., Dong, Q., Wang, H., & Hu, N. (2019). Rapid Determination of Amino Acids of *Nitraria tangutorum* Bobr. from the Qinghai-Tibet Plateau Using HPLC-FLD-MS/MS and a Highly Selective and Sensitive Pre-Column Derivatization Method. *Molecules*, 24, 1665: doi:10.3390/molecules24091665.



## Tüketicilerin Mahreç İşaretli Erzurum Kadayıf Dolması Duyusal Niteliklerine Göre Ödeme İstekliliğinin Belirlenmesi

Yavuz TOPCU<sup>1</sup>, Tuba GÜLER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, Erzurum, <sup>2</sup>Erzurum-Aziziye Ziraat Odası Başkanlığı, Erzurum

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-2260-3465>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0009-0007-4421-6929>

✉: [yavuztopcu@atauni.edu.tr](mailto:yavuztopcu@atauni.edu.tr)

### ÖZET

Araştırmanın amacı, mahreç işaretli Erzurum Kadayıf Dolmasının içsel ve dışsal niteliklerine dayalı ürün profillerinden mamul içeriği ile üretim tekniği simülasyonlarına göre tüketicilerin ödeme istekliliklerini (WTP) belirlemek ve tüketici memnuniyeti odaklı pazarlama stratejileri oluşturmaktır. Bu amaçla, Erzurum ilinde ikamet eden ve Erzurum Kadayıf Dolması tüketen tüketicilerden elde edilen birincil veriler ana materyal olarak kullanılmıştır. Araştırma metodu olarak, tüketim sıklıklarına göre homojen tüketici kitlelerini oluşturmak için kümeleme analizi ve her bir kitlenin toplam faydası hesaplanmış ve (WTP) belirlemek için Conjoint Analiz (CA) tabanlı seçim modeli kullanılmıştır. Araştırmanın sonuçları, yoğun ve düşük düzeyde Erzurum Kadayıf Dolması tüketen tüketiciler için ceviz içi ile hazırlanmış ev tipi kadayıf dolmaları için yüksek fiyattan WTP önemli ölçüde kabul görmüştür, fakat ılımlı düzeyde tüketenler için ise düşük fiyattan WTP duyarlılığı ön plana çıkmıştır. Fiyat duyarlılığı yüksek olan kitleler için ürün içeriği bakımından mamul farklılaştırması genişletilmeli ve pastane satış noktalarında tüketicilerin hizmetlerine sunulmalıdır. Ancak fiyat duyarlılığı düşük olan kitleler için ceviz içi ile tasarlanmış ev tipi kadayıf dolmaları, imalatçı satış mağazalarında yoğun bir şekilde satışa sunulmalıdır.

### Tarım Ekonomisi

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 30.05.2023

Kabul Tarihi : 21.08.2023

### Anahtar Kelimeler

Conjoint Analiz

Erzurum Kadayıf Dolması

Ev yapımı

Mamul içeriği

Ödeme istekliliği

## Determining Consumers' Willingness to Pay According to Sensory Attributes of Erzurum Stuffed-Kadayif with Protected Geographical Indication

### ABSTRACT

The aim of the study is to determine consumers' willingness to pay (WTP) in view of the product contents and manufacturing type simulations from the product profiles based on the intrinsic and extrinsic attributes of Erzurum Stuffed-kadayif profiles with Protected Geographical Indication, and then to create marketing strategies focused on consumer satisfaction. In order to reach to these goals, the main material was composed of the primary data obtained from the consumers residing in Erzurum, and consuming Erzurum Stuffed-kadayif. For the methods of the research, K-means Cluster Analysis was used to segment homogenous consumer masses according to consumption frequencies, and CA-based choice model was also applied to calculate the total utilities for each consumer cluster and then to measure consumers' WTPs for Erzurum Stuffed-kadayif. The results of the study highlighted that WTPs at higher prices were considerably accepted for the heavy and light users consuming Erzurum Stuffed-kadayif prepared with walnut core, but WTP sensitivities at lower prices for moderate users were given priority. Differentiated products in terms of product contents should be expanded for the masses with high price sensitivity and offered to their services at patisserie sales points. Homemade-type Erzurum Stuffed-kadayif designed with walnut interior, however, should be offered to sell intensively at manufacturer sales stores.

### Agricultural Economics

### Research Article

### Article History

Received : 30.05.2023

Accepted : 21.08.2023

### Keywords

Conjoint Analysis

Erzurum Stuffed-kadayif

Homemade-type

Product content

Willingness to pay



- Atf İçin:** Topcu, Y., & Güler, T., (2024). Tüketicilerin Mahreç İşaretli Erzurum Kadayıf Dolması Duyusal Niteliklerine Göre Ödeme İstekliliğinin Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg 27 (2)*, 430-442. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1307051>
- To Cite:** Topcu, Y., & Güler, T., (2024). Determining Consumers' Willingness to Pay According to Sensory Attributes of Erzurum Stuffed-Kadayif with Protected Geographical Indication. *KSU J. Agric Nat 27 (2)*, 430-442. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1307051>

## GİRİŞ

Son yıllarda yaşanan küresel iklim değişikliklerinin negatif etkileri altında bitkisel ve hayvansal orijinli gıda ürünlerinin maruz kaldığı düşük verim ve kalite nitelikleri, biyoçeşitlilik kayıpları ile tarımsal ürünlerin üretimden tüketime kadar devam eden mamul yaşam döngüsünde gıda güvenliği ve güvencesinde olası risk unsurları ve mamullerin duyusal kalite niteliklerinde negatif tüketici algısı yanında insan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz etkiler, tüketicilerin gıda tüketim tercihlerini ve satın alma modelleri üzerinde önemli ölçüde bir değişim yaşanmasına yol açmıştır (Rojas-Downing ve ark., 2017; Godde ve ark., 2021; Bernabeu ve ark., 2023; Bouranta ve ark., 2023).

İklim değişikliğinin negatif etkileri yanında patlak veren Covid-19 salgını ve Ukrayna ve Rusya savaşının etkileri altında, dünya buğday üretimi ve stokları 2019 yılında 764 ve 284 milyon tondan 2022 yılında 769 ve 271 milyon tona gerilerken, tüketim ise 741 milyon tondan 782 milyon tona yükselmiştir (TEPGE, 2022). Hem dünya buğday üretimi hem de buğday stoklarında meydana gelen azalmaya karşılık, dünya buğday tüketiminde ise önemli bir artış gözlenmiştir. Bu durum dünya genelinde buğday arzının tüketici taleplerini karşılamada ciddi bir problemin varlığına ve gelecekte de gerekli önlem ve adaptasyon çalışmaları yeterli boyutta yapılmaz ise büyük bir arz açığına işaret etmektedir.

Türkiye'de ise buğday üretimi 2019, 2021 ve 2022 yıllarında 19.00, 17.65 ve 19.80 milyon ton iken, buğdayın yurt içi tüketimi 20.00, 19.01 ve 19.00 milyon ton olarak belirlenmiştir (TEPGE, 2022). Özellikle 2019 yılını etkisi altına alan Covid-19 salgını ve devam eden iklim değişikliğinin negatif etkileri, buğday ve unlu mamullerin arzını daraltarak, öncelemiş talep artışlarının etkisiyle de mamul fiyatlarının ciddi bir şekilde yükselmesine neden olmuştur. Dolayısıyla 2018 yılında buğdayın ortalama fiyatı 1.5 ₺ kg<sup>-1</sup> iken, 2022 yılında yaklaşık 5.5 ₺ kg<sup>-1</sup>'a kadar yükselmiştir (PTB, 2022). Buğday fiyatındaki bu dramatik artışlar, 2018 yılında 1.76 ₺ kg<sup>-1</sup>'den işlem gören un fiyatının, 2022 yılında 7.7 ₺ kg<sup>-1</sup> yükselmesine neden olmuştur (PTB, 2022a). Araştırma konusu olan Erzurum Kadayıf Dolmasının temel girdisi olan un fiyatları yanında şeker, ceviz, antepfıstığı ve fındık gibi ürün bileşenlerinin de fiyatlarındaki aşırı artışlar, ürün maliyetini yükselterek birim fiyatların 2019 yılında 15 ₺ kg<sup>-1</sup>'den günümüzde 140 ₺ kg<sup>-1</sup>'a kadar yükselmesine neden olmuştur.

Diğer taraftan, tarım ve tarıma dayalı sanayi

işletmeleri üzerinde negatif etkisi devam eden doğal risk faktörlerinin yanında, Türkiye'nin 2022-2023 makroekonomik verileri de dikkate alındığı zaman, Mart ayına göre yıllık tüketici fiyat endeksi (Yİ-TÜFE) ve gıda fiyat artışları (gıda enflasyonu) %50.51 ve %67.89 olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2023). Üretici fiyat endeksi (Yİ-ÜFE) ve gıda girdi fiyatlarındaki yıllık artışlar ise %62.45 ve %88.38 olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2023a). Bu enflasyonist ve doğal risk unsurlarının baskıları hem üretim girdilerin maliyetlerini artırarak ekonomide daralma ile gıda fiyatlarının dramatik bir şekilde artmasına hem de tüketici gelirlerinin reel olarak düşmesiyle talep daralmasından kaynaklanan sosyal refah kayıplarının teşekkülüne sebebiyet vermiştir. Bu durum tüketicilerin zorunlu ihtiyaçlar kategorisinde ağırlık verdikleri gıda ürünlerine ayırdıkları payların harcama bütçesi içerisindeki paylarının aşırı artmasına ve pazarlama karması bileşenlerine bağlı olarak ödeme istekliliklerinin (WTP) kategorik bir şekilde önemli ölçüde değişmesine neden olmuştur.

İklim değişikliğinin etkisi altında gıda ihtiyaçlarını karşılayan tüketiciler, hem ürünlerin duyusal kalite algısını hem de ekonomide yaşanan gelişmeleri dikkate alarak, gıda seçimini ve satın alma modellerini şekillendirmektedir. Tüketicilerin satın alma modelleri üzerinde etkili olan ve toplam faydalarını maksimum kılan mamul profilleri üzerinde duyusal ürün nitelikleri (mamulün içeriği ve kalitesi, üretim ve işleme teknikleri, mamul gramajı ve orijin) dikkate alınarak, mamul tercihleri ve satın alma modellerinde WTP ön plana çıkmaktadır (Nguyen & Truong, 2021; Burnier ve ark., 2021; Alsubhi ve ark., 2022; Wang ve ark., 2022; Fakhreddine & Sanchez, 2023; Hong ve ark., 2023; Magalhaes ve ark., 2023; Marozza ve ark., 2023; Ong ve ark., 2023). Bu araştırmalarda, tüketicilerin satın alma kararı üzerinde satın alma istekliliğinin majör belirleyicinin mamul fiyatı olduğuna ve tüketicilerin satın alma gücünün belirleyicisi olan sosyoekonomik nitelikler hakkında da önemli bilgiler sunduğuna işaret edilmiştir. Ayrıca, tüketicilerin ödemek istedikleri maksimum fiyatlarla mamullerin içeriği ve üretim modelleri arasında çok sıkı bir ilişkinin mevcut olduğu, motive eden faktör düzeylerinin (organik, daha sağlıklı girdiler, orijin), toplam fayda maksimizasyonu ile ilgili ilişkilerdeki kümülatif oranların da daha yüksek seyrettiği rapor edilmiştir. Özellikle tüketicilerin duyusal algılarıyla ilgili deneyimlerine bağlı olarak gıda ürünleri satın alırken; mamullerin bölge orijini ve fiyatları (Topcu & Çavdar, 2022; Bernabeu ve ark., 2023; Chaffee & Ross,

2023; Noor ve ark., 2023; Ong ve ark., 2023; Onozaka ve ark., 2023), ürün içeriği ve bileşenleri (McLean ve ark., 2017; Schiano ve ark., 2020; Baptista ve ark., 2022; Racette & Drake, 2022; Bernabeu ve ark., 2023), mamul gramajı ve büyüklüğü (Best ve ark., 2023; Campbell ve ark., 2023; Chaffee & Ross, 2023) ve üretim ile imalat tipleri (Bytyqi ve ark., 2023; Curutchet ve ark., 2023; Seo & Kim, 2023) gibi mamul karması bileşenlerini dikkate alarak büyük bir ölçüde satın alma kararı verdikleri ve daha yüksek kalite algısı sağlayan gıda ürünlerine ödeme istekliliklerinin yüksek olduğu vurgulanmıştır.

Mevcut araştırma kapsamında, işlenmiş gıda ürünleri kategorisinde yer alan ve üç farklı işleme sürecine tabii olan Erzurum Kadayıf Dolması tüketim tercihleri ve satın alma kararı üzerinde tüketicilerin sağlık endişelerini minimum kılabacak coğrafi işaret tescili ve duysal kalitenin indikatörlerinden ürün içeriği ve bileşenlerin kalite algısı ile mamul işleme teknikleri, ödeme istekliliğinin ana belirleyicileri durumundadır. Dolayısıyla tüketicilerin Erzurum Kadayıf Dolması tercihi ve satın alma kararı üzerinde etkili olan içsel ve dışsal ürün kalite niteliklerine göre tasarlanmış mamul profilleri için tüketicilerin ödeme istekliliklerinin ölçülebilmesi hem arz zinciri boyunca piyasa aktörlerinin mamul farklılaştırmasına giderek kadayıf dolması farklılaştırmasının artırılabilmesine ve sürdürülebilirliğin temin edilebilmesine hem de tüketicilerin WTP bağlı olarak tüketim memnuniyetlerini artırmalarına olanak sağlanabilir. Bu kapsamda mevcut araştırmanın amacı, Erzurum ilinde ikamet eden ve bölge orijinli Erzurum Kadayıf Dolması tüketen homojen tüketici grupları için içsel ve dışsal mamul niteliklerine dayalı ürün profillerinden mamul içeriği ile üretim tekniği simülasyonlarına göre ödeme istekliliklerini (WTP) belirlemek ve daha sonra tüketici memnuniyeti odaklı pazarlama stratejileri oluşturmaktır.

## MATERYAL ve METOD

### Materyal

Araştırmanın ana materyalini, Erzurum İli Yakutiye,

Aziziye ve Palandöken Merkez İlçelerinde Mahreç İşaretli Erzurum Kadayıf Dolması tüketen hane halkları ile yapılan anketlerden elde edilen birincil veriler oluşturmuştur. Buna ilave olarak ikincil veriler, çeşitli istatistik kurum ve kuruluşlarının (TUİK, FAO, Erzurum Ticaret Odası) verileri ile yerli ve yabancı bilimsel araştırma proje raporları ve makale bulgu ve sonuçlarından elde edilmiştir.

### Metotlar

#### Örneklem Büyüklüğünün Hesaplanması

Erzurum İlinin üç merkez ilçesi dikkate alınarak; Yakutiye (44.325 hane halkı), Aziziye (14.818 hane halkı) ve Palandöken (38.674 hane halkı) ana kütleyi oluşturmuştur (TUİK, 2022). Bu ilçelerde yürütülen ön anket çalışması ile ilgili mamulü tüketen ve tüketmeyen hane halklarının oranları belirlenmiş ve daha sonra, örnek kitle büyüklüğü Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmıştır (Malhotra, 1993; Churchill, 1995; Topcu, 2012).

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{c^2} = 385 \quad (1)$$

Eşitlik 1'de;

n: Örnek büyüklüğü

Z: Standart Z değeri, (%5 önem seviyesinde 1.96)

p: Erzurum Kadayıf Dolması tüketim olasılığı (0.50)

c: Hata terimi (0.05)

Örneklem kitle büyüklüğü ve her bir ilçedeki hane halkı sayıları dikkate alınarak, oransal yöntemlerle anket sayıları: Yakutiye'de 175, Aziziye'de 58 ve Palandöken'de 152 ve toplamda 385 olarak hesaplanmıştır.

#### Anket formlarının hazırlanmasında uygulanan metot

Araştırma bölgesinde Erzurum Kadayıf Dolması tüketen hane halklarının satın alma tutum ve davranışları belirleyen içsel ve dışsal ürün nitelikleri ile tüketicilerin sosyoekonomik ve demografik karakteristikleri ile ilgili faktörler, yerli ve yabancı araştırmalarda kullanılan değişkenlerin bölgelere ve ilgili ürüne uyarlanması ile elde edilmiştir.

Çizelge 1. Erzurum Kadayıf Dolması için Conjoint Analizde kullanılan faktör ve faktör düzeyleri  
Table 1. Factor and factor levels used in Conjoint Analysis for Erzurum Stuffed-kadayıf

Faktörler <i>Factors</i>	Faktör seviyeleri <i>Factor levels</i>
İmalat tipi	Ev tipi
Ürün içeriği	Ceviz içi
Marka tipi	Yerel
Satış noktası	Restoran
Mamul boyutu	Büyük boy
Fiyat	Düşük fiyat (100 ₺ kg <sup>-1</sup> )
	Fabrika tipi
	Fındık içi
	Ulusal
	Pastane
	Orta boy
	Orta fiyat (125 ₺ kg <sup>-1</sup> )
	-
	Antepfıstığı içi
	Jenerik
	İmalatçı
	Küçük boy
	Yüksek fiyat (150 ₺ kg <sup>-1</sup> )

Tüketicilerin Erzurum Kadayıf Dolması satın alma modeli üzerinde etkili olan duysal ve hedonik ürün

niteliklerinden ürün içeriği, üretim tekniği, marka kategorisi, mamul satış noktası, mamul boyutu ve

kilogram fiyat seviyeleri olarak 6 faktör ve 17 faktör seviyeleri dikkate alınarak (Çizelge 1), Conjoint tabanlı seçim modeli altında Orthogonal Design ile tasarlanan 18 mamul profilleri elde edilmiştir (Çizelge 2). Bu mamul profilleri anket formlarına aktararak,

her bir tüketiciden kart numarası verilmiş olan mamul profillerini ordinal skala üzerinde (en yüksek memnuniyet sağlayan profilin 1. tercih ve en az memnuniyet sağlayan profilin 18. tercih) sıralanması istenmiştir.

Çizelge 2. Orthogonal Design ile türetilen Erzurum Kadayıf Dolması profilleri

Table 2. Erzurum Stuffed-kadayıf profiles derived by Orthogonal Design

Kart No Card #	Fiyat Price	Ürün içeriği Content	İmalat şekli Manufacturing type	Marka tipi Brand type	Büyüklik Size	Satış noktası Retailers
1	125 ₺	Antepfıstığı içi	Fabrika tipi	Yerel marka	Orta boy	İmalatçı
2	100 ₺	Fındık içi	Fabrika tipi	Yerel marka	Orta boy	Pastane
3	150 ₺	Ceviz içi	Fabrika tipi	Yerel marka	Küçük boy	İmalatçı
4	150 ₺	Ceviz içi	Fabrika tipi	Yerel marka	Büyük boy	Pastane
5	125 ₺	Ceviz içi	Ev tipi	Jenerik marka	Küçük boy	Pastane
6	100 ₺	Antepfıstığı içi	Fabrika tipi	Jenerik marka	Küçük boy	Pastane
7	100 ₺	Ceviz içi	Ev tipi	Ulusal marka	Orta boy	İmalatçı
8	125 ₺	Ceviz içi	Fabrika tipi	Jenerik marka	Orta boy	Restoran
9	100 ₺	Antepfıstığı içi	Fabrika tipi	Jenerik marka	Büyük boy	İmalatçı
10	150 ₺	Fındık içi	Ev tipi	Jenerik marka	Büyük boy	İmalatçı
11	125 ₺	Fındık içi	Fabrika tipi	Ulusal marka	Büyük boy	Pastane
12	125 ₺	Antepfıstığı içi	Ev tipi	Yerel marka	Büyük boy	Restoran
13	150 ₺	Antepfıstığı içi	Fabrika tipi	Ulusal marka	Küçük boy	Restoran
14	150 ₺	Fındık içi	Fabrika tipi	Jenerik marka	Orta boy	Restoran
15	100 ₺	Ceviz içi	Fabrika tipi	Ulusal marka	Büyük boy	Restoran
16	150 ₺	Antepfıstığı içi	Ev tipi	Ulusal marka	Orta boy	Pastane
17 <sup>a</sup>	100 ₺	Fındık içi	Ev tipi	Yerel marka	Küçük boy	Restoran
18 <sup>a</sup>	125 ₺	Fındık içi	Fabrika tipi	Ulusal marka	Küçük boy	İmalatçı

<sup>a</sup>Holdout

## Verilerin İstatistiksel Analizinde Uygulanan Metotlar

### Conjoint Analiz

Conjoint Analiz (CA), tüketicilerin piyasa aktörleri tarafından tasarlanmış ürün profil tercihleri için orthogonal yapısal modeller altında istatistiksel teknikleri tatbik ederek mamul dizaynları geliştirilen profillerin simülasyonu altında WTP ile piyasa paylarının ölçümü için kullanılan istatistiksel bir tekniktir (Green & Krieger, 1991). CA ile önceden tespit edilmiş faktör ve faktör seviyeleri dikkate alınarak, indirgenmiş faktöriyel dizaynı ve ölçek boyutunun belirlenmesiyle veri toplama süreci, dört aşamada uygulanır ve model sonuç tahmin edilir (Topcu, 2019).

CA'nın, ilk iki aşamada, uygun faktör ve faktör seviyeleri belirlenerek, tam konsept (full-concept) yaklaşımı ile indirgenmiş kart dizaynları gerçekleştirilmiştir. Mevcut araştırmada 6 faktör ve 17 faktör seviyesi dikkate alınmıştır (Çizelge 1). Faktör seviyelerine bağlı olarak, tüketicilerin tercihlerini ordinal olarak sıralayabilmeleri için tam profil yaklaşımı altında toplam 486 (3x3x3x3x3x2) kuramsal profiller elde edilmiştir. Ancak, 486 mamul profillerinin tüketiciler tarafından rasyonel bir değerlendirilmesi imkânsızdır. Bu nedenle, *Generate Orthogonal Design* prosedürü kullanılarak, indirgenmiş faktöriyel tasarımıyla Erzurum Kadayıf Dolması profil boyutu 18 profil boyutuna indirgenmiştir (Çizelge 2).

CA ile elde edilen kadayıf dolması profillerinin tüketiciler tarafından sıralanmasıyla her bir faktör için sağlanan fayda skorları, kısmi fayda olarak hesaplanır. Her bir faktörün kısmi faydalardaki değişimlerini gösteren faktörlerin nispi önemini (RI), en etkili faktör düzeylerinin belirlenmesinde etkilidir (SPSS Conjoint 20.0, 2020).

Son olarak, her bir faktörün RI ve onların seviyelerinin kısmi faydalarını belirlemek için faktör seviyeleri ile profillerin sıralanması arasındaki ilişkileri en iyi tanımlayan eklemeli doğrusal modellerdir (SPSS Conjoint 20.0, 2020). CA'da sürekli olmayan modeller; faktör seviyelerinin kategorik ve faktörler ile sıralamalar arasında her hangi bir tahminin bulunmadığını, ancak sürekli lineer modellerde değişkenler ile bunların sıralanması arasındaki olumlu ya da olumsuz yönlü bir ilişki düzeyi kuramsal olarak belirlenir. Bu kapsamda, doğrusal modelde fiyat negatif yönlü (linear-less); ancak marka ve imalat tipi, mamul içeriği, mamul büyüklüğü ve satış noktası ise ayrı olarak tanımlanmıştır. Mevcut araştırmada, WTP için kullanılan faktör seviyelerinin kısmi faydalarının toplamları ile hesaplanan eklemeli doğrusal toplam fayda modeli (TU) kullanılmıştır ve bu model Eşitlik 2'de verilmiştir.

$$TU_{ij} = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_{1i} D_{1i} + \sum_{j=1}^m \beta_{2j} D_{2j} \dots \dots \dots + \sum_{k=1}^y \beta_{xk} D_{xk} \quad (2)$$

Eşitlik 2'de;

$TU_{ij}$ :  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) ve  $j$  ( $j = 1, \dots, m$ ) her bir faktör seviyesi için hesaplanan toplam fayda,

$\beta_{1i}, \beta_{2j}, \beta_{xk}$ : faktör 1, 2, ve  $x$ 'in  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ );  $j$  ( $j = 1, \dots, m$ ),  $k$  ( $k = 1, \dots, y$ ) seviyelerinin kısmi faydaları,

$D_{1i}, D_{2j}$ , and  $D_{xk}$ : ürün profilinde nitelik seviyesinin karşılığı varsa 1 ve diğer durumlar için 0 değerinin temsil edildiği kukla değişkenler,

$\beta_0$ : her bir faktör seviyesi için sabit değeri ifade eder.

### Ödeme İstekliliği (WTP)

WTP ölçülmesinde, tasarlanmış mamul profillerindeki faktörlerin  $RI$  ve faktör seviyelerinin kısmi faydaları üzerinden hesaplanan  $TU$  dikkate alınarak, varsayımlara dayalı hesaplanan fiyat seviyelerine ve farklı faktör seviyelerine göre mamul profil simülasyonlarının  $TU$ larının nispi olasılığını

tanımlayan *BTL (Bradley-Terry-Luce) Modeli* ve *BTL Modelinin* doğal logaritması olan *Logit Model* kullanılmıştır (Green & Krieger, 1991; Murphy ve ark., 2004; SPSS Conjoint 20.0, 2020).

Mevcut araştırmada, Erzurum Kadayıf Dolması simülasyon profilleri için WTP ölçmek için hipotetik olarak, kg başına baz fiyat 100 ₺ kabul edilmiş ve bu baz fiyat %25 ve %50 oranlarında artırılarak, düşük, orta ve yüksek üç farklı fiyat seviyesi; 100 ₺, 125 ₺ ve 150 ₺ olarak belirlenmiştir. Daha sonra üç farklı fiyat seviyeleri üzerinden ürün profillerindeki değişken faktör seviyelerine göre mamul içeriği (Çizelge 3) ve üretim tekniği (Çizelge 4) simülasyonları, hem toplam faydaların hesaplanması hem de WTP ölçümü tasarlanmıştır.

Çizelge 3. Erzurum Kadayıf Dolmasının ürün içeriğine göre WTP simülasyon profilleri

Table 3. WTP simulation profile according to product content of Erzurum Stuffed-kadayıf

Kart No Card #	Fiyat Price	Ürün İçeriği Product content	İmalat şekli Manufacturing type	Marka tipi Brand type	Büyükük Size	Satış noktası Selling point
19 <sup>a</sup>	100 ₺	Ceviz içi	Ev tipi	Yerel marka	Büyük boy	İmalatçı
20 <sup>a</sup>	125 ₺	Ceviz içi	Ev tipi	Yerel marka	Büyük boy	İmalatçı
21 <sup>a</sup>	150 ₺	Ceviz içi	Ev tipi	Yerel marka	Büyük boy	İmalatçı
22 <sup>a</sup>	100 ₺	Antepfıstığı	Ev tipi	Yerel marka	Büyük boy	İmalatçı
23 <sup>a</sup>	125 ₺	Antepfıstığı	Ev tipi	Yerel marka	Büyük boy	İmalatçı
24 <sup>a</sup>	150 ₺	Antepfıstığı	Ev tipi	Yerel marka	Büyük boy	İmalatçı
25 <sup>a</sup>	100 ₺	Fındık içi	Ev tipi	Yerel marka	Büyük boy	İmalatçı
26 <sup>a</sup>	125 ₺	Fındık içi	Ev tipi	Yerel marka	Büyük boy	İmalatçı
27 <sup>a</sup>	150 ₺	Fındık içi	Ev tipi	Yerel marka	Büyük boy	İmalatçı

<sup>a</sup>Simülasyon

Çizelge 4. Erzurum Kadayıf Dolmasının imalat tipine göre WTP simülasyon profilleri

Table 3. WTP simulation profile according to manufacturing type of Erzurum Stuffed-kadayıf

Kart No Card #	Fiyat Price	Ürün İçeriği Product content	İmalat şekli Manufacturing type	Marka tipi Brand type	Büyükük Size	Satış noktası Selling point
19 <sup>b</sup>	100 ₺	Ceviz içi	Fabrika tipi	Yerel marka	Büyük boy	İmalatçı
20 <sup>b</sup>	125 ₺	Ceviz içi	Fabrika tipi	Yerel marka	Büyük boy	İmalatçı
21 <sup>b</sup>	150 ₺	Ceviz içi	Fabrika tipi	Yerel marka	Büyük boy	İmalatçı
22 <sup>b</sup>	100 ₺	Ceviz içi	Ev tipi	Yerel marka	Büyük boy	İmalatçı
23 <sup>b</sup>	125 ₺	Ceviz içi	Ev tipi	Yerel marka	Büyük boy	İmalatçı
24 <sup>b</sup>	150 ₺	Ceviz içi	Ev tipi	Yerel marka	Büyük boy	İmalatçı

<sup>b</sup>Simülasyon

### Kümeleme Analizi

Tüketicilerin farklı homojen kümelerini belirlemek için *K-means Cluster Analizi* kullanılmıştır. Bunun için örneklem kitle Erzurum Kadayıf Dolması tüketim sıklıklarına göre; yoğun (haftada en 4-5 kez tüketim), ılımlı (haftada 2-3 kez tüketim) ve düşük (ayda en az 4-5 kez tüketim) düzeyde tüketenler olarak, üç grupta ele alınmıştır (Kotler & Armstrong, 2004; Kalaycı, 2005). Her bir tüketici kitlesinin toplam örneklem kitle içerisindeki oranları ise sırasıyla %30 (117 hane halkı),

%41 (156 hane halkı) ve %29 (112 hane halkı) olarak hesaplanmıştır.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

#### Tüketicilerin Sosyoekonomik Profilleri

Tüketicilerin gıda ürünleri satın alma modelleri üzerinde etkili olan davranışsal nitelik faktörleri

Çizelge 5. Tüketicilerin bazı sosyoekonomik nitelikleri  
Table 5. Consumers' various socioeconomic attributes

Tüketicilerin özellikleri Consumers' attributes		Erzurum Kadayıf Dolması tüketim sıklıkları Consumption frequencies of Erzurum Stuffed-kadayıf						Genel tüketici Overall consumers	
		Düşük Light users		İlmlı Medium users		Yoğun Heavy users			
		n	%	n	%	n	%	n	%
Cins.	Erkek	77	66	85	55	65	58	227	59
	Kadın	40	44	71	45	47	42	158	41
(Pearson Chi - kare) = $\chi^2_{(0,05,2)} = 24,746$ $p=0,000$									
Eğitim	Okur-yazar	4	4	9	6	3	3	16	4
	İlköğretim	20	17	39	25	31	28	90	23
	Ortaöğretim	45	39	39	25	35	31	119	30
	Yükseköğretim	48	41	69	44	43	38	160	42
(Pearson Chi - kare) = $\chi^2_{(0,05,4)} = 77,378$ $p=0,000$									
Mesleki statü	İş adamı	11	9	27	17	13	12	51	13
	Memur	50	43	49	31	42	38	141	37
	İşçi	18	15	12	8	17	15	47	12
	Esnaf	27	23	40	36	26	24	93	24
	Emekli	9	8	15	10	12	11	36	9
	Çiftçi	1	1	7	5	1	1	9	2
	Ev hanımı	1	1	6	4	1	1	8	2
	<i>Toplam</i>	<i>117</i>	<i>100</i>	<i>156</i>	<i>100</i>	<i>112</i>	<i>100</i>	<i>385</i>	<i>100</i>
		$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n	$\bar{x}$	n
Yaş grup	+ < 30 yaş (gençler)	30.76	37	30.43	30	30.56	16	30.60	83
	30-50 yaşları (orta yaş)	42.23	69	43.33	84	42.59	64	42.76	217
	+ > 50 yaş (olgunlar)	56.64	11	58.05	42	56.94	32	57.45	85
	Grup ortalaması	<i>39.96</i>	<i>117</i>	<i>44.81</i>	<i>156</i>	<i>44.97</i>	<i>112</i>	<i>43.38</i>	<i>385</i>
$F_{(2,382)} = 10,559$ $p=0,000$									
Gelir	+ < 2000 ₺ (düşük)	1607.14	14	1800.00	24	1825.00	12	1752.00	50
	2000-5000 ₺ (orta)	3580.22	91	3757.80	109	3754.55	88	3700.69	288
	+ > 5000 ₺ (yüksek)	6991.67	12	7108.70	23	6923.33	12	7031.49	47
	Grup ortalaması	<i>3694.02</i>	<i>117</i>	<i>3950.64</i>	<i>156</i>	<i>3887.32</i>	<i>112</i>	<i>3854.23</i>	<i>385</i>
$F_{(2,382)} = 0,903$ $p=0,406$									
Har. grup	+ < 2000 ₺ (düşük)	1600.00	21	1593.02	43	1550.00	19	1584.94	83
	2000-5000 ₺ (orta)	2959.68	62	2914.49	69	2982.79	61	2950.78	192
	+ > 5000 ₺ (yüksek)	4244.12	34	4426.82	44	4454.69	32	4378.45	110
	Grup ortalaması	<i>3088.89</i>	<i>117</i>	<i>2976.79</i>	<i>156</i>	<i>3160.27</i>	<i>112</i>	<i>3064.23</i>	<i>385</i>
$F_{(2,382)} = 0,903$ $p=0,404$									
Aile	+ < 4 birey (çekirdek)	2.55	56	2.63	40	2.68	25	2.60	121
	4-6 birey (büyük aile)	4.18	57	4.64	108	4.67	75	4.54	240
	+ > 6 birey (geniş aile)	11.00	4	8.50	8	9.17	12	9.25	24
	Grup ortalaması	<i>3.63</i>	<i>117</i>	<i>4.32</i>	<i>156</i>	<i>4.71</i>	<i>112</i>	<i>4.22</i>	<i>385</i>
$F_{(2,382)} = 10,084$ $p=0,000$									

$\bar{x}$ : Aritmetik ortalama

n: Gözlem sayısı

%: Nispi dağılım

$\chi^2$  (önem seviyesi:  $\alpha$ , serbestlik derecesi:  $df$ )

$F$  (payın serbestlik derecesi:  $df_1$ , paydanın serbestlik derecesi:  $df_2$ ) %5 önem seviyesinde

üzerinde sosyoekonomik ve durumsal özelliklerle temsil edilen kişisel nitelikler önemli bir rol oynamaktadır (Kotler & Armstrong, 2004). Araştırma

bölgesindeki hedef tüketici kitlesinin cinsiyet, yaş ve yaşam döngüsü, eğitim ve mesleki statü, aylık gelir ve harcama grupları, Çizelge 5'de verilmiştir. Genel olarak hedef tüketici kitlesinin %59'u erkeklerden

oluşup, Erzurum Kadayıf Dolması tüketim sıklığı gruplarının tamamında yükseköğretim eğitim düzeyi ve memur mesleki statüsü yoğunluk sergilemiştir. Diğer taraftan hedef tüketici kitlesinin genel yaş ortalaması 43,38 ve aile büyüklüğü 4,22 birey olup, bütün tüketim sıklığı gruplarında orta yaş grubu ve büyük aile tipi baskın konumdadır. 2019 yılı verilerine göre bütün tüketim gruplarında ortalama gelir ve harcama 3.854 ₺ ve 3.064 ₺ olup, orta gelir ve harcama grupları en yüksek paylara sahiptir.

### Conjoint Analiz Sonuçları

Tüketicilerin toplam faydalarını maksimum kılan Erzurum Kadayıf Dolması tüketim tercihi ve satın alma kararları üzerinde etkili olan mamul değişkenlerinin nispi önemleri ile faktör seviyelerinin kısmi faydaları ve model uyum istatistikleri, Çizelge 6'da verilmiştir. Full-profil yaklaşımı altında gözlenen ve beklenen tercihler arasında korelasyon ölçümü sağlayan Pearsons's R ve Kendall's tau değerleri hem genel tüketici kitlesi hem de her bir tüketici kümeleri için anlamlı ve güçlü bir ilişkiyi ortaya koymuştur (*Pearsons's R* = 0,960 – 0,986; *p* < 0,000) ve (*Kentall's tau* = 0,843 – 0,961; *p* < 0,000).

Genel tüketici kitlesi için Erzurum Kadayıf Dolması satın alma kararları üzerinde içsel ürün niteliklerinden mamul üretim tipi, içeriği ve boyutu sırasıyla %34, %19 ve %14'lük nispi paylara sahiptir. Diğer taraftan dışsal ürün niteliklerinden mamulün marka tipi, fiyatı ve satış noktası tüketicilerin satın alma algısı üzerinde sırasıyla %12, %11 ve %10'lük nispi önemlere işaret etmiştir. Benzer şekilde Erzurum Kadayıf Dolması tüketen bütün tüketim gruplarında mamul üretim tipi ve mamul içeriği en yüksek nispi önemlere sahiptir. Ancak, ilgili mamulü düşük düzeyde tüketen grup için fiyat, ılımlı düzeyde tüketenler için marka tipi ve perakende satış noktası ile yoğun düzeyde tüketenler için mamul boyutunun nispi önemleri en yüksek düzeyde tespit edilmiştir.

Tüketicilerin gıda ürünlerinden sağlamış oldukları memnuniyet, fayda ve haz duygularının mamul tercihleri ve satın modelleri üzerinde çok büyük bir rol oynadığına işaret eden araştırmalarda, gıda ürünlerinin içsel/duyusal niteliklerinden üretim ve işleme teknikleri (Bernabeu ve ark., 2023; Bytyqi ve ark., 2023; Curutchet ve ark., 2023), mamul içeriği ve bileşenleri (Baptista ve ark., 2022; Best ve ark., 2023; Bytyqi ve ark., 2023; Chaffee & Ross, 2023) ve mamul boyutu (Best ve ark., 2023; Campbell ve ark., 2023) faktörlerinin satın alma kararında yüksek nispi önemlere sahip olduğuna ve yüksek fiyat ödeme istekliği ile yüksek bir korelasyona sahip oldukları rapor edilmiştir. Ayrıca Grunert ve ark. (2015) ve Realini ve ark. (2013) tarafından Avrupa Birliği ülkelerinde tüketicilerin kırmızı et tüketim tercihi üzerinde orijinin %45 ile %88, üretim şeklinin %18 ile %62 ve ürün içeriğinin %25 ile 75 aralıklarında ılımlı

ve yüksek düzeylerde nispi önemlere sahip oldukları bildirilmiştir.

Diğer taraftan Bernabeu ve ark. (2023), Bytyqi ve ark. (2023), Campbell ve ark. (2023), Chaffee & Ross (2023), Curutchet ve ark. (2023), Noor ve ark. (2023), Ong ve ark. (2023) ve Seo & Kim (2023) tarafından yürütülen CA tabanlı tercih araştırmalarında, online ve gıda perakendecilerinden satın alma kararında dışsal gıda niteliklerinin özellikle fiyat, marka, promosyon, ambalajlama ve perakendeciye ulaşımın nispi önemlerinin belirleyici majör faktörler olduğuna, ancak özellikle son yıllarda yaşanan iklim değişikliğinin etkileri altında ürünün öz nitelikleri ve bileşenleri üzerine odaklı duyusal kalite niteliklerin daha etkili karar değişkenleri olduğuna da işaret edilmiştir.

Tüketicilerin satın alma kararları üzerinde etkili olan deneysel memnuniyetleri üzerinde nispi önemlerin yanında, toplam faydanın belirleyicisi kısmi faydaların da hesaplanması büyük bir önem arz etmektedir. Bunun için hedef tüketici kitlesinin Erzurum Kadayıf Dolması satın alma kararları üzerinde etkili olan faktör seviyeleri dikkate alındığında ev tipi imalat, yüksek fiyat düzeyi, mamul içeriği olarak ceviz içi kullanımı, kadayıf dolması büyüklüğü, yerel marka tipi ve imalathane satış noktası en yüksek kısmi faydaları sağlamıştır (Çizelge 6).

Kümelerdeki tüketicilerin memnuniyetleri bakımından ise düşük düzeyde Erzurum Kadayıf Dolması tüketen grupta yüksek fiyat, ev tipi üretim tekniği ve ceviz içi ile hazırlanmış ürün içeriği maksimum kısmi fayda sağlamıştır. İlimli ve yoğun düzeyde ilgili mamulü tüketen tüketici grupları için ev tipi üretim tekniği ile ceviz içinden yapılmış ürün içeriği daha yüksek kısmi faydalar sunmuştur. Bütün tüketim gruplarında maksimum kısmi fayda, yüksek fiyat altında ceviz içi ile üretilen ev yapımı (ılımlı düzeyde tüketenler hariç) kadayıf dolmaları için tüketiciler yüksek fiyatlardan daha fazla miktarlarda mamul kabul edebilecek WTP sahip olup, ev yapımı ile ceviz kombinasyonlu mamul içeriklerinden sağladıkları temel fayda motivasyonları, onların satın alma kararları üzerinde de oldukça etkili olmuştur.

Tüketicilerin kısmi faydaları üzerinde pozitif etkiye sahip olarak toplam faydalarının maksimum kılınmasına hizmet eden üretim tipi teknikleri, mamul içeriği, marka tipleri, mamul boyut st&artları ve perakende satış noktalarının kısmi faydaları ile tüketim memnuniyetleri üzerindeki ilişkiler, çeşitli araştırmalar ile rapor edilmiştir (Murphy ve ark., 2004; Realini ve ark., 2013; Adanacioğlu & Albayram, 2014; Grunert & Aachmann, 2016; Gracia & Magistris, 2016; Skreli ve ark., 2017; Roselli ve ark., 2018; Topcu, 2019). Beyan edilen bu araştırmalarda, duyusal algı üzerinde büyük bir etkiye sahip olan coğrafi orijinli doğal veya organik üretim modelleri ile ürünün temel

faıdası üzerinde pozitif etki yaratan ev tipi işleme tekniklerine dayalı içsel mamul niteliklerini garanti altına alan yerel markalı mamuller için tüketicilerin sosyoekonomik profillerine bağlı olarak, daha yüksek bir ödeme istekliliğine sahip olduklarını ve bu mamullerin perakendecilerine ulaşmak için büyük bir çaba içerisinde olduklarına işaret edilmiştir.

Dolayısıyla gıda ürünleri satın alma kararları üzerinde etkili olan ve ödeme istekliliklerini doğrudan etkileyebilen mamul fiyatları, aynı zamanda tüketicilerin mamullerden temin ettikleri kısmi faydaları doğrudan etkileyerek, toplam faydaların da maksimizasyonuna olanak sağlamaktadır.

Çizelge 6. Erzurum Kadayıf Dolması tercih faktörleri nispi önemleri ve faktör seviyelerinin kısmi faydaları  
Table 6. Relative importance of Erzurum Stuffed-kadayıf preference factors and their levels' part-worth

Mamul nitelik ve seviyeleri Product attributes and their levels		Erzurum Kadayıf Dolması tüketim sıklıkları*						Genel tüketiciler Overall consumers	
		Düşük Light users		Orta Medium users		Yoğun Heavy users			
		Fayda Utility	S.E.	Fayda Utility	S.E.	Fayda Utility	S.E.		
Mamul içeriği	Ceviz içi	1.487	0.507	1.332	0.286	1.750	0.249	1.501	0.338
	A.fıstığı içi	-0.077	0.507	-0.382	0.286	-0.705	0.249	-0.384	0.338
	Fındık içi	-1.409	0.507	-0.950	0.286	-1.045	0.249	-1.117	0.338
	<i>Nispi önemi</i>	%17.55		%18.56		%21.47		%19.10	
Üretim tipi	Fabrika tipi	-2.467	0.380	-2.220	0.214	-2.298	0.186	-2.317	0.253
	Ev tipi	2.467	0.380	2.220	0.214	2.298	0.186	2.317	0.253
	<i>Nispi önemi</i>	%29.89		%36.11		%35.31		%33.98	
Marka tipi	Ulusal marka	0.105	0.507	0.048	0.286	0.030	0.249	0.060	0.338
	Yerel marka	0.753	0.507	0.858	0.286	0.690	0.249	0.777	0.338
	Jenerik marka	-0.858	0.507	-0.906	0.286	-0.720	0.249	-0.837	0.338
	<i>Nispi önemi</i>	%9.76		%14.35		%10.84		%11.93	
Mamul Büyüklük	Büyük boy	1.358	0.507	0.710	0.286	0,991	0,249	0,989	0,338
	Orta boy	-0.238	0.507	0.114	0.286	0,140	0,249	0,015	0,338
	Küçük boy	-1.120	0.507	-0.825	0.286	-1,131	0,249	-1,004	0,338
	<i>Nispi önemi</i>	%15.02		%12.49		%16.30		%14.37	
Satış noktaları	Restoran	-0.644	0.507	-0.800	0.286	-0,573	0,249	-0,687	0,338
	Pastane	0.148	0.507	-0.029	0.286	-0,006	0,249	0,031	0,338
	İmalathane	0.497	0.507	0.829	0.286	0,579	0,249	0,655	0,338
	<i>Nispi önemi</i>	%6.91		%13.25		%8.85		%10.05	
Fiyat (TL/kg)	Düşük fiyat	1.722	0.439	-0.323	0.247	0.471	0.215	0.530	0,292
	Orta fiyat	3.444	0.878	-0.645	0.495	0.942	0.431	1.059	0,585
	Yüksek fiyat	<b>5.167</b>	1.318	-0.968	0.742	<b>1.413</b>	0.646	<b>1.589</b>	0,877
	<i>Nispi önemi</i>	%20.87		%5.25		%7.24		%10.57	
<i>Sabit değer (α)</i>		<i>6,873</i>	<i>0.957</i>	<i>10.884</i>	<i>0.539</i>	<i>9.327</i>	<i>0.469</i>	<i>9.212</i>	<i>0.637</i>
<i>Gözlenen ve beklenen değişkenler arasındaki ilişki</i>									
<i>İstatistik ölçümler</i>		<i>Değer</i>	<i>p</i>	<i>Değer</i>	<i>p</i>	<i>Değer</i>	<i>p</i>	<i>Değer</i>	<i>p</i>
<i>Pearsons's R</i>		<i>0.960*</i>	<i>0.000</i>	<i>0.979*</i>	<i>0.000</i>	<i>0.986*</i>	<i>0.000</i>	<i>0.975*</i>	<i>0.000</i>
<i>Kendall's tau</i>		<i>0.843*</i>	<i>0.000</i>	<i>0.895*</i>	<i>0.000</i>	<i>0.961*</i>	<i>0.000</i>	<i>0.908*</i>	<i>0.000</i>

\* $p < 0,001$

S.E: St&art hata (standard error)

Utility: Part-worth

\*Koyu ve koyu italik değerler, sırasıyla nitelik seviyeleri için en yüksek fayda ve nitelikler için en yüksek nispi önem değerlerini ifade etmektedir.

### Ödeme İstekliliği (WTP) Sonuçları

Erzurum Kadayıf Dolması satın alma kararı üzerinde etkili olan ürün içeriğini (ceviz içi, antepfıstığı ve fındık içleri) dikkate alan tüketicilerin WTP, Çizelge 7'de sunulmuştur. Bütün tüketicilerin toplam faydasını (TU) maksimum kılan Erzurum Kadayıf Dolması profili (ceviz içinin kullanıldığı ev yapımı büyük boy kadayıf dolması, yerel marka altında 150 ₺

fiyat ile imalatçı satış noktaları ile tanımlanan 21 kart numaralı), %66,7'lik nispet ve 17,04 toplam fayda değeri ile maksimum fayda sağlamıştır. 21 # profilde, taban fiyat olan 100 TL'nin %50 artırılması ile belirlenen 150 ₺ fiyat ve ceviz içi ile hazırlanmış ürün içerikli kadayıf dolması, tüketicilerin %42'si tarafından kabul etmiştir. Diğer taraftan 100 ₺ fiyatlı ve ceviz içinin kullanıldığı 19 kart # ürün profilinin toplam faydası, 15,98 olarak bulunmuştur. Bu

profilden %33,3'lük maksimum fayda temin eden genel tüketicilerin yaklaşık %18'i, en düşük fiyatlı WTP

benimsemiştir.

Çizelge 7. Kadayıf dolması profillerinde ürün içeriğine göre tüketicilerin ödeme isteklilikleri  
Table 7. Consumers' WTP according to product contents on Erzurum Stuffed-kadayıf profile

İçerik Content	Fiyat Price	Kart No Card #	Kadayıf dolması tüketim sıklıkları Consumption frequencies of Erzurum Stuffed-kadayıf						Toplam tüketiciler Overall consumers	
			Düşük (Light users)		İlmlı (Medium users)		Yoğun (Heavy users)		Değer	Logit (%)
			Değer	Logit (%)	Değer	Logit (%)	Değer	Logit (%)		
Ceviz	100 ₺	19	15.156	2.1	16.511*	34.7	16.106	16.9	15.981**	17.9
	125 ₺	20	16.878	11.7	16.188	25.1	16.577	27.0	16.511	21.3
	150 ₺	21	18.601*	65.3	15.865	18.2	17.048*	43.3	17.041*	42.3
A.fıstığı	150 ₺	22	13.592	0.4	14.796	6.2	13.651	1.4	14.097	2.7
	125 ₺	23	15.314	2.4	14.473	4.5	14.122	2.3	14.627	3.1
	100 ₺	24	17.037	13.7	14.151	3.3	14.593	3.7	15.156	6.9
Fındık	150 ₺	25	12.260	0.1	14.229	3.5	13.312	1.0	13.364	1.6
	125 ₺	26	13.982	0.6	13.906	2.6	13.783	1.7	13.893	1.6
	100 ₺	27	15.705	3.6	13.583	1.9	14.254	2.6	14.423	2.7
			%100 TU		%100 TU		%100 TU		%66.7 ve **%33.3 TU	

Erzurum Kadayıf Dolması düşük düzeyde tüketenler için 21 # profil, 18,06 fayda değeriyle %100 toplam fayda sağlamıştır. 21 # profilde değişkenlik arz eden ceviz içinin kullanıldığı kadayıf dolması için kurgulanan %100 artışı 150 ₺ kg<sup>-1</sup> fiyata %65'lik kitlenin WTP en yüksek nispette analiz edilmiştir. Benzer şekilde 100 ₺ fiyatı kabul eden %14'lük orana sahip tüketicilerin antepfıstığının kullanıldığı kadayıf dolmaları için (24 # profil) ikinci en yüksek WTP ulaşmışlardır. Diğer taraftan %0,1 nispetindeki düşük düzeyde kadayıf dolması kullanıcıları, kg fiyatı 150 ₺ olan fındık içiyle kombin edilmiş ürünlere minimum WTP ile cevap vermişlerdir (Çizelge 7).

İlmlı düzeyde kadayıf dolması tüketenlere %100 toplam fayda sunan 19 # profil için hesaplanan fayda, 16,51'dir. Tüketicilerin 19 numaralı profilin kapsadığı ceviz içi kullanılarak üretilen kadayıf dolmasına WTP 100 ₺ kg<sup>-1</sup> üzerinden %35'lik nispete sahipken; 20 ve 21 # profillerin ana bileşeni olan ceviz içli kadayıf dolmasına WTP 125 ₺ orta ve 150 ₺ yüksek fiyatlar üzerinden %25 ve %18 ile sıralanmıştır. Diğer taraftan bu gruptaki en düşük ödeme istekliliği 27 # profilde fındık içi kullanılmış kadayıf dolması için 100 ₺ düşük fiyatı benimseyenlerin oranı ise %2'dir (Çizelge 7).

Yoğun düzeyde Erzurum Kadayıf Dolması tüketen tüketicilere %100 maksimum fayda temin eden 21 numaralı profilin fayda değeri, 17,05 olarak bulunmuştur. Bu profilde ceviz içi ile hazırlanan kadayıf dolması için hedef kitlenin WTP, 150 ₺ kg<sup>-1</sup> fiyat düzeyinden %43 ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu profili takip eden 20 ve 19 numaralı profiller için %27 ve %17'lik WTP gözlenmiştir. Fakat hedef kitledeki en düşük ödeme isteklilikleri fındık içi ile hazırlanmış 150 ₺ kg<sup>-1</sup> fiyatlı 25 numaralı profilde WTP, %1'dir (Çizelge 7).

Diğer taraftan duyuşsal kalite algısı üzerinde oldukça etkili olan Erzurum Kadayıf Dolması üretim tekniği (ev ve fabrika yapımı) için tüketicilerin WTP, Çizelge 8'de verilmiştir. Bütün tüketicilerin toplam faydasını maksimum kılan 24 ve 22 # Erzurum Kadayıf Dolması profilleri (ceviz içi ile hazırlanan büyük boy et tipi kadayıfların yerel marka adı altında 150 ₺ kg<sup>-1</sup> ve 100 ₺ kg<sup>-1</sup> fiyatlardan imalatçı satış noktalarında satışı); 17,04 ve 15,98 TU altında %66,7 ve %33,3'lük maksimum düzeyleriyle tüketicilere en yüksek tatmini sağlamıştır. Tanımlanan bu profillerde 150 ₺ kg<sup>-1</sup> ve 100 ₺ kg<sup>-1</sup> fiyatlar üzerinden ev tipi üretim modelini kombine eden kadayıf dolması için tüketicilerin %51 ve %22'lik oranlar ile WTP sahip olduğu da analiz edilmiştir.

Düşük ve yoğun düzeyde Erzurum Kadayıf Dolması tüketen tüketiciler için 24 numaralı profil, 18,60 ve 17,05 TU ile %100 maksimum fayda sağlamıştır. Bu mamul profilinde ev tipi üretim modeli altında üretilen kadayıf dolması, 150 ₺ kg<sup>-1</sup> fiyat üzerinden hedef kitlenin WTP %82 ve %49 ile en yüksek düzeyleri arasında değerlendirilmiştir. Benzer şekilde bu gruplardaki tüketicilerin 125 ₺ kg<sup>-1</sup> fiyat üzerinden ev tipi kadayıf dolmaları için ikinci en yüksek WTP, %15 ve %31'lik nispetle 23 numaralı profilde gerçekleştirilmiştir. Diğer taraftan bu gruplardaki tüketicilerin en düşük ödeme isteklilikleri %0,0 ve %0,2 ile 150 ₺ kg<sup>-1</sup> düşük fiyatlı fabrika tipi kadayıf dolmaları için belirlenmiştir (Çizelge 8).

Erzurum Kadayıf Dolmasını ilmlı düzeyde tüketen tüketicilere %100 toplam fayda sunan 22 # kart için hesaplanan fayda değeri, 16,51'dir. 22 # profilde, ev tipi kadayıf dolması için örneklem kitlenin WTP, 100 ₺ fiyat üzerinden %44 ile en yüksek seviyede iken; 23 ve 24 # profillerde ev tipi kadayıf dolması için WTP,



125 ₺ ve 150 ₺ fiyatlar üzerinden %32 ve %23 olarak ölçülmüştür. Benzer şekilde bu gruptaki en düşük ödeme istekliliği 19 # kartta fabrika yapımı kadayıf

dolması için 150 ₺ fiyatı kabul eden kitlenin oranı ise %0,3'dür (Çizelge 8).

Çizelge 8. Kadayıf dolması profillerinde üretim tipine göre tüketicilerin ödeme isteklilikleri  
Table 8. Consumers' WTP according to manufacturing type on Erzurum Stuffed-kadayıf profile

İmalat tipi Manufur. type	Fiyat Price	Kart No Card #	Kadayıf dolması tüketim sıklıkları Consumption frequencies of Erzurum Stuffed-kadayıf						Toplam tüketiciler Overall consumers	
			Düşük light users		İlmlı Medium users		Yoğun Heavy users			
			Değer	Logit (%)	Değer	Logit(%)	Değer	Logit (%)	Değer	Logit(%)
Fabrika tipi	150 ₺	19	10.223	0.0	12.072	0.3	11.510	0.2	11.347	0.2
	125 ₺	20	11.945	0.1	11.749	0.4	11.981	0.3	11.876	0.3
	100 ₺	21	13.668	0.6	11.426	0.5	12.452	0.5	12.406	0.5
Ev yapımı	100 ₺	22	15.156	2.6	16.511*	44.0	16.106	19.2	15.981**	21.9
	125 ₺	23	16.878	14.7	16.188	31.8	16.577	30.7	16.511	25.7
	150 ₺	24	18.601*	82.0	15.865	23.1	17.048*	49.2	17.041*	51.4
			*%100 TU		*%100 TU		*%100 TU		*%66,7 ve **%33,3 TU	

CA tabanlı seçim modeline dayalı WTP konusunda daha önce yürütülmüş araştırmalarda Hong ve ark. (2023), sağlık motivasyonu altında duyuşal kalite niteliklerinin önemli bir satın alma göstergesi olduğunu ve yüksek duyuşal nitelikli gıdaların daha fazla tercih edildiği ve aynı zam&a WTP ile de çok güçlü pozitif bir ilişkinin mevcut olduğuna işaret etmiştir. Ayrıca Alsubhi ve ark. (2022), tüketicilerin daha sağlıklı kabul ettikleri kepekli tahıllar, ekmek, et ve süt ürünleri ile bunlardan daha düşük yağ, tuz, karbonhidrat içerikli gıdalar için hedef kitlenin %20 ile %95 arasında daha yüksek fiyatları (taban fiyata ile edilmiş %20 ile %95 aralığındaki fazla fiyat kabulü) ödeme razı olduklarına vurgu yapmıştır.

Diğer taraftan Nguyen & Truong (2021), tüketicilerin bölge orijinli ve organik gıda satın alma niyetleri üzerinde insan sağlığı ve çevresel endişelerin önemli bir motivasyon aracı olduğunu ve bu ürünlerin daha yüksek duyuşal niteliklerine bağlı olarak yüksek fiyatlar ödemeye hazır oldukları sonuçlarını rapor etmiştir. Benzer şekilde Topcu (2019) tarafından yürütülen içme sütü orijinin WTP üzerine etkileri konulu araştırmasında, Marmara Bölgesi orijinli içme sütünün diğer orijinlere göre WTP üzerinde %26 avantaj sağladığı ve toplam faydanın da maksimum kılınmasına önemli ölçüde katkı sağladığını açıklamıştır. İlave olarak Yan & Ames (2014), 1 RMB olan çocuk peynirinin farklılaştırılması yoluyla fiyatının %100 ve %400 artırılmasına karşın, tüketicilerin %10 ile %35 daha fazla ödemeye razı olduklarını ifade etmiştir. Ekonomi literatüründe yer alan önceki araştırmalar, mevcut araştırma sonuçlarının WTP aralıkları ve tüketici kitlelerinin kabul oranları bakımından benzer ve aynı yönlü ilişkilere sahip olduklarını ortaya koymuştur.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Ordinal fayda yaklaşımı altında CA tabanlı seçim modeli yaklaşımı ile Erzurum Kadayıf Dolmasını düşük, orta ve yüksek düzeyde tüketen tüketicilerin toplam faydalarını maksimum kılan kadayıf dolması içeriği ve üretim tipi dikkate alınarak, hedef kitlelerin WTP hesaplanmıştır. Ordinal fayda yaklaşımı ve CA tabanlı seçim modeli altında araştırma sonuçları, Erzurum Kadayıf Dolmasının hazırlanmasında kullanılan ceviz içi ürün içeriği ile tüketicilerin WTP arasında doğrusal pozitif bir ilişkinin olduğu ve genel olarak %50 fiyat artışı ile tasarlanan WTP'nin %42 ile %65'lik oranlarda tüketiciler tarafından kabul gördüğü, ancak fındık ve antepfıstığı içleri ile hazırlanan kadayıf dolmalarında ise düşük fiyat kombinasyonları ile sağlanan toplam faydaların ve WTP istekliliklerinin daha düşük kitleler tarafından benimsendiğini göstermiştir. Diğer taraftan ev tipi Erzurum Kadayıf Dolmasının üretim tekniği, %49 ile %82'lik bir tüketici kitlesi tarafından %50 daha fazla (150 ₺ kg<sup>-1</sup>) WTP ile kabul gördüğünü ve toplam faydalarının maksimum kılındığını, fakat fabrika tipi üretim tekniği altında düşük fiyat (100-125 ₺ kg<sup>-1</sup>) aralığında dahi, WTP kabulünün %1'lerin altında seyrettiği sonuçlarına ulaşılmıştır. Dolayısıyla yoğun ve düşük düzeyde Erzurum Kadayıf Dolması tüketen tüketiciler için ceviz içi ile hazırlanmış ev tipi kadayıf dolmalarının yüksek fiyattan WTP önemli ölçüde kabul görmüştür, fakat ilımlı düzeyde tüketenler için ise düşük fiyattan WTP duyarlılığı ön plana çıkmıştır. Fiyat duyarlılığı yüksek olan kitleler için ürün içeriği bakımından mamul farklılaştırması genişletilmeli ve pastane satış noktalarında onların hizmetlerine sunulmalıdır. Ancak fiyat duyarlılığı düşük olan kitleler için ceviz içi ile tasarlanmış ev tipi kadayıf dolmaları imalatçı satış mağazalarında yoğun bir şekilde satışa sunulmalıdır.

Ekonomi literatüründe tüketim memnuniyeti ve WTP konusunda yürütülmüş olan mevcut çalışma, mahreç işaretli Erzurum Kadayıf Dolması tüketim profillerini tasarlayan ve tüketicilerin toplam faydasına dayalı WTP ölçeği ilk araştırmalardan biri olmasına rağmen, çeşitli kısıtlamalara da sahiptir. İlk olarak; mevcut araştırma sadece Erzurum yerelinde yapılmış olup, Türkiye geneline uyarlanabilir. İkinci olarak; mevcut araştırmada CA tabanlı seçim modelinin imkân verdiği koşullarda bazı duyuşsal nitelikler kullanılmıştır, fakat hedonik niteliklere dayalı olarak da WTP ölçülebilir. Son olarak; mevcut araştırmamızın sonuçlarının gelecekte tasarlanabilecek CA tabanlı seçim modeline dayalı simülasyonlar yoluyla mamul profillerinin piyasa paylarının ölçülmesi içinde kullanılması olanaklıdır.

### TEŞEKKÜR

Bu araştırma makalesi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmış Yüksek Lisans Tezinden türetilmiştir.

### Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

### KAYNAKLAR

- Adanacioğlu, H., & Albayram, Z. (2012). A conjoint analysis of consumer preferences for traditional cheeses in Turkey: A case study on Tulum Cheese. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 32(2), 458-466.
- Alsubhi, M., Blake, M., Nguyen, T., Majmudar, I., Moodie, M., & Ananthapavan, J. (2022). Consumer willingness to pay for healthier food products: A systematic review. *Obesity Reviews*, 24, e13525. Doi: <https://doi.org/10.1111/obr.1352>
- Baptista, I., Spence, C., Shimizu, R., & Ferreira, E. (2022). Color is to flavor as shape is to texture: A choice-based conjoint study of visual cues on chocolate packaging. *Journal of Sensory Studies*, 38, e12793.
- Bernabeu, R., Brugarolas, M., Martínez-Carrasco, L., Nieto-Villegas, R., & Rabadán, A. (2023). The price of organic foods as a limiting factor of the European green deal: the case of tomatoes in Spain. *Sustainability*, 15, 3238.
- Best, A.R., Racette, C.M., & Drake, M.A. (2023). Consumer perception of restaurant and ready-to-eat cheese dips. *Journal of Food Science*, 88, 1672-1683.
- Bouranta, N., Psomas, E., Casolani, N., Carmen, J., & Liberatore, L. (2022). Consumers' food safety

- perceptions in three Mediterranean Countries. *New Medit*, 21(4), 71-84. <https://doi.org/10.30682/nm2204f>.
- Burnier, P.C., Spers, E.E., & Barcellos, M.D. (2021). Role of sustainability attributes and occasion matters in determining consumers' beef choice. *Food Quality and Preference*, 88, 104075.
- Bytyqi, N., Bai, A., Peter, B., Mehaj, E., & Sertolli, A. (2023). Analysis of consumers' preferences for local cheese in Kosovo applying Conjoint Choice Analysis. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 41, 203-210.
- Campbell, D., Totuka, M., & Upadhyay, C.K. (2023). Attributes influencing consumer perception towards online food ordering in Rajasthan, India. *AEBMR*, 242, 42-51.
- Chaffee, O., & Ross, C.F. (2023). Older adults' acceptance of ready-to-eat meals in relation to food choice and sensory ability. *Journal of Food Science*, 5, 1-18.
- Churchill, G.A. (1995). Marketing research: methodological foundations. *The Dryden Press Series in Marketing*, 1(6), 251-252.
- Curutchet, A., Tarrega, A., & Arcia, P. (2023). Changes in consumers interest on cheeses with health benefits and different manufacture types over the last decade. *CyTA-Journal of Food*, 21(1), 72-81. Doi: 10.1080/19476337.2022.2162973
- Fakhreddin, L.B., & Sanchez, M. (2023). The interplay between health claims & sensory attributes in determining consumers' purchase intentions for extra virgin olive oil. *Food Quality and Preference*, 106, 1048119.
- Godde, C.M., Croz, D.M., Mayberry, D.E., Thornton, P.K., & Herrero, M. (2021). Impacts of climate change on the livestock food supply chain: A review of the evidence. *Global Food Security*, 28, 100488.
- Gracia, A., & Magistris, T. (2016). Consumer's willingness to pay for indigenous meat products: the case of a Spanish sheep breed. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14(2), 128-126.
- Green, P.E., & Krieger, A.M. (1991). Segmenting markets with Conjoint Analysis. *Journal of Marketing*, 55(4), 20-31.
- Grunert, K.G., & Aachmann, K. (2016). Consumer reactions to the use of EU quality labels on food products: A review of the literature. *Food Control*, 59, 178-187.
- Hong, X., Li, C., Wang, L., Wang, M., Grasso, S., & Monahan, F.J. (2023). Consumer preferences for processed meat reformulation strategies: A prototype for sensory evaluation combined with a Choice-based Conjoint Experiment. *Agriculture*, 13, 234.
- Kalaycı, Ş. (2005). *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*. Asil Yayın Dağıtım. Ankara, 346 sy.

- Kotler, P., & Armstrong, G. (2004). *Principles of Marketing, 9th Edition*. Prentice Hall, New Jersey, 750 pp.
- Magalhaes, D.R., Maza, M.T., Prado, I.N.D., Fiorentini, G., Kirinus, J.K., & Campo, M.D.M. (2023). An Exploratory study of the purchase and consumption of beef: Geographical and cultural differences between Spain and Brazilian. *Foods, 11*, 129.
- Marozza, V., Costa, A., Crupi, A. & Abbate, T. (2023). Decoding Asian consumers' willingness to pay for organic food product: A configurational-based approach. *European Journal of Innovation Management, 26*(7), 353-384.
- Malhotra, N.K. (1993). *Marketing Management Bases for International Market Segmentation: An Alternate Look at the Standardization Debate*. Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA.
- McLean, K.G., Hanson, D. J., Jervis, S.M., & Drake, M.A. (2017). Consumer perception of retail pork bacon attributes using adaptive choice-based conjoint analysis and maximum differential scaling. *Journal of Food Science, 82*(11), 2659-2668.
- Murphy, M., Cowan, C., & Mehaan, H. (2004). A Conjoint analysis of Irish consumer preferences for farmhouse cheese. *The National Food Centre, 106*(4), 288-300.
- Nguyen, D.T., & Truong, D.C. (2021). The impact of psychological and environmental factors on consumers' purchase intention toward organic food: Evidence from Vietnam. *Journal of Asian Finance, Economics and Business, 8*(1), 915-925.
- Noor, A.Y.M., Toiba, H., Stiawan, A.W.M, & Nutjannah, N. (2023). Indonesian consumers' preferences and willingness to pay for certified vegetables: A Choice-Based Conjoint Approach. *Journal of International Food and Agribusiness Marketing, 10*, 1-16. Doi: 10.1080/08974438.2023.2187916
- Ong, A.K.S., Prasetyo, Y.T., Esteller, A.J.D., Bruno, J.E., Lagorza, K.C.O., Oli, L.E.T., Chuenyindee, K.T., Persade, S.F., & Nadlifatin, R. (2023). Consumer preference analysis on the attributes of Samgyeopsal Korean cuisine and its market segmentation: Integrating conjoint analysis and K-means clustering. *PLoS ONE, 18*(2), e0281948. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281948>
- Onozaka, Y., Honkanen, P., & Altintzoglou, T. (2023). Sustainability, perceived quality and country of origin of farmed salmon: Impact on consumer choices in the USA, France and Japan. *Food Policy, 117*, 102452.
- PTB, (2022). Polatlı Ticaret Borsası buğday fiyatları endeksi. <https://www.polatliborsa.org.tr/fiyatendexleri/bugday/bugday-fiyat-endeksi>. (Alınma Tarihi: 15.05.2023).
- PTB, (2022a). Polatlı Ticaret Borsası un fiyatları endeksi. <https://www.polatliborsa.org.tr/fiyatendexleri/un/un-fiyat-endeksi> (Alınma Tarihi: 15.05.2023).
- Racette, C.M., & Drake, M.A. (2022). Consumer perception of natural hot-pepper cheeses. *Journal of Dairy Science, 105*(3), 2166–2179.
- Realini, C.E., Fonti Furnols, M., Sanudo, C., Montossi, F., Oliver, M.A., & Guerrero, L. (2013). Spanish, French and British consumers' acceptability of Uruguayan beef and consumers' beef choice associated with country of origin, finishing diet and meat price. *Meat Science, 95*, 14-21.
- Rojas-Downing, M.M., Nejadhashemi, A.P., Harrigan, T., & Woznicki, S.A. (2017). Climate change and livestock: Impacts, adaptation and mitigation. *Climate Risk Management, 16*, 145-163.
- Roselli, L., Cicia, G., Cavallo, V., Giudice, T.D., Carlucci, D., Clodove, M.L., & Gennaro, B.D. (2018). Consumers' willingness to buy innovative traditional food products: The case of extra-virgin olive oil extracted by ultrasound. *Food Research International, 108*, 482-490.
- Schiano, A.N., Harwood, W.S., Gerard, P.D., & Drake, M.A. (2020). Consumer perception of the sustainability of dairy products and plant-based dairy alternatives. *Journal of Dairy Science, 103*(12), 11228–11243.
- Seo, S., & Kim, M.K. (2023). Consumers' neophobic and variety-seeking tendency in food choices according to their fashion involvement status: An exploratory study of Korean consumers. *Foods, 12*, 1278.
- Skreli, E., İmami, D., Chan, C., Canavari, M., Zhillima, E., & Pire, E. (2017). Assessing consumer preferences and willingness to pay for organic tomatoes in Albania: A conjoint choice experiment study. *Spanish Journal of Agricultural Res., 15*(3), 1-13.
- SPSS Conjoint 20.0 (2020). *SPSS Conjoint User's Guide*, London: Chicago: IL.
- TEPGE (2022). *Durum ve Tahmin, Buğday*. TEPGE Yayın No: 362, ISBN: 978-625-8451-57-3. <http://arastirma.tarimorman.gov.te/tepge>. (Alınma Tarihi: 20.05.2023).
- Topcu, Y. (2012). *The integrated marketing approach as a rural development tool*. In. R.S. Adisa (Ed.), *Rural development-contemporary issue and practices* (pp. 257-282). Croatia: InTech-Open Access Publisher, ISBN: 978-953-307-942-4.
- Topcu, Y., & Baran, D. (2017). Coğrafi işaretli Erzurum Civil Peynir tüketim tercihlerine dayalı pazarlama taktik ve stratejileri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7*(3), 257-265.
- Topcu, Y. (2019). Determining product profiles based on consumers' consumption satisfaction towards drinking milk with the region of origin: Case of Iğdır province. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 34*(3), 268-278.
- Topcu, Y. (2019a). Bölge orjinli içme sütü profilleri için tüketicilerin ödeme istekliliği ve piyasa payları: Iğdır İli Örneği. *TURJAF, 7*(7), 981-988.

- Topcu, Y., & Sarı, M.M. (2019). Bölge orjinli konvansiyonel içme sütü tüketim memnuniyeti ve ödeme istekliliği: TRA 1 Bölgesi örneği. ICAFOP 3rd. International Conference, Trabzon Turkey, April 16-18, 2019, pp. 1298.
- Topcu, Y., & Çavdar, M. (2022). Tüketicilerin PGI tescilli Gümüşhane ev tipi dut ürünleri tüketim tercihleri: Gümüşhane örneği. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(2), 214-227. Doi: 10.29050/harranziraat.1026266.
- TÜİK, (2023). Tüketici Fiyat Endeksleri (TÜFE). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Tuketici-Fiyat-Endeksi-Nisan-2023-49653>. (Alınma Tarihi: 25.05.2023).
- TÜİK, (2023a). Üretici Fiyat Endeksleri (ÜFE). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yurt-Ici-Uretici-Fiyat-Endeksi-Nisan-2023-49396>. (Alınma Tarihi: 25.05.2023).
- TÜİK, (2022). Erzurum İlçe Nüfusları ve İlçelere Göre Hane Halkı Sayıları. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109>. (Alınma Tarihi: 25.05.2023).
- Wang, B., Shen, C., Cai, Y., Liu, D., & Gai, S. (2022). The purchase willingness of consumers for red meat in China. *Meat Science*, 192, 108908
- Yan, Y., & Ames, C.W. (2014). Willingness to pay for safer dairy products in China: Evidence from Shanghai customers' purchasing decision of bright dairy's baby cheese. [MS Thesis, Nanjing Agricultural University], Athens, Georgia.



## Comparison of Predictive Performance of Data Mining Algorithms in Predicting Tomato Yield with the A Case Study in Iğdir

Köksal KARADAŞ<sup>1\*</sup>, Osman Doğan BULUT<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Iğdir University, Iğdir, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-1176-3313>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-2682-6356>

✉: [koksal.karadas@igdir.edu.tr](mailto:koksal.karadas@igdir.edu.tr)

### ABSTRACT

Among the vegetable species in the world, the plant with the most cultivation area is tomato. Increasing tomato yield is important in terms of contributing more to the world economy and farmer's income. With the advancement in software technologies, the importance of data mining algorithms is increasing due to the fact that these algorithms can produce more sophisticated solutions for regression and classification problems. Determining the factors affecting tomato yield and comparing different data mining algorithms on prediction of tomato yield are the purpose of this study. For this purpose, survey study was conducted with the 105 farmers in Iğdir province. Different data mining algorithms including Classification and Regression Tree (CART), Chi-Square Automatic Interaction Detector (CHAID), Exhaustive CHAID, Artificial Neural Network Algorithm (ANN), Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) and General Linear Model (GLM) were developed and compared their predictive performance. MARS decision tree built a model with greatest predictive accuracy. The superiority order in the predictive accuracy of the other algorithms were ANN> GLM> CART> CHAID> Exhaustive CHAID. In the MARS model, number of irrigation, amount of chemical fertilizer, age of farmer, number of seedlings, education level, soil analysis status, sowing region were found statistically significant ( $P<0.05$ ). Preferring the MARS model could allow detecting factors affecting tomato yield and their interactions with higher accuracy. To increase yield, at least 1450 seedlings should be planted per decare and irrigation should be at least 5 times.

### Agricultural Economics

### Research Article

### Article History

Received : 07.12.2022

Accepted : 07.09.2023

### Keywords

Data mining algorithms

Production economics

Tomato yield

Iğdir

## Farklı Veri Madenciliği Algoritmalarının Domates Verimindeki Tahmin Performanslarının Karşılaştırılması: Iğdir İli Örneği

### ÖZET

Domates sebze türleri arasında en fazla ekim alanına sahip bitkidir. Domates veriminin artırılması dünya ekonomisi ve çiftçi gelirine daha fazla katkı sağlaması açısından önemlidir. Yazılım teknolojilerinin ilerlemesi ile regresyon ve sınıflandırma problemlerine daha gelişmiş çözümlerin sunulması veri madenciliğinin önemi artırmaktadır. Bu çalışmada domates verimini etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve domates veriminin tahmininde farklı veri madenciliği algoritmalarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaç ile Iğdir ilinde 105 çiftçi ile anket çalışması yapılmıştır. Sınıflandırma ve Regresyon Ağacı (CART), Ki-Kare Otomatik Etkileşim Dedektörü (CHAID), Exhaustive CHAID, Yapay Sinir Ağı Algoritması (ANN), Çok Değişkenli Uyarlamalı Regresyon Analizi (MARS) ve Genel Doğrusal Model (GLM) gibi farklı veri madenciliği algoritmaları kullanılarak tahmin performansları karşılaştırılmıştır. MARS karar ağacı, en yüksek tahmin doğruluğuna sahip modeli oluşturmuştur. Tahmin performanslarına göre diğer algoritmalar ANN> GLM> CART> CHAID> Exhaustive CHAID'dır. MARS modelinde, sulama sayısı, kimyasal gübre miktarı, çiftçi yaşı, fide sayısı, eğitim düzeyi,

### Tarım Ekonomisi

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 07.12.2022

Kabul Tarihi : 07.09.2023

### Anahtar Kelimeler

Veri madenciliği algoritmaları

Üretim ekonomisi

Domates verimi

Iğdir

toprak analiz durumu ve ekim bölgesi değişkenleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $P<0.05$ ). MARS modelinin tercih edilmesi, domates verimini etkileyen faktörleri ve bunların etkileşimlerini daha yüksek doğrulukla tespit edilmesini sağlayacaktır. Verim artışı için dekara en az 1450 fide dikilmeli ve en az 5 defa sulama yapılmalıdır.

- Atıf İçin:** Karadaş, K., & Bulut, O.D., (2024). Farklı Veri Madenciliği Algoritmalarının Domates Verimindeki Tahmin Performanslarının Karşılaştırılması: Iğdır İli Örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg 27(2)*, 443-452. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1215856>
- To Cite:** Karadaş, K., & Bulut, O.D., (2024). Comparison of Predictive Performance of Data Mining Algorithms in Predicting Tomato Yield with the A Case Study in Iğdir. *KSU J. Agric Nat 27(2)*, 443-452. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1215856>

## INTRODUCTION

Tomato, which has the largest cultivation area among vegetable species in the world, contains vitamins A, B1, B2, C, and K and essential amino acids, sugars and dietary fibers and it is easy to digest and is very rich in minerals (Sajjad et al., 2011; Debela et al., 2016; Özkan et al., 2017; Tatar & Pirinç, 2017). Among the main benefits of tomatoes that can grow in a wide climate zone, it is well known that tomato has a positive effect on diagnosing some chronic and cardiovascular diseases and prevents cancer, prostate and liver fat (Tapiero et al., 2004; Navarro-González et al., 2018). It is also an important antioxidant thanks to its lycopene content (Söylemez & Pakyürek, 2017). Tomato, which can be consumed fresh, is also used as raw material in ketchup and canned food production, fruit juice industry, dried and frozen consumption and in the fruit and vegetable industry (Manan et al., 2016). The best daytime temperature for tomato growth is 21-24 ° C, and the ideal temperature for fruit set and pollination is 24 ° C and 17 ° C day and night (Comlekcioglu & Simsek, 2014).

Around the World, 182,256,458 tons of tomatoes were produced in an area of 40,762,457 da and tomato yield is 3,827 kg da<sup>-1</sup>. Turkey ranks fourth in the total amount of production (Anonymous, 2018). Although the tomato yield is 7,414 kg da<sup>-1</sup> in Turkey, this value decreases to 3,470 kg da<sup>-1</sup> in Iğdir province. Tomato production amount in Iğdir province is 33,732 tons year<sup>-1</sup>.

The tomato yield level in Iğdir province, which has the appropriate climate and soil conditions for tomato production, is lower than half the average of Turkey (Anonymous, 2019; Anonymous, 2020). To increase the tomato yield level, it is important to determine the factors affecting the tomato yield and to develop solutions that will increase the yield.

Some of the studies on tomato production and yield; Hahn (2013) stated that controlled fertilization and irrigation increased the income of the producer by saving water and fertilizer as well as optimizing the yield of tomatoes, Özer (2016) found out that the use of quality seeds and seedlings increases the yield, Kibria et al. (2016) pointed out that biogas production residues are an alternative to chemical fertilization in

tomato yield increase, Tesafay et al. (2018) disclosed that 50% vermicompost and 50% mineral fertilizer provide more economical production with increased yield in tomato production, Liu et al. (2019) proposed that excessive K fertilization of tomatoes during the fruit maturity period with adequate irrigation reduces the yield. Regarding high value-added agricultural business that is high-quality and high-yielding cultivation techniques, some factors which are humidity, water per m<sup>2</sup>, receiving light amount, phosphite were also put forward by some scholars (Estrada-Ortiz et al., 2012; Letourneau et al., 2015; Na et al., 2017; Cho et al., 2018).

In recent years, some prediction models have been used to predict, evaluate and classify the agricultural activity results. Data mining is one of these techniques that is widely used for classification and estimation in many fields such as engineering, marketing strategy and industry, and its use in the agricultural field is very limited (Camdeviren et al., 2007). While there are more studies on data mining, especially in the field of animal husbandry (Aytekin et al., 2018; Celik et al., 2018; Karadas & Birinci, 2019), these studies are quite limited in crop production (Küçükönder et al., 2015; Irmak & Ercan, 2017; Bostancı & Eren-Atay, 2018). The aim of this study is to determine the various factors affecting tomato yield by employing data mining algorithms. In addition, determining the algorithm with the highest predictive power among; Classification and Regression Trees (CART), Exhaustive CHAID, Chi-Square Automatic Interaction Detector (CHAID), Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS), General Linear Model (GLM) and Artificial Neural Network Algorithm (ANN) have been focus of this paper.

## MATERIALS and METHODS

### Materials

Iğdir province, is located on the easternmost border of Turkey with 3 neighboring countries of Armenia, Nakhchivan and Iran (Figure 1). Iğdir is located between 39° 55' latitude and 44° 03' longitude and is known as 850 m above sea level. The data obtained from the survey conducted with face-to-face interviews with 105 farmers producing tomatoes in Iğdir province

is the main material of this study. The survey study was conducted between August to September 2016 after the tomato harvest and the study covers the 2016 production period. In addition to the survey; previous

studies, reports and statistical data of various organizations on the subject were also utilized to support and validate the outcome of this work.



Figure 1. The location of Iğdir province in Turkey  
 Şekil 1. Iğdir ilinin Türkiye'deki konumu

The central district and Karakoyunlu district, which has more than 95% of the total tomato production in Iğdir, were selected as the research area. The information on the agricultural businesses producing tomatoes in these regions has been obtained from the Agricultural Institutions of Turkey. Using the Simple Random Sampling method (Yamane, 2010), the sample size was calculated as 95 agricultural businesses engaged in tomato production (90% confidence level and 10% deviation). Due to the possibility of having incorrect or missing data, the number of questionnaires was increased by 10% and the sample volume was increased to 105. The sampling equation is given below.

$$n = \frac{NS^2}{(N-1)D^2 + S^2} \quad (1.)$$

Table 1. Survey quantities by districts

Çizelge 1. Anket sayılarının bölgelere göre dağılımı

District	Agricultural Business	Sample Size	Percentage (%)
Center	239	55	52.6
Karakoyunlu	217	50	47.4
Total	456	105	100

## Methods

In the created models, the dependent variable is TY (tomato yield-as kg ha<sup>-1</sup>). Independent variables are NI (number of irrigation), ACF (amount of chemical fertilizer-kg ha<sup>-1</sup>), AM (amount of medicine-ml), AF (age of farmer), NS (number of seedlings), SD (sowing date), EL (education level: illiterate = 1, literate = 2, primary school = 3, secondary school = 4, high school = 5, associate degree = 6, undergraduate=7), SAS (soil analysis status 1 = yes, 2 = no), SR (sowing region-1 =

**n**: The number of agricultural business engaged in tomato production to represent the population

**N**: The total number of agricultural business engaged in tomato production (465)

**S<sup>2</sup>**: Population variance (33.17)

**D**: Refers to the impact factor

The correction factor (D) = (E/t)<sup>2</sup> was obtained from the equation, and the t coefficient was taken as 1.6445 for 90% confidence. E is the error (0.87), it is 10% of the average size group.

The distribution of the survey quantities by regions was shown in Table 1.

center, 2 = Karakoyunlu) and AFM (amount of farm manure kg ha<sup>-1</sup>).

Although one-way analysis of variance (ANOVA) is used in many fields, it may cause misleading results in cases where some assumptions are violated. The CART, Exhaustive CHAID and CHAID algorithms are effectively used to create models in nominal, ordinal and scale variables, and the CART algorithm allows to create a decision tree structure based on binary split criteria by dividing a node repeatedly into two sub-nodes (Duru et al., 2017; Eydurun et al., 2017).

The more successful the division is, the more similarities arise between the members of the outcome groups (Sun & Hui, 2008). The number of producers in the main and sub nodes was determined as 8:4 to obtain the highest prediction performance of TY algorithms. In the SPSS program, the pruning option is enabled to remove unnecessary nodes in the CART algorithm, unlike the CHAID and Comprehensive CHAID algorithms, which create multiple split nodes so that the variance within the nodes is minimal (Karadas & Kadirhanogullari, 2017). Since TY is a continuous variable, the F test was used to check the significance of the effective independent variables in CHAID algorithms. The General Linear Model (GLM) using the Least Squares Method and Artificial Neural Networks (ANN), which is multi-layered and resembling the human brain, have been used in many studies to determine the predictive power of the model (Duru et al., 2017; Karadas & Kadirhanogullari, 2017; Eyduran et al., 2017). The MARS data mining algorithm, a nonparametric regression method, allows the use of piecewise basic functions to define a response variable and a set of input variables. It automatically determines the node locations and can be shown in the following equation (Eyduran et al., 2017).

$$f_M(x) = \beta_0 + \sum_{m=1}^M \beta_m B_m(x) \quad (2)$$

Basic function parameters of the MARS algorithm are  $\beta_0$  and  $\beta_m$ .  $B_m(x)$ , which is the spline basis function, is used as follows:

$$B_m(x) = \prod_{k=1}^{k_m} [s_{km}(x_{v(k,m)} - t_{k,m})] \quad (3)$$

In the equation,  $k_m$  is takes the number of nodes and  $s_{km}$  takes values either -1 or 1 and indicates the right and left boundaries of the function.  $v(k,m)$  indicates the label of the input variable and  $t_{k,m}$  indicates the location of the node (Friedman 1991).

Generalized cross validation (GCV) eliminates unnecessary basic functions.

$$GCV = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [y_i - \hat{f}(x_i)]^2}{\left[1 - \frac{c(B)}{N}\right]^2} \quad (4)$$

N: the number of data

c (B): a complexity penalty

CART, CHAID, MARS and all other algorithms contain significant variables and provide information about estimators in studies. In the statistical analysis of the data, TY defined as dependent variable. Strong predictions of CHAID, CART, Exhaustive CHAID, MARS algorithms and MLP, which is the application of ANN, were compared. CART, CHAID, MARS and all other algorithms contain important variables and provide information about estimators in studies. What

is important for the scientist is to determine the effect of independent variable, which are the predictors, on the dependent variable and to reveal the degree of their interaction. Model selection criteria compared by performance are given:

Coefficient of Determination ( $R^2$ ):

$$R^2(\%) = \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \right] * 100 \quad (5)$$

Adjusted Coefficient of Determination (Adj.  $R^2$ ):

$$Adj.R^2(\%) = \left[ 1 - \frac{\frac{1}{n-k-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \right] * 100 \quad (6)$$

Coefficient of Variation (CV):

$$CV(\%) = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})^2}}{\bar{Y}} * 100 \quad (7)$$

Standard Deviation Ratio (SD):

$$SD_{ratio} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})^2}}{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (8)$$

Relative Approximation Error (RAE):

$$RAE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n y_i^2}} \quad (9)$$

Root Mean Square Error (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}} \quad (10)$$

Mean Absolute Deviation (MAD):

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - y_{ip}| \quad (11)$$

Mean Absolute Percentage Error (MAPE):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - y_{ip}}{y_i} \right| * 100 \quad (12)$$

In the equations;

n: the number of sample in the population

k: the number of model parameters



yi (TY): observed actual values of the output variable  
 yip: TY estimation values  
 ε: Error term

IBM SPSS 23 package program was used for statistical evaluations of CART, CHAID, Exhaustive CHAID, ANN and GLM. STATISTICA 8.0 trial version was used in MARS algorithm.

## RESULTS and DISCUSSION

A comparison of three data mining algorithms through some independent variables in the estimation of TY

was first documented. For these data mining algorithms, the model evaluation criteria and results are given in Table 2. Superiority order in the predictive accuracy has been determined according to the R, R<sup>2</sup>, Adj.R<sup>2</sup>, value of which are requested to be high, and also; RMSE, RAE, CV (%), SD<sub>RATIO</sub>, MAD, MAPE, the value of which are requested to be low. The order of superiority in the prediction accuracy of the algorithms was found as MARS > ANN > GLM > CART > CHAID > Ex.CHAID. The prediction performance of the MARS algorithm was found to be more advantageous than other algorithms in terms of selection criteria.

Table 2. Model evaluation criteria and results for data mining algorithms

*Çizelge 2. Model değerlendirme kriterleri ve veri madenciliği algoritma sonuçları*

Algorithm	r	R <sup>2</sup>	Adj. R <sup>2</sup>	RMSE	RAE	CV(%)	SD <sub>RATIO</sub>	MAD	MAPE
EX. CHAID	0.682 <sup>b</sup>	0.465	0.449	1112	0.1920	20.00	0.7311	833.671	0.1588
CHAID	0.696 <sup>b</sup>	0.484	0.458	1092	0.1887	19.65	0.7184	790.514	0.1528
CART	0.710 <sup>b</sup>	0.504	0.479	1071	0.1850	19.27	0.7043	815.280	0.1539
GLM	0.742 <sup>b</sup>	0.551	0.528	1019	0.1760	18.33	0.6702	803.348	0.1489
ANN	0.751 <sup>b</sup>	0.564	0.537	1005	0.1737	18.09	0.6613	783.885	0.1473
MARS	0.848 <sup>a</sup>	0.719	0.679	806	0.1393	14.51	0.5301	614.612	0.1184

Factors affecting tomato yield in the comprehensive CART algorithm used to determine the results of the decision tree structure was given in Figure 2. Among the factors examined in the regression decision tree structure for CART algorithm, the number of seedlings (NS), number of irrigation (NI), education level (EL), fertilizer amount (ACF) and pesticide amount (AM) were determined as significant variables. In the CART algorithm, the determination coefficient was estimated as 71%.

While the highest tomato yield was obtained from Node 6 (8011 kg/da), the lowest tomato yield was obtained from Node 7 (4092 kg/da). The average tomato yield was 5,585 kg da<sup>-1</sup> at the Node 0. This amount is higher than previous tomato yield studies; The world average yield level was 3,287 kg da<sup>-1</sup> (Anonymous, 2018); moreover, 2,900 kg da<sup>-1</sup> in the study of Neta et al. (2019) from Brazil and 3,158 kg da<sup>-1</sup> in the study of Degefa et al. (2019) from Ethiopia. According to researches carried out in Turkey, tomato yield in Cukurova region is 5,812 kg da<sup>-1</sup>, 7,602 kg da<sup>-1</sup> in Isparta province and Turkey's average is 7,414 kg da<sup>-1</sup> (Yaraş & Daşgan, 2012; Kiracı & Karataş, 2015; Anonymous, 2019). Various academic studies on tomato yield are available in the literature. However, finding effective independent variables using data mining algorithms to model tomato yield has not been done before. In this respect, this study will be the first in data mining applications.

The yield order between Nodes 1-2 was found as Node 1 (NS ≤ 1342) < Node 2 (NS > 1342). While a yield of 5,135 kg da<sup>-1</sup> was obtained in Node 1, a yield of 6,659 kg da<sup>-1</sup> was obtained in Node 2. It is understood that

the producers need to plant more than 1342 seedlings per decare. Node 1 is divided into Node 3 (NI ≤ 7.5) and Node 4 (NI > 7.5) sub-nodes. Node 4 was first terminal Node. The producers, who irrigated more than 7.5 times, yielded 5669 kg da<sup>-1</sup>, and the producers, who irrigated 7.5 times or less, yielded 4,471 kg da<sup>-1</sup>. It can be said that producers need to irrigate more than 7 times. Helyes et al. (2012) reported that irrigation has a greater effect on fruit weight compared to number of fruit. Also, irrigated plants showed significantly higher yields and rain fed plants lost yield. Node 2 was divided into two sub-nodes (Node 5-6), and Node 6 was identified as the second terminal Node. Node 6, in which producers with higher education level were, provided 8011 kg of product per decare, and moreover, the producers with the highest yield are in the Node 6 group. It can be stated that increasing the education level of the producers provides more conscious production and higher efficiency. Node 3 is divided into two sub-nodes, which are Node 7 (NS ≤ 1183) and Node 8 (NS > 1183). Node 5 is divided into two terminal Nodes which are Node 9 (NI ≤ 9.5), in which yield is 5651 kg da<sup>-1</sup>, and Node 10 (NI > 9.5), in which yield is 7,414 kg da<sup>-1</sup>. Node 8 is divided into 2 sub-nodes (Nodes 11-12) in terms of ACF. Tomato yield for Node 11, in which 74 kg da<sup>-1</sup> or less fertilizer was applied, was found as 4,637 kg da<sup>-1</sup>, whereas tomato yield for Node 12, in which more than 74 kg da<sup>-1</sup> fertilizer was applied, was found as 5,718 kg da<sup>-1</sup>. Producers should apply more than 74 kg of fertilizer per decare. This observation is similar to the previous studies that have reported usage of fertilizers have a significant effect on the yield of vegetable crops (Haworth, 1961; Svec et al., 1976; Toor et al., 2006; Wang & Xing, 2017). The Node

11 is further divided into two sub-nodes, which are Nodes 13-14. Node 13 was characterized with  $AM \leq 0.488$  and yield was  $4249 \text{ kg da}^{-1}$ , whereas Node 14 was characterized with  $AM > 0.488$  and yield was  $4,961 \text{ kg da}^{-1}$ . Besides, Nodes 12, 13 and 14 are terminal Nodes.

Figure 3 shows the decision tree diagram created by the CHAID algorithm. Node 0, which is TY, was divided two subgroups (Nodes 1-2). The number of seedlings was most affective factor on tomato yield.

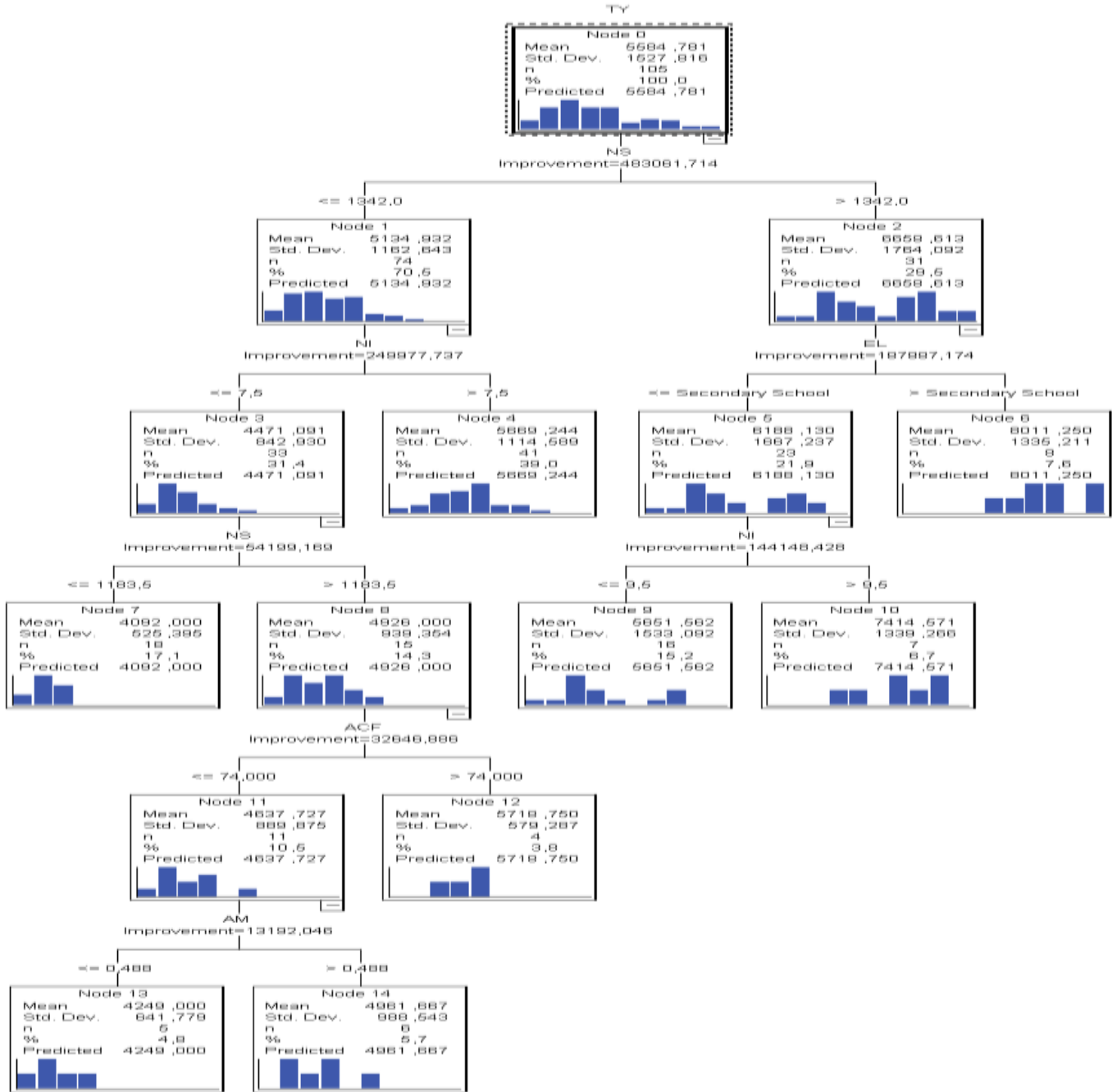


Figure 2. The regression tree diagram created by the CART algorithm  
 Şekil 2. CART algoritması ile oluşturulan regresyon ağacı diyagramı

In the CHAID algorithm, NS, NI, SR, AF and EL independent variables were found to be significantly effective on TY (Adj. P. Value = 0.000,  $F = 18.601$ ,  $df_1 = 2$ ,  $df_2 = 102$ ). In the CHAID decision tree diagram, the highest yield of  $7,359 \text{ kg da}^{-1}$  in Node 6 has been provided on the condition that NS is higher than 1,344 and SR is Karakoyunlu district.

It is understood that MARS data mining algorithm has higher prediction performance in TY estimation compared to other algorithms. In TY estimation, independent variables are included in the MARS estimation model given below.

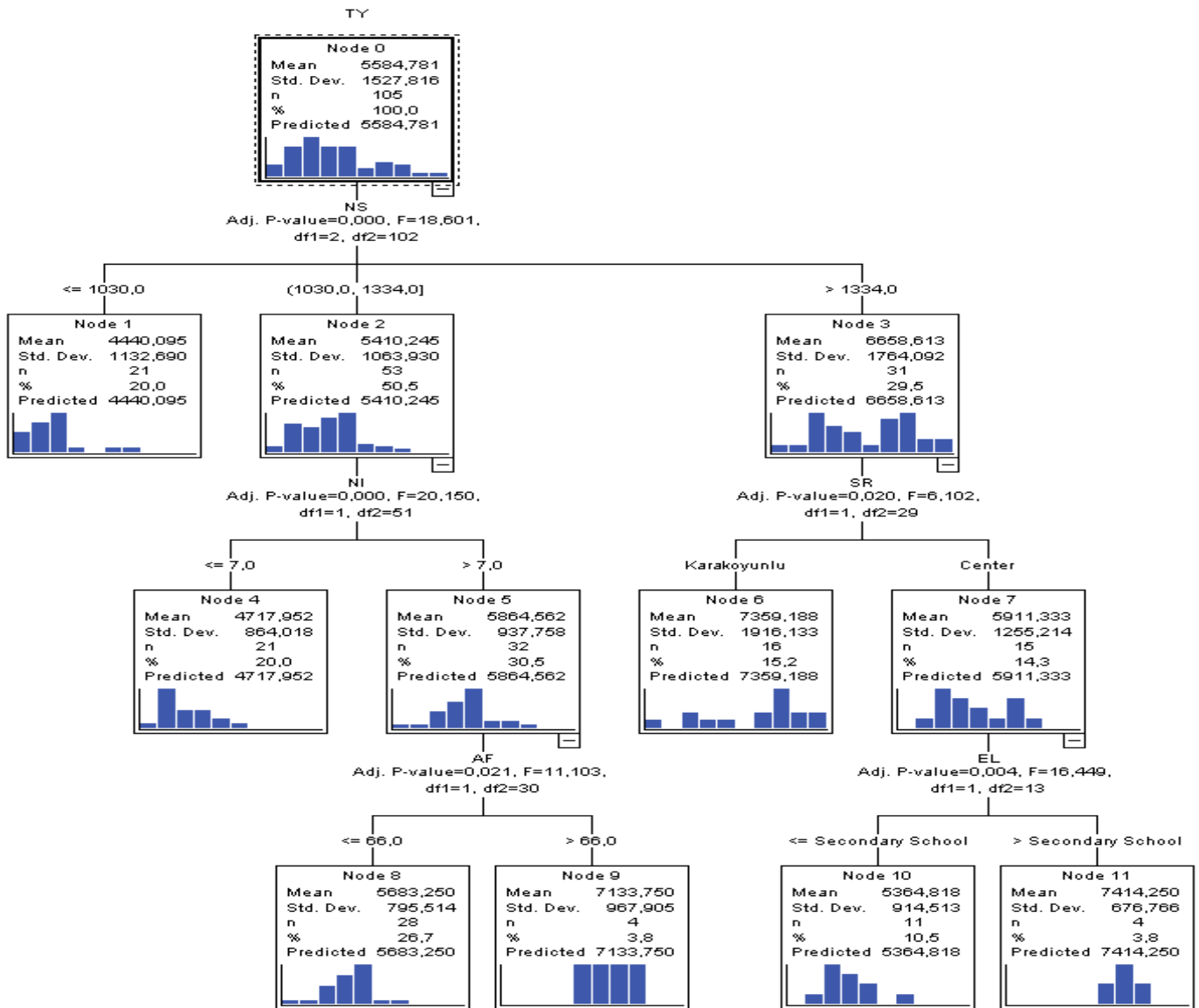


Figure 3. The regression tree diagram created by the CHAID algorithm  
 Şekil 3. CHAID algoritması ile oluşturulan regresyon ağacı diyagramı

$TY = 4,735 + 43.95 \cdot \max(0; NS-1450) - 4.15 \cdot \max(0; 1,450-NS) + 378.75 \cdot \max(0; NI-4) - 50.41 \cdot \max(0; NS-1,450) \cdot \max(0; SAS_2) + 79.51 \cdot \max(0; NI-4) \cdot \max(0; AF-62) \cdot \max(0; SR_2) + 0.5908 \cdot \max(0; ACF-51) \cdot \max(0; NS-1,200) - 0.0258 \cdot \max(0; ACF-51) \cdot \max(0; AF-27) \cdot \max(0; NS-1,200) + 1.85 \cdot \max(0; ACF-51) \cdot \max(0; AF-48) + 0.6390 \cdot \max(0; ACF-51) \cdot \max(0; 1,200-NS) \cdot \max(0; EL_5) + 317.02 \cdot \max(0; NI-4) \cdot \max(0; EL_2) \cdot \max(0; SR_2) + 6.60 \cdot \max(0; ACF-51) \cdot \max(0; 48-AF) \cdot \max(0; SAS_2) - 2.23 \cdot \max(0; ACF-51) \cdot \max(0; NI-4) \cdot \max(0; 48-AF)$

In the model; if  $NS < 1450$ , it takes  $43.95 \cdot \max(0; NS-1,450) = 0$ , and when  $NS > 1,450$ , it takes the value  $43.95 \cdot (NS - 1,450)$ . When random values are given to the independent variables that are determined to be

significantly effective on TY in the MARS model, for example, as follows;

$NI = 8, ACF = 80, AF = 42, NS = 1500, EL = 4, SAS = 1$  and  $SR = 1$ ;

$TY = 4,735 + 43.95 \cdot \max(0; AF-1,450) + 378.75 \cdot \max(0; NI-4) + 0.5908 \cdot \max(0; ACF-51) \cdot \max(0; AF-1,200) - 0.0258 \cdot \max(0; ACF-51) \cdot \max(0; AF-27) \cdot \max(0; AF-1,200) - 2.23 \cdot \max(0; ACF-51) \cdot \max(0; NI-4) \cdot \max(0; 48-AF)$

$TY = 4,735 + 43.95 \cdot \max(0; 1,500-1,450) + 378.75 \cdot \max(0; 8-4) + 0.5908 \cdot \max(0; 80-51) \cdot \max(0; 1,500-1,200) - 0.0258 \cdot \max(0; 80-51) \cdot \max(0; 42-27) \cdot \max(0; 1,500-1,200) - 2.23 \cdot \max(0; 80-51) \cdot \max(0; 8-4) \cdot \max(0; 48-42)$

$TY = 8731.12 \text{ kg da}^{-1}$  (tomato yield can be obtained)

According to MARS model results, it is understood that the seedling number should be more than 1450, the number of irrigations should be more than 4, the cultivation area should be Karakoyun district and the fertilizer amount should exceed 51 kg da<sup>-1</sup>. Due to the lack of similar statistical analysis methods in this field, the results of this study could not be compared to the literature. It is hoped that the MARS prediction model used in this study will contribute to the literature so that similar studies can be conducted in the future.

In this study, the comparison of tomato yield prediction powers of some data mining algorithms were conducted; as a result, some factors affecting tomato yield significantly were determined. NS, NI, EL, ACF and AM independent variables were determined to be statistically significant in CART algorithm, while NS, NI, SR, AF and EL independent variables were determined to be statistically significant in CHAID algorithm. Besides, NI, ACF, AF, NS, EL, SAS and SR are significant variables for MARS algorithm. The significance order of Pearson correlation coefficients between real and predicted values in tomato yield was determined as MARS (0.848a) > ANN (0.751b) > GLM (0.742) > CART (0.710) > CHAID (0.696b) > Exhaustive CHAID (0.682b). The MARS algorithm outperformed among the applied algorithms. Preferring MARS gives an opportunity to detect factors affecting tomato yield and their interactions. It was understood that the MARS algorithm may offer good solutions to farmers for making accurate decisions to increase tomato yield because of the fact that it is more informative with the best predictive accuracy. We hope that this study will contribute to paving the way for similar studies in the field of agriculture.

### Researchers Contribution Rate Declaration Summary

The contribution of the authors is equal.

### Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest

### REFERENCES

- Anonymous, (2018). Food and Agricultural Commodities Production Database. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> (Date accessed: 12.05.2021).
- Anonymous, (2019). Crop Production Statistics. <https://www.tuik.gov.tr/Home/Index> (Date accessed: 12.02.2021).
- Anonymous, (2020). Temperature Data for the Province of Iğdir. <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/igdir/C4%B1r-693/> (Date accessed: 12.03.2021).
- Aytekin, İ., Eyduran, E., Karadaş, K., Akşahan, R., & Keskin, İ. (2018). Prediction of fattening final live weight from some body measurements and fattening period in young bulls of crossbred and exotic breeds using MARS data mining algorithm. *Revista Brasileira de Zootecnia* 50(1), 189-195. <http://doi.org/10.17582/journal.pjz/2018.50.1.189.195>
- Bostancı, B. & Eren-Atay, C. (2018). Decision support tools for barley yield: the case of Menemen – Turkey. *Dokuz Eylül University Faculty of Engineering Journal of Science and Engineering* 20(60), 1057-1067. <https://doi.org/10.21205/deufmd.2018206085>
- Camdeviren, H.A., Yazici, A.C., Akkus, Z., Bugdayci, R., & Sungur, M.A. (2007). Comparison of logistic regression model and classification tree: an application to postpartum depression data. *Expert Systems with Applications* 32(4), 987–994. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.02.022>
- Celik, S., Eyduran, E., Tatliyer, A., Karadas, K., Kara, M.K., & Waheed, A. (2018). comparing predictive performances of some nonlinear functions and multivariate adaptive regression splines (MARS) for describing the growth of daera dın panah (DDP) goat in Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology* 50(3): 1-4. <http://doi.org/10.17582/journal.pjz/2018.50.3.sc2>
- Cho, W., Na, M. & Park, Y. (2018). Extraction of optimum condition of cultivation factors to improve tomato production using statistical regression analysis and response surface methodology. *Advanced Science Letters* 24(3), 2084-2087.
- Comlekcioglu, N. & Şimşek, M. (2014). The effect of gibberellic acid (GA3) on fruit set in industrial tomato at high temperature conditions and different water level. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Science* 24(3), 270- 279.
- Debela, K. B., Belew, D., & Nego, J. (2016). Evaluation of tomato (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) varieties for growth and seed quality under jimma condition, South Western Ethiopia. *International Journal of Crop Science and Technology* 2(2), 69-77.
- Degefa, G., Benti, G., Jafar, M., Tadesse, F., & Berhanu, H. (2019). Effects of intra-row spacing and n fertilizer rates on yield and yield components of tomato (*Lycopersicon Esculentum* L.) at Harawe, Eastern Ethiopia, *Journal of Plant Sciences* 7(1), 8-12. <https://doi.org/10.11648/j.jps.20190701.12>
- Duru, M., Duru, A., Karadas, K., Eyduran, E., Cinli, H., & Tariq, M.M. (2017). Effect of carrot (*Daucus carota*) leaf powder on external and internal egg characteristics of hy-line white laying hens. *Pakistan Journal of Zoology* 49(1), 125-132. <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2017.49.1.125>
- Estrada-Ortiz, E., Trejo-Tellez, L.I., Gomez-Merino, F.C., Nunez-Escobar, R., & Sandoval-Villa, M. (2013). The effects of phosphite on tomato yield and fruit quality. *The Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 13(3), 612–620. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162013005000049>

- Eyduran, E., Zaborski, D., Waheed, A., Celik, S., Karadas, K. & Grzesiak, W. (2017). Comparison of the predictive capabilities of several data mining algorithms and multiple linear regression in the prediction of body weight by means of body measurements in the indigenous beetal goat of Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology* 49(1), 257-265. <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2017.49.1.257.265>
- Friedman, J.H. (1991). Multivariate adaptive regression splines. *The Annals of Statistics* 19(1), 1-67. <https://doi.org/10.1214/aos/1176347963>
- Hahn, F. (2013). Sensing, control and instrumentation during tomato growth. tomatoes: cultivation, varieties and nutrition. Food science and technology. Nova Science Publishers, 339pp.
- Haworth, F. (1961). The effects of organic and inorganic nitrogen fertilisers on the yield of early potatoes, spring cabbage, leeks and summer cabbage. *Journal of Horticultural Science* 36, 202-205
- Helyes, L., Lugasi, A., & Pek, Z. (2012). Effect of irrigation on processing tomato yield and antioxidant components. *The Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 36(6), 702-709. <https://doi.org/10.3906/tar-1107-9>
- Irmak, S., & Ercan, U. (2017). Determining of the affecting factors edible oil consumption using data mining method. *Kafkas University Economics and Administrative Sciences Faculty the Journal* 8(15), 57-79.
- Karadas, K. & Birinci, A. (2019). Determination of factors affecting dairy cattle: a case study of ardahan province using data mining algorithms. *Revista Brasileira de Zootecnia* 48, 1-11. <https://doi.org/10.1590/rbz4820170263>
- Karadas, K. & Kadirhanogullari, I.H. (2017). Predicting honey production using data mining and artificial neural network algorithms in apiculture. *Pakistan Journal of Zoology* 49(5), 1611-1619. <https://doi.org/10.0.68.174/journal.pjz/2017.49.5.1611.1619>
- Kibria, G., Islam, M., & Alamgir, M. (2016). Yield and nutritional quality of tomato as affected by chemical fertilizer and biogas plant residues. *International Journal of Plant & Soil Science* 13(2), 1-10. <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2016/29434>
- Kiracı, S. & Karataş, A. (2015). Organic tomato growing plant activator applications effects on yield and quality. *Journal of Adnan Menderes University Agricultural Faculty* 12(1), 17-22.
- Küçükönder, H., Vursavuş, K.K., & Üçkardeş, F. (2015). Determining the effect of some mechanical properties on color maturity of tomato with K-Star, Random Forest and Decision Tree (C4.5) Classification Algorithms. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 3(5), 300-306. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.952786>
- Letourneau, G., Caron, J., Anderson, L., & Cormier, J. (2015). Matric potential-based irrigation management of field-grown tomato: effects on yield and water use efficiency. *Agricultural Water Management* 161, 102-113. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.07.005>
- Liu, J., Hu, T., Feng, P., Wang, L., & Yang, S. (2019). Tomato yield and water use efficiency change with various soil moisture and potassium levels during different growth stages. *Plos One* 14(3), 1-14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213643>
- Manan, A., Ayyub, C.M., Aslam, Pervez, M., & Ahmad, R. (2016). Methyl jasmonate brings about resistance against salinity stressed tomato plants by altering biochemical and physiological processes. *The Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 53(1), 35-41. <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/16.4441>
- Na, M., Park, Y., & Cho, W. (2017). A study on optimal environmental factors of tomato using smart farm data. *Journal of the Korean Data & Information Science Society* 28(6), 1427-1435. <https://doi.org/10.7465/jkdi.2017.28.6.1427>
- Navarro-González, I., García-Alonso, J., & Periago, M. J. (2018). Bioactive compounds of tomato: Cancer chemopreventive effects and influence on the transcriptome in hepatocytes. *Journal of Functional Foods* 42, 271-280. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.01.003>
- Neta, M.N.A., Mota, W.F., Pegoraro, R.F., Pacheco, M.C., Batista, C.M., & Sorases, M.C. (2019). Agronomic yield and quality of industrial tomatoes under NPK doses. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 24(1), 59-64. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n1p59-64>
- Özer, H. (2016). Organic tomato production. international journal of agricultural and wildlife sciences, *Abant İzzet Baysal University Faculty of Agriculture and Natural Sciences* 2(1), 43-53.
- Özkan, Z., Ünlü, L., & Ögür, E. (2017). Comparison of the efficiency of pheromone and pherolite traps used against tomato moth (*tuta absoluta* meyrick) in greenhouse tomato growing. *Harran Journal of Agricultural and Food Sciences* 21(4), 394-403. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.290747>
- Sajjad, M., Ashfaq, M., Suhail, A., & Akhtar, S. (2011). Screening of tomato genotypes for resistance to tomato fruit borer (*helioverpa armiger* hubner) in Pakistan. *The Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 48(1), 59-62.
- Söylemez, S., & Pakyürek, A. Y. (2017). Effect of different rootstocks and nutrient induced ec levels on element content of the tomato fruits. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences* 4(2), 155-161.

- Sun, J. & Hui, L. (2008). Data mining method for listed companies, financial distress prediction. *Knowledge-Based Systems* 21(1), 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2006.11.003>
- Svec, L. V., Thoroughgood, C. A., & Mok, H. C. S. (1976). Chemical evaluation of vegetables grown with conventional or organic soil amendments. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 7(2), 213-228. <https://doi.org/10.1080/00103627609366634>
- Tapiero, H., Townsend, D. M., & Tew, K. D. (2004). The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. *Biomedicine and Pharmacotherapy* 58(2): 100-110. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2003.12.006>
- Tatar, M., & Pirinç, V. (2017). Potential of industrial tomato production of Southeast Anatolian Region in Turkey. *Iğdır University Journal of the Institute of Science and Technology* 7(2), 11-20. <https://doi.org/10.21597/jist.2017.121>
- Tesafay, T., Gebremariam, M., Gebredsadik, K., Hagazi, M., & Girmay, S. (2018). Tomato yield and economic performance under vermicompost and mineral fertilizer applications. *The Open Agriculture Journal* 12(1), 262-269. <https://doi.org/10.2174/1874331501812010262>
- Toor, R.K., Geoffrey, P.S., & Anuschka, H. (2006). Influence of different types of fertilisers on the major antioxidant components of tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis* 19(1), 20-27. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.03.003>
- Wang, X., & Xing, Y. (2017). Evaluation of the effects of irrigation and fertilization on tomato fruit yield and quality: a principal component analysis. *Scientific reports* 7(1), 350. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00373-8>
- Yamane, T. (2001). *Turkish Translation of the Basic Sampling Methods*. Translators: Esin, A., Aydın, C., Bakır, M.A., Gürbüzel, E., Literatür Yayınları, Tukey. pp.509.
- Yaraş, G., & Daşgan, H. Y. (2012). Effects of soil-applied micronized-sulphur with bentonite and organic matter on soil ph, tomato plant growth, yield and fruit quality under greenhouse conditions. *Reserach Journal of Agricultural Sciences* 5(1): 175-180.



## Economic Analysis of Palm Kernel Nut Processing: Evidence from Ogun State, Southwestern Nigeria

Kazeem Oriyomi ABOABA<sup>1</sup>, Dare AKERELE<sup>2</sup>, Tohib Oyeyode OBALOLA<sup>3</sup>, Samson Oluwaseyi AFOLAYAN<sup>4</sup>

<sup>1,2,4</sup>Department of Agricultural Economics and Farm Management, Federal University of Agriculture Abeokuta, Nigeria, <sup>3</sup>Department of Agricultural Economics, Usmanu Danfodiyo University, P.M.B. 2346, Sokoto, Nigeria

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-9486-6758>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-4725-035X>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-2015-431X>,

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0001-6692-4175>

✉: oyeyodeobalola@yahoo.com

### ABSTRACT

Prior to ramping up advocacy for palm kernel nut processing as a means to diversify livelihood source, it becomes germane to look into the economic analysis of palm kernel nut processing as a way of proffering empirical based evidence on the status of the enterprise. The study was conducted in Ipokia Local Government Area, Ogun State, Nigeria. To select 40 palm kernel processors for the study, a multistage sampling approach was used. The study employed both descriptive and inferential statistics. The findings showed that the majority of processors were engaged in the extraction of palm kernel cake and oil from palm kernel nuts. Profit realized from the extraction of oil and cracking of palm kernel nut per ton per week was ₦57, 378.66 (USD 145.26) and ₦24, 775.11 (USD 62.72) with a return on investment of 1.37 and 1.32 respectively. Thus, the enterprise is profitable. In addition, the regression analysis showed that household size ( $p < 0.05$ ), processing experience ( $p < 0.01$ ) and processing stage ( $p < 0.05$ ) significantly influenced the profit of the palm kernel nut processors. The study therefore recommends effort be made to attract investors to support the smallholders in order to improve their livelihood and export funding.

### Agricultural Economics

### Research Article

### Article History

Received : 21.07.2023

Accepted : 12.11.2023

### Keywords

Palm kernel  
Profitability  
Processors  
Cracked nuts  
Sludge

**Atıf İçin :** Aboaba KO, Akerele D, Obalola TO & Afolayan SO (2024). Economic Analysis of Palm Kernel Nut Processing: Evidence from Ogun State, Southwestern Nigeria. *KSU J. Agric Nat* 27(2), 453-459. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1331002.

### INTRODUCTION

The oil palm (*Elaeis guineensis*) is a legendary plant that was first cultivated in West Africa's tropical rain forest (Akinniran et al., 2013) with several economic uses (Sarku, 2015; Sanusi et al., 2022). It is a palm species that serve as the sole source of palm related oils to humans (Owutuamor et al., 2019). Through its revenue-generating endeavors and value addition in its supply chain, it has the potential to promote economic growth and food security (Verheye, 2002; Sarku, 2015; Owutuamor et al., 2019). Palm oil and palm kernel are basically the primary product of oil palm fruit processing with the latter particularly valuable because of the oil derived from it. Palm kernel represents only 4 to 6 percent of the fresh fruit palm bunch and its only 10 to 15 percent of the value of the primary product of oil palm fruit processing (Okoli, 2003).

A significant section of the rural population relies on palm oil as a key source of income and employment in Nigeria, where production has experienced significant fluctuations (Palm Oil Analytics, 2017; Owutuamor et al., 2019). It is interesting to note that more palm oil is needed for industrial production than there is

available. On the other hand, a fall in agricultural output and export, particularly in the processing of oil palm, which involves adding value and might result in a higher GDP, is not good for the nation's economic development. However, palm kernel oil might be used to supplement the shortage since it is mostly produced by small-scale processors and has a low extraction capacity per unit of output (Ofusu-Budu and Sarpong, 2013).

The maximization of farmers' net farm income and wealth is generally acknowledged to be one of the main goals of value addition (Anderson and Hanselka, 2013; Shashi et al., 2017). Expanding the activities in value-adding processes is crucial if they are to take advantage of economies of scale and avoid producing merely to benefit participants in their supply chain's downstream. Furthermore, the lack of good roads in potential high-producing areas, high labor costs in oil palm processing, and a lack of the necessary infrastructure for credit facilities and the processing of oil palm have all seriously hampered value addition processes (Edem, 2012; Gourichon, 2013; Nwalieji and Ojike, 2018). It therefore becomes imperative to analyze the economics of palm kernel nut processing

with the view of examining the costs and returns accruing to its processing; identify the stages involved in the processing; determine the factors that influence the net income of processors and; identify the bottleneck faced by the palm kernel nut processors.

## MATERIAL and METHOD

### Study Area

The study was conducted in Ogun State. The state is found in Nigeria's southwest. It is located in the humid tropical lowland region between latitudes 7° and 8° 27' E. Benin Republic borders it on the west, Lagos State on the south, Ondo State on the east, and Oyo and Osun States on the north. The estimated population of the State is 3,728,098 (NPC, 2006). The land area of the state is around 16, 409.26 square kilometres (Soewu et al., 2012), however, the arable land stands at 1, 204,000 hectares with only about 350,000 hectares presently cultivated. The state is blessed with good climatic condition suitable for palm oil production. The soil condition favors the production of food and cash crops.

### Sampling Techniques

A multistage sampling procedure was used in selecting the palm kernel processors for the study. The first stage involved the purposive selection of Ipokia Local Government Area (LGA). This was based on the dominance of the LGA in palm kernel production activities. In the second stage, Koko village was purposively selected based on its fewer activities as regards to palm kernel processing when compared to other villages within the LGA. Due to their less involvement in the activity, snowballing technique was used in selecting 40 palm kernel processors.

### Source of Data and Data Collection

Primary data were collected through a semi-structured questionnaire administered to 40 palm kernel processors to elicit relevant information on their socioeconomic characteristics, costs and returns accruing to the enterprise, activities involved in the processing, factors influencing palm kernel processing, and records on the bottleneck faced by the processors.

### Data Analysis and Model Specification

The study employed both descriptive and inferential statistics. The socioeconomic characteristics of the processors, the activities involved in the processing, and the constraints faced by the processors were all described using descriptive statistics such as frequency counts, percentages, and mean values. The profitability of the processors was ascertained using the budgetary model, and the variables affecting palm kernel processing were investigated using the multiple regression technique.

### Budgetary Technique

Estimating the profitability of palm kernel nut processing in the study area involved costs and returns

analysis. The cost function is written as follows, using modifications from Obalola et al. (2017):

$$\pi = TR - TC \quad (1)$$

$\pi$  = Profit; TR = Total revenue from palm kernel nut processing; TC = Total cost of palm kernel nut processing

$$TR = P_y \cdot Y \quad (2)$$

$P_y$  = Average price of palm kernel nut sold; Y = Numbers of palm kernel nut processed

$$TC = TVC + TFC \quad (3)$$

TC = Total cost of palm kernel nut processing; TVC = Total variable Cost of palm kernel nut processing; TFC = Total Fixed Cost of Palm kernel nut processing

$$TVC = \sum_{p=1}^n P_i X_i \quad (4)$$

$P_i$  = Price of variable input,  $i$ ;  $X_i$  = Quantity of input  $i$  used and;

TFC = Total fixed cost of palm kernel nut processing which is the depreciated value on fixed inputs represented as:

$$D_p = (F - S) / L \quad (5)$$

$D_p$  = Depreciation value; F = Cost of purchasing fixed inputs; S = Salvage value, L = Useful life

### Multiple Regression Model

In order to identify the variables affecting the net income of palm kernel nut processing in the study area, multiple regression analysis was utilized. Obalola and Tanko (2016) state that the model is implicitly described as follows:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8 + \mu) \quad (6)$$

Y = Net income to processor (naira)

$X_1$  = Sex (dummy)

$X_2$  = Age (years)

$X_3$  = Marital status (1 if married; 0, otherwise)

$X_4$  = Household size (number)

$X_5$  = Level of education (categorical)

$X_6$  = Processing experience (years)

$X_7$  = Distance to source of nut (km)

$X_8$  = Processing stage (dummy)

$\mu$  = Error term

Three functional forms was fitted to the data and the lead equation was chosen based on statistical and econometric criteria such as the coefficient off multiple determination  $R^2$  value, the F value, significant variables and so on. Explicitly, the functional forms are expressed:



1. Linear function

$$Y = \delta_0 + \delta_1 X_1 + \delta_2 X_2 + \delta_3 X_3 + \delta_4 X_4 + \delta_5 X_5 + \delta_6 X_6 + \delta_7 X_7 + \delta_8 X_8 + \mu \quad (7)$$

2. Semi log form

$$Y = \delta_0 + \delta_1 \log X_1 + \delta_2 \log X_2 + \delta_3 \log X_3 + \delta_4 \log X_4 + \delta_5 \log X_5 + \delta_6 \log X_6 + \mu \quad (8)$$

3. Double log form

$$\log Y = \delta_0 + \delta_1 \log X_1 + \delta_2 \log X_2 + \delta_3 \log X_3 + \delta_4 \log X_4 + \delta_5 \log X_5 + \delta_6 \log X_6 + \mu \quad (9)$$

$\delta_0$  = Constant;

$\delta_1 - \delta_8$  = Parameter estimated;

Other variables are as previously defined.

**RESULTS and DISCUSSION**

**Socioeconomic Characteristics of the Palm Kernel Nuts Processors**

The result revealed that majority of the palm kernel nuts processors were male with less than a quarter of the processors being female (Table 1). This implies that the enterprise was dominated by male and this is attributed to the fact that palm kernel nut processing requires a lot of strength which most female may not be able to supply. This contradicts the findings of

Yinusa (2015) and Sanusi et al. (2022) who reported that palm oil processing were predominant amongst the women. The majority of palm kernel nut processors were within the age bracket of 41-50 years amid the mean age of 48years implying that most of the processors were still within their productive age when compared to the human development report (2006) and this may have a positive influence on the amount of income generated. This supports the position of Ibitoye et al. (2011), Akinniran et al. (2013) and Sanusi et al. (2022). The majority (92.50 %) of palm kernel nut processors were non-members of association, as a result, may negatively influence their output as they were most likely not have access to credit facilities to increase their scale of operation. The result revealed that majority (95 %) of the palm kernel nut processors were married while 2.50 % of the processors were separated and widowed. This corroborates with the finding of Sanusi et al. (2022). Similarly, the mean size of the household was 5 persons which is fair to supply labour during the processing activities. Furthermore, the processors are educated having a minimum of primary education, though, the majority (55 %) of the palm kernel nut processors had secondary education and tertiary education (32.50 %). This signals a strong adsorption capacity on innovation.

Table 1. Socioeconomic characteristics of the palm kernel processors

Variable	Frequency	Percentage	Mean	Standard deviation
<b>Sex</b>				
Female	9	22.50		
Male	31	77.50		
Total	40	100.00		
<b>Age (years)</b>				
≤40	4	10.00	48	7.35
41-50	25	62.50		
51-60	9	22.50		
>60	2	5.00		
Total	40	100.00		
<b>Membership of association</b>				
Non-member	37	92.50		
Member	3	7.50		
Total	40	100.00		
<b>Marital Status</b>				
Married	38	95.00		
Single	2	5.00		
Total	40	100.00		
<b>Household size (persons)</b>				
1-3	6	15.00	5	1.79
4-6	27	67.50		
7-9	7	17.50		
Total	40	100.00		
<b>Educational level</b>				
Primary	5	12.50		
Secondary	22	55.00		
Post-secondary	13	32.50		
Total	40	100.00		

### Stages of Palm Kernel Nut Processing

Majority (72.50 %) of the palm kernel nut processors were into extraction of palm kernel oil and cake from palm kernel nuts (Table 2). The cracking of un-cracked palm kernel nuts without extraction was reported by 25 % of the processors and 2.50 % were into extraction of palm kernel oil and cake from un-cracked palm

kernel nuts. The result further revealed that about 37.50 % of the palm kernel nut processors obtained oil, cake and sludge from the cracked palm kernel nuts; 2.50 % obtained sludge only; 2.50 % obtained cake and sludge; 35 % obtained oil and cake; 17.50 % obtained cake only and 5 % obtained oil and sludge.

Table 2. Process stage involved in extraction of palm kernel

Variable	Frequency	Percentage
<b>Process Stage Involved</b>		
Cracking of nuts	10	25.00
Extraction of oil from un-cracked nuts	1	2.50
Extraction of oil from cracked nuts	29	72.50
Total	40	100.00
<b>Various Product Obtained</b>		
Sludge	1	2.50
Cake and sludge	1	2.50
Oil and cake	14	35.00
Cake	7	17.50
Oil and sludge	2	5.00
Oil, cake and sludge	15	37.50
Total	40	100.00

### Profitability Analysis on Cracking of Palm Kernel Nuts

The costs and returns structure for extracting cracked palm kernel nuts showed that ₦210, 886.05 (USD 533.88) in total revenue was obtained from extracting cracked palm kernel nuts (Table 3). The revenue from oil contributed most (64.40 %) to the total revenue. This was followed by revenue from cake contributing 25.62 % and sludge contributed 9.97 % to the total revenue. The total cost incurred by the processor was ₦153, 507.39 (USD 388.62). This comprised the total fixed cost of ₦43, 073.05 (USD 109.04) accounting for 28.06 % to the total cost of production; and the total variable cost of ₦110, 434.34 (USD 279.58) making the largest (71.94 %) component of the total production cost. The gross margin realized was ₦100, 451.71 (USD 254.30) and the profit realized was ₦57, 378.66 (USD 145.26). It was observed that for every ₦1 invested in the enterprise ₦1.37 will be return to the enterprise. This supports the work of Sanusi et al. (2022) who revealed that for every ₦1.00 invested in palm oil processing enterprise, a net profit of one naira thirty-two koo (₦1.32) is realised. This makes the return on investment and shows that the enterprise is a profitable venture.

The palm kernel nut cost and return structure showed that the total profit made from palm kernel nut cracking was ₦ 102, 845.27 (USD 260.36). Cracked kernel and shell constitute the revenue component with former contributing the most (80.43 %) and the latter, contributed 19.57 % to the total revenue. The total cost incurred by the processor was ₦78, 070.16

(USD 197.64) with the total fixed and variable costs of ₦19, 026.00 (USD 48.16) and ₦59,044.16 (USD 149.47) constituting 24.37 % and 75.63 % to the total production costs respectively. The gross margin accruing from the processing was ₦43, 801.11 (USD 110.88) and the profit ₦24, 775.11 (USD 62.72) was realized. The return on investment was 1.32 indicating that the enterprise is profitable. That is, for every ₦1 invested in the enterprise ₦1.32 will be returned to the enterprise.

### Socioeconomic Factors Influencing Profit Level of the Palm Kernel Nut Processors

Multiple regression analysis was used to determine the effects of socioeconomic characteristics on the profit level of the palm kernel nut processors (Table 4). Linear, semi log and double log functions were estimated. The linear function was chosen as the lead functional form based on the standard econometric criteria. The result of the heteroscedasticity robust standard error of the multiple regression analysis of the determinants of profit level of the palm kernel nut processors revealed the R squared of 62.9 %. This implies that the variation in profit of the processors was jointly explained by the explanatory variables while the remaining 37.1 % was due to variable not included in the model. The variance inflation factor test of multicollinearity shows that there is absence of such as the value is lower than the critical value of 5, the F-statistics revealed the overall fitness of the model at (p<0.01) level of probability. The result revealed that household size (p<0.05), processing

experience ( $p < 0.01$ ) and processing stage ( $p < 0.05$ ) significantly influenced the profit of the palm kernel nut processors. Considering the relationship exhibited on the signs of the significant variables, the coefficient of household size revealed a decline in the profit gained by the processors by ₺9,832.5 with a unit increase in the size of the household. This can be attributed the responsibilities expected on a large household. This is not in tandem with the position of Sanusi et al. (2022) for there exists a positive relationship between household size and profit realisation. For processing experience, a year increase in the experience of the

processors will increase their profit by ₺2,061.58. This is not farfetched from what is derived from experience on how to cope with the risk and challenges faced in the enterprise, thus, enhancing their profit level. The coefficient of processing stage revealed that the profit of processors that are involved in cracking of palm kernel nut to extraction increases by ₺23,746.11 (USD 60.11) compared to processors that are involved in cracking only. This implies that processors that engaged in cracking of un-cracked nut to extraction have higher rate of return on investment compared with their counterparts.

Table 3. Costs and returns analysis of palm kernel nuts processing

Processing stage			Cracking of Nut		
Variable	Mean revenue and cost (₺)	%	Variable	Mean revenue and cost (₺)	%
<b>Extraction of Oil</b>			<b>Cracking of Nut</b>		
<b>Revenue</b>			<b>Revenue</b>		
Oil	135,817.72	64.40	Shell	20,131.64	19.57
Sludge	21,030.83	9.97	Cracked kernel	82,713.63	80.43
Cake	54,037.50	25.62	-	-	-
<b>Total revenue</b>	<b>210,886.05</b>	<b>100.00</b>	<b>Total revenue</b>	<b>102,845.27</b>	<b>100.00</b>
<b>Fixed cost</b>			<b>Fixed cost</b>		
Rent on land	9,346.97	6.09	Land	7,089.07	9.08
Knife	568.69	0.37	Knife	456.25	0.58
Scale	1,840.81	1.20	Scale	3,829.17	4.90
Expeller	11,611.68	7.56	Cracker	7,651.52	9.80
Dryer	10,226.19	6.66	Dryer	-	-
Filter	2,293.27	1.49	Filter	-	-
Storage	2,666.67	1.74	Storage	-	-
Drum	1,266.47	0.83	Drum	-	-
Kegs	2,086.51	1.36	Kegs	-	-
Bucket	1,165.80	0.76	Bucket	-	-
<b>Total fixed cost</b>	<b>43,073.05</b>	<b>28.06</b>	<b>Total fixed cost</b>	<b>19,026.00</b>	<b>24.37</b>
<b>Variable cost</b>			<b>Variable cost</b>		
Hired labour	27,868.75	18.15	Hired labour	14,836.37	19.00
Cracked nut	77,091.84	50.22	Un-cracked nut	41,131.72	52.69
Transportation	3,530.00	2.30	Transportation	1,076.07	1.38
Electricity	1,943.75	1.27	Electricity	2,000.00	2.56
<b>Total variable cost</b>	<b>110,434.34</b>	<b>71.94</b>	<b>Total variable cost</b>	<b>59,044.16</b>	<b>75.63</b>
<b>Total cost</b>	<b>153,507.39</b>	<b>100.00</b>	<b>Total cost</b>	<b>78,070.16</b>	<b>100.00</b>
<b>Gross margin</b>	<b>100,451.71</b>		<b>Gross margin</b>	<b>43,801.11</b>	
<b>Profit</b>	<b>57,378.66</b>		<b>Profit</b>	<b>24,775.11</b>	
<b>ROI</b>	<b>1.37</b>		<b>ROI</b>	<b>1.32</b>	

1 USD = ₺395

### Constraints Facing Palm Kernel Nut Processing

The constraints faced by the palm kernel nut processors in decreasing order of magnitude are lack of credit facilities, importation of palm kernel oil and the problem of transportation (Table 5). The lack of credit

facilities is anticipated as most of the processors reported they were non-members of association, perhaps limiting their access to credit facilities which can be used to scale up their operations. Production of palm kernel should be encouraged to tackle the issue

on importing more of the product at the detriment of the local processors. This can be achieved through thorough advocacy for palm production.

Table 4. Multiple regression estimates of the determinants of profit of the processors

Variable	Linear function	
	Coefficient	P-value
Constant	28957.89	0.363
Sex	-13116.01	0.371
Age	313.26	0.580
Marital status	-4094.05	0.522
Household size	-9832.5***	0.000
Level of education	-137.78	0.889
Processing experience	2061.58***	0.006
Distance from source of nut	-144.80	0.481
Processing stage	23746.11**	0.049
R squared	0.553	
F(8, 31)	4.79***	
Prob> F	0.0007***	
Mean VIF	2.09	
Number of observations	40	

\*\*\*, \*\* and \* means  $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$  and  $p < 0.1$  probability levels respectively

## CONCLUSION

Extractions of palm kernel oil and cake from palm kernel nuts are the major activities by the palm kernel nut processors. These were disaggregated into those who obtained oil, cake and sludge from the cracked palm kernel nuts; sludge only; cake and sludge; oil and cake; oil and sludge and cake only. The profit accruing to the extraction of oil and cracking of palm kernel nut were ₦57, 378.66 and ₦24, 775.11 respectively. Household size, processing experience and processing stage significantly influenced the profit of the palm kernel nut processors. The study therefore recommends effort be made to attract investors to support the smallholders in order to improve their livelihood and export funding. Lack of credit facilities, importation of palm kernel oil and the problem of transportation were the registered constraints faced by the palm kernel nut processors. The study there recommends that processors be provided the avenue to access credit which can be used to scale up there operations. Also, a strong advocacy that is capable of attracting investors be implemented. This is expected to enhance production and help solve the demand and supply gap met via importation.

Table 5. Constraints faced by the palm kernel nuts processors

Variable	Frequency	Percentage	Rank
Lack of credit facilities	22	55.00	1 <sup>st</sup>
Transportation problem	5	12.50	3 <sup>rd</sup>
Importation of palm kernel oil	13	32.50	2 <sup>nd</sup>
Total	40	100.00	

## Conflicts of Interest

The authors have declared no conflict of interest.

## Authors' Contributions

The authors contributed to the conceptualization, methodology, analysis and writing of the manuscript.

## REFERENCES

- Akinniran, T.N., Ojedokun, I.K., Sanusi, W.A. & Ganiyu, M.O. (2013). Economic Analysis of Oil Palm Production in Surulere Local Government Area of Oyo State, Nigeria. *Developing Country Studies* 3(13), 8-16.
- Anderson, D.P. & Hanselka, D. (2013). Risk Management: Adding Value to Agricultural Product. *AgriLife Extension Texas A&M System* 1-3.
- Edem, T.K. (2012). Palm Oil Marketing and Distribution Pattern in Imo State, Nigeria: An Application of Linear Programming Model. *Journal of Agriculture and Development* 2(1), 234-244.
- Gourichon, H. (2013). *Analysis of Incentives and Disincentives for Palm Oil in Nigeria*, Rome: Monitoring African Food and Agricultural Policies (MAFAP), Food and Agriculture Organization (FAO).
- Ibitoye, O., Akinsorotan, A., Meludu, T. & Ibitoye B. (2011). Factors affecting oil palm production in Ondo State of Nigeria. *Journal of Agriculture and Social Research* 11 (1), 97-105.
- NPC (2006). National Population Commission report.
- Nwalieji, H.U. & Ojike, H.U. (2018). Characteristics of Small-Scale Palm Oil Production Enterprise in Anambra State. *Journal of Agricultural Extension* 22(1), 22-34.
- Obalola, T.O., Agboola, B.O. & Odum, E.B.E. (2017). Profitability and Constraints to Irrigated Onion Production in Wamakko and Kware Local Government Areas, Sokoto State, Nigeria. *Journal of Global Agriculture and Ecology* 7(3), 106-110.
- Obalola, T.O. & Tanko, L. (2016). Comparative Economic Analysis of Irrigated and Rainfed Spinach (*Amaranthus cruentus*) Production in Minna Metropolis, Niger State, Nigeria. *Journal of Agriculture, Food and Development* 16(1), 91- 98.
- Ofosu-Budu, K. & Sarpong, D.B. (2013). Oil Palm Industry in Africa: A Value Chain and Smallholder's Study for Ghana. In: *Rebuilding West Africa's Food Potential: Policies and Market*

- Incentives for Smallholder-Inclusive Food Value Chains (eds Aziz, E.) pp. 349-390. FAO, Rome.
- Okoli, J.U. (2003). Optimum Drying Time for Palm Nuts for Efficient Nut Cracking in Small Scale Oil Palm Fruit Processing Mills. *Global journal of engineering research* 2(1&2), 7-10
- Owutuamor, Z.B., Iruo, F. & Ologidi, C. (2019). Value Addition in Oil Palm Processing in Anyama District, Ogbia Local Government Area (LGA) of Bayelsa State, Nigeria. Paper presented at the 6th African Conference of Agricultural Economists, September 23-26, 2019, Abuja, Nigeria.
- Palm Oil Analytics (2017). *Essential Palm Oil Statistics*, Singapore: Palm Oil Analytics.
- Sanusi, M.M., Idowu, S.D., Akerele, D. & Olabode, T.S. (2022). Economic Analysis of Palm Oil Processing in Odogbolu Local Government Area, Ogun State, Nigeria. *Agro-Science Journal of Tropical Agriculture, Food, Environment and Extension* 21(2), 130-135.
- Sarku, R. (2015). Economic Analysis of Processing Palm Kernel in Kwaebibirem District, Ghana. *Journal of Agriculture and Veterinary Sciences* 7(2), 83-101.
- Shashi, K., Rajwinder, S. & Amir, S. (2017). Value-Adding Practices in Food Supply Chain: Evidence from Indian Food Industry. *Agribusiness* 33(1), 116-130.
- Soewu, D.A., Bakare, O.K. & Ayodele, I.A. (2012). Trade in wild mammalian species for traditional medicine in Ogun State, Nigeria. *Global Journal of Medical Research* 12(3), 6-22.
- Verheye, W. (2002). Growth and Production of Oil Palm. *Soil, Plant Growth and Crop production Journal* (2), 1-10.
- Yinusa, B. (2015). Investigation of women's palm oil processing in some villages of Nigeria. *International Journal of Manufacturing, Material and Mechanical Engineering Research* 2(1), 7-11.



## Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Hayvan Hayat Sigortası Yaptırmalarına Etki Eden Faktörlerin Analizi: Van İli Örneği

Mustafa TERİN<sup>1</sup>, Melike CEYLAN<sup>2</sup>, Kenan ÇİFTÇİ<sup>3</sup>, İbrahim YILDIRIM<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Van

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-6550-335X>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-1301-6576>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-9545-0455>

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0002-9545-0455>

✉: mustafaterin@yyu.edu.tr

### ÖZET

Süt sığırcılığı, doğası gereği birçok risk ve belirsizlikle karşı karşıyadır. Süt sığırcılığı işletmelerinin varlığını sürdürebilmesi, karşılaşılan risk ve belirsizlikleri en iyi şekilde yönetebilmeleri ile mümkündür. Risk ve belirsizliklerin ortaya çıkardığı olumsuzlukları en aza indirmenin yollarından biri de tarım sigortası uygulamalarıdır. Hayvan hayat sigortaları işletmelerin zararlarını tazmin ederek, işletmelerin varlığını ve üretimin sürdürülebilir olmasına önemli katkılar sağlamaktadır. Bu çalışmada, Van ilindeki süt sığırcılığı işletmelerinin hayvan hayat sigortası yaptırmalarında etkili olan faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın materyalini 178 üretici ile yüz yüze yapılan anketlerden elde edilen veriler oluşturmaktadır. Verilerin değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistikler ve çapraz tablolar verilmiş, üreticilerin sigorta yaptırmalarında etkili faktörlerin belirlenmesinde ise Binomial logit model kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, yıllık süt üretimi, işletmede kayıt tutma, tarımsal kredi kullanma, Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği'ne üye olma ve faydalanılan destek sayısı ile sigorta yaptırma arasında pozitif yönlü, traktöre sahip olma, sağım öncesi meme temizliği yapma ve suni tohumlama yaptırma ile hayvan hayat sigortası yaptırma arasında ise negatif yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Süt sığırcılığı işletmelerinde var olan risklerin yönetilmesinde önemli bir araç olan hayvan hayat sigortasına katılımın artırılması, ilde süt sığırcılığı ve süt ürünleri üretiminin gelişmesine ve sürdürülebilir olmasına önemli katkılar sağlayabilecektir.

### Analysis of Factors Affecting Dairy Farms' Animal Life Insurance: A Case Study Van Province

#### ABSTRACT

Given the unique characteristics of dairy cattle production, the producers are faced with many risks and uncertainties. These facts require efficient management for the survival of their farms. Agricultural insurance generally and animal insurance for dairy cattle farms specially is a significant tool to alleviate the losses and thus, contribute to the survival of the dairy farms. This study aims to determine the factors effective on the animal life insurance of the dairy cattle farms in Van Province. Face-to-face interviews with 178 producers through questionnaires were conducted and the data obtained was used for descriptive statistics, cross tables and binomial logit model. The logit model showed that having animal life insurance had positive effects on the annual milk production, keeping records in the farms, using agricultural credits, being a member of the Cattle Breeders' Association, and the number of support benefits while it had negative effects on the having tractor, cleaning the udder before milking, and having artificial insemination. We suggest that an increase in the participation of the animal life insurance could contribute to the sustainability and thus survival of dairy cattle farms in terms of increasing milk production and income of the producers in the province.

#### Tarım Ekonomisi

#### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 08.05.2023

Kabul Tarihi : 25.08.2023

#### Anahtar Kelimeler

Süt sığırcılığı,  
Hayvan hayat sigortası,  
Logit model,  
Van

#### Agricultural Economics

#### Research Article

#### Article History

Received : 08.05.2023

Accepted : 25.08.2023

#### Keywords

Dairt cattle,  
Animal live insurance,  
Logit model,  
Van

<b>Atf Şekli:</b>	Terin, M., Ceylan, M., Çiftçi, K., & Yıldırım, İ., (2024) Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Hayvan Hayat Sigortası Yaptırmalarına Etki Eden Faktörlerin Analizi: Van İli Örneği. <i>KSÜ Tarım ve Doğa Derg 27 (2)</i> , 460-468. <a href="https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1294040">https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1294040</a>
<b>To Cite :</b>	Terin, M., Ceylan, M., Çiftçi, K., & Yıldırım, İ., (2024). Analysis of Factors Affecting Dairy Farms' Animal Life Insurance: A Case Study Van Province. <i>KSU J. Agric Nat 27 (2)</i> , 460-468. <a href="https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1294040">https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1294040</a>

## GİRİŞ

Tarımsal üretim, doğası gereği birçok risk ve belirsizlikle karşı karşıyadır. Tarımsal üretimi etkileyen riskler; üretim riski, pazarlama riski, finansman riski, teknolojik risk, insan kaynaklı risk ve sosyal riskler olarak sınıflandırılabilir (Kay, 1981; Ceyhan,1995; Karahan, 2002; Şahin ve ark., 2008; Bayramoğlu ve ark., 2013; Özçelik, 2018). Bu risklerin gerçekleşmesi, tarımsal ürünlerde rekolte kaybına, ürün kalitesinde bozulmalara, fiyat dalgalanmalarına ve üretici gelirlerinde önemli kayıplara neden olmaktadır (Çetin, 2007; Terin & Aksoy, 2015; İkikat-Tümer ve ark., 2019). Bu nedenle tarımsal işletmelerin varlıklarını sürdürülebilmeleri karşılaştıkları riskleri en iyi şekilde yönetebilmeleriyle yakından ilişkilidir. Tarımsal üretimde karşılaşılan risklerle mücadele etmek ve kayıpları en aza indirme yöntemlerinden biri de tarım sigortası uygulamalarıdır. Gelişmiş ülkeler, tarımsal üretimde karşılaşılan risklere karşı Risk Yönetim Programları kapsamında Tarım Sigortası ile risk paylaşımını ve transferini gerçekleştirerek, üreticilerini çeşitli risklere karşı korumaktadır (Çetin, 2007; Engürülü ve ark., 2014; Saner ve ark., 2015).

Türkiye’de tarım sigortası uygulamaları 1957 yılında özel bir sigorta şirketi tarafından bitkisel ürünlerde dolu riskine karşı yapılan sigortalama işlemi ile başlamıştır. Bunu 1960 yılında hayvan hayat sigortaları, 1984 yılında kümes hayvanları sigortası, 1990 yılında su ürünleri sigortası ve 1991 yılında da üzüm bağları için yapılan don sigortası izlemiştir. Mevcut sigorta sisteminin geliştirilmesi ve bazı faaliyetlerin bir merkezden yürütülmesi amacıyla 1995 yılında Tarım Sigortaları Vakfı (TSV) kurulmuştur. Türkiye’de tarım sigortası uygulamaları, 1957 yılından 2005 yılına kadar tek riske yönelik olarak özel sektör eliyle yürütülmüş iken, 2005 yılında çıkarılan 5363 Sayılı Tarım Sigortaları Kanunu ve 24 Ekim 2005 tarihinde kurulan Tarım Sigortaları Havuzu (TARSİM) ile devlet destekli çoklu risk sigortasına geçilmiştir (Dinler ve ark., 2005; Terin & Aksoy, 2015; Karahan-Uysal ve ark., 2020).

Mevcut durumda devlet destekli olarak, bitkisel ürün, büyükbaş hayvan hayat, sera, kümes hayvanları hayat, su ürünleri hayat, küçükbaş hayvan hayat ve arılı kovan sigortası olmak üzere yedi branşta tarım sigortası yapılmaktadır (TARSİM, 2023a). 2022 yılı itibariyle toplam tarım sigortası prim üretiminin (9 milyar TL) %65.0’i bitkisel ürün, %22.0’si büyükbaş

hayvan hayat, %6.0’sı küçükbaş hayvan hayat, %6.0’sı sera, %1.0 kümes hayvanları %0.32’si arıcılık ve %0.26’sı su ürünleri hayvan hayat sigortasından oluşmaktadır. Türkiye’de tarım sigortası uygulamalarının devlet destekli olması (%50 pirim desteği), tarım sigortalarının gelişmesinde itici bir güç oluşturmuştur. 2018-2022 döneminde sigorta bedeli %601, prim üretimi %339, poliçe sayısı %75, sigortalı büyükbaş hayvan sayısı %268, sigortalı küçükbaş hayvan sayısı %452 ve sigortalanan alan %41 oranında artmıştır (TARSİM, 2019; TARSİM, 2023c).

Türkiye’de devlet destekli büyükbaş hayvan hayat sigortası 1 Haziran 2006 tarihinde başlamış olup, geniş ve dar kapsamlı tarifeler üzerinden uygulanmaktadır. Genel olarak hayvanın ölümü, zorunlu kesimler, yavru atma ve yavru ölümü sonucu sigortalının doğrudan uğradığı maddi zararlar sigorta kapsamındadır (TARSİM, 2023b). 2021 yılı itibariyle tarım sigortaları sigorta bedelinin %25.9’u, prim üretiminin %29.3’ü, poliçe sayısının %9.6’sı ve ödenen hasarların %18.7’si büyükbaş hayvan hayat sigortası kapsamında gerçekleştirilmiştir (TARSİM, 2022).

Yerli ve yabancı literatürde üreticilerin tarım sigortası uygulamalarının belirlenmesi ve üreticilerin tarım sigortasına karşı tutum ve davranışlarının ortaya konulduğu çok sayıda araştırma yapılmış olup, çalışmaların ağırlıklı olarak bitkisel ürün sigortası üzerine yoğunlaştığı ancak son yıllarda hayvan hayat sigortası üzerine de araştırmaların yapıldığı görülmüştür. Bitkisel ürün sigortaları ile ilgili olarak; Çukur ve ark. (2008) tarafından Malatya’da kayısı üreticilerinin tarım sigortalarına bakışı, İkikat-Tümer (2011) tarafından Tokat’ta, üreticilerin bitkisel üretimde sigorta yaptırma durumları, Wairimu ve ark. (2016) tarafından Kenya’da, üreticilerin bitkisel ürün sigortası yaptırmalarına etki eden faktörler, Tekin & Karlı (2021) tarafından Denizli’de, elma üreticilerinin tarım sigortası tercihleri ve Bal ve Özudoğru (2021) tarafından Ankara’da, üzüm üreticilerinin tarım sigortasına olan yaklaşımları incelenmiştir. Hayvan hayat sigortaları ile ilgili olarak; Subedi ve Kattel (2022) tarafından Nepal’de yapılan çalışmada süt sığırcılığı işletmelerinin sigorta yaptırmalarına etki eden faktörler ve Çevrimli ve ark. (2022) tarafından Türkiye’de yapılan çalışmada büyükbaş ve küçükbaş hayvancılık işletmelerinin risk faktörleri, hayvan hayat sigortası perspektifinde analiz edilmiştir.

Araştırmanın yapıldığı Van ilinde, hayvansal üretim faaliyetleri, bitkisel üretim faaliyetlerine göre daha

yoğun yapılmaktadır. Nitekim 2021 yılı itibariyle ilin tarımsal üretim değerinin yaklaşık %85'i hayvansal üretim faaliyetlerinden elde edilmiştir (TÜİK, 2023). Hayvancılığın yoğun olarak yapıldığı ilde devlet destekli büyükbaş ve küçükbaş hayvan hayat sigortası poliçe sayıları yıllar itibariyle artmaktadır. İlde, büyükbaş hayvan hayat sigortası poliçe sayısı 2009 yılında 50 iken, 2022 yılında 1430'a, küçükbaş hayvan hayat sigortası poliçe sayısı 2011 yılında 120 iken, 2022 yılında 3180'ne yükselmiştir (Terin & Ceylan, 2019; TARSİM, 2023c). Van ilinin büyükbaş ve küçükbaş hayvan varlığı dikkate alındığında gelecek yıllarda poliçe sayısının daha da artacağı söylenebilir. Araştırmanın amacı, Van ilindeki süt sığırcılığı işletmelerinin büyükbaş hayvan hayat sigortası yaptırmalarına etki eden faktörlerin belirlenmesidir. İlde daha önce konu ile ilgili çalışma yapılmamış olması, bu araştırmanın gerçekleştirilmesinde en önemli motivasyon kaynağı olmuştur.

## MATERYAL ve METOD

### Materyal

Araştırmanın ana materyalini, Van Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliğine üye 89 ve üye olmayan 89 işletme üzere toplam 178 adet süt sığırcılığı işletmesinden elde edilen anket verileri oluşturmaktadır. Anketlerin 68'i Tuşba, 58'i Muradiye ve 52'si Gevaş ilçesinde yapılmıştır. Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği'ne üye olan işletme sayısı 1045 olup bunların %53.2'si yukarıda belirtilen üç ilçede faaliyette bulunmaktadır (Anonim, 2017). İşletmelerin belirlenmesinde oransal örnekleme yöntemi kullanılmıştır (Newbold, 1995; Miran, 2002). Örnek hacminin hesaplanmasında kullanılan eşitlikte %95 güven aralığı ve %10 hata payı dikkate alınmıştır (Eşitlik 1).

$$n = \frac{N * p * (1 - p)}{(N - 1) * \sigma_p^2 + p * (1 - p)} \quad (1)$$
$$n = \frac{1045 * 0.5 * 0.5}{1044 * 0.0026 + 0.5 * 0.5} \cong 89$$
$$\sigma_p^2 = \left( \frac{r}{Z_{\alpha/2}} \right) = \left( \frac{0.10}{1.96} \right)^2 = 0.0026$$

Formülde n: Örnek büyüklüğü, N: Popülasyondaki işletme sayısı,  $\sigma_p^2$ : Oranın varyansı, r: Ortalamadan izin verilen hata payı (%10),  $Z_{\alpha/2}$ : z cetvel değeri, p: Popülasyon içerisinde işletmelerin Van Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliğine üye olma olasılığını göstermektedir. Burada %95 güven aralığında (z=1.96) ve ortalamadan %10 sapma ile anket yapılacak çiftçi sayısı 89 olarak belirlenmiştir. Çalışmada birliğe üye olan işletme sayısı kadar üye

olmayan işletme ile de anket yapılmıştır. Anket çalışması 2019 yılı Haziran ve Eylül ayları arasında gerçekleştirilmiştir.

### Method

Araştırmada, süt sığırcılığı işletmeleri hayvan hayat sigortası yaptırıp yaptırmama durumlarına göre gruplandırılmıştır. İşletmelere ait tanımlayıcı istatistikler hayvan hayat sigortası yaptıran ve yaptırmayan işletmeler olarak verilmiştir. İşletmeler arasında belirlenen değişkenler arasında fark olup olmadığı normal dağılım gösteren veriler için t testi ile normal dağılım göstermeyen veriler için Mann-Whitney U testi ile test edilmiştir. Yanı sıra, üreticilerin büyükbaş hayvan hayat sigortası yaptırma kararları üzerine etkili olan faktörler Logit Model kullanılarak analiz edilmiştir (Greene, 2008). Araştırmada işletmelerin büyükbaş hayvan hayat sigortası yaptırıp yaptırmadıkları sınırlı bağımlı değişken olarak belirlenmiştir. Büyükbaş hayvan hayat sigortası yaptıranlar "1" yaptırmayanlar "0" ile kodlanmıştır. Logit model Eşitlik (2)-(4)'te verildiği şekilde ifade edilmektedir (Greene, 2008).

$$P_i = E(Y = 1|X_i) = \alpha + \beta X_i \quad (2)$$

$$P_i = E(Y_i = 1|X_i) = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \beta X_i)}} = \frac{1}{1 + e^{-Z_i}} \quad (3)$$

$$Z = \alpha + \beta X_i \quad (4)$$

$P_i$ : Açıklayıcı değişken ( $X_i$ ) hakkında bilgi verirken i-nci bireyin belirli bir tercihi yapma olasılığını ifade etmektedir. Model, k serbestlik derecesine sahip LR (k) (Likelihood Ratio: olabilirlik oranı) testi ile test edilebilir.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırmada süt sığırcılığı işletmelerinin %15.73'ünün hayvanlarını sigorta yaptırdığı, %84.27'sinin ise sigorta yaptırmadığı belirlenmiştir. Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda üreticilerin hayvanlarını sigorta yaptırma oranları; %17.3 (Gül, 2014), %5 (Colovic ve ark., 2016), %6.0 (Özer, 2019), %31.4 (Chand ve ark., 2016), %23.76 (Dong ve ark., 2020) ve %29.4 (Mat ve ark., 2020) olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, araştırmadan elde edilen sonuçların önceki yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu söylenebilir.

Araştırmada, hayvanlarını sigorta yaptırmayan işletmelerin %39.3'ü primlerin yüksek olması, %19.3'ü gelir yetersizliği, %18.7'si gerek duymadığı, %12.0'si hasar ödemelerinde sorun olduğu için sigorta yaptırmadıklarını ifade etmişlerdir. Bitkisel ürün sigortası ile ilgili, Bal & Özudoğru (2021) tarafından Ankara'da, Tekin & Karlı (2021) tarafından Denizli'de ve Yıldız (2022) tarafından Bursa'da



yapılan çalışmalarda üreticilerin; sırasıyla %30.8'inin, %25.46'sının ve %43.75'inin primlerin yüksek olması nedeniyle sigorta yaptırmadıkları, hayvan hayat sigortası ile ilgili, Kaygısız ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada üreticilerin %19.3'ünün gelir yetersizliği ve %15.6'sının prim bedelinin yüksek olması nedeniyle hayvan hayat sigortası yaptırmadıkları tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarının literatürle uyumlu olduğu söylenebilir.

Hayvan hayat sigortası yaptıran ve yaptırmayan işletmelerin demografik ve işletmecilik yapılarına ilişkin istatistikler Çizelge 1'de verilmiştir. Sigorta yaptıran işletmelerde üreticilerin yaş ortalaması 47.43, ortalama süt sığırcılığı deneyimi 25.93 yıl, ortalama eğitim süresi 6.0 yıl ve ailedeki ortalama birey sayısı 7.18 kişi olarak belirlenmiştir. Sigorta yaptıran ve yaptırmayan işletmeler arasında yaş, deneyim ve eğitim süresi bakımından fark olup olmadığı t testi ile test edilmiş ve istatistiki olarak anlamlı bir farkın olmadığı tespit edilmiştir ( $P>0.05$ ). Ailedeki ortalama birey sayısı arasında fark olup olmadığı Mann-Whitney U testi ile test edilmiş ve farkın olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). Chand ve ark. (2016) tarafından Hindistan'ın Rajathsan bölgesinde yapılan ve Subedi & Kattel (2022) tarafından Nepal'de yapılan çalışmada da hayvanlarını sigorta yaptıran ve yaptırmayan işletmeler arasında ortalama yaş ve ortalama deneyim süreleri arasında fark olmadığı tespit edilmiştir.

Araştırmada hayvan hayat sigortası yaptıran işletmelerde, işletme gelirinin ortalama %73.75'i süt sığırcılığı faaliyetlerinden sağlanırken, bu oran sigorta yaptırmayan işletmelerde %57.00 olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). İşletmeler arasında fark olup olmadığı Mann Whitney U testi ile test edilmiş ve farkın istatistiki olarak %5 düzeyinde anlamlı olduğu bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Bu sonuca göre, işletme geliri içinde süt sığırcılığının payı yüksek olan işletmelerde sigorta yaptırım oranının daha yüksek olduğu söylenebilir. Sonucun beklentilerle uyumlu olduğu çünkü işletme gelirinin önemli bir kısmının tek bir faaliyet üzerinden elde ediliyor olması, işletmeyi risklere karşı daha duyarlı hale getirmekte bu durumda işletme sahiplerini risklere karşı önlem almaya sevk etmektedir. Subedi & Kattel (2022) tarafından Nepal'de yapılan çalışmada da hayvanlarını sigorta yaptıran işletmelerin toplam işletme gelirlerinin %64.88'inin süt sığırcılığından sağladığı, sigorta yaptırmayan işletmelerde ise bu oranın %29.95 olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmada ortalama işlenen arazi büyüklüğü, hayvanlarını sigorta yaptıran işletmelerde 237.59 da, hayvanlarını sigorta yaptırmayan işletmelerde 101.52 da olarak tespit edilmiştir (Çizelge 1). İşletmeler arasındaki arazi büyüklüğü farkı istatistiki olarak %1 düzeyinde anlamlı bulunmuştur ( $P<0.01$ ). Bu sonuca göre işlenen arazi büyüklüğü fazla olan işletmelerin

hayvanlarını daha yüksek oranda sigortalattığı söylenebilir. Singh & Chandel (2019) tarafından Hindistan'da ve Jha & Singh (2021) tarafından Nepal'de yapılan çalışmalarda da hayvanlarını sigorta yaptıran işletmelerin daha fazla araziye sahip oldukları tespit edilmiştir.

Araştırmada işletmelerin sahip oldukları inek sayısı, hayvanlarını sigorta yaptıran işletmelerde ortalama 11.36 baş, hayvanlarını sigorta yaptırmayan işletmelerde ise ortalama 7.25 baş olarak belirlenmiştir. İşletmeler arasında fark olup olmadığı Mann-Whitney U testi ile test edilmiş ve farkın istatistiki olarak %1 düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir ( $P<0.01$ ) (Çizelge 1). Bu sonuçlara göre sigorta yaptıran işletmelerindeki ortalama inek sayısı, sigorta yaptırmayan işletmelere göre daha fazladır. Diğer bir ifadeyle inek sayısı fazla olan işletmelerin daha fazla oranda hayvanlarını sigorta yaptırdıkları söylenebilir. Subedi & Kattel (2022) tarafından Nepal'de yapılan çalışmada hayvanlarını sigorta yaptıran işletmelerde ortalama inek sayısı 8.40 baş, hayvanlarını sigorta yaptırmayan işletmelerde 3.83 baş olduğu ve işletmeler arasındaki bu farkın %1 düzeyinde anlamlı olduğu belirtilmiştir ( $P<0.01$ ).

Araştırmada inek başına günlük ortalama süt verimi sigorta yaptıran işletmelerde 13.77 lt iken, sigorta yaptırmayan işletmelerde 12.16 lt olarak belirlenmiştir. Sigorta yaptıran ve yaptırmayan süt sığırcılığı işletmelerinde inek başına ortalama süt verimleri arasındaki fark istatistik açıdan %5 düzeyinde anlamlı bulunmuştur (Çizelge 1). Benzer çalışmalarda, inek başına süt verimi sigorta yaptıran ve yaptırmayan işletmelerde sırasıyla 8.1 lt ve 4.7 lt olarak tespit edilmiştir (Chand ve ark., 2016). Bu sonuçlara göre, sigorta yaptıran işletmelerde inek başına ortalama süt veriminin sigorta yaptırmayan işletmelere göre daha yüksek olduğu söylenebilir.

Araştırmada işletmelerin yıllık ortalama süt üretim miktarı sigorta yaptıran işletmelerde 18.29 ton iken, sigorta yaptırmayan işletmelerde 8.96 ton olarak tespit edilmiştir (Çizelge 1). İşletme gruplarına göre yıllık süt üretim miktarları arasındaki fark istatistiki olarak %1 düzeyinde anlamlı bulunmuştur ( $P<0.01$ ). Bu sonuca göre, sigorta yaptıran süt sığırcılığı işletmelerinin süt üretiminin, sigorta yaptırmayan işletmelere göre daha fazla olduğu söylenebilir. Bulunan sonuç beklentilerle uyumludur.

Araştırmada işletmelerin hayvansal üretim desteği olarak buzağı (%82.6), yem bitkileri (%39.3), aşı (%16.3) ve süt primi (%3.4) desteğinden faydalandıkları belirlenmiştir. Sigorta yaptıran işletmelerin ortalama 2.07 adet hayvansal üretim desteğinden, sigorta yaptırmayan işletmelerin ise 1.31 adet hayvansal üretim desteğinden faydalandığı belirlenmiştir (Çizelge 1). Faydalanılan ortalama hayvansal üretim desteği sayısı arasında fark olup

olmadığı Mann Whitney U testi ile test edilmiş ve fark istatistiki olarak %1 düzeyinde anlamlı bulunmuştur ( $P<0.01$ ). Buna göre, hayvanlarını sigorta yaptıran süt sığırcılığı işletmelerinin daha fazla sayıda tarımsal destekten faydalandığı söylenebilir.

Süt sığırcılığı işletmelerinin hayvan hayat sigortası yaptırmalarına etki eden faktörler Logit model kullanılarak analiz edilmiştir. Modelde kullanılan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Süt sığırcılığı işletmelerine ait tanımlayıcı istatistikler

Table. 1. Descriptive statistics of dairy farms

Demografik Yapı	Sigorta yaptırma	N	Ortalama	St. Sapma	P değeri
Yaş	Evet	28	47.43	11.39	0.966
	Hayır	150	47.31	13.55	
Süt sığırcılığı yapma süresi (Yıl)	Evet	28	25.93	11.82	0.996
	Hayır	150	25.91	14.56	
Eğitim (Yıl)	Evet	28	6.00	2.75	0.618
	Hayır	150	5.75	2.41	
Ailedeki birey sayısı	Evet	28	7.18	3.19	0.998
	Hayır	150	7.07	2.08	
İşletmecilik Yapısı	Sigorta yaptırma	N	Ortalama	St. Sapma	P değeri
Toplam gelir içinde süt sığırcılığının payı (%)	Evet	28	73.75	25.91	0.011**
	Hayır	150	57.00	32.52	
İşlenen arazi (da)	Evet	28	237.59	278.26	0.001***
	Hayır	150	101.52	168.78	
İnek sayısı (baş)	Evet	28	11.36	7.59	0.000***
	Hayır	150	7.25	7.50	
Süt verimi (lt/baş/gün)	Evet	28	13.77	3.38	0.048**
	Hayır	150	12.16	3.48	
Süt üretimi (lt/Yıl)	Evet	28	18292.68	20297.54	0.004***
	Hayır	150	8960.60	14598.81	
Faydalanılan hayvansal üretim destek sayısı (adet)	Evet	28	2.07	0.205	0.000***
	Hayır	150	1.31	0.072	

\*\* $p<0.05$ , \*\*\* $p<0,01$  düzeyinde anlamlıdır

Çizelge 2. Modelde kullanılan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler

Table 2. Description of variables used in the model and statistical summaries

Bağımlı değişken	%	
Hayvan hayat sigortası yaptıran yetiştirici (1:Evet, 0: Hayır)	15.7	
Bağımsız değişkenler		
Sürekli bağımsız değişkenler	Ortalama	Std. Sapma
Yaş	47.33	13.203
Ailedeki toplam birey sayısı	7.08	2.944
İşlenen arazi miktarı (da)	122.93	195.600
İnek sayısı	8.33	11.270
Süt üretim miktarı (lt/yıl)	10428.57	15933.168
Faydalanılan toplam tarımsal destek sayısı	3.08	2.027
İkili/kesikli bağımsız değişkenler	%	
Süt sığırcılığı ile ilgili kursa katılma (1:Evet, 0:Hayır)	21.8	
DSYB'ne üyelik (1:Evet, 0:Hayır)	50.0	
Traktör varlığı (1:Evet, 0:Hayır)	59.0	
Sağım öncesi meme temizliği yapma (1:Evet, 0:Hayır)	93.3	
İşletmede kayıt tutma (1:Evet, 0:Hayır)	28.1	
Suni tohumlama yaptırma (1:Evet, 0:Hayır)	46.1	
Uzmanlardan teknik destek alma (1:Evet, 0:Hayır)	82.0	
Tarımsal kredi kullanma (1:Evet, 0:Hayır)	22.5	

Logit model analiz sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Model sonuçları istatistiki açıdan anlamlı ( $P= 0.000$ ), bulunmuştur. Modelde sadece istatistiki açıdan önemli olan değişkenler üzerinde açıklama ve yorum yapılmıştır.

Araştırmada hayvan hayat sigortası yaptırma ile yıllık süt üretim miktarı arasında pozitif yönlü ve istatistiki olarak %10 düzeyinde anlamlı bir ilişki vardır (Çizelge 3). İşletmenin üretmiş olduğu yıllık süt üretim miktarının bir ton artması, işletmenin hayvan hayat sigortası yaptırma olasılığını 1.036 kat arttırmaktadır. Chand ve ark. (2016) tarafından Hindistan'da yapılan çalışmada da süt üretim miktarı ile sigorta yaptırma arasında pozitif yönlü bir ilişki tespit edilmiştir.

Hayvan hayat sigortası yaptırma ile işletmelerin faydalandıkları tarımsal destek sayısı arasında pozitif yönlü ve istatistiki olarak %1 düzeyinde anlamlı bir ilişki mevcuttur ( $P<0.01$ ). İşletmenin faydalandığı tarımsal destek sayısının bir adet artması, işletmenin hayvan hayat sigortası yaptırma olasılığını 1.833 kat arttırmaktadır (Çizelge 3).

Araştırmada hayvan hayat sigortası yaptırma ile Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği'ne üye olma arasında pozitif yönlü ve istatistiki olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği'ne üye olan süt işletmelerinin üye olmayan işletmelere göre, hayvan hayat sigortası yaptırma olasılığı 3.524 kat daha fazladır (Çizelge 3). Nepal'de yapılan çalışmada da benzer sonuç bulunmuştur (Jha & Singh, 2021). Yazgı (2017) tarafından Tekirdağ'da yapılan çalışmada, Tarım Kredi Kooperatifine üye olan üreticilerin olmayan üreticilere göre tarım sigortası yaptırma oranlarının daha fazla olduğunu ve Aydın ve ark. (2016) tarafından Kırklareli ve Edirne illerinde yapılan çalışmada da tarımsal örgütlere üye olan üreticilerin, olmayanlara göre tarım sigortası yaptırma olasılığının 3.245 kat daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir.

Traktör, tarımsal işletmelerde kullanılan en önemli mekanizasyon aracı olup, işletmelerin büyüklüğü ve sermayesi hakkında önemli ipuçları vermektedir. Traktör, süt sığırcılığı üretim faaliyetinde yem bitkileri üretimi başta olmak üzere, hayvan gübresinin ve diğer hayvansal girdilerin nakliyesinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Araştırmada hayvan hayat sigortası yaptırma ile işletmenin traktöre sahip olması arasında negatif yönlü ve istatistiki olarak %10 düzeyinde anlamlı bir ilişki belirlenmiştir. Bu sonuca göre, traktör sahibi olan işletmelerin, traktör sahibi olmayan işletmelere göre hayvan hayat sigortası yaptırma olasılığı %71.3 oranında daha azdır. Traktörün bitkisel üretimde daha yoğun kullanıldığı dikkate alındığında, elde edilen sonucun

görel olarak beklentilerle uyumlu olduğu söylenebilir.

Süt sığırcılığı işletmelerinde yaygın olarak görülen hastalıklardan biri de Mastitis denilen meme hastalığıdır. Hastalığın oluşumuna birçok faktör etkili olmasına karşın sağım öncesi ve sonrası meme temizliğinin yapılmaması önemli bir etkindir (Timurkan, 1993). Araştırmada hayvan hayat sigortası yaptırma ile sağım öncesi meme temizliği yapma arasında negatif yönlü ve istatistiki olarak %5 düzeyinde anlamlı ilişki tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre sağım öncesi meme temizliği yapan işletmelerin, yapmayanlara göre hayvan hayat sigortası yaptırma olasılığı %90.1 oranında daha azdır. Bölgede sağım öncesi meme temizliğinin yaygın olarak sadece memeye yapışan altlıkların temizlenmesi şeklinde olduğu, literatürde belirtilen anlamda bir sağım hijyen ve temizliği söz konusu değildir.

Hayvancılık işletmelerinde kayıt tutmak, üreticilerin hayvanlar hakkında bilgi sahibi olmasının yanı sıra işletmede üretim planlarının ve maliyet hesaplarının daha doğru bir şekilde yapılarak verimli ve karlı bir hayvancılığın yapılabilmesine olanak sağlar. Araştırmada hayvan hayat sigortası yaptırma ile işletmede kayıt tutma arasında pozitif yönlü ve istatistiki olarak %10 düzeyinde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Bu sonuca göre, işletmesinde kayıt tutan üreticilerin tutmayanlara göre hayvan hayat sigortası yaptırma olasılığı 3.197 kat daha fazladır (Çizelge 3). Elde edilen sonuç beklentilerle uyumludur. Çünkü işletmesinde kayıt tutan işletmecilerin görel olarak daha eğitilmiş, yeniliklere açık ve modern üretim yapan kişiler olduğu söylenebilir.

Suni tohumlama, süt ve besi sığırcılığı başta olmak üzere tüm hayvan ırklarının genetik iyileştirilmesi için tasarlanmış en önemli tekniktir (Dana & Kandbid, 1998). Araştırmada hayvan hayat sigortası yaptırma ile suni tohumlama yaptırma arasında negatif yönlü ve istatistiki olarak %1 düzeyinde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir ( $P<0.01$ ). Bu sonuca göre, suni tohumlama yaptıran üreticilerin yaptırmayanlara göre, hayvan hayat sigortası yaptırma olasılığı % 87.5 oranında daha azdır (Çizelge 3). Diğer bir ifade ile suni tohumlama yaptırmayan üreticilerin, hayvan hayat sigortası yaptırma oranları daha yüksektir. Elde edilen sonucun beklentilerle uyumlu olmadığı söylenebilir. Ancak bölgede kış aylarının uzun sürmesi ve ulaşım zorlukları nedeniyle suni tohumlama hizmetlerinin aksadığı ve üreticilerin suni tohumlamaya karşı direnç gösterdiği ayrıca bölgede süt sığırcılığının geleneksel (modern olmayan) yöntemlerle yapıldığı düşünüldüğünde sonucun göreceli olarak uygun olduğu söylenebilir.

Kredi kullanımı, işletmelere sermaye katkısı sağlayarak ihtiyaç duyulan tarımsal girdi ve hizmetlere erişimi kolaylaştırır (Feder ve ark., 1985; Pattanatyak ve ark., 2003).

Araştırmada hayvan hayat sigortası yaptırma ile işletmelerin tarımsal kredi kullanımları arasında pozitif yönlü ve istatistiki olarak %1 düzeyinde

anlamli bir ilişki tespit edilmiştir ( $P < 0.01$ ). Tarımsal kredi kullanan işletmelerin kullanmayanlara göre hayvan hayat sigortası yaptırma olasılığı 5.144 kat daha fazladır (Çizelge 3). Gine & Yang (2009) tarafından Malawi'de ve Wairimu ve ark. (2016) tarafından Kenya'da yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur.

Çizelge 3. Binomial Logit model analizi sonuçları ve odds oranları

Table 3. Binomial Logit analysis results and odds ratio

Değişkenler	Katsayılar	Z	P değeri	Odds Ratio
Sabit	-3.607**	-2.206	0.0274	0.029
Yaş	-0.0087	-0.282	0.7780	0.991
Ailedeki birey sayısı	0.118	1.178	0.2387	1.139
Arazi	1.63756e-05	0.011	0.9910	0.999
İnek sayısı	-0.022	-0.971	0.3314	0.974
Süt üretim miktarı	0.035*	1.776	0.0758	1.036
Destek sayısı	0.615***	3.226	0.0013	1.833
Kursa katılım	0.253	0.385	0.7000	1.961
DSYB üyelik	1.327*	1.927	0.0540	3.524
Traktör	-1.268*	-1.651	0.0988	0.287
Meme temizliği	-2.135**	-2.258	0.0239	0.099
Kayıt tutma	1.128*	1.814	0.0697	3.197
Suni tohumlama	-2.139***	-3.011	0.0026	0.125
Uzmanlardan teknik destek	0.843	1.168	0.2426	2.409
Tarımsal kredi kullanma	1.500***	2.688	0.0072	5.144

McFadden R-Squared: 0.342 Loglikelihood: -50.917  $X^2(14)$ : 53.0874\*\*\*

\*\*\* % 1, \*\* % 5 ve \*%10 düzeyinde anlamlıdır

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Süt sığırcılığı işletmelerinin en önemli varlığı olan hayvanlarını yaşanabilecek birçok riske karşı koruyabilmek için hayvan hayat sigortası önemli bir risk yönetim aracıdır. Bu nedenle, çalışmada Van ilinde süt sığırcılığı yapan işletmelerin hayvan hayat sigortası yaptırmalarına etki eden sosyo-ekonomik ve demografik faktörler analiz edilmiştir.

Araştırmada işletmelerin sadece %15.7'sinin hayvan hayat sigortası yaptırdığı belirlenmiştir. Hayvan hayat sigortası yaptıran ve yaptırmayan işletmeler arasında demografik özellikler; yaş, eğitim, deneyim ve ailedeki birey sayısı değişkenleri bakımından önemli bir fark olmadığı, ancak işletmecilik yapıları; arazi, inek sayısı, süt verimi, faydalanılan tarımsal destek sayısı ve toplam gelir içinde süt sığırcılığının payı değişkenleri arasında hayvan hayat sigortası yaptıranlar lehine önemli farkların olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmada yıllık süt üretim miktarı, faydalanılan destek sayısı, DSYB'ne üye olma, işletmede kayıt tutma ve tarımsal kredi kullanma ile hayvan hayat sigortası yaptırma arasında pozitif yönlü, traktöre sahip olma, sağım öncesi meme temizliği yapma ve suni tohumla yaptırma ile hayvan hayat sigortası yaptırma arasında negatif yönlü ilişki olduğu tespit

edilmiştir. Bu sonuçlara göre, süt üretimi ve verimliliği yüksek, göreceli olarak daha bilinçli, modern ve üretici örgütleri ile irtibatlı işletmelerin hayvan hayat sigortası yaptırdıkları, geleneksel ve piyasa ile irtibatı daha sınırlı, küçük aile işletmelerinin hayvan hayat sigortası yaptırmadıkları söylenebilir. Bu sonuçlardan hareketle verimli ve modern anlamda süt sığırcılığı yapan işletmelerin risk yönetimini daha iyi yaptıkları düşünülmektedir. Araştırmadan elde edilen sonuçların büyük bir bölümü beklentilerle uyumludur.

Bölgede hayvancılığın en önemli geçim kaynağı olması nedeniyle, hayvancılık faaliyetlerinin kesintiye uğramaması, üretici gelirlerinin düşmemesi ve üreticilerin karşılaştıkları riskleri daha iyi yönetebilmeleri için hayvan hayat sigortasına katılımın artırılması oldukça önemlidir. Bu nedenle araştırma bölgesinde özelde hayvan hayat sigortası, genelde ise tarım sigortası konularında üreticilerde farkındalık oluşturma ve bilinçlendirmeye yönelik tarımsal yayım çalışmalarının yapılması ve tazminatların hızlı bir şekilde ödenmesi, bölgedeki üreticilerin hayvan hayat sigortasına katılımlarını arttıracaktır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı, FBA-2018-6414 nolu proje ile destekleyen Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederiz.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

- Anonim, (2017). Van Tarım ve Ormanlık İl Müdürlüğü Kayıtları
- Aydın, B., Özkan, E., Hurma, H., & Yılmaz, F. (2016). Kırklareli ve Edirne İllerinde Üreticilerin Ürün Sigortası Uygulamalarına Yaklaşımı. *Derim*, 33 (2), 249-262.
- Bal, Ç., & Özudoğru, H. (2021). Kalecik Karası Üzüm Üreticisinin Tarım Sigortasına Yönelik Yaklaşımlarının Analizi: Ankara İli Kalecik İlçesi Örneği. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 56 (4), 2874-2891.
- Bayramoğlu, Z., Kaya, S., & Karakayacı, Z. (2013). Tarım İşletmelerinde Risk Kaynakları ve Risk Yönetim Stratejilerinin Belirlenmesi: Çumra İlçesi Örneği. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 27 (1), 46-54.
- Ceyhan, V. (1995). Tarımda Risk İdaresi Stratejileri ve Risk İdaresinde Kooperatifçiliğın Rolü. *Karınca Kooperatif Postası Sayı 702*, 17-23.
- Chand, S., Kumar, A., Bhattarai, M., & Saroj, S. (2016). Status and Determinants of Livestock Insurance in India: A Micro Level Evidence from Haryana and Rajasthan. *Indian Journal of Agricultural Economics* 71 (3), 335-346.
- Colovic, V., Petrovic, Z., & Mrksic, D. (2016). Basic characteristics of livestock insurance in Serbia with reference to the some elements of this type of insurance in some non-European and European countries. *Economics of Agriculture* 63 (3), 905-918.
- Çetin, B. (2007). *Tarım Sigortaları*. Nobel Yayın No: 1110, Ankara.
- Çevrimli, M.B., Mat, B., Tekindal, M.A., & Günlü, A. (2022). Determination of risk factors in cattle and small ruminant livestock enterprises from the perspective of animal life insurance: a case study in Turkey. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 74 (1), 21-32.
- Çukur, F., Saner, G., Çukur, T., & Uçar, K. (2008). Malatya ilinde kayısı üreticilerinin riskin transferinde tarım sigortasına bakış açılarının değerlendirilmesi: Doğanşehir İlçesi Polatdere

- Köyü Örneği. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 45 (2), 103-111.
- Dana, S.S., & Kandbid, B.R. (1998). Impact of knowledge on attitude of livestock owners towards artificial insemination in cattle. *Indian Veterinary Journal* 75, 572-573
- Dinler, T., Yaltırık, A., Çetin, B., Özkan, B., Gülçubuk, B., Sürmeli, E., Ekmen, E., Saner, G., Akçaöz, H., Karahan-Uysal, Ö., Karaaslan, S., & Kıymaz, T. (2005). Tarımda risk yönetimi ve tarım sigortaları (Sözlü Bildiri). Ziraat Mühendisliği 6. Teknik Kongresi, Ankara, Türkiye, 3-7 Ocak 2005, ss, 1209-1232.
- Dong, H., Jimoh, S.O., Hou, Y., & Hou, X. (2020). Willingness to Pay for Livestock Husbandry Insurance: An Empirical Analysis of Grassland Farms in Inner Mongolia, China. *Sustainability* 12 (18), 7331
- Engürülü, B., Demirtaş, M., & Saçlı, Y. (2014). Türkiye’de tarım sektöründe risk yönetimi (Sözlü bildiri). XI. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, Samsun, Türkiye, 3-5 Eylül 2014, ss, 1068-1076.
- Feder, G., Just, R.E., & Zilberman, D. (1985). Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries. A Survey. *Econ. Dev. Cult. Change* 33 (2), 255-298.
- Gine, X., & Yang, D. (2009). Insurance, Credit, and Technology Adoption: Field Experimental Evidence from Malawi. *J. Dev. Econ.* 89 (1), 1-11.
- Greene, W. H. (2008). *Econometric Analysis*. Sixth Edition. Pearson Prentice Hall Upper Saddle River, New Jersey
- Gül, U. (2014). *Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği’nin Çiftçilere Yönelik Yürütmüş Olduğu Tarımsal Yayım Ve Eğitim Faaliyetlerinin Analizi: Amasya İli Örneği (Tez no 386409)*. [Dr. Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- İkikat-Tümer, E. (2011). Bitkisel Ürün Sigortası Yaptırma İsteğinin Belirlenmesi: Tokat İli Örneği. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 42 (2), 153-157
- İkikat-Tümer, E., Ağır, H.B., & Uslu, Z. (2019). Çiftçilerin Tarım Sigortası Yaptırma İstekliliği: Konya İli Ilgın İlçesi Örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 22 (4), 571-576.
- Jha, A.K., & Singh, O.P. (2021). Farmers' Awareness and Perception about Livestock Insurance in Dhanusha District, Nepal. *International Journal of Biological Innovations*, 3 (1), 228-239.
- Karahan-Uysal, Ö., Saner, G., Ceyhan, V., Bayramoğlu, Z., Engürülü, B., İkikat Tümer, E., Akyüz, Y., Tekin, M.K., & Doğan Öz, B. (2020). Tarımda Risk Yönetimi: Mevcut Durum ve Gelecek Eğilimleri (Sözlü Bildiri). Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi, Ankara, Türkiye, 13-17 Ocak 2020, ss,807-834.

- Karahan, Ö. (2002). *Tarımda Üreticilerin Risk Karşısında Davranışları Üzerine Bir Araştırma: Ege Bölgesinden Örnek Bir Olay (Tez no 120422)*. [Dr. Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Kay, P.K. (1981). *Agricultural Insurance, Theory and Practice and Application to Developing Countries*. Pergoman Press Ltd., Headington Hill Hall, Oxford OX3 0BW, England.
- Kaygısız, A., Şahin, O., & Yılmaz, İ. (2022). TARSİM Büyükbaş Hayvan Hayat Sigortasına Yetiştiricilerin Yaklaşımı ve Risk Faktörlerinin Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg 25* (Ek Sayı 1), 290-299.
- Mat, B., Çevrimli, M.B., Tekindal, M.A., & Günlü, A. (2020). Determining the factors affecting cattle and small ruminant enterprises to get animal life insurance. *Eurasian J Vet Sci*, 36(4), 287-297.
- Miran, B. (2002). *Temel İstatistik*. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Newbold, P. (1995). *Statistics for Business and Economics*. Prentice-Hall International, New Jersey
- Özcelik, A. (2018). *Tarım Sigortaları*. Ekin Yayınevi, Bursa ISBN 978-605-327-627-2.
- Özer, B. (2019). Doğu Akdeniz Bölgesinde süt sığırcılığında yeniliklerin benimsenmesini etkileyen faktörler (Tez no 577530). [Dr. Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Pattanayak, S.K., Mercer, D.E., Sills, E., & Jui-Chen, Y. (2003). Taking stock of agroforestry adoption studies. *Agroforestry Syst.* 57(3),173-186.
- Saner, G., Karahan-Uysal, Ö., Engürülü, B., Ceyhan, V., Sayılı, M., Vuruş Akçaöz, H., & Naseri, Z. (2015). Türkiye’de tarımda risk yönetimi ve sigorta uygulamaları (Sözlü Bildiri). Ziraat Mühendisliği 8. Teknik Kongresi, Ankara, Türkiye, 12– 16 Ocak 2015, ss, 1501–1527.
- Sing, S.P., & Chandel, B.S. (2019). Factors influencing in adoption of livestock insurance with special reference to Haryana. *Indian J Dairy Sci* 72(3), 336-341.
- Subedi, S., & Kattel, R.R. (2022). Determining Factors and Impact of Household Income on Dairy Cattle Insurance in Nepal. *Journal of Agriculture and Forestry University*, 5, 229-238.
- Şahin, A., Cankurt, M., Günden, C., & Miran, B. (2008). Çiftçilerin Risk Davranışları: Bir Yapısal Eşitlik Modeli Uygulaması. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(2), 153-172.
- TARSİM, (2019). *Tarım Sigortaları Havuzu 2018 yılı Faaliyet Raporu*. <https://www.tarsim.gov.tr/dergilik/dergiGoster.jsp?category=faaliyet-raporlari&name=2018> (Alınma Tarihi: 16.04.2023).
- TARSİM, (2022). *Tarım Sigortaları Havuzu 2021 yılı Faaliyet Raporu*. <https://www.tarsim.gov.tr/dergilik/dergiGoster.jsp?category=faaliyet-raporlari&name=2021> (Alınma Tarihi: 16.04.2023).
- TARSİM, (2023a). *Tarım Sigortaları Havuzu*. <https://www.tarsim.gov.tr/pages/insurances/sigorta-kbkv.jsp> (Alınma Tarihi: 27.03.2023).
- TARSİM, (2023b). *Tarım Sigortaları Havuzu*. <https://www.tarsim.gov.tr/pages/insurances/sigorta-buyukbas.jsp> (Alınma Tarihi: 27.03.2023).
- TARSİM, (2023c). TARSİM Van Bölge Müdürlüğü Kayıtları. 29.03.2023
- Tekin, A., & Karlı, B. (2021). Denizli ili Çivril ilçesinde elma üretimi yapan tarım işletmelerinde üreticilerin tarım sigortası yaptırmaya tercihleri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 26(1), 8-19.
- Terin, M., & Aksoy, A. (2015). Devlet Destekli Bitkisel Ürün Sigortası Uygulama Sonuçları Üzerine Bir Araştırma: Ortadoğu Anadolu (TRB) Bölgesi Örneği. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 3(2), 35–43.
- Terin, M., & Ceylan, M. (2019). TRB2 Bölgesinde Hayvan Hayat Sigortası Uygulama Sonuçları Üzerine Bir Araştırma (Sözlü Bildiri). 3. Uluslararası Tarım, Hayvancılık ve Kırsal Kalkınma Kongresi, Van, Türkiye, 20-22 Aralık 2019, ss, 31-42.
- Timurkan, H. (1993). Sığırların meme yangısı. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Vet. Fak. Derg.* 4 (1-2), 237-250.
- TÜİK (2023). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/bolgeselistatistik/degiskenlerUzerindenSorgula.do#> (Alınım Tarihi: 29.03.2023)
- Yazgı, F.E. (2017). *Türkiye’de tarım sigortası uygulamaları, uygulamada karşılaşılan sorunlar ve alternatif model arayışı (Tez no 465081)*. [Dr. tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Yıldız, L. (2022). *Bursa İli Gürsu İlçesinde Üreticilerin Tarım Sigortası Yaptırma Tercihini Etkileyen Faktörler, (Tez no725463)*. [Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.



## Freshwater Malacofauna and Distribution of Trabzon, Türkiye

Cemil KARA<sup>1</sup>, Nuri BOZALI<sup>2</sup>, Mustafa Emre GÜRLEK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Karadeniz Technical University, Biology Department, Faculty of Science, Trabzon, Türkiye, <sup>2</sup>Karadeniz Technical University, Department of Forest Engineering, Trabzon, Türkiye, <sup>3</sup>Mehmet Akif Ersoy University, Burdur Vocational School of Food Agriculture and Livestock, 15100 Burdur, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-2593-9140>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-5735-3649>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-9249-1331>

✉: [nuribozali@ktu.edu.tr](mailto:nuribozali@ktu.edu.tr)

### ABSTRACT

In this study, freshwater molluscs and their zoogeographical distributions in Trabzon were investigated. During the period of June-December 2021, samples were collected from 38 freshwater river localities. From the study area, *Ancylus fluviatilis* from Gastropoda class, Planorbidae family, non-native species *Physella acuta* from Physidae family, and *Dreissena polymorpha* from Bivalvia class and Dreissenidae family were identified. While *A. fluviatilis* specimens were found from all freshwater systems in Trabzon region, the non native *P. acuta* could be identified from Fol Stream, Yıldızlı Stream, Sera Lake and Manahoz River. Empty shells belonging to the *D. polymorpha* species were identified from the area where Çatalzeytin Stream joins the sea. *P. acuta* and *D. polymorpha* are new records for the freshwater streams of Trabzon region.

### Fisheries

### Research Article

### Article History

Received : 10.04.2023

Accepted : 14.07.2023

### Anahtar Kelimeler

Mollusca

Fauna

Trabzon

New Record

## Trabzon'un Tatlı Su Malakofaunası ve Dağılımı, Türkiye

### ÖZET

Bu çalışmada, Trabzon yöresinde yer alan tatlısu mollusklarının zoocoğrafik dağılımları incelenmiştir. Örnekler, 38 akarsu lokalitesinden Haziran-Aralık 2021 döneminde toplanmıştır. Araştırma bölgesinden, Gastropoda sınıfı Planorbidae familyasından *Ancylus fluviatilis* ve Physidae familyasından yabancı tür *Physella acuta* ile Bivalvia sınıfı Dreissenidae familyasından *Dreissena polymorpha* türleri tespit edilmiştir. *A. fluviatilis* Trabzon bölgesindeki bütün akarsu sisteminde bulunurken, yabancı *P. acuta* türü ise Fol Deresi, Yıldızlı Deresi, Sera Gölü ve Manahoz Çayı'ndan tespit edilmiştir. *D. polymorpha* türüne ait boş kavkılar ise Çatalzeytin Deresi'nin denize karıştığı bölgede tespit edilmiştir. Söz konusu 3 yumuşakça türünden *P. acuta* ve *D. polymorpha* Trabzon bölgesindeki akarsular için yeni kayıtlıdır.

### Su Ürünleri

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 10.04.2023

Kabul Tarihi : 14.07.2023

### Anahtar Kelimeler

Mollusk

Fauna

Trabzon

Yeni Kayıt

**Atıf Şekli:** Kara, C., Bozali, N., & Gürlek, M.E., (2024). Trabzon Bölgesinin Tatlısu Malakofaunası ve Dağılımı. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(2), 469-477. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1280166>

**To Cite :** Kara, C., Bozali, N., & Gürlek, M.E., (2024). Freshwater Malacofauna and Distribution of Trabzon Region, Türkiye. *KSU J. Agric Nat* 27(2), 469-477. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1280166>

### INTRODUCTION

Mollusca phylum is the richest phylum after Arthropods (Arthropoda) in terms of the number of individuals and is represented by an average of 135.000 species. It is known that about 35.000 species of the Mollusca phylum live in terrestrial, 6-7.000 species in freshwater, and 95.000 species in marine (Taylor & Lewis, 2005). However, it is estimated that the total number of mollusc species identified and waiting to be made so far is around 200.000 (Van Bruggen et al., 1995). Freshwater molluscs have become an important part of the ecosystem in aquatic environments, as they are the primary consumers of their habitats and a source of food for many living

things in the food chain. They have high medicinal importance as they host many parasitic trematodes (Şeşen & Yıldırım, 1993; Demirsoy, 1999; De Mendoza et al., 2023). They live successfully in almost all aquatic habitats including streams, lakes, rivers, ponds, swamps and drainage channels in all continents except Antarctica (Strong et al., 2008). With their capacity to withstand difficult conditions, they stand out a little more among other animal branches. They live successfully in marine, terrestrial and freshwater biotopes. They withstand even the harshest climatic conditions, especially in terrestrial and freshwater environments. They have adapted to all kinds of environments, from deserts to Arctic Tundra from

temporary forest pools to steppes (Boss, 1974). Some species prefer oxygen-rich cold waters (Prosobranch), while others do not seek oxygen-rich waters (Pulmonate). Again, some Prosobranch species prefer cold waters (Cantrell, 1981; Aldridge, 1983; McMahon, 1983). These living groups, which have such different characteristics; it is important to determine the systematic and fauna information in order to reveal the medicinal, physiological, chemical and economic aspects. Considering the freshwater molluscs of Türkiye 164 species belonging to Gastropoda and 40 species belonging to Bivalvia were recorded as a result of the studies (Gürlek et al., 2019). Examining the studies carried out in the Eastern Black Sea Region, we determined that Trabzon and its surroundings were not surveyed in detail by means of freshwater malacofauna. While studies are carried out in the provinces of Sinop and Tokat, in the west of the Black Sea closest to Trabzon, there are also studies carried out in Samsun, Bolu, Zonguldak, and Çanakkale (Retowski, 1889; Croockewit, 1953; Boettger, 1957; Schütt & Şeşen, 1993; Bat et al., 2000; Öktener, 2004; Özbek et al., 2004; Duran, 2006; Duran & Suiçmez, 2007; Kazancı et al., 2008; Yardım et al., 2008; Akbulut et al., 2009; Gözler & Baytaşoğlu, 2020). In these studies, the existence of *Viviparus mamillatus*, *Ampullaceana balthica*, *Theodoxus fluviatilis*, *Belgrandiella cavernica*, *Planorbis planorbis*, *Planorbis corneus*, *Lymnaea stagnalis*, *Hydrobia ventrosa*, *Euglesa casertana*, *Euglesa milium*, *Unio pictorum*, *Sphaerium spp.*, *Viviparus acerosus*, *Bithynia tentaculata*, *Valvata cristata*, *Valvata piscinalis*, *Radix ovata*, *Radix auricularia*, *Radix peregra*, *Stagnicola palustris*, *Planorbis carinatus*, *Segmentina nitida*, *Gyraulus albus*, *P. acuta*, *Physa fontinalis*, *Anodonta cygnea* and *Dreissena polymorpha* species from different localities were mentioned.

The first research on freshwater molluscs in the Eastern Black Sea Region was carried out by Mousson (1876). The researcher reported the *Viviparus costae* species from Erzurum in his study. In the studies carried out in the region after this date, *Anisus spirorbis* and *Gyraulus ehrenbergi* species from Erzurum, *A. fluviatilis* species from Yanbolu and Falkoz streams of Trabzon Arsin district, *Radix sp.* from Giresun Keşap River, *Gyraulus elenae* from Rize Fındıklı Çağlayan River were defined in another study (Boettger, 1957; Kinzelbach, 1986; Girgin, 2010; Vinarski et al., 2013). Bolat (2012) made a large number of benthos sampling from stations close to the research area. He stated that there is only 1 Bivalvia from 1 station. This shows that the region needs to be studied in detail. These data, which are specified only as a class, show that the researchers did not work in the field of mollusc systematics and that field studies were not carried out according to malacological

sampling techniques at these stations and that the region should be studied in detail. Ustaoglu (2009) reported the presence of *Pisidium casertanum*, *Pisidium cf. obtusale*, *Pisidium cf. pseudosphaerium*, *Radix peregra*, *Radix auricularia* and *A. fluviatilis* in high-altitude lakes in the Eastern Black Sea mountains.

Trabzon region is also very rich in freshwater resources. The value of water is increasing day by day, so it is easier to create awareness of the importance and awareness of water and apply protection measures, by revealing the creatures living in it. Therefore, determining the current habitats and habitat characteristics of aquatic molluscs in the region is important in terms of developing conservation strategies with future studies.

### MATERIAL and METHOD

This study was carried out in 81 stations, including streams, and Sera Lake, between June 2021 and December 2021 in order to determine the freshwater mollusc fauna of the Trabzon (Figure 1).

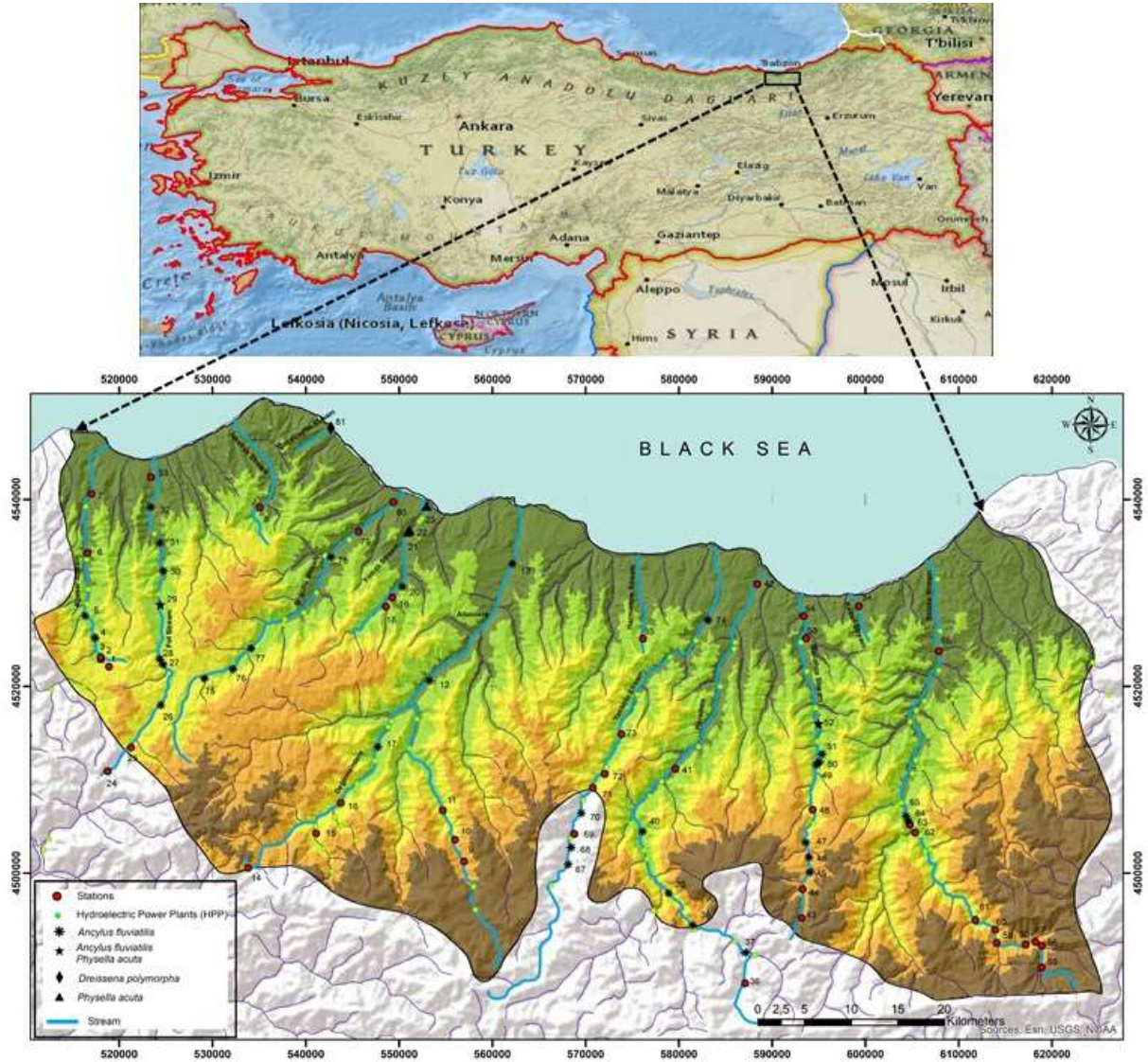
Trabzon province is within the borders of the Eastern Black Sea region of the Black Sea region. It is surrounded by Giresun in the west, Gümüşhane and Bayburt in the south, and Rize in the east. The rivers, which take their sources from the mountains in the south of Trabzon, reach the Black Sea by deeply cutting the mountains and plateaus in the north. As Öztürk & Dengiz (2020) stated, rivers are fast-flowing due to high bed slopes (>50 %, Figure 2).

Most of the lands in the south of Trabzon province have a mountainous topography. On the other hand, the northern parts are slightly sloping or relatively flat. The aforementioned province of Trabzon has the Black Sea climate and the climate is mostly cool summers and mild winters except for the mountainous areas. All seasons, especially winter, are rainy (Öztürk & Dengiz, 2020). The altitude ranges from 0 to 3366 m above sea level (Figure 3).

As Öztürk & Dengiz (2020) stated, Trabzon province has a wide range of soils including alluvial soils, non-calcareous brown forest, brown forest soils, gray-brown and yellow-reddish podzolic soils, high mountain pasture soils, colluvial soils. The geological features of the study area mostly consist of igneous rocks including granitic and volcanic rocks. Some areas contain sedimentary materials such as alluvium, claystone, granite rock, lime-claystone and sand mudstone (Figure 4).

Descriptive geographic maps showing features such as elevation, slope and bedrock in the research area were produce using DEM raster data. In addition, the altitudes and coordinates of the sampling stations in the research area were determined in the field, and the maps were made using in the ArcGIS 10.5 program.





(●:Stations, ●:Hydroelectric Power Plants (HPP), \**A. fluviatilis*, ◆:*D. polymorpha* ▲: *P. acuta*).  
(●:İstasyon, ●:HES, \**A. fluviatilis*, ◆:*D. polymorpha* ▲: *P. acuta*).

Figure 1. Map of the study area, sampling stations and identified species  
Şekil 1. Çalışma alanı, istasyonlar ve tespit edilen türlerin haritası

The living snails were collected by 65x65 cm in size (200 µm mesh size) aquatic hand-scoop (kick-net) and sieve. In springs samples were collected on stones and aquatic plants by hand. The mollusc samples in question were taken into containers containing 96 % ethyl alcohol and the necessary notes were written on them. Later, they were brought to Karadeniz Technical University, Department of Biology, Hydrobiology Research Laboratory. The samples were identified according to Bilgin (1980), Şeşen (1997), Yıldırım et al. (2006) and Glöer (2002).

## RESULT and DISCUSSION

In this study, which was carried out in the river basins of the Trabzon region, sampling was carried out in 81 localities and the presence of mollusc samples were

determined in 38 localities.

The geographical locations of the research area and the identified species are given in Table 1. Ustaoglu (2009) examined the high-altitude lakes in the Eastern Black sea mountains limnologically and reported the existence of *Pisidium casertanum*, *Radix peregra*, *Radix auricularia* and *A. fluviatilis*. In this study, except for *A. fluviatilis*, other species could not be determined. *P. acuta* and *D. polymorpha*, an invasive species in brackish and freshwaters, were recorded for the first time in Trabzon, except for *A. fluviatilis*, which is commonly found in stream localities throughout the province of Trabzon.

*Ancyclus fluviatilis*, which is generally distributed in streams with, hard substrate. It is one of the characteristic mollusc of such kind of biotopes. They

show a wide distribution throughout Europe, the Caucasus and Türkiye (Glöer & MeierBrook, 1998; Yıldırım et al., 2006; Welter-Schultes, 2012). The shell of *A. fluviatilis* is in the shape of a Chinese hat and has a round oval structure with regular radial lines on its surface. The apex is vestigial and covers 3/4 of the

lateral line of the crust and is slightly curved to the right. The size, shape, and condition of the apex may vary. It has been determined that there is variation between stations in terms of size and apex height in the research area and this issue has not been investigated in detail.

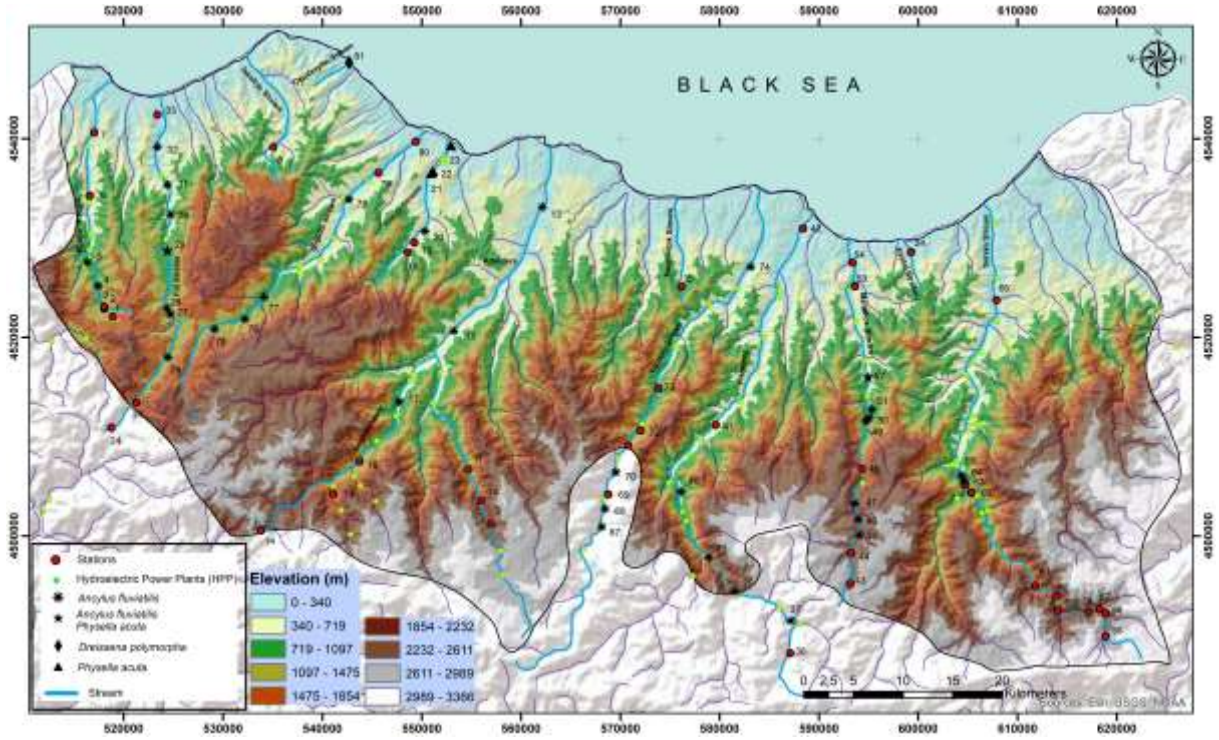


Figure 2. Slope map of the study area (slope %).

Şekil 2. Çalışma alanının eğim grupları haritası (% eğim)

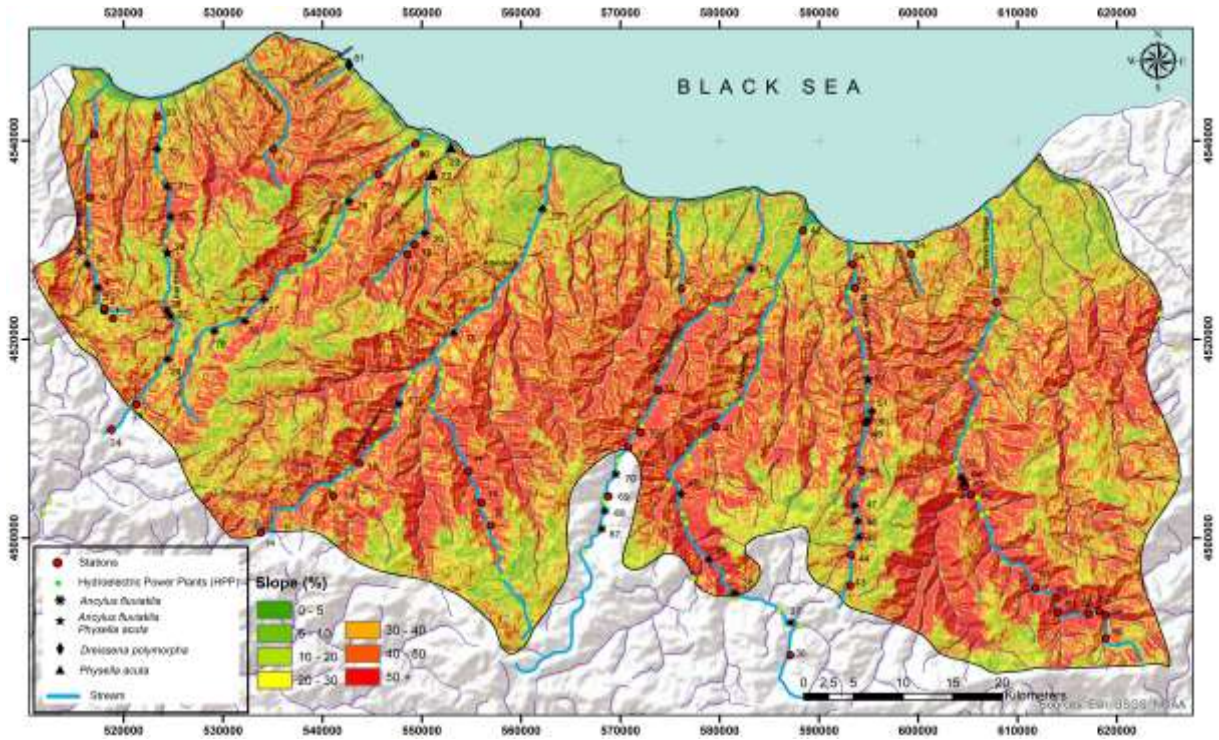


Figure 3. Elevation map of the research area (m).

Şekil 3. Çalışma alanının yükselti grupları haritası

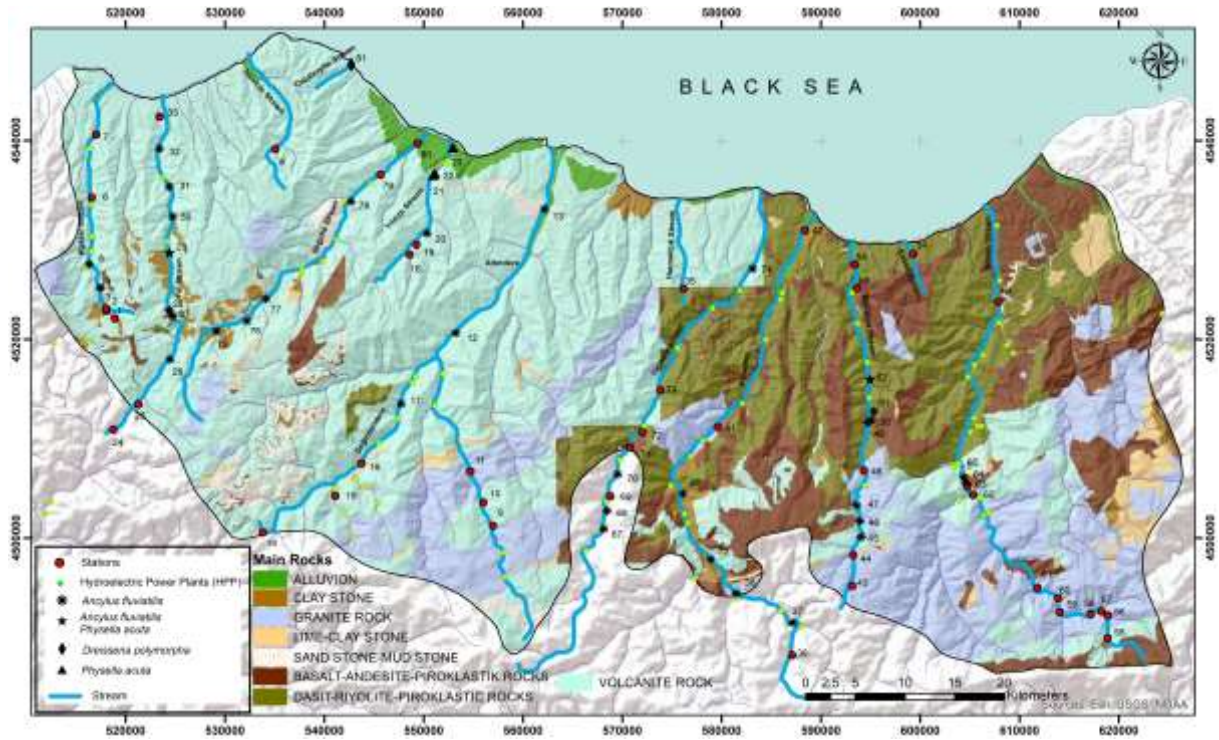


Figure 4. Main rock groups map of the study area.

Şekil 4. Çalışma alanının anakaya grupları haritası.

The presence of *A. fluviatilis* individuals was determined in all creeks and streams in the study area, except İskefiye Creek, Harmancık Creek and Kastel Creek, which are small creeks. However, it was determined that *A. fluviatilis* showed limited distribution in Ağasar Stream, Altındere Valley, Değirmendere, Solaklı Stream and Yıldızlı Creek. Apart from these, it was determined that *A. fluviatilis* individuals were found more widely distributed in Fol Stream, Karadere, Manahoz Stream, Yanbolu Stream and Söğütlü Stream. In addition, *A. fluviatilis* and *P. acuta* individuals were detected from in the same habitats in the Fol Stream (Station 29, altitude: 634 m) and Manahoz Stream (Station 52, altitude: 391 m; Figure 1, Table 1).

*Ancylus fluviatilis* found in the stream basins of the Trabzon region exhibits an exceptional situation for the Planorbidae family to which it belongs. Although this species is abundant in the middle parts of the streams and relatively rarely seen in the lower parts, it has not been detected from the source parts of any stream and from the habitats close to the sea (Figure 1). A few individuals of *A. fluviatilis* has also been detected from low-altitude habitats. It is estimated that the pollutants of *A. fluviatilis*, which occur in the environment as a result of human activity, limit the population of the species. However, it is a remarkable finding that the species was also detected in the stations where destruction was exposed. Like Değirmendere 14 stations (Figure 1).

*Physella acuta* from the Physidae family was detected for the first time in the study area. *P. acuta* has been detected in low-altitude localities where the water is relatively calm. In the research area, Yıldızlı Creek 6th station (altitude: 10 m), Sera Lake littoral zone (altitude: 89-100 m), Fol Stream, 29th station around Tonya Wastewater Treatment Plant (altitude: 634 m) and Manahoz Stream. It was determined from the 52nd station of the Stream Manahoz (altitude: 391 m). *P. acuta* specimens were generally collected by hand from the stones on the stream banks (Table 1).

*Physella acuta* is a thermophilic species with high adaptability to modified environments such as irrigation channels (Şeşen, 1997). The presence of this species in the research area can be associated with the recent increase in breeding activities. The intermittent distribution of the species, which was not recorded in the research area before, in natural and modified habitats supports this claim. It was determined that *P. acuta* species formed densely populated in the habitats from the area where Fol Stream, Manahoz Stream, Yıldızlı Creek joins the sea to Sera Lake, and its presence could not be detected in the other streams. It is not known exactly how and when the passive distribution of the species, which is known to expand its distribution through human activities such as aquarium trade (Ng et al., 2015), is realized in Türkiye and Trabzon province. However, according to the distribution information in the field, although the previous faunistic information is weak, there is a possibility of population formation in the research area in the near future.

Table 1. Sampling localities and identified species in the study area.  
 Çizelge 1. Örneklem alanları konumları ve tespit edilen türler.

Station	X	Y	Altitude (m)	Location	Species
1	518917	4522091	1065	Ağasar Stream	
2	518044	4522887	896	Ağasar Stream	
3	518029	4523089	875	Ağasar Stream	
4	517427	4525177	767	Ağasar Stream	<i>A. fluviatilis</i>
5	516335	4527531	624	Ağasar Stream	<i>A. fluviatilis</i>
6	516593	4534245	267	Ağasar Stream	
7	517031	4540582	90	Ağasar Stream	
8	535082	4539130	289	İskefiye Creek	
9	556978	4501234	1589	Altındere	
10	556015	4503565	1340	Altındere	
11	554717	4506703	917	Altındere	
12	553246	4520631	260	Altındere	<i>A. fluviatilis</i>
13	562169	4533099	59	Altındere	<i>A. fluviatilis</i>
14	533830	4500535	1824	Değirmendere	
15	541119	4504245	1105	Değirmendere	
16	543756	4507496	864	Değirmendere	
17	547752	4513485	466	Değirmendere	<i>A.fluviatilis</i>
18	548600	4528524	397	Yıldızlı Creek	
19	549271	4529512	303	Yıldızlı Creek	
20	550352	4530663	275	Yıldızlı Creek	<i>A. fluviatilis</i>
21	550952	4536527	100	Sera Lake	<i>P. acuta</i>
22	551135	4536719	89	Sera Lake	<i>P. acuta</i>
23	552963	4539305	10	Yıldızlı Creek	<i>P.acuta</i>
24	518747	4510898	1458	Fol Stream	
25	521267	4513442	1139	Fol Stream	
26	524490	4517963	992	Fol Stream	<i>A. fluviatilis</i>
27	524720	4522304	881	Fol Stream	<i>A. fluviatilis</i>
28	524368	4522895	865	Fol Stream	<i>A. fluviatilis</i>
29	524407	4528716	634	Fol Stream	<i>A. fluviatilis</i> , <i>P. acuta</i>
30	524727	4532320	397	Fol Stream	<i>A. fluviatilis</i>
31	524420	4535340	208	Fol Stream	<i>A. fluviatilis</i>
32	523397	4539173	123	Fol Stream	<i>A. fluviatilis</i>
33	523401	4542403	21	Fol Stream	
34	599303	4528582	57	Kastel Creek	
35	576172	4525091	555	Harmancık Creek	
36	587122	4488188	1896	Karadere	
37	587188	4491445	1642	Karadere	<i>A. fluviatilis</i>
38	581509	4494416	1384	Karadere	<i>A. fluviatilis</i>
39	578911	4497836	992	Karadere	<i>A. fluviatilis</i>
40	576137	4504446	527	Karadere	<i>A. fluviatilis</i>
41	579615	4511164	306	Karadere	
42	588407	4530944	4	Karadere	
43	593159	4495168	2024	Limon Stream	
44	593269	4498260	1842	Manahoz Stream	
45	594075	4500083	1704	Manahoz Stream	<i>A. fluviatilis</i>
46	593976	4501689	1625	Manahoz Stream	<i>A. fluviatilis</i>
47	593610	4503269	1494	Manahoz Stream	<i>A. fluviatilis</i>
48	594346	4506775	1182	Manahoz Stream	
49	595069	4511873	673	Manahoz Stream	<i>A. fluviatilis</i>
50	594770	4511575	658	Manahoz Stream	<i>A. fluviatilis</i>
51	595360	4512729	633	Manahoz Stream	<i>A. fluviatilis</i>
52	594972	4515978	391	Manahoz Stream	<i>A.fluviatilis</i> , <i>P.acuta</i>
53	593653	4525130	72	Manahoz Stream	

54	593403	4527499	27	Manahoz Stream	
55	618898	4489902	2036	Solaklı Stream	
56	618904	4492185	1781	Solaklı Stream	
57	618227	4492629	1700	Solaklı Stream	
58	617190	4492321	1604	Solaklı Stream	
59	614085	4492515	1342	Solaklı Stream	
60	613916	4493924	1335	Solaklı Stream	
61	611810	4494958	1189	Solaklı Stream	
62	605340	4504318	562	Solaklı Stream	
63	604770	4505153	501	Solaklı Stream	
64	604617	4505582	492	Solaklı Stream	<i>A. fluviatilis</i>
65	604379	4506100	461	Solaklı Stream	<i>A. fluviatilis</i>
66	607878	4523741	81	Solaklı Stream	
67	568145	4500905	1462	Yanbolu Stream	<i>A. fluviatilis</i>
68	568476	4502729	1325	Yanbolu Stream	<i>A. fluviatilis</i>
69	568805	4504185	1237	Yanbolu Stream	
70	569568	4506409	1104	Yanbolu Stream	<i>A. fluviatilis</i>
71	570778	4509122	876	Yanbolu Stream	
72	572071	4510603	705	Yanbolu Stream	
73	573835	4514856	568	Yanbolu Stream	
74	583142	4527079	75	Yanbolu Stream	<i>A. fluviatilis</i>
75	529168	4520837	996	Sögütlü Stream	<i>A. fluviatilis</i>
76	532213	4521826	768	Sögütlü Stream	<i>A. fluviatilis</i>
77	534150	4524047	657	Sögütlü Stream	<i>A. fluviatilis</i>
78	542702	4533847	156	Sögütlü Stream	<i>A. fluviatilis</i>
79	545659	4536553	86	Sögütlü Stream	
80	549409	4539689	18	Sögütlü Stream	
81	542714	4547643	10	Çatalzeytin Creek	<i>D. polymorpha</i>

x,y coordinate: WGS\_1984\_UTM\_Zone\_37N (6°)

*Dreissena polymorpha*, which spreads in brackish and freshwaters, is an invasive species that causes various ecological and economic problems (Bobat & Ertem, 2004; Gaygusuz et al., 2007). Its homeland is the Black Sea region (including Northwest Anatolia), but its distribution in the Central and Eastern Black Sea regions is unknown (Geldiay & Bilgin, 1973). Empty shells belonging to the *D. polymorpha* species were found around Akçakale (station: 81) in the area where Çatalzeytin Creek joins the sea. Its presence here is thought to be due to the activities of possible fishermen to clear their nets. However, it is difficult to predict where the individuals who were moved by sticking to the nets might have come from. *D. polymorpha*, which can live in brackish waters and survive on ship hulls for a long time, has not been found in population formations in the surrounding estuary.

The streams in the Eastern Black Sea region flow fast due to the high (>50 %) slope of their waterway (Figure 2). For this reason, stream floods occur in some years (Hocaoğlu, 1996; Gültekin et al., 2005). For example; it is stated that the Solaklı Stream overflowed in the flood disaster known as the “Seller Senesi” among the people in 1929 (Ayyıldız, 2016). The streams of the Eastern Black Sea region are not rich in aquatic insects due to flow regimes (Zengin et al., 2017). In this study, no mussel taxa were found, except for empty shells of *D. polymorpha*. This situation is thought to be

caused by factors such as precipitation course, height, slope, and bedrock structure (Figure 2,3,4). Within the scope of stream improvement in the research area, there are embankments reinforced concrete canals in many streams basins. Again, in some stream basins, there is a hydroelectric power plant, sand and gravel pit and drinking water intake. For these reasons, it is possible that the ecological destruction was high and that it caused a decrease in the species diversity in the research area.

## CONCLUSION and RECOMMENDATIONS

In this study, which was carried out to determine the freshwater molluscs in the streams of Trabzon region, *A. fluviatilis* showed a wide distribution in the stream localities. *P. acuta* individuals were identified in a small number of localities. Empty shells of *D. polymorpha* were recorded for the first time from the region where the Çatalzeytin Stream joins the sea, and no population formation was observed. In the streams in the Trabzon region, slope, elevation, precipitation regime, stream improvement, hydroelectric power plants, sand-gravel quarries, drinking water intake and domestic pollutants are considered as factors that cause the reduction of species diversity.

## ACKNOWLEDGEMENT

This study, supported by Karadeniz Technical University Scientific Research Projects Coordination Unit, Project No: FHD 2021-9357. In addition, it was realized with the legal permission of the Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Nature Conservation and National Parks, dated 15.03.2021 and numbered E-21264211-288.04-827708, and we thank the relevant institutions.

## Contribution Rate Statement Summary of Researchers

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

## Conflict of Interest Statement

The authors report no conflict of interest.

## REFERENCES

- Akbulut, M., Odabaşı, D.A., Kaya, H., Çelik, E.S., Yıldırım, M.Z., Odabaşı, S., & Selvi, K. (2009). Changing of Mollusca Fauna In Comparison With Water Quality: Sarıca Creek and Atıkhisar Reservoir Models (Çanakkale-Turkey). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(12), 2699-2707. <https://medwelljournals.com/abstract/?doi=javaa.2009.2699.2707>
- Aldridge, D.W. (1983). *Physiological ecology of freshwater prosobranchs*. In: Russel-Hunter, W.D. Editör. The Mollusca. Academic Press, New York, 329-358.
- Ayyıldız, H. (2016). *Of İlçesinin Sosyo-Ekonomik Yapısı, Başlangıçtan Günümüze Her Yönüyle Of*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları, KTÜ Matbaası, Trabzon, 219 sy.
- Bat, L., Akbulut, M., Çulha, M., & Sezgin, M. (2000). The Macrobenthic Fauna of Sırakaraağaçlar Stream Flowing into The Black Sea at Akliman, Sinop. *Turkish Journal Marine Sciences*, 6(1), 71-86. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jbme/issue/9871/122023>
- Bilgin, F.H. (1980). Batı Anadolu'nun Bazı Önemli Tatlı Sularından Toplanan Mollusca Türlerinin Sistematiği ve Dağılışı. *Diyarbakır Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 8(2), 1-64.
- Bobat A., & Ertem B. (2004). Türkiye Tatlısularında Bulunan Dreissenid ve Corbiculid Türleri Arasındaki Farklar ve Onların Yayılış Alanları. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 2(2), 1-17.
- Boettger, C.R. (1957). Über eine Ausbeute von Höhlenmollusken und Einigen Anderen Weichtieren aus der Türkei. *Archiv für Molluskenkunde der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft* 86(1/3), 67-83.
- Bolat, H. A. (2012). Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki Bazı Akarsuların Taban Malzemeleri Arasında Bulunan Faunanın Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma (Tez no:321388). [Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Boss, J.K. (1974). Oblovoism in the Mollusca. *Transactions of the American Microscopical Society*. 93(4), 460-481.
- Cantrell, M.A. (1981). Bilharzia Snails and Water Level Fluctuations in a Tropical Swamp. *Oikos* 36, 226-232.
- Croockewit, H.W.E. (1953). Malakologische Resultate einer Reise nach der Asiatischen Türkei. 1. *Einführung. Bacteria*. 17, 17-18.
- Demirsoy, A. (1999). *Genel ve Türkiye Zoocoğrafyası "Hayvan Coğrafyası"*, Meteksan A.Ş, Ankara, 630 sy.
- De Mendoza, G., Rafael, A., & Jordi, C. (2023). Factors Influencing the Distribution of Freshwater Mollusks in the Lakes of the Pyrenees: Implications in a Shifting Climate Scenario. *Diversity*, 15(4), 500. <https://www.mdpi.com/1424-2818/15/4/500>
- Duran, M. (2006). Monitoring Water Quality Using Benthic Macroinvertebrates and Physicochemical Parameters of Behzat Stream in Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*. 15(5), 709-717. <http://www.pjoes.com/Monitoring-Water-Quality-Using-Benthic-Macroinvertebrates-and-Physicochemical-Parameters,87923,0,2.html>
- Duran, M., & Suiçmez, M. (2007). Utilization of Both Benthic Macroinvertebrates and Physicochemical Parameters for Evaluating Water Quality of the Stream Cekerek (Tokat, Turkey). *Journal of Environmental Biology*. 28 (2), 231-236. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17915756/>
- Gaygusuz, Ö., Gürsoy Gaygusuz, Ç., Tarkan, S., Acıpinar, H., & Türer, Z. (2007). Preference of Zebra Mussel, Dreissena Polymorpha in The Diet And Effect On Growth Of Gobiids: A Comparative Study Between Two Different Ecosystems. *Ekoloji*, 17(65), 1 - 6. DOI:10.5053/ekoloji.2007.651
- Geldiay R., & Bilgin F.H. (1973). Tatlı Sularda Yaşayan Bir Bivalvia Türü Dreissena polymorpha (Pallas) Hakkında. Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, İlmi Raporlar Serisi, 158 sy.
- Girgin, S. (2010). Evaluation of the Benthic Macroinvertebrate Distribution in a Stream Environment During Summer Using Biotic Index. *International Journal of Environmental Science & Technology* 7(1), 11-16. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03326112>
- Glöer P. & Meier-Brook C. (1998). *Süßwasser mollusken*. Wilhelmstr, Tübingen. 136 sy.
- Glöer, P. (2002). *Die Süßwassergastropoden Nord und Mitteleuropas, Bestimmungsschlüssel, Lebensweise, Verbreitung*. Die Tierwelt Deutschlands. ConchBooks, Hackenheim.
- Gözler, A. M., & Baytaşoğlu, H. (2020). Mollusca Fauna of the Çoruh River and its Tributaries.

- Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 5(2), 185-190. <https://dergipark.org.tr/en/pub/jaes/issue/54936/678664>
- Gültekin, F., Dilek, R., Ersoy, A.F., & Ersoy, H. (2005). Aşağı Değirmendere (Trabzon) Havzasındaki Suların Kalitesi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 29(1), 21-34. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jmd/issue/52388/686313>
- Gürlek, M.E., Şahin Koşal, S., Dokumcu, N., Yıldırım, M.Z. (2019). Checklist of the Freshwater Mollusca of Turkey (Mollusca: Gastropoda, Bivalvia), *Fresenius Environmental Bulletin*, 28 (4A), 2992-3013.
- Hocaoğlu, Ş. (1996). *Türkiye Fiziki Coğrafyası*. 18 Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Kazancı, N., Türkmen, G., Ertunç, Ö., Gültutan, Y., Ekingen, P., & Öz, B. (2008). A Research on Water Quality of Kelkit Stream Using Benthic Macroinvertebrates and Physicochemical Variables. *Review of Hydrobiology*, 1 (2), 145-160. <http://www.reviewofhydrobiology.org/page/journal.asp?v=1&i=2>
- Kinzelbach, R. (1986). Additional Records of the River Limpet, *Ancylus fluviatilis*, from the Middle East. *Zoology in the Middle East* 1, 129-132.
- McMahon, R.F. (1983). *Physiological Ecology of Freshwater Pulmonates*. In: Ecology Volume 6, The Mollusca. Russell-Hunter, W.D. (ed). Academic Press, New York, 359-430.
- Mousson, A. (1876). Coquilles Recueillies par M. le Dr. Sievers Dans Les Contreées Transcaucasiques. *Notice II. Journal de Conchyliologie*, 16(1), 24-51.
- Ng, T.H., Tan, S.K., & Yeo, D. C.J. (2015). Clarifying the Identity of the Long-Established, Globally-Invasive *Physa acuta* Draparnaud, 1805 (Gastropoda: Physidae) in Singapore. *BioInvasions Records*, 4, 189-194,
- Öktener, A. (2004). A Preliminary Research on Mollusca Species of Some Freshwaters of Sinop and Bafra. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 17 (2), 21-30. <https://dergipark.org.tr/en/pub/gujs/issue/7410/97031>
- Özbek, M., Ustaoglu, M.R., Balık, S., & Sarı, H.M. (2004). Batı Karadeniz Bölgesindeki bazı göllerin mollusca faunası (Sözlü bildiri). 1. Ulusal Malakoloji Kongresi, İzmir, Türkiye. 1-3 Eylül, 2004, ss.163.
- Öztürk, E., & Dengiz, O. (2020). Assessment And Selection of Suitable Microbasins For Organic Agriculture Under Subhumid Ecosystem Conditions: A Case Study From Trabzon Province, Turkey. *Arabian Journal Geosciences*, 13, 1222. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12517-020-06200-1>
- Retowski, O. (1889). *Liste der von mir auf meiner Reise von Konstantinopel nach Batum Gesammelten Binnenmollusken*. Bericht über die Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft in Frankfurt am Main, 1888 (89), 225-265.
- Schütt, H. & Şeşen, R. (1993). Pseudamnicola species and other freshwater gastropods (Mollusca, Gastropoda) from East Anatolia (Turkey), the Ukraine and the Lebanon. *Basteria*, 57, 161-171.
- Strong, E.E., Gargominy, O., Ponder, W.F. & Bouchet, P. (2008). Global Diversity of Gastropods (Gastropoda; Mollusca) in Freshwater. *Hydrobiologia* 595, 149-166. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10750-007-9012-6>
- Şeşen, R. (1997). Laboratuvar Şartlarında *Physa acuta* (Pulmonata: Gastropoda)'ın Yaşam Döngüsü. *Türkiye Parazitoloji Dergisi* 21(1), 59-62.
- Şeşen, R. & Yıldırım, M.Z. (1993). Parazitolojik Önemi Olan Türkiye Tathısu Salyangozları Üzerine Bir Çalışma, *Türkiye Parazitoloji Dergisi*, 17 (3-4), 137-147.
- Taylor, P.D & Lewis, D.N. (2005). *Fossil invertebrates*. Harvard University Press, 208 sy.
- Ustaoglu, M.R. (2009). Limnological Investigation of the Lakes in the Eastern Black Sea Mountains. TUBİTAK Projesi No:104 Y 183.
- Van Bruggen, A.C., Wells, S.M., & Kemperman, T.C.M. (1995). *Biodiversity and conservation of the Mollusca*. Backhuys, Oegstgeest-Leiden, Netherlands.
- Welter-Schultes, F.W. (2012). European non-marine molluscs, a guide for species identification. A1-A3, 1-679, Q1-Q78. Göttingen (Planet Poster Editions).
- Vinarski, M.V., Glöer, P., & Palatov, D.M. (2013). *Gyraulus elenae* sp. A new Planorbid snail from Eastern Turkey (Mollusca: Gastropoda: Planorbidae), *Zootaxa* 3664 (1), 095-098. <https://www.biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.3664.1.9>
- Yardı, Ö., Şendoğan, E., Bat, L., Sezgin, M., & Çulha, M. (2008). Sarıkum Gölü (Sinop) Makrobentik Mollusca ve Crustacea Faunası. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 25(4), 301-309. <http://www.egejfas.org/tr/pub/issue/5009/67779>
- Yıldırım, M.Z., Gümüş, B.A., Kebapçı, Ü. & Koca Bahadır, S. (2006). The Basommatophoran Pulmonate Species (Mollusca: Gastropoda) of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 30(4), 445-458. <https://journals.tubitak.gov.tr/zoology/30/iss4/14/>
- Yıldırım, M.Z., Koca, S.B. & Kebapçı, Ü. (2006). Supplement to the Prosobranchia (Mollusca: Gastropoda). Fauna of Fresh and Brackish Waters of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 30, 197-204. <https://journals.tubitak.gov.tr/zoology/vol30/iss2/12>
- Zengin, M., Kurtoğlu, O., Şengül, H. & Çakmak, E. (2017). Doğu Karadeniz'de İşletmeye Açılan Bazı Nehir Tipi Hidroelektrik Santrallerinin Sucul Ekosistem ve Karadeniz Alabalığı (*Salmo labrax*) Populasyonları Üzerine Etkileri. *Turkish Journal Aquatic Sciences*, 32(4), 189-207. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/355571>



## Ankara Etimesgut'daki Bazı Süt Sığırı İşletmelerindeki İneklerin Süt Bileşenlerinin ve Bunlara Etkili Faktörlerin Belirlenmesi

Bünyamin DAĞ<sup>1</sup>, Uğur ZÜLKADİR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Yeşilova Mah. 4048. Cad. 8/6 No:10 Etimesgut/ANKARA, <sup>2</sup> Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Selçuklu/Kampüs/KONYA

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-9559-917X>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0003-3243-4949>

✉: uzulkad@selcuk.edu.tr

### ÖZET

Bu araştırma, Ankara ili Etimesgut ilçesinde bulunan özel sığırcılık işletmelerinde yetiştirilen süt sığırlarının süt bileşenlerinin ve süt bileşenlerini etkileyen faktörlerin araştırılması amacıyla yapılmıştır. Laktasyonun başlangıcında süt bileşenlerindeki farklılıkları tespit etmek amacıyla dört farklı işletmeden üç ırktan süt numuneleri alınmıştır. Alınan örneklerde elektrik iletkenliği (Eİ), laktoz, protein, somatik hücre sayısı (SHS), LogSHS, yağsız kuru madde (YKM), kuru madde ve yağ değerlerinin ortalama ve standart hataları sırasıyla  $5.993 \pm 0.163$  mS cm<sup>-1</sup>, %  $4.521 \pm 0.067$ , %  $3.449 \pm 0.076$ ,  $294114.4 \pm 67992.0$  hücre ml<sup>-1</sup>,  $5.79 \pm 0.05$ , %  $8.587 \pm 0.123$ , %  $12.109 \pm 0.120$  ve %  $3.166 \pm 0.141$  olarak bulunmuştur. Sütün bileşimine etkisi incelenen faktörlerden Eİ değerine işletme faktörü (P<0.01) ve Californiya mastitis testi (CMT) test grubu faktörü (P<0.01), Laktoz değerine işletme faktörü (P<0.01), SHS ve LogSHS değerine CMT test grubu faktörü (P<0.01), kuru madde değerine işletme faktörü (P<0.01) ve yağ değerine ırk faktörünün (P<0.01) etkisi önemli bulunmuştur. Verilerin istatistik analizinde Harvey (1987) tarafından geliştirilen "LSMLMW-Least-Squares and Maximum Likelihood General Purpose Program" kullanılmıştır. Deneme sonunda bazı özellikler bakımından işletmelerde problemler olduğu görülmüş, bu problemlerin tespit edilerek gerekli düzeltmelerin yapılması gerektiği önerilmiştir. İşletmelerin belirli aralıklarla bu değerlendirmeleri yaparak kendi durumlarını görmeleri ve problemlere önlem almaları gerektiği sonucuna varılmıştır.

### Zootekni

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 10.05.2023

Kabul Tarihi : 18.09.2023

### Anahtar Kelimeler

Laktoz

SHS

Süt komponentleri

İrk

Elektrik iletkenliği

## Determination of Milk Components of Cows and Effective Factors in Some Dairy Cattle Farms in Etimesgut district of Ankara

### ABSTRACT

This research was carried out to investigate the milk components of dairy cattle raised in private cattle farms in Ankara province Etimesgut district and the factors affecting milk components. In order to determine the differences in milk components at the beginning of lactation, milk samples from three breeds were taken from four different farms. Electrical conductivity, lactose, protein, somatic cell count (SCC), LogSHS, solid non-fat (SNF), dry matter (DM) and fat values in the samples taken were  $5.993 \pm 0.163$  mS cm<sup>-1</sup>,  $4.521 \pm 0.067$  %,  $3.449 \pm 0.076$  %,  $2941.144 \pm 679.920$  cells ml<sup>-1</sup>,  $5.79 \pm 0.05$ ,  $8.587 \pm 0.123$  %,  $12.109 \pm 0.120$  %, and  $3.166 \pm 0.141$  %, respectively. Among the factors that effects milk composition were examined, the effect of the facility (P<0.01) and CMT test group factor (P<0.01) on EI value, the facility on Lactose value (P<0.01), CMT test group factor (P<0.01) on SCC and LogSHS value, the facility factor (P<0.01) on dry matter value, and breed factor (P<0.01) on fat value were found significant. Least-Squares and Maximum Likelihood General Purpose Program (LSMLMW) was used in the statistical analysis of the data developed by Harvey (1987). At the end of the study, it was seen that there were problems in the facilities in terms of some qualities, it was suggested

### Animal Science

### Research Article

### Article History

Received : 10.05.2023

Accepted : 18.09.2023

### Keywords

Lactose

SCC

Milk components

Breed

Elektrical conductivity



that these problems should be identified and necessary corrections should be made. It has been concluded that these facilities should make these evaluations at regular intervals, see their situation and take precautions against problems.

**Atıf İçin:** Dağ B & Zülkadir U (2024). Ankara Etimesgut'daki Kimi Süt Sığırı İşletmelerindeki İneklerin Süt Komponentleri ve Bunlara Etkili Faktörlerin Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg 27 (2)*, 478-488. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1295074.

**To Cite:** Dağ B & Zülkadir U (2024). Determination of Milk Components of Cows and Effective Factors in Some Dairy Cattle Farms in Etimesgut district of Ankara. *KSU J. Agric Nat 27(2)*, 478-488. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1295074.

## GİRİŞ

Yüksek protein ve yağ içeriğiyle temel besin kaynaklarından biri olan inek sütü çoğu süt ürününün hammaddesi olup, içme sütü türevlerinde en çok tercih edilen süt çeşididir. Sütün yaklaşık % 3-4'ünü yağ, % 3.5'ini protein ve % 5'ini laktoz oluşturur, bu değerler yaklaşık değer olup ırklara göre farklılık gösterebilmektedir (Anonymous, 2022). Günümüzde sütün kalitesi sağlık ve sütün fiyatlandırılmasında önemli yere sahiptir. Çünkü gıda sektöründe çok fazla hile yapılabilmektedir. Bu nedenle süt bileşenlerinin ve bunlara etkili faktörlerin belirlenebilmesi ve kalitede meydana gelen problemlerin ortadan kaldırılabilmesi için bazı çalışmaların ve analizlerin yapılması gerekmektedir.

Süt kalitesine etkili birçok faktör bulunmaktadır. Hayvanın ırkı, laktasyon dönemi, besleme, hastalıklar, laktasyon sırası gibi pek çok faktör süt kalitesinde ve sütün kompozisyonunda etkilidir. Bu faktörlere göre süt kompozisyonu değişmekle birlikte, bir işletmeye herhangi bir gün gidildiğinde alınan numunelerde sütün kompozisyonunun nasıl olacağı da merak edilebilir. Bu çalışmayla bu faktörlerin süt bileşenleri üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Ancak asıl amaç; herhangi bir gün işletmeye gidildiğinde süt kompozisyonunun nasıl olduğunun tespitidir. Çünkü süt işleme merkezlerine belirtilen bu faktörlere göre herhangi bir düzeltme yapılmadan sütler verilmekte ve işlenmektedir. Burada bununla işleme merkezlerine verilecek günlük sütlerdeki durum tespit edilmiştir.

Söz konusu çalışma, Ankara iline bağlı Etimesgut ilçesinde bulunan dört farklı süt sığırcılığı işletmesinde gerçekleştirilmiştir. Süt sığırlarından elde edilen süt örneklerinden yararlanarak süt bileşimleri belirlenmiştir. Bu çalışmanın amacı söz konusu işletmelerde süt bileşimlerinin ve süt bileşimlerine etkili çevre faktörlerinin belirlenmesidir.

## MATERYAL ve METOD

Bu çalışma Ankara İline bağlı Etimesgut ilçesinde gerçekleştirilmiştir. Sağılan süt sığırı varlığı bakımından Ankara ilinde son sırada yer alan ilçede TÜİK 2023 verileri incelendiğinde toplam 2326 baş sığır bulunmakta olup, bunların 945 başı kültür, 1351

başı melez ve 19 başını yerli ırklar oluşturmaktadır (Anonim, 2023).

Çalışma yapılan işletmelerde sürü takip programları bulunmadığı için, işletmede tutulan kayıtlar Etimesgut İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü personelleri tarafından sisteme kayıt için toplanmakta ve kaydedilmektedir. Bu bilgiler arasında, hayvanların doğum yaptığı tarih, ırk, cinsiyet gibi bilgiler bulunmakta olup, bu personeller tarafından işletmelerin düzenli kontrolleri yapılmaktadır. İşletmelerde aynı zamanda hastalıklar, süt analizi gibi gerekli denetimler de yapılmaktadır. Hayvanların bakımları ile ilgilenen personellerin bulunduğu işletmelerde, teknik personel tarafından da gerekli tedavi ve kontroller düzenli olarak yapılmaktadır. İşletmeler kaba ve kesif yem ihtiyacını dışarıdan karşılamaktadır.

Çalışmada incelenen işletmelerde toplam 107 baş süt sığırı bulunmaktadır. Bu sığırlara ait işletmelerin, ırkların ve alt grupların ortalama, standart hata ve n sayıları sonuçlar kısmındaki ilgili çizelgelerde sunulmuştur. Çalışma aşamasında gerekli veriler Etimesgut İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü tarafından sağlanmış olup farklı laktasyonlardaki Siyah Alaca ve Simmental ırkı süt sığırları araştırmaya dahil edilmiştir.

Çalışmada varlığı kabul edilen istatistik modelde kullanılan özelliklerin sınıflandırılmasında; mevsimler gruplandırılırken, aralık, ocak, şubat ayları=1; mart, nisan, mayıs ayları=2; haziran, temmuz, ağustos ayları=3 olarak sınıflandırılmıştır. Eylül, ekim, kasım aylarında doğum olmadığından değerlendirmeye alınmamıştır. İşletmeler numaralandırılırken 31 baş süt sığırı bulunan işletme 1, 23 baş süt sığırı bulunan işletme 2, 17 baş süt sığırı bulunan işletme 3 ve 36 baş süt sığırı bulunan işletme ise 4 rakamları ile numaralandırılmıştır. İrklar numaralandırılırken Siyah Alaca için 1 (n=77), Simmental için 2 (n=30) rakamları kullanılmıştır. CMT sonuçları negatif skor 0, zayıf pozitif skor 1, belirgin pozitif skor 2 ve güçlü pozitif skor 3 olmak üzere mastitis skorlarına göre sırasıyla 0, 1, 2 ve 3 olarak numaralandırılmıştır. Laktasyon sırası ise 1'den 6'ye kadar numaralandırılmıştır.

İncelenen işletmeler küçük ölçekli aile işletmeleridir. İşletmelerin dördünde de sağımhane bulunmaktadır.

Süt örnekleri ön sağım ve CMT testi yapıldıktan sonra tüplere sağılarak alınmıştır. Süt örneklerinin alınması için gerekli numune alma aparatları bulunmadığı için bu yola başvurulmuştur. İşletmelerde bulunan Siyah Alaca ve Simental ırklarından ineklerde sabah sağımlarında bir defaya mahsus alınan süt örneklerinin analizi Lactoscan MMC-30 SC süt analiz cihazı ile Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootehni Bölümü Biyoteknoloji Laboratuvarında yapılmıştır. Çalışmada kullanılan sığırlara ait kayıt bilgileri işletmelerde bilgisayara dayalı sürü yönetim programları bulunmadığından Etimesgut İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü yardımıyla elde edilmiştir.

Süt verimine ve bileşimine etkisi incelenen faktörlerin belirlenmesinde kullanılan istatistik model aşağıdaki gibidir:

$$Y_{ijklmn} = \mu + a_i + b_j + c_k + d_l + f_m + bX_{ijklm} + e_{ijklmn} \quad (1)$$

$Y_{ijklmn}$  = i. işletmedeki, j. ırktan, k. buzağılama mevsimindeki, l. laktasyon sırasındaki, m. CMT test grubundaki hayvanın süt verimi ya da kompozisyonu

$\mu$  = beklenen ortalama

$a_i$  = i. işletmenin etki miktarı (i=1, 2, 3, 4.)

$b_j$  = j. ırkın etki miktarı (1= Siyah Alaca, 2=Simmental, 3=İsviçre Esmeri)

$c_k$  = k.buzağılama mevsiminin etki miktarı (1=Kış, 2=İlkbahar, 3=Yaz)

$d_l$  = l. laktasyon sırasının etki miktarı (1, 2, 3, 4, 5, 6)

$f_m$  = m.CMT testinin etki miktarı (1, 2, 3, 4)

$bX_{ijklm}$  = incelenen özelliğe etkili faktörlerin kısmi regresyon katsayısını

$e_{ijklmn}$  = hata etki miktarı

Verilerin istatistik analizinde Harvey (1987) tarafından geliştirilen "LSMLMW Least-Squares and Maximum Likelihood General Purpose Program" kullanılmıştır. Etkisi incelenen faktörlerden önemli olan faktörlerin alt gruplarının karşılaştırılmasında Duncan çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır (Duncan, 1955).

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Süt bileşenlerine etkisi incelenen faktörlere ait en küçük kareler ortalaması (EKKO), etki miktarı (EM) ve standart hata (SH) değerleri Çizelge 1)-(8)'de sırasıyla verilmiştir.

### Elektrik iletkenliği (Eİ)

Araştırma yapılan işletmelerde elektrik iletkenliğine ait 107 veriden elde edilen en küçük kareler ortalaması (EKKO)  $6.12 \pm 0.097$  mS cm<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre ırk, buzağılama mevsimi ve laktasyon sırasının elektrik iletkenlik değerine etkisi önemsiz bulunurken, CMT test grubunun (P<0.01) ve işletme faktörünün etkisi (P=0.002) önemli bulunmuştur. Elektrik iletkenliğine

etkisi incelenen faktörlere ait EKKO, EM ve SH değerleri Çizelge 1'de sunulmuştur.

Mevcut çalışmada hesaplanan elektrik iletkenlik değeri  $6.12 \pm 0.097$  mS cm<sup>-1</sup> olup bu değer Coşkun & Zülkadir (2018)'in Siyah Alaca ırkı için bildirmiş olduğu  $4.23 \pm 0.18$ 'lik değerden yüksek, Kıyıcı ve ark. (2016)'nın Siyah Alaca ırkında birinci grup hayvanlar için bildirmiş olduğu  $5.59 \pm 0.26$ 'lık değerden yüksek, ikinci grup hayvanlar için bildirmiş olduğu  $6.84 \pm 0.23$ 'lük değerden düşük ve Timurkan (2014)'ın yine Siyah Alaca ırkı için bildirmiş olduğu  $5.81 \pm 0.06$ 'lık değerden de yüksek bulunmuştur.

Çalışmada elde edilmiş olan  $6.12 \pm 0.097$ 'lik elektrik iletkenlik değeri uluslararası standart olan 4-5.5 mS cm<sup>-1</sup> (Metin, 1998) değerinden yüksek bulunmuştur. Bu da işletmelerde mastitis ile ilgili problemlerin olabileceğini düşündürmektedir. Türk Gıda Kodeksi "Çiğ süt ve Isıl İşlem Görmüş Sütler Tebliği (2000/6)"ne göre ısıtılmış süt, süt ürünleri ve süt bazlı ürünlerin üretiminde kullanılacak çiğ inek sütlerinin ml'de 100.000'den az toplam bakteri ve 500.000'den az somatik hücre sayısı içermesi gerektiği bildirilmiştir (Anonim, 2005). Somatik hücre sayısı ortalaması olan 1762080  $\pm$  486089 değeri de göz önüne alındığında mastitis problemi olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle işletmelerin hayvanların meme sağlığına biraz daha önem göstermeleri, mastitisin önceden belirlenebilmesi için gerekli testlerin düzenli yapılması ve hayvanların bakım beslenmelerine biraz daha dikkat etmeleri gerektiği söylenebilir.

### Laktoz

Araştırma yapılan işletmelerde süt laktoz oranına ait 107 veriden elde edilen EKKO %  $4.56 \pm 0.040$  olarak tespit edilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre ırk, buzağılama mevsimi, laktasyon sırası ve CMT test grubu sonuçlarının laktoz değerine etkisi önemsiz bulunurken, işletme faktörünün etkisi önemli (P<0.01) bulunmuştur.

Laktoz oranına etkisi incelenen faktörlere ait EKKO, EM ve SH değerleri Çizelge 2'de sunulmuştur.

Mevcut çalışmada bulunan %  $4.56 \pm 0.040$ 'lık laktoz değeri Wangdi ve ark. (2014)'nın İsviçre Esmerleri için bildirmiş oldukları  $5.49 \pm 0.01$ 'lik değerden düşük, Şahin & Kaşıkçı (2014)'nın İsviçre Esmerleri için bildirmiş oldukları %  $4.1 \pm 0.05$ 'lik değerden yüksek, %  $4.7 \pm 0.07$ 'lik değerden ise düşük bulunmuştur. Yine Koç (2014)'un kırmızı Alaca sığırlar için bildirmiş olduğu %  $4.44 \pm 0.028$  ve %  $4.48 \pm 0.025$ 'lik değerlerden yüksek bulunmuştur.

Çalışmada elde edilmiş olan  $4.56 \pm 0.040$ 'lık laktoz değeri Fox ve ark. (1998)'nın sığır türü için bildirmiş oldukları % 4.8'lik genel ortalama süt laktoz değerinden düşük bulunmuştur. Laktoz sütte oranı en az değişiklik gösteren süt bileşenidir. Laktoz oranının

düşük çıkması mastitis yaygınlık düzeyi ve SHS oranının yüksek olmasından kaynaklanabilir. Çünkü, SHS'nin artışı ile dorusal olarak laktoz oranı düşmektedir. Bu nedenle laktoz oranındaki azalış mastitis için bir marker olabileceği ifade edilmiştir (Barlowska ve ark., 2009). Bunun yanında

işletmelerde beslenme ve rasyon ile ilgili problemlerin olabileceğini düşündürmektedir. Bu nedenle işletmelerin hayvanların beslenmesine biraz daha dikkat etmeleri ve rasyon kaba ve kesif yem muhtevasına biraz daha önem göstermeleri gerektiği söylenebilir.

Çizelge 1. Elektrik İletkenliğine etkisi incelenen faktörlere ait EKKO ( $\bar{x}$ ), EM ( $\bar{x}_e$ ) ve SH ( $S_{\bar{x}}$ ) değerleri

Table 1. The least square mean (LSM), constant estimation (CE) and standart error (SE) values of affecting factors of electrical conductivity

Faktörler (Factors)	N	EM (CE)	SH (Se)	EKKO (LSM)	SH (Se)	Önemlilik (Probability)
İşletme (Facility)	1	31	0.411	0.158	6.53 <sup>A</sup>	0.133
	2	23	0.217	0.131	6.34 <sup>A</sup>	0.184
	3	17	-0.315	0.139	5.80 <sup>B</sup>	0.173
	4	36	-0.313	0.115	5.81 <sup>B</sup>	0.177
İrk (Breed)	1	77	0.104	0.112	6.22	0.099
	2	30	-0.104	0.112	6.02	0.185
Buzağılama mevsimi (Calving season)	1	16	0.009	0.115	6.13	0.178
	2	71	0.064	0.084	6.15	0.090
	3	20	0.288	0.100	6.08	0.138
Laktasyon (Parity)	1	9	-0.339	0.196	5.78	0.247
	2	10	-0.020	0.161	6.10	0.188
	3	33	0.914	0.104	6.21	0.130
	4	24	0.305	0.123	6.42	0.127
	5	23	0.122	0.128	6.24	0.138
	6	8	-0.159	0.178	5.96	0.216
CMT (CMT)	0	38	-0.440	0.096	5.68 <sup>C</sup>	0.118
	1	22	-0.291	0.103	5.83 <sup>C</sup>	0.150
	2	26	0.107	0.096	6.23 <sup>B</sup>	0.133
	3	21	0.624	0.118	6.74 <sup>A</sup>	0.164
Yağ (Fat) B Linear	107	0.305	0.114			P=0.009
TS (NFD) B Linear	107	-0.464	0.086			P=0.000
SHS (SCC) B Linear	107	0.000	0.000			P=0.611
Genel ortalama	107		6.12	0.097		P=0.401

A,B,C: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.01)

### Protein

Araştırma yapılan işletmelerde süt protein oranına ait 107 veriden elde edilen EKKO % 3.39 ± 0.046 olarak tespit edilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre ırk, buzağılama mevsimi, laktasyon sırası ve CMT faktörlerinin protein içeriğine etkileri önemsiz, işletme faktörünün etkisi ise önemli (P<0.05) bulunmuştur. Protein değerine etkisi incelenen faktörlere ait EKKO, EM ve SH değerleri çizelge 3'te sunulmuştur.

Mevcut çalışmada bulunan 3.39 ± 0.046'lık protein değeri Şahin & Kaşıkçı (2014)'nin İsviçre Esmerlerinde yaptıkları çalışmada somatik hücre sayısı düşük ve yüksek olarak belirledikleri iki grup için bildirmiş oldukları % 3.0 ± 0,06'lık ve 3.0 ± 0,14'lük değerlerden, Wangdi ve ark. (2014)'nin İsviçre

Esmerleri için bildirmiş olduğu 3.27 ± 0.01'lik değerden yüksek bulunmuştur.

Çalışmada elde edilmiş olan 3.39 ± 0.046'lık protein değeri, Fox ve ark. (1998)'nin sığır türü için bildirmiş oldukları % 3.4'lük genel ortalama süt protein değerine benzer bulunmuştur.

### Somatik hücre sayısı (SHS)

Araştırma yapılan işletmelerde SHS'ye ait 107 veriden elde edilen EKKO 1762080 ± 486089 hücre ml<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre işletme, buzağılama mevsimi, ırk ve laktasyon sırası sonuçlarının SHS değerine etkisi önemsiz bulunurken, CMT test grubunun etkisi (P<0.01) çok önemli bulunmuştur. SHS'ye etkisi incelenen faktörlere ait EKKO, EM ve SH değerleri Çizelge 4'te sunulmuştur.

Çizelge 2. Süt laktoz oranına etkisi incelenen faktörlere ait EKKO ( $\bar{x}$ ), EM ( $\bar{x}_e$ ) ve SH ( $S_x$ ) değerleri  
 Table 2. The least square mean (LSM), constant estimation (CE) and standart error (SE) values of affecting factors of milk lactose content

Faktörler (Factors)	N	EM (CE)	SH (Se)	EKKO LSM	SH (SE)	Önemlilik (Probability)	
İşletme (facility)	1	31	-0.151	0.067	4.41 <sup>B</sup>	0.056	
	2	23	-0.048	0.053	4.51 <sup>B</sup>	0.074	
	3	17	-0.103	0.058	4.45 <sup>B</sup>	0.073	P=0.000
	4	36	0.302	0.049	4.86 <sup>A</sup>	0.074	
İrk (Breed)	1	77	-0.005	0.046	4.55	0.040	
	2	30	0.005	0.046	4.56	0.076	P=0.912
Buzağılama mevsimi (Calving season)	1	16	-0.046	0.047	4.51	0.073	
	2	71	0.014	0.034	4.57	0.037	
	3	20	0.032	0.041	4.59	0.057	P=0.615
Laktasyon sırası (Parity)	1	9	0.068	0.081	4.62	0.103	
	2	10	0.016	0.065	4.57	0.077	
	3	33	0.052	0.043	4.61	0.053	
	4	24	-0.086	0.052	4.47	0.052	P=0.479
	5	23	-0.048	0.053	4.51	0.056	
	6	8	-0.002	0.072	4.55	0.089	
CMT (CMT)	0	38	0.038	0.043	4.59	0.053	
	1	22	0.021	0.044	4.58	0.063	
	2	26	-0.034	0.039	4.52	0.054	P=0.727
	3	21	-0.025	0.052	4.53	0.067	
Yağ (Fat) B Linear	107	-0.415	0.048			P=0.000	
Elektrik İletkenliği (Electrical conductivity) B Linear	107	-0.181	0.043			P=0.001	
TS (NFDM) B Linear	107	0.408	0.040			P=0.000	
Genel ortalama	107		4.56	0.040		P=0.376	

A,B: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P < 0.01$ )

Çizelge 3. Protein değerine etkisi incelenen faktörlere ait EKKO ( $\bar{x}$ ), EM ( $\bar{x}_e$ ) ve SH ( $S_x$ ) değerleri (%)  
 Table 3. The least square mean (LSM), constant estimation (CE) and standart error (SE) values of affecting factors of protein (%)

Faktörler (Factors)	N	EM (CE)	SH (Se)	EKKO (LSM)	SH (Se)	Önemlilik (Probability)	
İşletme (Facility)	1	31	0.012	0.077	3.41 <sup>AB</sup>	0.065	
	2	23	-0.123	0.063	3.27 <sup>C</sup>	0.087	
	3	17	-0.019	0.070	3.37 <sup>BC</sup>	0.084	P=0.031
	4	36	0.129	0.058	3.52 <sup>A</sup>	0.086	
İrk (breed)	1	77	0.009	0.053	3.40	0.047	
	2	30	-0.009	0.053	3.38	0.088	P=0.863
Buzağılama mevsimi (Calving season)	1	16	0.085	0.055	3.48	0.084	
	2	71	-0.037	0.040	3.36	0.043	
	3	20	-0.048	0.048	3.34	0.065	P=0.301
Laktasyon sırası (Parity)	1	9	-0.039	0.094	3.35	0.119	
	2	10	-0.006	0.076	3.39	0.089	
	3	33	-0.001	0.049	3.39	0.061	
	4	24	0.036	0.060	3.43	0.061	P=0.993
	5	23	0.006	0.061	3.40	0.065	
	6	8	0.004	0.085	3.40	0.103	
CMT (CMT)	0	38	-0.073	0.051	3.32	0.062	
	1	22	-0.036	0.051	3.36	0.073	
	2	26	0.041	0.046	3.43	0.063	P=0.429
	3	21	0.067	0.064	3.46	0.082	
Yağ (Fat) B Linear	107	-0.359	0.056			P=0.000	
Elektrik iletkenliği (Electrical conductivity) B Linear	107	0.069	0.050			P=0.174	
TS (NFDM) B Linear	107	0.381	0.046			P=0.000	
SHS (SCC) B Linear	107	0.000	0.000			P=0.557	
Genel ortalama	107		3.39	0.046		P=0.942	

A,B: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P < 0.01$ )

Çizelge 4. SHS'ye etkisi incelenen faktörlere ait EKKO ( $\bar{x}$ ), EM ( $\bar{x}_e$ ) ve SH ( $S_{\bar{x}}$ ) değerleri (x1000)  
Table 4. The least square mean (LSM), constant estimation (CE) and standart error (SE) values of affecting factors of SCC (x1000)

<i>Faktörler (Factors)</i>	<i>N</i>	<i>EM (CE)</i>	<i>SH (Se)</i>	<i>EKKO (LSM)</i>	<i>SH (Se)</i>	<i>Önemlilik (Probability)</i>	
<i>İşletme (Facility)</i>	1	31	-541.709	838.639	1220.37	739.040	
	2	23	1729.791	693.213	3491.87	960.369	
	3	17	-711.851	723.211	1050.22	900.993	P=0.105
	4	36	-476.230	919.347	1285.85	1103.152	
<i>İrk (Breed)</i>	1	77	-172.572	542.796	1589.50	491.091	
	2	30	172.572	542.796	1934.65	905.897	P=0.751
<i>Buzağılama mevsimi (Calving season)</i>	1	16	-122.787	566.222	1639.29	877.413	
	2	71	-227.396	421.792	1534.68	445.195	P=0.723
	3	20	350.183	492.051	2112.26	693.848	
<i>Laktasyon sırası (Parity)</i>	1	9	-497.503	1621.534	1264.57	1710.467	
	2	10	342.770	1230.714	2104.85	1248.121	
	3	33	-122.908	708.126	1639.17	736.511	
	4	24	641.175	642.107	2403.25	693.515	P=0.923
	5	23	-50.851	867.958	1711.22	976.458	
	6	8	-312.682	2171.078	1449.39	2341.370	
<i>CMT (CMT)</i>	0	38	-950.242	529.524	811.83 <sup>B</sup>	646.290	
	1	22	-713.073	521.011	1049.00 <sup>B</sup>	759.002	
	2	26	-497.457	472.105	1264.62 <sup>B</sup>	658.997	P=0.009
	3	21	2160.773	624.087	3922.85 <sup>A</sup>	825.405	
<i>Yaş (Age) B Linear</i>	107	-6.856	18.268			P=0.708	
<i>Protein (protein) B Linear</i>	107	845.436	1582.746			P=0.594	
<i>Elektrik İletkenliği (Electrical conductivity) B Linear</i>	107	207.858	651.182			P=0.750	
<i>Yağ (Fat) B Linear</i>	107	870.845	1430.925			P=0.544	
<i>TS (NFDM) B Linear</i>	107	-769.031	1394.296			P=0.582	
<i>SNF (Ash) B Linear</i>	107	-76.569	692.936			P=0.912	
<i>Laktoz (Lactose) B Linear</i>	107	297.784	1864.823			P=0.873	
<i>Genel ortalama</i>	107	1762.080	486.089			P=0.464	

A, B: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P<0.01$ )

Mevcut çalışmada bulunan  $1762080 \pm 486089$ 'luk SHS değeri Şahin & Kaşıkçı (2014)'nin İsviçre Esmerlerinde yaptıkları çalışmada somatik hücre sayısı düşük ve yüksek olarak belirledikleri iki grup için bildirmiş oldukları  $10.444 \pm 0.073$  hücre  $ml^{-1}$  ve  $10.820 \pm 0.088$  hücre  $ml^{-1}$ 'lik değerlerden, Coşkun & Zülkadir (2018)'in Siyah Alaca ırkı için bildirmiş oldukları  $348153 \pm 52340$ 'lik değerden yüksek bulunmuştur. Normal bir sığır sütünde SHS değeri genelde 200.000 hücre  $ml^{-1}$ 'nin altında olmalıdır (Caraviello, 2004). Çalışmada elde edilmiş olan  $1762080 \pm 486089$ 'luk SHS değeri bildirilmiş olan SHS değerinden çok yüksektir. Bu da işletmelerde mastitis ile ilgili problemlerin olabileceğini düşündürmektedir. Eİ ile SHS arasında önemli bir ilişki söz konusudur. Eİ değerinin normal değerlerden yüksek çıkmış olması bu ilişkiyi ispatlamaktadır. Bu nedenle işletmelerin

hayvanların sağım öncesi ve sonrası meme temizliğine ve meme sağlığına, altlık ve gezinti alanlarının temizliğine biraz daha önem göstermeleri, hayvanların bakım beslenmelerine biraz daha dikkat etmeleri gerektiği söylenebilir.

### Log SHS (logSHS)

Araştırma yapılan işletmelerde logSHS'ye ait 107 veriden elde edilen EKKO  $5.79 \pm 0.050$  hücre  $ml^{-1}$  olarak tespit edilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre işletme, ırk, buzağılama mevsimi ve laktasyon sırası sonuçlarının logSHS değerine etkisi önemsiz bulunurken, CMT test grubunun etkisi ( $P<0.01$ ) çok önemli bulunmuştur. logSHS'ye etkisi incelenen faktörlere ait EKKO, EM ve SH değerleri Çizelge 5'te sunulmuştur.

Çizelge 5. LogSHS'ye etkisi incelenen faktörlere ait EKKO ( $\bar{x}$ ), EM ( $\bar{x}_e$ ) ve SH ( $S_x$ ) değerleri  
Table 5. The least square mean (LSM), constant estimation (CE) and standart error (SE) values of affecting factors of SCC

Faktörler (Factors)	N	EM (CE)	SH (Se)	EKKO (LSM)	SH (Se)	Önemlilik (Probability)	
İşletme (Facility)	1	31	-0.153	0.099	5.64	0.083	
	2	23	0.107	0.075	5.90	0.101	
	3	17	0.098	0.084	5.89	0.108	P=0.118
	4	36	-0.053	0.072	5.74	0.106	
İrk (Breed)	1	77	0.062	0.055	5.85	0.056	
	2	30	-0.062	0.055	5.73	0.095	P=0.260
Buzağılama mevsimi (Calving season)	1	16	0.035	0.069	5.83	0.106	
	2	71	-0.010	0.051	5.78	0.052	P=0.876
	3	20	-0.025	0.060	5.77	0.080	
Laktasyon sırası (Parity)	1	9	0.009	0.121	5.80	0.150	
	2	10	-0.008	0.097	5.78	0.110	
	3	33	0.073	0.063	5.86	0.076	
	4	24	0.055	0.075	5.85	0.078	P=0.691
	5	23	-0.071	0.078	5.72	0.082	
	6	8	-0.058	0.108	5.73	0.129	
CMT (CMT)	0	38	-0.554	0.063	5.24 <sup>C</sup>	0.074	
	1	22	-0.081	0.063	5.71 <sup>B</sup>	0.087	
	2	26	0.128	0.057	5.92 <sup>B</sup>	0.078	P=0.000
	3	21	0.507	0.075	6.30 <sup>A</sup>	0.100	
Elektrik İletkenliği (Electrical conductivity) B Linear	107	0.114	0.054			P=0.038	
Genel ortalama	107	5.79	0.050			P=0.215	

A, B: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.01)

Mevcut çalışmada bulunan  $5.79 \pm 0.05$ 'lik logSHS değeri Kıraç (2014)'ün iki gurup Siyah Alaca ırkında yaptığı çalışmada bildirmiş olduğu  $4.58 \pm 0.087$ 'lik değerden yüksek,  $6.03 \pm 0.091$ 'lik değerden ise düşüktür. Yine Yavuz ve Kaygısız (2015)'in Siyah Alaca ırkı için bildirmiş oldukları  $2.44 \pm 0.69$ 'luk değerden de yüksek bulunmuştur.

#### Yağsız kuru madde (YKM)

Araştırma materyali işletmelerde YKM değerine ait 107 veriden elde edilen EKKO  $8.53 \pm 0.073$  olarak tespit edilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre işletme, ırk, buzağılama mevsimi, laktasyon sırası ve CMT sonuçlarının YKM değerine etkisi önemsiz bulunurken önemli etkiye sahip faktör bulunmamıştır. YKM'ye etkisi incelenen faktörlere ait EKKO, EM ve SH değerleri çizelge 6'da sunulmuştur.

Mevcut çalışmada bulunan  $8.53 \pm 0.073$ 'lük YKM değeri Sharma ve ark. (2002)'nin Jersey x Red Sindhi melez sığırlar için bildirmiş oldukları  $8.754 \pm 0.078$ 'lik değerden, Wangdi ve ark. (2014)'nin bildirmiş oldukları  $8.68 \pm 0.02$ 'lik değerlerden düşük, Şahin & Kaşıkçı (2014)'nin İsviçre Esmerlerinde yaptıkları çalışmada somatik hücre sayısı düşük ve yüksek olarak belirledikleri iki grup için bildirmiş olduğu  $7.9 \pm 0.10$ 'luk ve  $8.3 \pm 0.21$ 'lik değerden ise yüksek bulunmuştur. Ayrıca Tuncer ve ark. (2017)'nin TR71 bölgesinden elde edilen sütlerin kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada bildirmiş oldukları  $8.32 \pm 0.008$ 'lik değerden de yüksek bulunmuştur. Koç (2014)'ün Kırmızı Alaca sığırlar için bildirmiş olduğu  $8.68 \pm 0.045$ 'lik değerden düşük,  $8.50 \pm 0.040$ 'lik değere ise benzer bulunmuştur.

Bir zamanlar Birleşik Krallık'ta yasal standart olarak  $8.5$  SNF değeri belirlenmiştir (Harding, 1995). Bu değer baz alındığında çalışmada elde edilmiş olan  $8.53 \pm 0.073$ 'lük SNF değeri benzer bulunmuştur. Bu da işletmelerde SNF değerini etkileyen bir faktörün olmadığını gösterebilir.

#### Kuru Madde (KM)

Araştırma materyali işletmelerde KM'ye ait 107 veriden elde edilen EKKO  $12.02 \pm 0.072$  olarak tespit edilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre ırk, buzağılama mevsimi, laktasyon sırası ve CMT test grubu sonuçlarının KM değerine etkisi önemsiz bulunurken işletme faktörünün etkisi çok önemli bulunmuştur (P<0.01). KM'ye etkisi incelenen faktörlere ait EKKO, EM ve standart hata SH değerleri Çizelge 7'de sunulmuştur.

Çizelge 6. YKM'ye etkisi incelenen faktörlere ait EKKO ( $\bar{x}$ ), EM ( $\bar{x}_e$ ) ve SH ( $S_{\bar{x}}$ ) değerleri

Table 6. The least square mean (LSM), constant estimation (CE) and standart error (SE) values of affecting factors of NFDM

Faktörler (factors)	N	EM (CE)	SH (Se)	EKKO (LSM)	SH (Se)	Önemlilik (Probability)	
İşletme (Facility)	1	31	0.017	0.130	8.55	0.110	
	2	23	0.143	0.104	8.67	0.138	
	3	17	0.002	0.111	8.53	0.142	
	4	36	-0.162	0.101	8.37	0.142	P=0.267
İrk (Breed)	1	77	-0.121	0.071	8.41	0.074	
	2	30	0.121	0.071	8.65	0.124	P=0.094
Buzağılama mevsimi (Calving season)	1	16	0.004	0.092	8.53	0.140	
	2	71	-0.023	0.067	8.51	0.068	P=0.927
	3	20	0.019	0.080	8.55	0.105	
Laktasyon sırası (Parity)	1	9	0.100	0.158	8.63	0.195	
	2	10	0.009	0.127	8.54	0.145	
	3	33	-0.134	0.082	8.40	0.100	
	4	24	0.064	0.099	8.59	0.104	P=0.590
	5	23	0.010	0.102	8.54	0.108	
	6	8	-0.049	0.142	8.48	0.169	
CMT (CMT)	0	38	-0.174	0.086	8.36	0.100	
	1	22	0.099	0.084	8.63	0.115	
	2	26	0.088	0.077	8.62	0.103	P=0.104
	3	21	-0.013	0.107	8.52	0.138	
Protein (Protein) B Linear	107	0.667	0.136			P=0.000	
Elektrik İletkenliği (Electrical conductivity) B Linear	107	-0.364	0.090			P=0.000	
Laktoz (Lactose) B Linear	107	0.129	0.141			P=0.364	
SHS (SCC) B Linear	107	-0.001	0.001			P=0.699	
Genel ortalama	107		8.53	0.073		P=0.089	

Çizelge 7. KM'ye etkisi incelenen faktörlere ait EKKO ( $\bar{x}$ ), EM ( $\bar{x}_e$ ) ve SH ( $S_{\bar{x}}$ ) değerleri (%)

Table 7. The least square mean (LSM), constant estimation (CE) and standart error (SE) values of affecting factors of DM (%)

Faktörler (Factors)	N	EM (CE)	SH (Se)	EKKO (LSM)	SH (Se)	Önemlilik (Probability)	
İşletme (Facility)	1	31	0.267	0.121	12.29 <sup>A</sup>	0.103	
	2	23	0.021	0.099	12.04 <sup>A</sup>	0.137	
	3	17	0.160	0.106	12.18 <sup>A</sup>	0.132	P=0.000
	4	36	-0.448	0.094	11.57 <sup>B</sup>	0.136	
İrk (Breed)	1	77	0.030	0.083	12.05	0.073	
	2	30	-0.030	0.083	11.99	0.137	P=0.713
Buzağılama mevsimi (Calving season)	1	16	-0.025	0.085	11.99	0.132	
	2	71	0.018	0.062	12.04	0.068	P=0.945
	3	20	0.007	0.074	12.03	0.102	
Laktasyon sırası (Parity)	1	9	-0.132	0.146	11.89	0.185	
	2	10	-0.005	0.118	12.02	0.139	
	3	33	-0.104	0.076	11.92	0.095	
	4	24	0.142	0.094	12.16	0.096	P=0.497
	5	23	0.085	0.095	12.11	0.102	
	6	8	0.013	0.132	12.03	0.160	
CMT (CMT)	0	38	-0.135	0.078	11.88	0.096	
	1	22	-0.106	0.079	11.91	0.114	P=0.092
	2	26	0.137	0.070	12.16	0.097	
	3	21	0.105	0.099	12.13	0.128	
Yağ (Fat) B Linear	107	0.985	0.053			P=0.000	
Elektrik iletkenliği (Electrical conductivity) B Linear	107	-0.014	0.085			P=0.866	
Laktoz (Lactose) B Linear	107	1.304	0.131			P=0.000	
SHS (SCC) B Linear	107	0.000	0.000			P=0.778	
Genel ortalama	107		12.02	0.072		P=0.689	

A, B: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir, P<0.01

Mevcut çalışmada bulunan  $12.02 \pm 0.072$ 'lik KM değeri Sharma ve ark. (2002)'nin Jersey x Red Sindhi melez sığırlar için bildirmiş oldukları  $13.310 \pm 0.359$ 'luk değerden, Fox ve ark. (1998)'nin sığır türü için bildirmiş oldukları  $12.7$ 'lik ortalama KM değerinden düşük bulunmuştur. Bu da işletmelerde beslenme ve rasyon muhtevasında problemlerin olabileceğini düşündürmektedir. Bu nedenle işletmelerin hayvanların beslenme düzenine ve rasyon muhtevasına biraz daha önem göstermeleri gerektiği söylenebilir.

### Yağ

Araştırma materyali işletmelerde yağ değerine ait 107 veriden elde edilen EKKO  $3.33 \pm 0.086$  olarak tespit edilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre işletme, buzağılama mevsimi, laktasyon sırası ve CMT test grubu sonuçlarının yağ değerine etkisi önemsiz bulunurken ırk faktörünün etkisi  $P < 0.01$  seviyesinde önemli bulunmuştur. Yağ değerine etkisi incelenen faktörlere ait EKKO, EM ve SH değerleri Çizelge 8'de sunulmuştur.

Çizelge 8. YAĞ'a etkisi incelenen faktörlere ait EKKO ( $\bar{x}$ ), EM ( $\bar{x}_e$ ) ve SH ( $S_x$ ) değerleri

Table 8 The least square mean (LSM), constant estimation (CE) and standart error (SE) values of affecting factors of FAT

Faktörler (Factors)	N	EM (CE)	SH (Se)	EKKO (LSM)	SH (Se)	Önemlilik (Probability)	
<i>İşletme (facility)</i>	1	31	-0.010	0.147	3.32	0.122	
	2	23	-0.129	0.119	3.20	0.163	P=0.630
	3	17	0.139	0.128	3.46	0.159	
	4	36	0.002	0.107	3.33	0.162	
<i>İrk (Breed)</i>	1	77	0.313	0.095	3.64 <sup>A</sup>	0.087	
	2	30	-0.313	0.095	3.01 <sup>B</sup>	0.160	
<i>Buzağılama mevsimi (Calving season)</i>	1	16	0.133	0.102	3.46	0.160	
	2	71	-0.028	0.075	3.30	0.079	P=0.327
	3	20	-0.105	0.089	3.22	0.121	
<i>Laktasyon sırası (Parity)</i>	1	9	-0.021	0.178	3.31	0.224	
	2	10	-0.101	0.144	3.22	0.167	
	3	33	0.078	0.093	3.40	0.116	
	4	24	0.104	0.114	3.43	0.116	
	5	23	0.006	0.116	3.33	0.123	
	6	8	-0.066	0.160	3.26	0.193	
<i>CMT (CMT)</i>	0	38	0.106	0.095	3.43	0.117	P=0.507
	1	22	0.011	0.097	3.34	0.138	
	2	26	-0.091	0.086	3.23	0.116	
	3	21	-0.026	0.121	3.30	0.155	
<i>Elektrik iletkenliği (Electrical conductivity) B Linear</i>	107	0.245	0.091			P=0.666	
<i>KM (DM) B Linear</i>	107	0.666	0.054			P=0.001	
<i>SHS (SCC) B Linear</i>	107	0.000	0.000			P=0.404	
<i>Genel ortalama</i>	107			3.33	0.086	P=0.073	

A, B: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ( $P < 0.01$ )

Mevcut çalışmada bulunan  $3.33 \pm 0.086$ 'lık yağ değeri Şahin & Kaşıkçı (2014)'nin İsviçre Esmerleri için bildirmiş oldukları  $4.5 \pm 0.61$ 'lik değerden ve Wangdi ve ark. (2014)'nin İsviçre Esmerleri için bildirmiş oldukları  $5.02 \pm 0.01$ 'lik değerden düşük ve Tuncer ve ark. (2017)'nin TR71 bölgesinden elde edilen sütlerin kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada bildirmiş olduğu  $3.62 \pm 0.010$ 'luk değerden düşük bulunmuştur. Ayrıca Sharma ve ark. (2002)'nin Jersey x Red Sindhi melez sığırlar için bildirmiş oldukları  $4.528 \pm 0.068$ 'lik değerden, Fox ve ark.

(1998)'nin sığır türü için bildirmiş oldukları  $3.7$ 'lik ortalama yağ değerinden düşük bulunmuştur. Ulusal süt konseyine göre  $3.5$  ve üzeri yağ,  $3.1$  ve üzeri protein değerine sahip sütler A sınıfı olarak,  $3.2$  ve  $3.5$  arasında yağ,  $3$  ve  $3.1$  arasında protein değerine sahip sütler ise B sınıfı olarak kabul edilmektedir. Yağ değeri  $3.2$ 'den az, protein değeri ise  $2.9$  ve  $3$  arasındaki sütler ise C sınıfı olarak değerlendirilmektedir (Anonim, 2005). Bu standartlara göre bu işletmelerde üretilen sütler B sınıfı olarak değerlendirilebilir. Yağın oluşmasında kaba yem önemlidir. İşletmelerde kaba yem



sunumundaki farklılıklar bu farka neden olmuş olabilir. Yağa etkili faktörlerden biride ırktır. Mevcut çalışmada Siyah Alaca ırkı önemli derecede Simental ırkından daha fazla yağ oranına sahip olmuştur. Bunda N sayılarının farklı olması etkili olabileceği gibi, SHS'nin Simental ırkında Siyah Alaca ırkına göre daha yüksek çıkması da neden olmuş olabilir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

### Sonuçlar

Yapılan çalışma sonucunda elektrik iletkenliği  $6.12 \pm 0.097$  mS cm<sup>-1</sup>, laktoz %  $4.56 \pm 0.040$ , protein %  $3.39 \pm 0.046$ , SHS  $1762080 \pm 486089$  adet ml<sup>-1</sup>, LogSHS  $5.79 \pm 0.05$ , YKM %  $8.53 \pm 0.073$ , KM %  $12.02 \pm 0.072$  ve yağ değeri %  $3.33 \pm 0.086$  olarak hesaplanmıştır.

Etkisi incelenen faktörlerden işletme faktörünün, EI, laktoz ve KM bileşenleri üzerinde 0.01 seviyesinde, protein bileşeni üzerinde ise 0.05 seviyesinde; CMT test grubu faktörünün EI, SHS ve LogSHS üzerinde 0.01 seviyesinde; ırk faktörünün ise yağ bileşeni üzerinde 0.01 seviyesinde etkileri istatistikî olarak önemli bulunmuştur.

### Öneriler

Ankara İli Etimesgut ilçesinde bulunan sütçü işletmelerin, Tarım İlçe Müdürlüğünden alınan bilgi doğrultusunda mahalle aralarında satışı yapılan açık süt olarak tabir edilen süt üretiminin bu bölgede yoğun olarak yapıldığı anlaşılmaktadır. Bu üretim şeklinde süt çok fazla işlem görmeden direk olarak tüketiciye sunulmaktadır. Bu nedenle üreticilerin gerekli analiz, bakım ve beslemeleri en uygun şartlarda yapması ve etkili faktörleri ortadan kaldırmaya yönelik çalışmalarda bulunması daha sağlıklı ve kaliteli süt üretimi elde etmelerini sağlayacaktır.

Çalışma sonucunda elde edilen elektrik iletkenlik ve SHS değerleri yüksek bulunmuş, bu da işletmelerde mastitis hastalığının bulunduğunu göstermektedir. Bu nedenle işletmelerde althıkların daha temiz tutulması, sağım öncesi ve sonrası meme temizliğine önem gösterilmesi, sağım makinelerinin bakım ve temizliğine dikkat edilmesi, düzenli olarak CMT tesleri yapılarak mastitisli sığırların belirlenmesi ve bu sığırların tedavisine başlanması, personelin sağım yönetimi uygulamaları konusunda bilgilendirilmesi önemli etkiye sahip olacak ve mastitis hastalığının önceden tespit edilerek işletmede mastitis hastalığının azalmasına ve tüketiciye daha sağlıklı sütlerin ulaşmasını sağlayacaktır.

Kaygısız ve Şahin'in (2023), Kaya ve ark.'dan (2018) bildirdiğine göre sağlıklı bir ineğin sütünde yağ/protein oranının 1.0-1.4 arasında olması "normal" kabul edilmektedir. Bu değer  $<1.0$  asidozis,  $>1.4$  olması ketosis olduğunun bir göstergesidir. ICAR yüksek verimli süt sığırlarında değerlendirmeye alınacak yağ referans değerlerinin % 2-6 aralığında

olması gerektiğini bildirmiştir (Anonymous, 2022). Bu değerlerin ışığı altında bireysel hayvanlardan 15 tanesinde yağ oranı % 2'nin altındadır. Bunların değerlendirme dışı bırakılarak yapılan analizde 92 hayvandan 21 tanesinde yağ oranı 1.0'nin altında (asidoz), 6 tanesinde 1.4'ün üzerinde (ketozis) ve 65 tanesinde de 1.0-1.4 aralığında oldukları görülmüştür. Bu sonuçlardan işletmedeki hayvanların 1/3'ünün asidoz ve ketozis ile karşı karşıya oldukları görülmektedir.

Süt yağ değerinin ortalamasının altında değere sahip olduğu, ortalama değere sahip süt üretimi için farklı ırklar ile örneğin, yüksek süt yağ oranına sahip Jersey ırkı sığırların işletmelere dahil edilmesi süt yağ oranının artmasını sağlayacaktır. Irk faktörü süt ve süt ürünleri üretiminde büyük öneme sahiptir. Yoğurt, peynir, yağlı ve yağsız süt vb. üretimlerde işletmelere farklı ırkların bulundurulması yağ, YKM, laktoz gibi bileşenlerin, ürünlerin üretiminde uygun değerlere sahip olması için gereklidir.

İşletmelerin beslemeye daha fazla önem vermeleri, rasyon muhtevasının iyileştirilmesi, öğünlerin düzenli ve eşit miktarda verilmesi, rasyon kaba ve kesif yem oranının sığırların ihtiyaçlarına göre karşılanması, süt veriminin ve bileşenlerinin artmasına olanak sağlayacaktır. Ayrıca İlçe Müdürlükleri tarafından analizlerin ve denetimlerin artırılması üreticilerin işletmelerindeki etkili olumsuz faktörlerin ortadan kaldırılmasına yardımcı olacaktır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma **Bünyamin DAĞ**'ın Yüksek Lisans tezinden üretilmiş olup Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından **21201035** nolu proje ile desteklenmiştir. Destekten dolayı Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkür ederiz.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

- Anonim, (2005). Türk Gıda Kodeksi, Çiğ süt ve ısıtılmış işlem görmüş sütler tebliği, No:2000/6.
- Anonim, (2022a). Yeşil Menü-İlçeler [çevrimiçi], <https://ankara.ktb.gov.tr/TR-152767/etimesgut.html>: Ziyaret Tarihi: [02 Şubat 2022].
- Anonim, (2022b). Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçları [çevrimiçi], <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>: Ziyaret Tarihi: [2 Şubat 2022].

- Anonim, (2023). Hayvancılık istatistikleri [çevrimiçi], <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=101&locale=tr> : Ziyaret Tarihi: [14 Haziran 2023].
- Anonymous, (2022). Dairy production, Milk compositions [online], <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/milk-composition/en/>: [30 Ocak 2022].
- Barlowska, J., Litwinczuk, Z., Wolanciuk, A. & Brodziak, A. (2009). Relationship of somatic cell count to daily yield and technological usefulness of milk from different breeds of cows. *Polish Journal of Veterinary Sciences* 12(1): 75-79
- Boztepe, S., Aytakin, İ., Zülkadir, U. (2015). Süt Sığırcılığı. Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Caraviello, D. (2004). Selection for Clinical Mastitis and Somatic Cell Count, *The Babcock Institute University of Winconsin, Dairy Updates, Reproduction and Genetics*, No: 613.
- Coşkun, F.S. & Zülkadir, U. (2018). The Use of Fuzzy Logic Approach in Evaluation of Subclinic Mastitis, *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32 (3), 436-439, DOI: <https://doi.org/10.15316/SJAFS.2018.119>
- Duncan, W.R. (1955). Multiple Range and Multiple F Tests, *Biometrics*, p., <http://dx.doi.org/10.2307/3001478>
- Fox, P.F., McSweeney, P.L.H. & Paul, L.H. (1998). Dairy chemistry and biochemistry, *London: Blackie Academic Professional*.
- Harding, F. (1995). Milk quality, *Newyork: Blackie Academic & Professional*, pp. 60-95.
- Harvey, W.R. (1987). Least Squares Analysis of Data With Unequal Subclass Numbers, *Agric. Res. Ser. USDA, ARS*, 20 - 8, p.
- Kaygısız A., & Şahin, O. (2023). Bazı sütçü sığır ırklarında somatik hücre sayısı (SHS) ve süt üre nitrojen (MUN) seviyesinin süt verimi ve bileşimine etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 28 (2), 290-307.
- Kıraç, A. (2014). Siyah alaca ineklerin sütlerinde belirlenen somatik hücre sayısı üzerine depolama sıcaklığı ve süresinin etkisi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans tezi*.
- Kıyıcı, J.M., Kaliber, M., Uzküleki, H.H., Sekmen, A.E., Uzunyol, A. & Gülünç, A. (2016). Süt ineklerinde memenin fenotipik özelliği ve süt kalitesi arasındaki ilişki, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6 (4), 187-196.
- Koç, A. (2014). Effects of Somatic Cell Count and Various Environmental Factors on Milk Yield and Foremilk Constituents of Red-Holstein Cows. *Tarım Bilimleri Dergisi-Journal of Agricultural Sciences*, 21 :439-447.
- Metin, M., 1998. Süt Teknolojisi-Sütün Bileşimi ve İşlenmesi. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 33, İzmir.
- Sharma, R., Kumar, M. & Pathak, V. (2002). Effect of different seasons on cross-bred cow milk composition and paneer yield in sub-himalayan region, *Asian-australasian journal of animal sciences*, 15 (4), 528-530.
- Şahin, A. & Kaşıkçı, M. (2014). Relationships between somatic cell count and some raw milk parameters of Brown Swiss Cattle, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 2 (5), 220-223.
- Timurkan, H. (2014). İneklerde californi mastitis testi ve sütün elektrik iletkenliğinin karşılaştırılması, *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 28 (3), 135-136.
- Tuncer, K., Ertuğrul, K. & Şahin, A. (2017). TR71 bölgesindeki süt sığırı işletmelerinden toplanan çiğ sütlerin bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi, *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30 (1), 65-69.
- Wangdi, J., Dema, T., Karma, M. & Bhujel, P. (2014). The compositional quality of cows milk in Bhutan, *Issues in Biological Sciences and Pharmaceutical Research Vol.2(7)*, pp. 062-068.
- Yavuz, S. & Kaygısız, A. (2015). Siyah Alaca Sığırlarda Bazı Meme ve Vücut Ölçüleri ile Somatik Hücre Sayıları Arasındaki İlişkiler, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 18 (3), 9-18.



## Farklı Irk Keçilerden Laktasyonun Farklı Dönemlerinde Alınan Sütlerin Bazı Biyokimyasal Parametreler ve Somatik Hücre Sayısı Bakımından Karşılaştırılması

Sinan BAŞ<sup>1</sup>, Ali KAYGISIZ<sup>2</sup>, Hatice KAHVECİ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Ordu, <sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Kahramanmaraş, <sup>3</sup>MADO Keçi Üretim ve Adaptasyon Çiftliği, Kahramanmaraş

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-9617-0298>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-5302-2735>, <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0002-4252-6831>

✉: sinanbas@odu.edu.tr

### ÖZET

Bu çalışma, Kahramanmaraş'ta yetiştirilen keçilerin süt kompozisyonlarının keçi genotiplerine ve laktasyonun farklı zamanlarına göre değişimlerini incelemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla; özel bir işletmede aynı bakım, besleme, idare şartları altında yetiştirilen 5 keçi ırkından (Şami, Halep, Saanen, Alpin ve Kıl keçi) her birinden 10 baş keçiden laktasyonun iki farklı döneminde süt numuneleri alınarak analiz edilmiştir. Süt örneklerinde somatik hücre sayısı (SHS), yağsız kuru madde (YKM), yağ, protein, laktoz, pH, yoğunluk ve donma noktası parametreleri ölçülmüştür. Elde edilen bulgulara göre; yukardaki ırk sırasıyla SHS değerleri 266 550, 65 900, 80 900, 547 050 ve 345 900 hücre ml<sup>-1</sup>; YKM değerleri %9.60, 9.94, 9.84, 9.12 ve 9.86; yağ oranları %3.60, 3.88, 5.01, 4.81 ve 6.45; protein oranları % 3.32, 3.17, 3.36, 3.21 ve 3.28; laktoz oranları %3.97, 3.83, 4.01, 3.97 ve 3.95; yoğunluk değerleri 1.031, 1.028, 1.032, 1.030 ve 1.033 olarak belirlenmiştir. Bu parametreler bakımından ırklar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak anlamlı (P<0.01) bulunmuştur. Süt numunelerinin alındığı laktasyon dönemleri karşılaştırıldığında SHS, pH, protein ve laktoz parametreleri arasındaki farklılıklar istatistiki olarak (P<0.05) anlamlı bulunurken, ortalama değerler arasındaki farklılıklar bütün parametrelerde benzer tespit edilmiştir. Sonuç olarak, Kahramanmaraş ilinde aynı şartlarda yetiştirilen keçi ırkları arasında süt bileşenleri bakımından esas farklılık yağ oranlarında belirlenmiştir. SHS değerleri bakımından yapılan karşılaştırmada da büyük farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.

### Zootečni

### Araştırma Makalesi

### Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 11.07.2023

Kabul Tarihi : 06.10.2023

### Anahtar Kelimeler

Keçi

İrk

Süt kompozisyonu

Somatik hücre sayısı

## Comparison of Some Biochemical Parameters and Somatic Cell Count in The Different Period of Lactation From Goats of Different Breed

### ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the changes in goat breed and lactation times of dairy compositions of goats reared in Kahramanmaraş province. For this purpose; Milk samples were taken and analyzed in two different periods of lactation from 10 head of goats from each of 5 goat breeds (Şami, Aleppo, Saanen, Alpine and Hair goat) raised under the same care, feeding and management conditions in a private farm. Somatic cell count (SCC), nonfat solid (NFS), fat, protein, lactose, pH, density and freezing point parameters were measured in milk samples. According to the findings; in order of breed above, they were determined that as the SCC values were 266 550, 65 900, 80 900, 547 050 and 345 900 cell ml<sup>-1</sup>; and as the NFS values were 9.60, 9.94, 9.84, 9.12 and 9.86%; as the fat ratios were 3.60, 3.88, 5.01, 4.81 and 6.45%; as the protein percentages were 3.32, 3.17, 3.36, 3.21 and 3.28%; as the lactose ratios were 3.97, 3.83, 4.01, 3.97 and 3.95%; as the density values were 1.031, 1.028, 1.032, 1.030 and 1.033. Statistically significant differences (P <0.01) were found between the breeds in terms of these parameters. There was a statistically

### Animal Sciences

### Research Article

### Article History

Received : 11.07.2023

Accepted : 06.10.2023

### Keywords

Goat

Breed

Milk composition

Somatic cell count

significant ( $P < 0.05$ ) difference in the SCC, pH, protein and lactose parameters according to the lactation periods in which the milk samples were taken but the difference between the mean values was small in all parameters. As a result, the main differences in milk components among goat breeds grown in Kahramanmaraş under the same conditions were observed in fat ratios. At the same time, there were great differences between the breeds in terms of SCC values.

**Atıf İçin :** Baş, S., Kaygısız, A., & Kahveci, H (2024). Farklı Irk Keçilerden Laktasyonun Farklı Dönemlerinde Alınan Sütlerin Bazı Biyokimyasal Parametreler ve Somatik Hücre Sayısı Bakımından Karşılaştırılması. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (2), 489-499. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1319222.

**To Cite:** Baş, S., Kaygısız, A., & Kahveci, H (2024). Some Biochemical Parameters and Somatic Cell Count in The Different Period of Lactation From Goats of Different Genotypes. *KSU J. Agric Nat* 27 (2), 489-499. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1319222.

## GİRİŞ

Dünya keçi varlığında 2000-2020 arasında %47 artış olmuş ve toplam sayı 1.1 milyar başı aşmıştır. Aynı dönemde AB-27 ülkeleri keçi varlığı %19 azalma göstermiştir. Türkiye’de ise 1980’li yıllardan itibaren sürekli azalarak 2009 yılında neredeyse dörtte bir düzeyine (yaklaşık 5 milyon baş) düşen keçi sayısı 2010 yılından itibaren tekrar artmaya başlamış ve 2020 yılında 12 milyon baş düzeyine ulaşmıştır. 2000-2020 arasında keçi sütü üretiminde dünyada %55.3 düzeyinde artış olurken, AB-27 ülkelerinde keçi sayısındaki önemli düzeydeki azalışa rağmen süt üretimindeki artış %25.5 düzeyinde olmuştur. Bu dönemde Türkiye’de ise keçi sütü üretiminde %167.8 artış gerçekleşmiştir. Dünya keçi sütü üretiminin %58’i Asya’da, %22’si Afrika’da, %16’sı Avrupa’da gerçekleştirilmektedir. Hindistan, Bangladeş, Sudan ve Pakistan’ın ardından Fransa (710 bin ton), İspanya (523 bin ton), Yunanistan (361 bin ton) gibi ülkeler sıralanmaktadır. Türkiye’nin 2020 yılı keçi sütü üretimi ise 590 bin ton kadardır (FAOSTAT, 2023).

Keçi yetiştiriciliğinin bu denli hızlı artışında kuşkusuz en önemli etken keçi sütünün insan beslenmesi ve sağlığı üzerindeki ayrıcalıklı yeri konusunda farkındalığın artmasıdır. Öte yandan keçiden elde edilen ürünlerin insanların ihtiyaçlarını karşıladığı bir gerçektir (Kalantzopoulos ve ark., 2004). Dünyada keçi yetiştiriciliğinin artış göstermesinde etinin ve özellikle sütünün niteliğinin büyük bir etkisi olmuştur. Keçi sütü insan beslenmesinde diğer sütler arasında anne sütü yerine kullanılabilir en uygun süttür. Keçi sütünün birçok özelliği yanında keçi sütünde bulunan kalsiyum oranının anne sütünden 3-4 kat daha fazla oluşu ve inek sütünde bazen yaşanan sindirim sistemi bozukluklarına sebep olmaması nedeniyle daha yararlıdır. Keçi sütünün bir özelliği de içerisinde bulunan proteinlerden alfa-s1 kazein yapısının az olmasından dolayı çok sert olmayan pıhtı oluşturması mide-bağırsak florası için önemlidir. Keçi sütü kısa zincirli yağ asitlerince zengindir. Bu nitelikli süt sindirimi tam gelişmemiş bebeklerin beslenmesinde ve keçi sütünden oluşan bebek mamalarının yapılmasında önemli rol oynamaktadır (Anitaş ve ark., 2017). İnek sütüne göre, keçi sütünün

daha az allerjik etkiye sebep olması (Park ve ark., 2007), sindirilebilirliğinin düşük olması (Jandal, 1996), daha düşük oranda trans yağ asidi içermesi nedeniyle kalp hastalıklarına sebep olma riskinin düşük olması (Haenlein, 2004) gibi önemli avantajlarını sıralamak mümkündür. Keçi sütü %5 omega-3 yağ asidi gibi çoklu doymamış yağ asidi, %70 doymuş yağ asidi ve %25 tekli doymamış yağ asitlerinden oluşmaktadır (Anitaş ve ark., 2017).

Kahramanmaraş Türkiye’nin önemli keçi yetiştiriciliği merkezlerinden biridir. Günümüzde bir sanayi sektörüne dönüşen ve önemli bir üretim potansiyeline ulaşan Kahramanmaraş dövme dondurmasına beğenilen tat ve aromayı keçi sütünün kazandırmış olması üretimi daha cazip hale getirmiştir. Son yıllarda özellikle Saanen ırkı başta olmak üzere değişik süt tipi keçilerin Kahramanmaraş’a getirilerek yetiştirilmeye başlanması keçi sayısında son 20 yılda 3 katına varan artış yaşanmasına yol açmıştır (TUIK, 2023). Bu bağlamda, döl verimi yüksek ve bol süt veren nitelikli damızlıklar konusunda arayışlar hızlanmış, mevcut olanlar yanında yeni ırklar ve tipler getirilip denenmeye başlanmıştır. Ancak, üretimde en az bu hususlar kadar adaptasyonun da önem taşıdığı görülmüştür. Aynı zamanda, üretilen sütün miktarı kadar, işlenen süt ürünlerinin yapısını doğrudan etkileyen biyokimyasal kompozisyonu ve aromatik özellikleri de giderek artan şekilde ilgi konusu olmaya başlamıştır. Türkiye’de yapılan araştırmalarda keçi sütünün kuru maddesi %8.1-13.7, yağ oranı %3.1-4.9, protein oranı %3.0-4.7, laktoz oranı %3.6-5.6, yoğunluğu 1.029-1.057 g cm<sup>-3</sup> aralığında tespit edilmiştir (Baş ve ark., 2015, 2016; Konar & Akın, 1992; Yüzer, 1994; Sağdıç, 1996; Forik, 1995; Eser, 1998; Erduran, 2017; Yazgan ve ark., 2018; Kesenkaş ve ark., 2010; Çiçek ve ark., 2014; Tölü ve ark., 2010, 2016; Özkaya ve ark., 2017; Serbest ve ark., 2018; Çimen ve ark., 2013a, 2013b; Keskin ve ark., 2004). Sütün biyokimyasal içeriği; hayvanın ırkı, genetik yapısı yanında, yaşı, vücut yapısı, canlı ağırlığı, bakım ve besleme, laktasyon dönemi, kuruda kalma süresi, doğum mevsimi, iklim, iki sağım arası zaman aralığı, meme hastalıkları (mastitis) gibi çevresel faktörlere göre farklılık gösterebilmektedir (Kalac & Samkova,

2010).

Sütteki somatik hücreler; epitelyel hücre, büyük skuamöz hücre, epitel hücre döküntüleri, çekirdeksiz hücreler, eritrositler, plazma hücreleri, kolosturum korpuskülleri ve lökositlerden oluşmaktadır. Somatik hücre sayısı (SHS) süt kalitesi tayininde önemli rol oynamaktadır. SHS olması gerekenden fazla ölçüldüğünde insan sağlığı için tehlike arz eder bunun yanı sıra süt miktarında da düşüşe sebep olur (Patır ve ark., 2012). Keçi sütündeki hücre konsantrasyonu koyun ve inek sütünden daha yüksektir (Paape ve ark., 2007). Bu yüzden mastitisin yokluğunda keçi sütündeki SHS 270 000 ve 2 000 000 somatik hücre ml<sup>-1</sup> arasında değişebilir. Oysa inek ve koyun sütünde 10 000 ve 200 000 somatik hücre ml<sup>-1</sup> arasında olabilir (Paape ve ark., 2001). Amerika Birleşik Devletlerinde SHS'nda sınır inek sütü için 750 000 hücre ml<sup>-1</sup>'den daha düşük sayıda olmasıdır. Ancak, keçi sütünün 750 000 hücre ml<sup>-1</sup>'ye kolayca ulaşabildiği ve bu sayının normal kabul edilmesi gerektiği, dolayısıyla keçi sütü için meme sağlığını ve süt kalitesini düzenleyici standartların 1 000 000 hücre ml<sup>-1</sup> ve üstünde olmasının makul olacağı ileri sürülmektedir (Anitaş ve ark., 2017).

Türkiye'de, Kıl keçisi, Ankara keçisi (Tiftik keçisi), Kilis keçisi, Honamlı keçisi, Norduz keçisi, Damascus (Şam) keçisi, Maltız (Malta) keçisi, Gökçeada keçisi, Türk Saanen keçisi, Alpin keçisi ve melezleri, Gürcü keçisi, Akkeçi, Abaza keçisi, Bornova keçisi gibi genotipler yetiştirilmektedir (Gül ve ark., 2016). Bu ırklardan beşinin (Şami, Halep, Saanen, Alpin ve Kıl keçi) aynı bakım, besleme, idare koşullarında laktasyonun iki farklı dönemindeki süt numunelerinin süt parametreleri bakımından karşılaştırılması dondurma sektörünün hammadde ihtiyacı bakımından uygun süt kompozisyonuna sahip süt tipi keçi yetiştiriciliği için pratik bilgiler üreteceği umulmaktadır.

Bu çalışmada farklı ırk keçilerden laktasyonun farklı dönemlerinde alınan sütlerin bazı biyokimyasal parametreler ve somatik hücre sayısı bakımından karşılaştırılması amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOD

Kahramanmaraş ilinde bulunan özel bir firmaya ait Keçi Üretim ve Adaptasyon Çiftliğinde yetiştirici şartlarında yapılan pratiklerle yetiştirilen, doğum sezonunda doğumları arasında en fazla iki gün olan, ikinci laktasyonuna giren yaklaşık üç yaşlı Şami, Halep, Saanen, Alpin ırkı keçilerle Kıl keçilerinin her birinden 10 baş keçiden laktasyonun başı ve ortası olmak üzere iki farklı döneminde (Mart ve Haziran ayları) alınan süt numuneleri araştırma materyalini oluşturmuştur. Çiftlik Türkoğlu ilçesinde olup, iklim şartları yazları sıcak, kışlar ise Akdeniz ikliminin etkisiyle kardan ziyade, yağmurlu geçmektedir. Çiftlik hastalıktan ari çiftlik olup hayvanlara yapılan

tedaviler, aşılar, kullanılan ilaçlar kayıt altına alınmakta ve Kahramanmaraş İl Tarım ve Orman Müdürlüğü tarafından denetimi yapılmaktadır. Altlıklar, sulukların temizliği, tırnak bakımları iç ve dış parazit mücadelesi, banyo, aşıları hijyen, temizlik ve bakımları Ziraat Mühendisi ve Veteriner Hekim denetiminde yapılmaktadır. Keçilere sağım öncesi ve sonrası meme dezenfeksiyonu yapıldıktan sonra, sağım sabah-akşam otomatik sağım sisteminde 50'li partiler halinde yapılmakta, sütler direkt süt soğutma tanklarına iletilmekte ve burada +3 dereceye otomatik soğutulup muhafaza edilmektedir.

Hayvanlar baharın gelmesiyle Nisan-Mayıs aylarında ağıllarından dışarı çıkarılıp çiftliğe ait mer'ada otlatılmaktadır. Doğan oğlaklara geçici plastik kulak küpeleri takılmakta ve kayıt defterine doğum tarihi, anne küpe no, oğlak küpe no, doğum ağırlığı, şeklinde kayıtları işlenmekte, doğumların tamamlanmasını TR küpeleri takılmakta ve kayıtlar buna göre düzenlenmektedir.

Çiftlikte kullanılan kesif yemler, çiftliğin talebi doğrultusunda verilen rasyona göre yem fabrikası tarafından hazırlanmaktadır. Yemlemede kış aylarında kaba yem olarak kuru yonca ve mısır silajı yem karma makinasında hazırlanarak verilirken, kesif yemde çiftlik için özel hazırlanmış %18 HP, 2625 kcal ME içerikli süt yemi olarak sabah ve akşam saatlerinde verilmekte olup, öğle saatlerinde ise sadece kaba yem verilmektedir. Bahar ve yaz aylarında sabah erken saatlerinde az kesif yem verildikten sonra hayvanlar 11'li karma ekilmiş olan mer'ada otlatılmaktadır. Hayvanlar öğle saati sıcaklığını mer'anın bir bölümünde hazırlanmış gölgeliklerde geçirirken su ihtiyaçlarını mer'aya yapılmış su kanallarından karşılamaktadır. Akşam saatinde mer'adan gelen hayvanların kesif yemlemesi yapıldıktan sonra akşam sağımına alınmaktadır. Keçiler kış aylarında kapalı barınaklarda tutulmaktadır.

Teke katımı Mayıs-Haziran aylarında yapılmakta, buna bağlı olarak ta oğlaklama genel olarak Ocak ayında yoğunlaşmakla birlikte iki ay içerisinde tamamlanmaktadır. Teke katımı döneminde tekelere %15 HP, 2550 kcal ME li kesif yem verilirken, gebelik süresince %14 HP, 2580 Kcal ME değerlere sahip yem verilmektedir. Doğuma yakın son bir ayda az miktarda keçi süt yemi takviyesiyle keçiler doğuma hazırlanmaktadır. Emiştirme döneminde oğlak emdikten sonraki memede kalan fazla süt alınarak meme boşaltılmaktadır. Bu durum iki aya yakın bu şekilde devam etmekte ve daha sonra oğlak sabah-akşam emiştirmek için annenin yanından alınmakta, bu dönemde kuru yonca ve ayarlanabilir otomatik yemlikler yardımıyla %18 HP, 2750 kcal ME li başlangıç yemi verilerek oğlak yem yemeye alıştırmaktadır. Oğlaklar 14 - 15 kg olduğu zaman süttten tamamen kesilmektedir. Bu süre çoğuz ya da

tekiz olma durumuna göre değişmekle beraber 3-4 ay sürmektedir. Sütten kesilen oğlaklara bu dönem itibariyle kuru yoncaya ek olarak %16 HP, 2600 kcal ME değerine sahip büyütme yemi verilmeye başlanmaktadır. Doğumdan bu zamana kadar geçen süreçte aşuları ve haplaması yapılan oğlaklar Haziran ayı itibariyle mer'ada yayılıma bırakılmaktadır.

Çiftlikte bulunan her bir keçi ırkından doğum zamanları birbirine yakın (2 gün içinde) 10'ar baş hayvan seçilerek numaraları alınmış, doğumları müteakip numune alma zamanında bu hayvanların sağımı elle yapılmıştır. Analizi yapılacak keçi sütü, sağım sonunda yaklaşık 100 ml'lik plastik numune kaplarına konularak, vakit geçirilmeden ve daha önceden içerisinde buz paketleri olan termoslara yerleştirilmiştir. Analizler Süt Analizi (Funke Gerber Lactostar) cihazında yapılmıştır. Bu cihazda ölçümü yapılacak süt numunesi (12 ml ile 20 ml arası) bir pompa aracılığı ile ölçüm hücrelerine gönderilerek emilmekte, termal ölçüm uygulamasından faydalanarak hem yağ miktarı, hem de yağsız kuru madde tespit edilmektedir. Protein, laktoz ve mineraller, bir kombine impedans/türbidite sensör teknolojisi ile donatılmış ikinci bir ölçüm hücresi yardımı ile tayin edilmektedir. Donma noktası, doğrulanmış ölçüm değerlerine dayandırılarak hesap edilmektedir. Somatik Hücre Sayımı için De Laval Hücre Sayacı DCC cihazı kullanılmıştır. Sütün pH'sı, pH metre (Crison marka, Model 507-01) ile ölçülmüştür. Süt Analizi cihazında belirlenen yağ, yağsız kuru madde, protein, laktoz gibi hesaplanan parametreler dikkate alınarak, örneğe ait yoğunluk değerleri ve donma noktası mikroişlemci tarafından korelasyonlar ile hesaplanmıştır.

### İstatistiksel Analizler

Araştırmadan ele edilen verilere etkili olduğu varsayılan faktörlere göre bir istatistiki model oluşturulmuş ve veriler varyans analizine tabi tutulmuştur. Varyans analizinde GLM prosedürü benimsenerek LSM (Least Squares Means) hesaplanmış ve alt grup ortalamalarının karşılaştırılmasında ise Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

Analizde benimsenen istatistiki model;

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + e_{ijk}$$

şeklinde linear model kullanılmıştır. Bu modelde yer alan terimlerden ;

$Y_{ijk}$  = her hangi bir keçinin, ele alınan her hangi bir verim özelliğini,  $\mu$  = popülasyonun beklenen ortalamasını,  $a_i = i$ . keçi genotipinin etkisini ( $i$  Şami, Halep, Saanen, Alpin, Kıl),  $b_j = j$ . laktasyon döneminin etkisini ( $j$ : laktasyon başı, laktasyon sonu),  $e_{ijk}$  = normal, bağımsız, sansa bağlı hata'yı temsil etmektedir ( $0, \sigma^2$ ).

Yukarıda verilen modele, faktörler arası ikili

interaksiyonlar da dahil edilerek yapılan ön analizlerde interaksiyonların hiç birisi önemli çıkmadığından ve toplam varyasyondaki payları genellikle küçük olduğundan interaksiyonlar modelden çıkartılarak analizler tekrarlanmış ve çizelgeler bu sonuçlara göre oluşturulmuştur. İstatistik analizlerde SPSS İstatistik 21.0 paket programı kullanılmıştır (SPSS, 2013).

Bu çalışma deneysel olmayan tarımsal uygulamaları (Anonim, 2011) kapsamında değerlendirildiğinden "Etik Kurul belgesi" alınmasına gerek duyulmamıştır.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

İncelenen sürülerde beş farklı keçi ırkından laktasyonun iki farklı döneminde alınan süt numunelerinin laboratuvar analiz sonuçlarının istatistik değerlendirilmesi % yağsız kuru madde (YKM), % yağ, protein ve laktoz parametreleri için Çizelge 1'de, somatik hücre sayısı (SHS), yoğunluk, pH ve donma noktası parametreleri için Çizelge 2'de özetlenmiştir.

#### Sütte Yağsız Kuru Madde Oranı

Sütte YKM oranı %9.67±0.04 olarak belirlenmiştir. İrklar arasında varyasyon istatistik olarak anlamlı ( $P<0.01$ ) olmakla birlikte, oransal farklılıkların çok fazla olmadığı, yüzde olarak 0.82 puanda kaldığı görülmüştür. En yüksek YKM oranına Halep keçileri (%9.94), en düşük ise Alpin keçileri (%9.12) sahip olmuştur. Şami ırkı (%9.60) ortalamasının altında, Saanen (%9.84) ve Kıl keçileri (%9.86) ortalamasının üstünde YKM oranına sahip olmuştur. YKM sağımında geçen gün ilerledikçe azalmakla birlikte, ırklar arasındaki farklılık önemsizdir (Şekil 1).

Türk Gıda Kodeksine göre yayınlanan çiğ süt standartlarına ilişkin ilk tebliğde (Anonym, 2000) keçi sütünde en az %8.5 olarak öngörülen yağsız kuru madde oranı, daha sonraki tebliğde (Anonim, 2006) kaldırılmasına rağmen 2017/20 nolu son tebliğde (Anonym, 2017) aynı oran yeniden konulmuştur. İncelenen örneklerin hem genel ortalamasının, hem de ırklarda belirlenen ortalama değerlerin bu eşik değerin üstünde olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada Kıl keçilerinin sütlerindeki yağsız kuru madde oranının Kahramanmaraş'ta yapılan çalışmalarda Kıl keçilerinde yağsız kuru madde oranının verilen değerlerden hesaplanan %9.4 ve %9.49 (Baş ve ark., 2015; 2016) oranlarından yüksektir. Kıl keçilerinde sütte kuru madde oranını Konar ve Akın (1992) %11.87, Yüzer (1994) %12.84, Sağdıç (1996), laktasyonun farklı günlerinde en düşük %12.90, en yüksek %13.70, Forik (1995) ve Eser (1998) farklı illerde köy koşullarında sırasıyla %13.20 ve 13.17, Erduran (2017) Konya'da %10.1-10.2, Yazgan ve ark. (2018) Osmaniye'de %9.91 olarak bildirmişlerdir.

Çizelge 1. Sütün bileşimine ait ortalamalar, önemlilik ve çoklu karşılaştırma test sonuçları  
Table 1. Means, significance test and multiple range tests for milk composition traits.

	n	YKM Non-fat Solids (%) $\bar{X} \pm S_x$	Yağ Fat (%) $\bar{X} \pm S_x$	Protein (%) $\bar{X} \pm S_x$	Laktöz Lactose (%) $\bar{X} \pm S_x$
<b>Ortalama (Means)</b>	100	9.67±0.04	4.75±0.11	3.27±0.00	3.95±0.001
<b>İrk (Breed)</b>		** (P=0.000)	** (P=0.000)	** (P=0.000)	** (P=0.000)
Shami	20	9.60±0.10 <sup>b</sup>	3.60±0.25 <sup>c</sup>	3.32±0.00 <sup>a</sup>	3.97±0.02 <sup>a</sup>
Halep	20	9.94±0.10 <sup>a</sup>	3.88±0.25 <sup>c</sup>	3.17±0.00 <sup>c</sup>	3.83±0.02 <sup>b</sup>
Saanen	20	9.84±0.10 <sup>ab</sup>	5.01±0.25 <sup>b</sup>	3.36±0.00 <sup>a</sup>	4.01±0.02 <sup>a</sup>
Alpin	20	9.12±0.10 <sup>c</sup>	4.81±0.25 <sup>b</sup>	3.21±0.00 <sup>bc</sup>	3.97±0.02 <sup>a</sup>
Kıl	20	9.86±0.10 <sup>ab</sup>	6.45±0.25 <sup>a</sup>	3.28±0.00 <sup>ab</sup>	3.95±0.02 <sup>a</sup>
<b>Dönem (Period)</b>		ns(P=0.521)	ns(P=0.683)	*(P=0.013)	*(P=0.058)
Laktasyon başlangıcı (IL)	50	9.70±0.06	4.79±0.16	3.23±0.00	3.93±0.01
Laktasyon ortası (ML)	50	9.64±0.06	4.70±0.16	3.30±0.00	3.97±0.01
<b>R<sup>2</sup></b>		0.332	0.462	0.248	0.337

\*P<0.05 önemli; \*\*P<0.01 çok önemli; a,b,c; aynı sütünde değişik harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).

ns: no significant, \*: P<0.05, \*\*: P<0.01; a, b, c: Values within a row with different superscripts differ significantly at P<0.05. (IL: Initial of lactation, ML: Mid-lactation)

Çizelge 2. Sütün çeşitli özelliklerine ait ortalamalar, önemlilik ve çoklu karşılaştırma test sonuçları  
Table 2. Means, significance test and multiple range tests for various traits of milk.

	n	SHS (Somatic Cell Count) (hücre ml <sup>-1</sup> ) $\bar{X} \pm S_x$	Özgül ağırlık (Density) (g cm <sup>-3</sup> ) $\bar{X} \pm S_x$	pH $\bar{X} \pm S_x$	Donma noktası (Freezing Point) (-) $\bar{X} \pm S_x$	
<b>Ortalama (Means)</b>	100	261 260±17 178	Min. Maksimum	1.031±0.0002	6.64±0.009	0.545±0.003
<b>İrk (Breed)</b>		** (P=0.000)		** (P=0.000)	ns(P=0.675)	ns (P=0.132)
Shami	20	266 550±38 411 <sup>b</sup>	6 000 632 000	1.031±0.0005 <sup>bc</sup>	6.66±0.02	0.529±0.007 <sup>b</sup>
Halep	20	65 900±38 411 <sup>c</sup>	6 000 300 000	1.028±0.0005 <sup>d</sup>	6.63±0.02	0.550±0.007 <sup>ab</sup>
Saanen	20	80 900±38 411 <sup>c</sup>	9 000 210 000	1.032±0.0005 <sup>ab</sup>	6.64±0.02	0.546±0.007 <sup>ab</sup>
Alpin	20	547 050±38 411 <sup>a</sup>	131 000 968 000	1.030±0.0005 <sup>cd</sup>	6.63±0.02	0.552±0.007 <sup>a</sup>
Kıl	20	345 900±38 411 <sup>b</sup>	186 000 639 000	1.033±0.0005 <sup>a</sup>	6.65±0.02	0.546±0.007 <sup>ab</sup>
<b>Dönem (Period)</b>		*(P=0.049)		ns(P=0.885)	*(P=0.014)	ns(P=0.392)
Laktasyon baş. (IL)	50	220 300±24 293	6 000 968 000	1.031±0.0003	6.66±0.013	0.547±0.004
Laktasyon ortası (ML)	50	302 220±24 293	13 000 950 000	1.031±0.0003	6.62±0.013	0.542±0.004
<b>R<sup>2</sup></b>		0.548		0.413	0.084	0.079

\*P<0.05 önemli; \*\*P<0.01 çok önemli; a,b,c; aynı sütünde değişik harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).

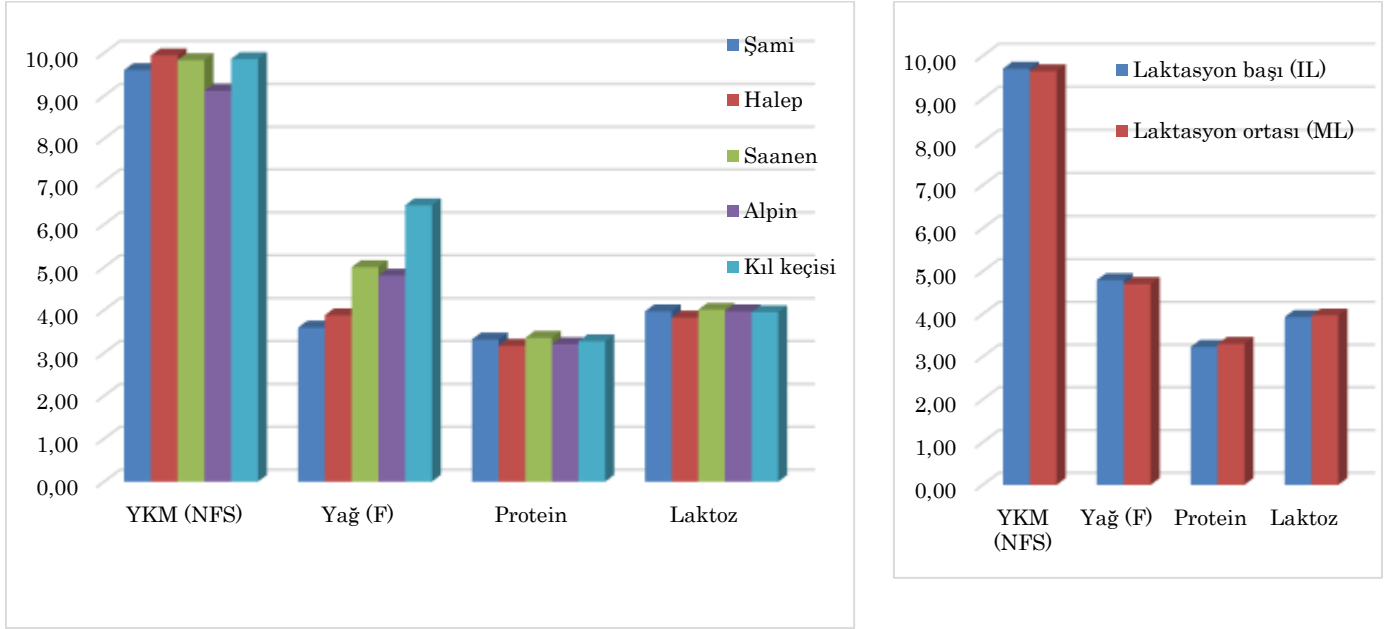
ns: no significant, \*: P<0.05, \*\*: P<0.01; a, b, c: Values within a row with different superscripts differ significantly at P<0.05. IL: (Initial of lactation), ML: (Mid-lactation)

Türkiye'nin farklı bölgelerinde yapılan çalışmalarda Saanen keçilerinin sütlerinde kuru madde oranı İzmir'de %11.74 (Kesenkaş ve ark., 2010) ve %10.45 (Çiçek ve ark., 2014), Çanakkale'de %12.4-12.5 (Tölü ve ark., 2010) ve farklı sağım şekillerinde %7.6-7.7 (Tölü ve ark., 2016), Muş'ta %8.06 (Özkaya ve ark.,

2017), Adana'da %12.7 (Serbest ve ark., 2018), Tunceli'de düşük ve yüksek ağırlıklardaki keçilerde %16.6-17.0 (Çimen ve ark., 2013a) olarak tespit edilmiştir. Damascuslarda bu oran Hatay'da %12.9 (Güler ve ark., 2007) ve %12.2 (Keskin ve ark., 2004) olarak bulunmuştur. Alman Alaca ve melezi keçilerin

kuru madde oranı Hatay'da %13.8 (Güler ve ark., 2007) ve %12.4 (Keskin ve ark., 2004), Adana'da farklı yemleme şartlarında %12.5-12.8 (Serbestler ve ark., 2018) olarak belirlenmiştir. Bu oran Çanakkale'de Gökçeada keçilerinde %13.5-14.7, Malta keçilerinde %14.2-14.7 olarak ölçülmüştür (Tölü ve ark., 2010). Sütte kuru madde oranı olarak literatürde verilen

değerler oldukça farklılık arz etmektedir. Bu durum, muhtemelen bu çalışmalarda tespit edilen kuru madde oranının bazılarında yağsız kuru madde olarak belirlenmesinden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, gerek genel ortalama, gerekse ırklarda tespit edilen oranlar sözü edilen çalışmalarda bildirilen değerlerden genel olarak düşüktür.



Şekil 1. Sütün bileşiminin ırklara ve laktasyon dönemlerine göre değişimi

Figure 1. Variation of milk composition according to breeds and lactation periods, (NFS: Non-fat Solids, F: Fat, IL: Initial of lactation, ML: Mid-lactation)

### Sütte Yağ Oranı

Sütte yağ oranı ortalaması %4.75±0.11 olarak tespit edilmiştir. Sütte yağ oranı ırklara göre çok önemli (P<0.01) varyasyon göstermiştir. En yüksek yağ oranına Kıl keçileri (%6.45), en düşük yağ oranına ise Şami keçileri (%3.60) sahip olmuştur. Halep keçilerinde yağ oranı (%3.80) Şami keçilerine yakın iken, Alpinlerde ortalamaya yakın (%4.81), Saanenlerde ise ortalamanın üstündedir (%5.01). Yağ oranı bakımından ırklar arasında yüzde olarak 1.44-2.85 puanlık farklılıklar söz konusudur. Sütteki yağ oranları laktasyon dönemine göre önemli bir değişiklik göstermemiştir. Türk Gıda Kodeksine göre yayınlanan çiğ süt standartlarına ilişkin ilk tebliğde (Anonym, 2000) keçi sütünde en az %4.15 olarak öngörülen yağ oranı, daha sonraki tebliğde (Anonim, 2006) kaldırılmasına rağmen, 2017/20 nolu son tebliğde (Anonym, 2017) %4.0 olarak yeniden konulmuştur. Bu çalışmada Şami ve Halep keçilerinden elde edilen yağ oranının bu standardı karşılamadığı görülmüştür.

Kahramanmaraş'ta yapılan çalışmalarda Kıl keçilerinde yağ oranı %3.98 ve %4.23 (Baş ve ark., 2015; 2016) olarak verilmiştir. Bu çalışmada Kıl keçilerinde tespit edilen yağ oranı bildirilen bu değerlerin oldukça üstündedir. Şengonca (1966) Ege

Üniversitesi Kıl keçi sürüsünde sütte yağ oranını %4.69, Konar ve Akın (1992) %3.60, Yüzer (1994) %3.92 olarak bildirmişlerdir. Isparta ili ve çevresinde yapılan bir çalışmada, Kıl keçilerinde, laktasyonun farklı günlerinde sütlerindeki yağ miktarı en düşük %3.07, en yüksek ise %4.35 olarak bulunmuştur (Sağdıç, 1996). Forik (1995) ve Eser (1998) tarafından farklı illerde yapılan, köy koşullarında yetiştirilen Kıl keçilerinde sütte yağ oranı sırasıyla %4.58 ve %4.57 olarak tespit edilmiştir. Kıl keçilerinde Türkiye'nin çeşitli yerlerinde tespit edilen sütte yağ oranı değerleri Osmaniye'de %4.5 (Yazgan ve ark., 2018), Tunceli'de %4.8 (Çimen ve ark., 2013b), Konya'da ise %5.15-5.25 (Erduran, 2017) olarak verilmiştir. Damascus keçilerinin sütte yağ oranı Keskin ve ark. (2004) tarafından %4.3, Güler ve ark. (2007) tarafından %4.02 olarak bildirilmiştir. Türkiye'deki Saanen ve melezleri üzerinde yapılan çalışmalardan İzmir'de %3.92 (Çiçek ve ark., 2014) ve %3.42 (Kesenkaş ve ark., 2010), Tunceli'de düşük ve yüksek ağırlıktaki keçilerde %3.76-4.84 (Çimen ve ark., 2013a), Muş'ta %3.60 (Özkaya ve ark., 2017), Adana'da iki farklı yemleme şartlarında %4.5-4.4 (Serbestler ve ark., 2018), Çanakkale'de farklı sağım yöntemleri ve zamanlarının karşılaştırıldığı çalışmada %3.55-4.07 (Tölü ve ark., 2010, 2016) oranları tespit edilmiştir. Alman Alaca



keçilerinde ve melezlerinde bulunan değerler ise Hatay'da %4.55 (Güler ve ark., 2007) ve %4.1 (Keskin ve ark., 2004), Adana'da %4.2 (Serbestler ve ark., 2018) şeklindedir. Çanakkale'de farklı genotiplerle yürütülen çalışmalarda süt yağı oranı olarak %4.4 oranı yanında %5.7 gibi yüksek oranlar da tespit edilmiştir (Tölü ve ark., 2010, 2016, Tölü & Arıkan, 2019).

### Sütte Protein Oranı

Sütte protein oranı ortalaması %3.27±0.001 olarak bulunmuştur. Protein oranı bakımından ırklar arasındaki farklılıklar çok geniş olmamakla birlikte istatistik olarak çok önemli (P<0.01) bulunmuştur. En yüksek ve en düşük protein oranlarına sahip Şami ve Halep keçileri (sırasıyla %3.32 ve %3.17) arasındaki farklılık yüzde olarak 0.15 puan kadardır. Laktasyon ilerledikçe protein oranı bir miktar artmaktadır (P<0.05). Türk Gıda Kodeksinde çiğ keçi sütü protein oranı ilk tebliğden itibaren en az %2.8 olarak öngörülmüş olup, son tebliğde de bu oran aynen korunmuştur (Anonym, 2017). Bu çalışmada protein oranı olarak belirlenen hem genel ortalamanın hem de ırk ortalamalarının bu eşik değerinin üstünde olduğu tespit edilmiştir.

Sütteki protein oranı Keskin ve ark. (2004) tarafından Damascus ve Alman Alaca melezlerinde %3.5 ve 3.4, Kesenkaş ve ark. (2010) tarafından Saanenlerde %3.4, Tölü ve ark. (2010) tarafından Gökçeada, Malta ve Saanenlerde sırasıyla %3.3, 3.4 ve 3.2, Tölü ve ark. (2016) Saanenlerde %2.8, Çalpucu ve ark. (2013) ve Çimen ve ark. (2013b) tarafından Kıl keçilerde %3.2, Çiçek ve ark. (2014) tarafından Saanenlerde %3.2, Özkaya ve ark. (2017) tarafından Saanenlerde %3.0, Serbestler ve ark. (2018) tarafından Alman Alaca ve Saanenlerde %3.4 ve 3.2 olarak verilmiştir. Bu değerler bu çalışmada tespit edilen oranlara genel olarak benzerdir. Bununla birlikte, Erduran (2017) tarafından Kıl keçilerde belirlenen %4.01-4.07 oranları, Yazgan ve ark. (2018) tarafından belirlenen %4.7 oranı bu araştırma bulgusundan yüksektir. Çimen ve ark. (2013a) tarafından farklı ağırlıktaki Saanenlerde tespit edilen %6.5-6.8 oranları ise gerek bu araştırma bulgularından, gerekse literatürde verilenlerden oldukça yüksektir.

### Sütte Laktoz Oranı

Sütte laktoz oranına ilişkin ortalama %3.95±0.00 olarak tespit edilmiştir. En yüksek laktoz oranına Saanen keçileri (%4.01), en düşük orana ise Halep keçileri (%3.83) sahip olmuştur. İncelenen diğer keçi ırklarını sütleri (Şami ve Alpin %3.97, Kıl keçi %3.95) Saanen keçilerine daha yakın laktoz oranına sahiptir. Irklar arası varyasyon çok önemli (P<0.01) bulunmuştur. Laktasyon ilerledikçe laktoz oranı bir miktar artmış olup, farklılık önemlidir (P<0.05). Laktoz oranının düşüklüğü keçi sütünün önemli

avantajlarından biridir.

Taranan literatür bildirişleri içinde sadece Keskin ve ark. (2004) tarafından Damascuslar için bildirilen %3.6'lık laktoz oranı bu araştırma bulgusundan düşüktür. Bunun dışında araştırmalarda tespit edilen laktoz oranları genellikle birbirine yakındır. Nitekim, laktoz oranı Saanenlerde %4.3 (Kesenkaş ve ark., 2010; Tölü ve ark., 2016; Özkaya ve ark., 2017; Serbestler ve ark., 2018), Kıl keçilerinde %4.4 (Yazgan ve ark., 2018), Alman Alacalarda %4.1-4.3 (Serbestler ve ark., 2018) ve melezlerinde %4.2 (Keskin ve ark., 2004) olarak verilmiştir. Erduran (2017) ise Konya şartlarında yürüttüğü çalışmada Kıl keçi ve melezlerinde %5.2 ile 5.6 arasında değişen yüksek laktoz oranları tespit etmişlerdir.

### Sütte Somatik Hücre Sayısı

İncelenen sürülerde 6 000 ile 968 000 hücre ml<sup>-1</sup> arasında değişen SHS ortalama olarak 261 260±17 178 hücre ml<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. SHS bakımından ırklar arasında çok önemli (P<0.01) varyasyon olduğu tespit edilmiştir. En düşük SHS Halep ırkında (65 900 hücre ml<sup>-1</sup>), en yüksek ise Alpin ırkında (547 050 hücre ml<sup>-1</sup>) tespit edilmiştir. Saanen ırkında SHS Halep ırkına yakın (80 900 hücre ml<sup>-1</sup>), Şami ırkında ortalamaya yakın (266 550 hücre ml<sup>-1</sup>), Kıl keçilerinde ise ortalamasının üstündedir (345 900 hücre ml<sup>-1</sup>). Irklar arası varyasyon kadar bireysel farklılıklar da geniş varyasyon göstermiştir. Sağımda geçen gün ilerledikçe SHS bir miktar artmaktadır (P<0.05). SHS değerlerinin süt örneklerinin %36'sında 100 000 hücre ml<sup>-1</sup>'in altında, %27'sinde 100 000-250 000 hücre ml<sup>-1</sup> aralığında, %18'inde 250 000-500 000 hücre ml<sup>-1</sup> arasında olduğu anlaşılmıştır. Buna göre, süt numunelerinin %63'ü 250 000 hücre ml<sup>-1</sup>'in altında, % 81'i 500 000 hücre ml<sup>-1</sup>'in altında SHS değerine sahiptir. SHS değeri 500 000 hücre ml<sup>-1</sup>'in üstünde olan süt örneği oranı %19 olup, 750 000 hücre ml<sup>-1</sup>'in üstünde SHS değerine sahip örnek sayısı %5 olarak gözlenmiştir. Türk Gıda Kodeksi çiğ süt standartlarında keçi sütü için herhangi bir SHS sınırı konulmamakla birlikte, SHS değerinin 750 000 hücre ml<sup>-1</sup>'in altında olması genel kabul görmektedir (Anitaş ve ark., 2017).

Türk Gıda Kodeksi çiğ süt standartlarında keçi sütü için herhangi bir SHS sınırı konulmamıştır (Anonim, 2006). Bununla birlikte, Amerika Birleşik Devletlerinde SHS'nda sınır inek sütü için 750 000 hücre ml<sup>-1</sup>'den daha düşük sayıda olmasıdır. İnek sütündeki bu düşük sayıya rağmen keçi sütü için meme sağlığını ve süt kalitesini düzenleyici standartlar 1 000 000 hücre ml<sup>-1</sup>'de kalır. Çünkü keçi sütünün 750 000 hücre ml<sup>-1</sup>'ye kolayca ulaşabildiği ve bu sayının normal olduğudur (Anitaş ve ark., 2017). Keçi sütündeki hücre konsantrasyonu koyun ve inek sütünden daha yüksektir (Paape ve ark., 2007). Bu yüzden mastitisin yokluğunda keçi sütündeki SHS 270

000 ve 2 000 000 hücre ml<sup>-1</sup> arasında değişebilir. Oysa inek ve koyun sütünde 10 000 ve 200 000 somatik hücre ml<sup>-1</sup> arasında olabilir (Paape ve ark., 2001).

Cedden ve ark. (2002), Akkeçilerde SHS'nın akşam sağımında alınan sütlerde sabah alınanlara göre bir parça daha yüksek tespit edildiğini, laktasyonun ilerleyen dönemlerinde kısmen azaldığını tespit etmişler, laktasyon sırasına göre değişmek üzere SHS değerini 1 662 936-7 766 595 hücre ml<sup>-1</sup> gibi çok yüksek olarak belirlemişlerdir. Aktaş ve ark. (2013), Kahramanmaraş'ta yetiştirilen Türk Saanen keçilerinde SHS değerinin 126 000 ile 2 582 000 hücre ml<sup>-1</sup> arasında değiştiğini, ortalama 892 170 hücre ml<sup>-1</sup> olarak belirlendiğini tespit etmişlerdir. Patır ve ark. (2012), Kıl keçilerinde SHS değerini en az 78 000, en çok 492 000, ortalama 297 459 hücre ml<sup>-1</sup> olarak tespit etmişler, genellikle 100 000 hücre ml<sup>-1</sup> nin üstünde olduğunu (%97), daha çok 100 000-250 000 hücre ml<sup>-1</sup> aralığında yoğunlaştığını (%81), 500 000 hücre ml<sup>-1</sup>'in üstünde SHS'na rastlanmadığını bildirmişlerdir. Koyuncu ve Altınçekiç (2016), Saanen x Kıl F1 melez keçilerinde SHS değerini en az 38 000, en çok 3 370 000, ortalamanın ise 89 072 ile 400 875 hücre ml<sup>-1</sup> arasında değiştiğini tespit etmişler, örneklerin %14.5'inin 100 000 hücre ml<sup>-1</sup>'in altında, %63.1'inin 100 000 - 250 000 hücre ml<sup>-1</sup> aralığında, %16.3'ünün 250000-500 000 hücre ml<sup>-1</sup> aralığında, %6.1'inin 500 000 hücre ml<sup>-1</sup>'in üstünde olduğunu bildirmişlerdir. Yılmaz ve Can (2022) Iğdır ilinde Halep keçilerinde ortalama SHS 503 120±40 020 hücre ml<sup>-1</sup> olarak, Kaygısız (2020) Gaziantep ilinde toplanan süt örneklerinde SHS değerini 781437.50 ± 39829 hücre m<sup>-1</sup> (5.849 ± 0.0199 hücre m<sup>-1</sup>), Kaygısız ve Yılmaz (2021) Gaziantep ili Kilis keçilerinde SHS 937.000±67.190 hücre ml<sup>-1</sup> (log<sub>10</sub>: 5.803±0.501) olarak bildirmişlerdir.

### Sütün Özgül Ağırlığı

İncelenen süt örneklerinin ortalama yoğunluğu 1.031±0.0002 g cm<sup>-3</sup> olarak belirlenmiştir. En yüksek yoğunluk Kıl keçilerinde (1.033), en düşük ise Haep keçilerinde (1.028) tespit edilmiş olup, ırklar arası varyasyon çok önemlidir (P<0.01). Yoğunluk laktasyon dönemlerine göre farklılık göstermemiştir. Türk Gıda Kodeksinde çiğ keçi sütünde yoğunluk değeri ilk tebliğden itibaren en az 1.026 m v<sup>-1</sup> olarak öngörülmüş olup, son tebliğde de bu değer korunmuştur (Anonym, 2017). Bu çalışmada yoğunluk değeri olarak belirlenen hem genel ortalamamın hem de ırk ortalamalarının bu eşik değerinin üstünde olduğu anlaşılmıştır.

Kahramanmaraş'ta yapılan çalışmalarda Kıl keçileri sütlerinin yoğunluk değeri 1.030 ve 1.029 (Baş ve ark., 2015; 2016) olarak verilmiştir. Bu çalışmada Kıl keçilerinde tespit edilen özgül ağırlık bildirilen bu değerlerden yüksektir. Bulunan ortalama değer, Sağdıç (1996) tarafından verilen 1.032-1.037 g cm<sup>-3</sup> aralığındaki değerlerden düşük çıkmış, Konar ve Akın

(1992) tarafından verilen 1.031 g cm<sup>-3</sup>, Yüzer (1994) tarafından bildirilen 1.032 g cm<sup>-3</sup> ve Voutsinas ve ark. (1990) tarafından verilen 1.027-1.031 g cm<sup>-3</sup> değer aralığına benzerlik göstermiştir. Özgül ağırlık için Kesenkaş ve ark. (2010) Saanenler için 1.033 g cm<sup>-3</sup> değerini vermektedir ki, bu çalışmada Saanenlerde belirlenen değere yakındır. Kıl keçileri için Erduran (2017) tarafından bildirilen 1.033-1.034 g cm<sup>-3</sup> değerleri de bu çalışmadaki Kıl keçi bulguları ile uyumludur. Ancak, Çimen ve ark. (2013b) Tunceli'deki Kıl keçilerinde 1.057 g cm<sup>-3</sup> gibi oldukça yüksek bir özgül ağırlık değeri bildirmişlerdir.

### Sütte pH

Süt örneklerinin ortalama pH değeri 6.64±0.009 olarak tespit edilmiş olup, asitlik değerinin ırklara göre farklılaşma göstermediği anlaşılmıştır. pH değeri laktasyonun ilerlemesiyle birlikte bir miktar düşmüştür (P<0.05).

Kahramanmaraş'ta yapılan çalışmalarda Kıl keçilerinde pH değeri 6.59 ve 6.57 (Baş ve ark., 2015; 2016) olarak verilmiştir. Bu çalışmada Kıl keçilerinde tespit edilen pH değeri bildirilen bu değerlerin üstündedir. Voutsinas ve ark. (1990), Alpine keçileriyle yaptıkları çalışmada, laktasyonun çeşitli dönemlerinde sütün pH değeri 6.52 ila 6.61 arasında bulmuşlardır. Aynı şekilde, Erduran (2017) Konya'daki Kıl keçilerinde pH değerini 6.5 olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada bulunan ortalama ve ırklardaki pH değeri, bu bildirişlerden bir parça yüksektir. Bununla birlikte, Çalpucu ve ark. (2013) Tunceli'deki Kıl keçileri için bildirdikleri 6.8 ve Kesenkaş ve ark. (2010) İzmir'deki Saanenler için bildirdikleri 6.7 pH değerleri bu çalışma bulgularından yüksek bulunmuştur.

### Sütün Donma Noktası (-)

İncelenen işletmede 5 farklı ırktan iki farklı dönemde toplanan numunelerin donma noktaları da ölçülmüş ve belirlenen değerlerin ırklara ve laktasyon dönemlerine göre dağılımının incelenmesinden istatistik olarak önemli bir varyasyon bulunmamıştır. Araştırma süresince toplanan süt numunelerinin ortalama donma noktası değeri -0.545±0.003 olarak hesaplanmıştır. En yüksek değer olan -0.552 (Alpin) donma noktası değeri ile, en düşük değer olan -0.529 (Şami) donma noktası değeri arasındaki farklılık da oldukça küçüktür. Sütlerin donma noktası değerleri laktasyon ilerledikçe az da olsa bir azalma göstermiştir ve laktasyon başında -0.547 olan donma noktası değeri laktasyonun sonunda -0.542 olmuştur.

Erduran (2017) tarafından Konya şartlarında yapılan bir çalışmada gerek Kıl keçi için tespit edilen -0.621-0.623 donma noktası değerleri, gerekse değişik melez gruplarda ölçülen -0.608 ile -0.623 arasında değişen donma noktası değerleri bu çalışmada belirlenen değerlerden yüksektir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Kahramanmaraş ili Türkoğlu ilçesinde bulunan Keçi Üretim ve Adaptasyon Çiftliğinde bulunan 5 ırktan (Şami, Halep, Saanen, Alpin ve Kıl keçi) ard arda iki gün içerisinde doğum yapmış keçilerin laktasyon başında ve laktasyon ortasında alınan süt numuneleri analiz edilmiştir. Aynı bakım, besleme, idare koşullarında yetiştirilmekte olan beş farklı keçi ırkından laktasyonun iki farklı döneminde elde edilen süt numunelerinin üzerinde durulan SHS, % yağ, % YKM, % protein, % laktoz, yoğunluk ve asitlik gibi parametreler bakımından önemli farklılıklar gösterdiği, laktasyon dönemlerine göre oluşan farklılıkların daha az olduğu sonucuna varılmıştır. Özellikle, SHS bakımından Halep ırkında belirlenen düşük değere karşın Alpin ırkında belirlenen yüksek değer, sütteki yağ oranı bakımından Kıl keçilerinde belirlenen oldukça yüksek orana karşılık, Şami ve Halep keçilerinde belirlenen standartların altındaki değerler üzerinde durulmaya değer görülmüştür. Şami ve Halep ırkındaki düşük yağ oranı değerleri dışında diğer parametreler bakımından elde edilen sütlerin standartları karşıladığı söylenebilir. Genel olarak elde edilen bulguların yörede hakim olan özellikle Saanen keçileri sütlerinin daha kıvamsız olduğu kanısını pek desteklemediği, ancak bu kaniya yol açan sütün yapısal özelliklerinden kaynaklanan başka faktörler olabileceği fikrinden hareketle daha ileri düzey biyokimyasal analizler yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

İncelenen işletmede ırklar arası farklılıklar kadar bireysel farklılıkların dikkat çekici boyutlarda olması işletme yönetimi bakımından bir takım eksiklik ve kusurların varlığına işaret sayılabilir. İşletme koşullarının gözden geçirilmesi ırklar arası farklılıkların daha açık ve belirgin ortaya konulmasına hizmet edebilir.

Son yıllarda genel olarak hayvancılığa, özel olarak ta küçükbaş hayvancılığa sağlanan desteklerin kazandırdığı ivme ile, hem de Kahramanmaraş'ta dondurma sanayinin hammadde talep artışının zorlamasıyla keçi yetiştiriciliğine ilgi giderek artmakta, yetiştiricilik potansiyeli genişlemektedir. Bu bağlamda, yüksek döl verimine sahip ve yüksek süt veren nitelikli damızlıklar konusunda arayışlar hızlanmış, mevcut olanlar yanında yeni genotipler getirilip denenmeye başlanmıştır. Ancak üretimde en az bu hususlar kadar adaptasyonun da önem taşıdığı görülmüştür. Aynı zamanda, üretilen sütün miktarı kadar, işlenen süt ürünlerinin yapısını doğrudan etkileyen biyokimyasal kompozisyonu ve aromatik özellikleri de giderek artan şekilde ilgi konusu olmaya başlamıştır. Bu çalışmanın, bu tür mukayeseli araştırmalara katkı sağlaması umulmaktadır.

## TEŞEKKÜR

Bu makale Hatie KAHVECİ'nin yüksek lisans tezinden özetlenmiştir. Makale yazarları verilerin toplanmasına izin veren MA-DO yetkililerine teşekkür ederler.

## Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

- Aktaş, Z. M., Kaygısız, A., Baş, S. 2013. Kahramanmaraş Yetiştirici Şartlarında Türk Saanen Keçilerinin Süt Verim Özellikleri, Bazı Meme Ölçüleri ve SHS Arasındaki İlişkiler. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*; 15(4), 7-17.
- Anıtaş, Ö., Göncü, S., Koluman, N., 2017, Süt Keçiciliğinde Somatik Hücre Sayısının Önemi ve Süt Kalitesine Etkisi, *Çukurova Tarım Gıda Bil. Der.* 32(1), 35-42, 2017
- Anonim, 2000. *Türk Gıda Kodeksi, Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği, Tebliğ no: 2000/6*, Resmi Gazete, 14.02.2000, sayı 23964
- Anonim, 2006. *Türk Gıda Kodeksi, Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Tebliğ (Değişik: tebliğ no 2006/38)* Resmi Gazete, 22.08.2006, sayı 26267.
- Anonim, 2011. *DeneySEL ve Diğer Bilimsel Amaçlar İçin Kullanılan Hayvanların Refah ve Korunmasına Dair Yönetmelik*. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111213-4.htm>. (Erişim tarihi: 15.03.2023).
- Anonim, 2017. *Çiğ Sütün Arzına Dair Tebliğ (Tebliğ no 2017/20)* Resmi Gazete, 27.04.2017, sayı 30050.
- Baş, S., Dayısoylu, K.S., Ata, M., 2015. Some Properties of Goat Milk Used in Production of Maras Ice cream. The 3rd International Symposium on "Traditional Foods from Adriatic to Caucasus", Sarajevo, Bosnia, 247-247. (Poster)
- Baş, S., Dayısoylu, K.S., Tatlıyer, A., Ata, M., 2016. Changes in Some Components of Hair Goat's Milk During Lactation. 12th International Conference on Goat, IGA2016 (Özet Bildiri/Poster)
- Cedden, F., Kor, A., Keskin, S. 2002. Laktasyonun Geç Döneminde Keçi Sütünde Somatik Hücre Sayımı: Yaş, Süt Verimi ve Bazı Meme Özellikleri ile Olan İlişkileri. *Yüzüncü Yıl Üni. Zir. Fak. Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.)*. 12(2),63-67.
- Çalpuçcu, C., Çimen, M., İnal, T., Önoğlu, R.,K., Tok, F., Bayrambaş, K., 2013. Tunceli İli Pertek İlçesinden Elde Edilen Akkaraman Koyunu ve Yerli Kıl Keçi Sütlerinde Temel Lezzet Parametreleri, *Bilim ve*

- Gençlik Dergisi*, 1 (1), 13-18
- Çiçek, N., Çimen, M., Efesoy, D., Memkeze, S., 2014. İzmir İli Seferihisar İlçesinde Yetiştirilen Keçilerden Elde Edilen Sütlerde Biyokimyasal Parametrelerin Türk Standartlarına Uygunluğunun Belirlenmesi, *İstanbul Aydın Üniv. Derg.*, 24 19-24
- Çimen, M., Topçu, H., Ölcal, M.C., 2013a, Farklı Canlı Ağırlıklardaki Keçilerden Elde Edilen Çiğ Sütlerin Sert, Yarı Sert ve Yumuşak Peynir Üretim Standartlarına Uygunluklarının Belirlenmesi, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi* 3 (1), 6-9, 2013
- Çimen, M., Topçu, H., Ölcal, M.C., 2013b. Tunceli İlinde Yetiştirilen Yerli Kıl Keçilerden Elde Edilen Çiğ Sütlerde Ekonomik Öneme Sahip Biyokimyasal Parametrelerin Türk Standartlarına Uygunluklarının Belirlenmesi, *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi* 3 (2), 11-13,
- Erduran, H., 2017. *Yarı Entansif Koşullarda Yetiştirilen Kıl, Saanen × Kıl Ve Alpin × Kıl Melezi Keçilerin Bazı Verim Özelliklerine Ait Fenotipik Ve Genetik Parametrelerin Belirlenmesi*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya
- Eser, M., 1998. *Köy Koşullarında Yetiştirilen Kıl Keçilerinin Bazı Verim Özelliklerinin Tespiti Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootečni Anabilim Dalı, Samsun.
- FAOSTAT, 2023. <https://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Forik, A., 1995. *Köy Koşullarında Yetiştirilen Kıl Keçilerinde Süt, Döl ve Kıl Verileriyle İlgili Bazı Özelliklerin Saptanması Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootečni Anabilim Dalı, Bursa.
- Gül, S., Keskin, M., Gündüz, Z., 2016. Türkiye’de Yetiştiriciliği Yapılan Keçi Irkları, *Tarım Türk Dergisi*, 59 64-70
- Güler, Z., Keskin, M., Masatçıoğlu, T., Gül, S., Biçer, O., 2007. Effects of Breed and Lactation Period on Some Characteristics and Free Fatty Acid Composition of Raw Milk from Damascus Goats and German Fawn × Hair Goat B1 Crossbreds, *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 31(5), 347-354
- Haenlein, G. G. W., 2004. Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research* 51, 155-163.
- Jandal, J.M., 1996. Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.* 22, 177–185.
- Kalac P, Samkova, E., 2010, The effects of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: A review. *Czech J. Anim. Sci.*, 55, 2010 (12), 521–537
- Kalantzopoulos, G., Dubeuf, JP., Vallerand, F., Pirisi, A., Casalta, E., Lauret, A., Trujillo, T., 2004. Characteristics of sheep and goat milks: quality and hygienic factors for the sheep and goat dairy sectors. *International Dairy Federation*, 390: 17-28.
- Kaygısız, A., 2020. Gaziantep ilinde keçi işletmelerinden toplanan çiğ süt örneklerinde somatik hücre sayısının AB kriterleri bakımından değerlendirilmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(4), 484-489. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.801225>
- Kaygısız, A., Yılmaz, İ., 2021. Kilis keçilerinde somatik hücre sayısı üzerine meme tiplerinin etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 10(2), 419-426. <https://doi.org/10.29278/azd.905316>
- Kesenkaş, H., Dinkçi, N., Kımık, Ö., Gönç, S., Ender, G., 2010. Saanen Keçisi Sütünün Genel Özellikleri, *Akademik Gıda*, 8(2), 45-48
- Keskin, M., Avşar, Y.K., Biçer, O., Güler, M.B., 2004. A Comparative Study on the Milk Yield and Milk Composition of Two Different Goat Genotypes under the Climate of the Eastern Mediterranean, *Türk J. Vet. Anim Sci.*, 28:531-536
- Konar, A., Akın, M S., 1992. İnek, Keçi ve Koyun Sütlerinden Üretilen Dondurmaların Kimyasal, Fiziksel ve Duyusal Bazı Özelliklerinin Saptanması Üzerine Karşılaştırmalı Bir Araştırma, *Doğa-Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi* 16: 711-720
- Koyuncu, M., Altınçekiç, Ş.Ö., 2016. Saanen x Kıl Melez Keçilerinde Linear Meme Özellikleri ve Somatik Hücre Sayısı Arasındaki İlişkiler, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33 (3), 148-156
- Özkaya, A., Ertürk, A.S., Sucak, M.G., Ağyar, O., Yılmaz, E., 2017. Saanen Keçi Sütünün Bazı Biyokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi, *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der.* 7(4), 123-129, 2017.
- Park, Y.W., Juárez, M., Ramos, M., Haenlein, G.F.W., 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.* 68,88–113.
- Patır, B., Yıldız, N., İncili, G.K., Gürses, M., 2012., Keçi Sütünde Somatik Hücre Sayısı ile Toplam Mezofilik Aerob Bakteri Sayısı ve Bazı Yetiştiricilik Özellikleri Arasındaki İlişki, *F.Ü.Sağ.Bil.Vet. Derg.*, 26 (3), 145 - 150
- Paape MJ, Poutrel B, Contreras A, Marco JC, Capuco AV, 2001. Milk somatic cells and lactation in small ruminants. *J Dairy Sci* 84 237-244.
- Paape MJ, Wiggans GR, Bannerman DD, Thomas DL, Sanders AH, Contreras A, Moroni P, Miller RH, 2007. Monitoring goat and sheep milk somatic cell counts. *Small Rumin Res.* 68(1-2), 114-125.
- Sağdıç, O., 1996. *Isparta İli Ve Çevresindeki Kıl Keçisi Sütlerinin Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma*. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Serbester, U., Mohammad, M.E.M., Koluman, N., Görgülü, M., 2018. Effects of Different Feeding Systems on Performance and Milk Composition of German Fawn and Saanen Does, *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.*, 21(2), 209-214,
- SPSS 2013. *IBM SPSS Statistics 21.0 for Windows*. Armonk, NY.

- Şengonca, M., 1966. *İzmir, Manisa, Aydın, Denizli Ve Muğla İllerinde Keçi Yetistirciliği, Keçi Tipleri İle Bunların Değişik Sırtlarda Süt Ve Diğer Verimleri Üzerinde Araştırmalar*. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 116, İzmir.
- Tölü, C., Yurtman, İ.Y., Savaş, T., 2010. Gökçeada, Malta ve Türk Saanen Keçi Genotiplerinin Süt Verim Özellikleri Bakımından Karşılaştırılması, *Hayvansal Üretim* 51(1), 8-15,
- Tölü, C., Irmak, S., Açikel, Ş., Akbağ, H.I., Savaş, T., 2016. Türk Saanen Keçilerinde Elle Sağım ile Makineli Sağımın Süt Verimi, Süt Bileşenleri ve Kalıntı Süt Bakımından Karşılaştırılması, *Tarım Bilimleri Dergisi* 22: 462-470
- Tölü, C., Arıkan, K.G., 2019. Süt Keçilerinde Tart-Emzir-Tart (TET) ve Elle Sağım (ES) Yöntemlerinin Süt Verimi ve Bileşenleri Ölçümlerinin Karşılaştırılması, *J. Anim. Prod.*, 60 (1), 1-7
- TÜİK, 2023. Hayvancılık İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas>
- Voutsinas, L., Pappas, C., Katsiari, M., 1990. The Composition of Alpine Goats Milk During Lactation in Greece. *Journal Dairy Res.* 57, 41-51.
- Yazgan, E., Saygılı, M., Çokaklı, B., 2018. Osmaniye İlinde Yetiştirilen Kıl Keçilerinin Süt Kompozisyonu ve Türk Gıda Kodeksi Çiğ Süt Standartlarıyla Karşılaştırılması, *Uluslararası Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 1(1), 12-19
- Yüzer, F., 1994. *Kırklareli İli Kıl ve Malta x Kıl Melez Keçi Sütlerinin Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış). Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Tekirdağ.
- Yılmaz, İ., Can, A., 2022. Milk Yield, Fertility, Udder Characteristics, and Raw Milk Somatic Cell Count of the Damascus Goats Reared in Iğdır Conditions. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 8(2), 358-367. <https://doi.org/10.24180/ijaws.1090613>