



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 3 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 Üniv.
Tarım ve Doğa Dergisi,
46100 – KahramanmaraşTÜRKİYE
Tel : (+90-344) 300 2108

E-mail: 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



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

Sahibi Owner

Prof. Dr. Alptekin YASIM
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv. 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 ÇAYLI

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

Doç. Dr. Tugay AYASAN

Osmaniye Korkut Ata Üniv. Kadırlı Uygulamalı
Bilimler Fak.
tayasas@hotmail.com

Doç. Dr. Kadyrbai CHEKIROV

Kyrgyz-Türkisch Manas University
Faculty of Sciences
kadyr.chekirov@manas.edu.kg

Doç. Dr. Köksal KARADAS

Iğdır Üniv. Ziraat Fak.
Tarım Ekonomisi Böl.
kkaradas2002@gmail.com

Doç. 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

Azarbaijan Shahid Madani Univ.
prslotfollahy@yahoo.com

Doç. 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 Üniv. , 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 AFRİCA	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, İRAN	Prof.Dr. Jose Cola ZANUNCIO Federal Univ. of Vicosa, BRAZIL

Ulusal Danışmanlar Kurulu (Advisory Board)

Doç.Dr. Tugay AYAŞAN Korkutata Üniv. 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 HATIPOĞLU 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 Üniv. , 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

- Determination of metabolic profiling by LC-MS/MS, evaluation of antioxidant activities, and enzyme inhibition effects of *Helichrysum plicatum* subsp. *pseudoplicatum* 501-514
Helichrysum plicatum subsp. *pseudoplicatum*'un LC-MS/MS ile metabolik profilinin belirlenmesi, antioksidan aktivitelerinin ve enzim inhibisyon etkilerinin değerlendirilmesi
Leyla GÜVEN[✉] İlhami GÜLÇİN
- Pathogen Fungal Isolation from Unused and Used Shoes 515-519
Kullanılan ve Kullanılmayan Ayakkabılardan Patojen Fungus İzolasyonu
Muhammet Emin ORAK, Hüseyin TANIŞ[✉]
- Antibiotic Resistance Profiles of Gram Negative Bacteria Isolated From Wastewater 520-527
Atık Sulardan İzole Edilen Gram Negatif Bakterilerin Antibiyotik Direnç Profillerinin Belirlenmesi
Merve CORA[✉], İnci DURUKAN, Gülşen ULUÇAM ATAY, Ali Osman KILIÇ
- Determination of DNA Interaction of Tetrazolato Ligand and Pt(II) Complex by Molecular Docking 528-540
Tetrazolato Ligandı ve Pt(II) Kompleksinin DNA Etkileşiminin Moleküler Doking Yöntemi ile Belirlenmesi
Fatma OKUŞ, Deniz YÜZBAŞIOĞLU[✉], Gonca ÇAKMAK, Nurşen SARI, Fatma ÜNAL
- Seed morphology of *Cuscuta* L. (Convolvulaceae) in Turkey and its systematic importance 541-547
Cuscuta L.'nin (Convolvulaceae) Türkiye'deki tohum morfolojisi ve sistematik önemi
İbrahim DEMİR[✉], Fırat ANGIŞHAN, İlhan KAYA
- Some morphological characteristics and new distribution areas of *Pistacia eurycarpa* Yalt. (Anacardiaceae) species 548-555
Pistacia eurycarpa Yalt. (Anacardiaceae) Türünün Bazı Morfolojik Özellikleri ve Yeni Yayılış Alanları
Ajlan YILMAZ, Ergün ÖZUSLU[✉], Kamil SARP KAYA, Ahmet Zafer TEL
- Determination of Fruit Characteristics of Mulberry (*Morus alba*) Types Grown in Ordu Province 556-564
Ordu İlinde Yetiştirilen Beyaz Dut Tiplerinin (*Morus alba*) Meyve Özelliklerinin Belirlenmesi
Erol AYDIN[✉], Ercan ER, Nilüfer AKSU USLU, Ali TURAN, Saim Zeki BOSTAN
- Determination of the Dormancy and Active Growth Duration of Various Rootstock and Cultivar Combinations of Pear Trees along Their Phenological Stages 565-577
Armut Ağaçlarının Farklı Anaç ve Çeşit Kombinasyonlarının Dormansi ve Aktif Büyüme Süreleri ile Fenolojik Safhalarının Belirlenmesi
Zaki Ahmad FAIZI[✉], Ahmet ÖZTÜRK



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGISİ

- The Response of Different Shading Applications in Terms of Yield, Quality and Antioxidant in Tomato Plant**
Farklı Gölgeleme Uygulamalarının Domates Bitkisinde Verim, Kalite ve Antioksidan Açısından Tepkisi
Adnan KARTAL, Yelderem AKHOUNDNEJAD[✉], Hayriye DAŞGAN, Baki TEMUR, Lale ERSOY
578-585
- On the Red Squill Powder (*Drimia maritima*) As a Botanical Rodenticide: a Preliminary Study on Wild *Rattus norvegicus* in Ankara Province**
Botanik Rodentisitisi Olarak Ada Soğanı Tozu (*Drimia maritima*) Üzerinde; Ankara İli'nde Yabani *Rattus norvegicus* Üzerine Bir Ön Çalışma
Nuri YİĞİT[✉], Emre BARLAS, Şükrü ESİN, Luwieke BOSMA, Derya ÇETİNTÜRK
586-593
- Evaluation of Propylene Oxide as an Alternative Fumigant to Methyl Bromide against Dry Fruit Moth *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae)**
Propilen Oksit'in Kuru Meyve Güvesi *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae)'ya karşı Metil Bromüre Alternatif Bir Fumigant Olarak Değerlendirilmesi
Yeter KÜÇÜKTOPCU[✉], Ali Arda ISIKBER
594-603
- A new genus record for the flora of Türkiye: *Sida* L. (Malvaceae)**
Türkiye Florası İçin Yeni Bir Cins Kaydı: *Sida* L. (Malvaceae)
Selin TÜNK[✉], Aslı KOCA, Sibel UYGUR, Feyzullah Nezihi UYGUR
604-608
- Coleoptera Species Detected on Weeds in Hakkari/Yüksekova Basin**
Hakkari/Yüksekova Havzasında Yabancı Otlar Üzerinde Saptanan Coleoptera Türleri
Mesut SIRRI[✉], Cumali ÖZASLAN
609-621
- A taxonomical and biogeographical analysis of the fauna Metopiinae (Hymenoptera: Ichneumonidae) of Türkiye**
Türkiye Metopiinae (Hymenoptera: Ichneumonidae) Faunasının Taksonomik ve Biyocoğrafik Analizi
Saliha ÇORUH[✉], Janko KOLAROV
622-634
- Effects of Hemp Fibers on Durability and Strength Properties of Concrete to be Used in Agricultural Buildings**
Kenevirin Tarımsal Yapılarda Kullanılan Betonun Bazı Özelliklerine Etkisi
Ahmet Ozan AKINCI, Sedat KARAMAN[✉]
635-643
- Calculation of Heat Requirement Values of Modern Greenhouse Enterprises in Batman Region, Determination of the Effects of Heat Protection Measures on Heat Consumption**
Batman Yöresi Modern Seracılık İşletmelerinin Isı Gereksinim Değerlerinin Hesaplanması, Isı Koruma Önlemlerinin Isı Tüketimine Etkilerinin Belirlenmesi
Sait ÜSTÜN[✉]
644-655



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

- The Effect Of Grain Prices On Food Inflation: A Forward-Looking Evaluation Among The Russia-Ukraine Conflict 656-664
Tahıl Fiyatlarının Gıda Enflasyonu Üzerindeki Etkisi: Rusya-Ukrayna Çatışmasında İleriye Yönelik Bir Değerlendirme
Musa TÜRKÖĞLU, Ayşe DURGUN[✉]
- Analysis of Coconut Production Trends under Three Policy Phases in Nigeria 665-673
Essien ANTIÀ-OBONG[✉], Wisdom ENO, Akaninyene OBOT
- Some Physical and Physicochemical Characteristics of Local Karakılçık Wheat Varieties Grown in Different Provinces of Türkiye 674-684
Türkiye'nin Farklı İllerinde Yetiştirilen Yerel Karakılçık Buğday Çeşitlerinin Bazı Fiziksel ve Fizikokimyasal Özellikleri
Kübranur ÖZKAN, Hülya GÜL[✉]
- Comparison of Some Physical and Chemical Properties of Göknar Cone Molasses and Liquid Syrups Produced in Kastamonu Region 685-694
Kastamonu Yöresinde Üretilen Göknar Kozalak Pekmez ve Sıvı Şuruplarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması
Turgay ÇETİNKAYA, Volkan KARACAOĞLAN, Sibel BAYIL OGUZKAN[✉]
- Determination of Aflatoxin Contamination of Bulk and Packed Spice Red Peppers 695-703
Dökme ve Ambalajlı Baharatlık Kırmızı Biberlerin Aflatoksin Kontaminasyonunun Belirlenmesi
Ahmet Levent İNANÇ[✉]
- Production of Intra-/Extracellular Folate in *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* Bacteria Isolated from Traditional Turkish Yoghurts 704-717
Geleneksel Türk Yoğurtlarından İzole Edilen *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* Bakterilerinde İntra-/Ekstrasellüler Folat Üretimi
Meryem Nur ZEYDANLI, Zehranur YUKSEKDAG[✉], Berat ÇINAR ACAR
- A Preliminary Research on the Trichoptera Fauna of the Kura-Aras River Basin and Eastern Black Sea Streams 718-726
Kura-Aras Nehir Havzası ve Doğu Karadeniz Akarsuları Trichoptera Faunası Üzerine Bir Ön Araştırma
Hazel BAYTAŞOĞLU[✉], İbrahim KÜÇÜKBASMACI
- Birth Behaviors and Birth-Related Measurements in Thoroughbred Horses 727-734
İngiliz Atlarında Bazı Doğum ve Doğuma İlişkin Özellikler ile Tay Davranışları
Yavuzkan PAKSOY[✉], Ömer Faruk GÜNGÖR
- Determination of Milk Components and Effective Factors in Early Lactation Period in Holstein Cattle 735-747
Siyah Alaca Sığırlarda Erken Laktasyon Dönemindeki Süt Bileşimleri ve Etkili Faktörlerin Belirlenmesi
Ugur ZULKADİR[✉]



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

HAKEMLER (Referees)*

Prof. Dr. İzzet AKÇA	Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Samsun
Dr. Sanem AKDENİZ ŞAFAK	Ankara Üniv. Kalecik MYO Bitkisel Ve Hayvansal Üretim Böl. Ankara
Doç. Dr. Mehmet AKYÜZ	Kilis 7 Aralık Üniv. Fen Fak. Kimya Böl. Kilis
Dr.Öğr.Üyesi Bayram ALPARSLAN	Ağrı İbrahim Çeçen Üniv. Eczacılık Fak. Temel Eczacılık Bilimleri Böl. Ağrı
Prof. Dr. Filiz ALTAY	İstanbul Teknik Üniv. Kimya-Metalurji Fak. Gıda Mühendisliği Böl. İstanbul
Dr.Öğr.Üyesi Mahmut Alper ALTINOK	Erciyes Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Kayseri
Prof. Dr. Zülal AŞCI TORAMAN	Fırat Üniv. Tıp Fak. Temel Tıp Bilimleri Böl. Elazığ
Prof. Dr. Recep AYDIN	Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Zootekni Böl. Erzurum
Assoc.Prof. Dr. Mehmet Maruf BALOS	Provincial Directorate of National Education, Şanlıurfa
Doç.Dr. Alamettin BAYAV	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Isparta
Prof. Dr. Erol BAYHAN	Dicle Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Diyarbakır
Prof. Dr. Bahri BAYRAM	Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Zootekni Böl. Erzurum
Prof. Dr. Korkmaz BELLİTÜRK	Tekirdağ Namık Kemal Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bil. ve Bitki Bes. Böl. Tekirdağ
Doç.Dr. Sedat BOYACI	Kırşehir Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Biyosistem Mühendisliği Böl. Kırşehir
Prof. Dr. Adnan BOZDOĞAN	Osmaniye Korkut Ata Üniv. Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fak. Osmaniye
Dr.Öğr.Üyesi Olcay BOZDOĞAN	Malatya Turgut Özal Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Malatya
Prof. Dr. Mehmet Ali BOZKURT	Yüzüncü Yıl Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl. Van
Doç.Dr. Figen CEYLAN	Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Antalya
Prof. Dr. Ali COŞKAN	Isparta Uygulamalı Bil. Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bil.ve Bitki Bes. Böl. Isparta
Doç.Dr. Ahmet Duran ÇELİK	Hatay Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Hatay
Doç.Dr. Şenol ÇELİK	Bingöl Üniv. Ziraat Fak. Zootekni Böl. Bingöl
Prof. Dr. Emine ÇIKMAN	Harran Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Şanlıurfa
Prof. Dr. Erdogan ÇİÇEK	Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniv. Fen-Edebiyat Fak. Biyoloji Böl. Nevşehir
Prof. Dr. Vedat Dağdemir	Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Erzurum
Prof. Dr. Zeynel DALKILIÇ	Aydın Adnan Menderes Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Aydın
Doç.Dr. Abdullah DEMİR	Kütahya Dumlupınar Üniv. Mühendislik Fak. Kütahya
Doç.Dr. Nuray DEMİR	Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Erzurum
Dr.Öğr.Üyesi Alper DEMİRDÖĞEN	Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Ankara
Prof. Dr. Belgin ERDEM	Kırşehir Ahi Evran Üniv. Sağlık Hizmetleri MYO Kırşehir
Prof. Dr. Funda ERYILMAZ AÇIKGÖZ	Tekirdağ Namık Kemal Üniv. Teknik Bilimler MYO Tekirdağ
Dr.Öğr.Üyesi Nur Ertek TOSUN	Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Erzurum
Doç.Dr. Mehmet FİDAN	Siirt Üniv. Fen-Edebiyat Fak. Biyoloji Böl. Siirt
Doç.Dr. Serdar GENÇ	Kırşehir Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Biyoteknoloji Böl. Kırşehir
Prof. Dr. Lutfiye GENÇER	Sivas Cumhuriyet Üniv. Fen Fak. Biyoloji Böl. Sivas
Prof. Dr. Serap GÖNCÜ	Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Zootekni Böl. Adana

* Soyada göre sıralanmıştır.



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

Prof. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK	İğdır Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl.
Dr.Öğr.Üyesi Özlem GÜCÜYENER HACAN	Afyon Kocatepe Üniv. Veteriner Fak. Zootečni ve Hayvan Besleme Böl. Afyon
Dr. Duran GÜLER	Ege Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. İzmir
Prof. Dr. Ferruh İŞİN	Ege Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. İzmir
Prof. Dr. Mustafa GÜRSES	Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Gıda Mühendisliği Böl. Erzurum
Prof. Dr. Ayhan HORUZ	Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl. Samsun
Prof. Dr. Ahmet İLÇİM	Hatay Mustafa Kemal Üniv. Fen-Edebiyat Fak. Biyoloji Böl. Hatay
Prof. Dr. Ali İSLAM	Ordu Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Ordu
Prof. Dr. Ergin KARİPTAŞ	Samsun Üniv. Tıp Fak. Temel Tıp Bilimleri Böl. Samsun
Prof. Dr. Özgün KALKIŞIM	Recep Tayyip Erdoğan Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Rize
Prof. Dr. Yusuf KATILMIŞ	Pamukkale Üniv. Fen Fak. Biyoloji Böl. Denizli
Prof. Dr. Arzu KAVAZ YÜKSEL	Atatürk Üniv. Teknik Bilimler MYO Gıda İşleme Böl. Erzurum
Prof. Dr. Kamil KARUT	Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Adana
Prof. Dr. Haluk Çağlar KAYMAK	Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Erzurum
Dr.Öğr.Üyesi Neslihan KAYA KINAYTÜRK	Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniv. Fen-Edebiyat Fak. Burdur
Dr.Öğr.Üyesi Yasin Emre KİTİŞ	Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Antalya
Prof. Dr. Erdogan Küçüköner	SDU. Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fak. Gıda Mühendisliği Böl. Isparta
Dr.Öğr.Üyesi Belkıs MUCA	İğdır Üniv. İğdır Teknik Bilimler MYO İğdır
Dr.Öğr.Üyesi Filiz ORAK	KSÜ Tıp Fak. Temel Tıp Bilimleri Böl. Kahramanmaraş
Dr.Öğr.Üyesi Erkan ÖNER	Adıyaman Üniv. Eczacılık Fak. Temel Eczacılık Bilimleri Böl. Adıyaman
Prof. Dr. Salih ÖZDEMİR	Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Gıda Mühendisliği Böl. Erzurum
Doç.Dr. Harun ÖZER	Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Samsun
Prof. Dr. İnanç ÖZGEN	Fırat Üniv. Baskil MYO Bitkisel ve Hayvansal Üretim Böl. Elazığ
Doç.Dr. Nurcan ÖZKAN	Trakya Üniv. Eğitim Fak. Matematik Ve Fen Bilimleri Eğitimi Böl. Edirne
Dr.Öğr.Üyesi Vedat Kadir ÖZKAN	Muğla Sıtkı Koçman Üniv. Muğla Sağlık Hizmetleri MYO Muğla
Prof. Dr. Mehmet Oğuz ÖZTÜRK	Afyon Kocatepe Üniv. Fen-Edebiyat Fak. Moleküler Biy. ve Genetik Böl. Afyon
Dr. Ramaiah PRAKASH	Department of Civil Engineering, Tamil Nadu, INDIA
Prof. Dr. Adviye Gülçin SAĞDIÇOĞLU	Gazi Üniv. Sağlık Bilimleri Fak. Beslenme ve Diyetetik Böl. Ankara
Prof. Dr. Özgür SAĞLAM	Tekirdağ Namık Kemal Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Tekirdağ
Dr.Öğr.Üyesi Salih SARICAOĞLU	Ondokuz Mayıs Üniv. Fen Fak. Biyoloji Böl. Samsun
Prof. Dr. Cengiz SAYIN	Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Antalya
Doç.Dr. Abdurrahman SEFALI	Bayburt Üniv. Eğitim Fak. Temel Eğitim Böl. Bayburt
Doç.Dr. Evrim SÖNMEZ	Sinop Üniv. Eğitim Fak. Matematik Ve Fen Bilimleri Eğitimi Böl. Sinop
Prof. Dr. Fahri SÖNMEZ	Tokat Gaziosmanpaşa Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Tokat
Dr.Öğr.Üyesi Ünal ŞİRİN	Van Yüzüncü Yıl Üniv. Ziraat Fak. Biyosistem Mühendisliği Böl. Van
Doç.Dr. Nuran TAPKI	Hatay Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Hatay
Dr.Öğr.Üyesi Hacı Hayrettin TIRAŞ	KSÜ İktisadi ve İdari Bilimler Fak. Kahramanmaraş
Prof. Dr. Ali TOPAL	Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Konya



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

Doç. Dr.	Cemil TÖLÜ	Çanakkale Onsekiz Mart Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Çanakkale
Dr.Öğr.Üyesi	Enis Fuat TÜFEKÇİ	Kastamonu Üniv. Tıp Fak. Temel Tıp Bilimleri Böl. Kastamonu
Prof. Dr.	Halil UĞRAŞ	Düzce Üniv. Fen Edebiyat Fak. Biyoloji Böl. Düzce
Prof. Dr.	Ahmet ULUDAG	Çanakkale Onsekiz Mart Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Çanakkale
Prof. Dr.	Hakan USLU	Atatürk Üniv. Tıp Fak. Temel Tıp Bilimleri Böl. Erzurum
Prof. Dr.	Veli UYGUR	Isparta Uygulamalı Bil. Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bil.ve Bitki Bes. Böl. Isparta
Prof. Dr.	Yaşar UYSAL	Dokuz Eylül Üniv. İktisadi ve İdari Bilimler Fak. İktisat Böl. İzmir
Dr.Öğr.Üyesi	Nihan ÜNLÜ	İstanbul Gelişim Üniv. Sağlık Hizmetleri MYO İstanbul
Prof. Dr.	İlhan ÜREMİŞ	Hatay Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl. Hatay
Prof. Dr.	Hasan VARDİN	Harran Üniv. Mühendislik Fak. Gıda Mühendisliği Böl. Şanlıurfa
Prof. Dr.	Hasan VURAL	Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Bursa
Doç. Dr.	Ali YILDIRIM	Harran Üniv. Mühendislik Fak. Gıda Mühendisliği Böl. Şanlıurfa
Prof. Dr.	Kenan YILDIZ	Tokat Gaziosmanpaşa Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Tokat
Prof. Dr.	Nuri YILMAZ	Ordu Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Ordu
Prof. Dr.	Murat YURTCAN	Trakya Üniv. Fen Fak. Biyoloji Böl. Edirne
Doç. Dr.	Rüveyda YÜZBAŞIOĞLU	Tokat Gaziosmanpaşa Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Tokat
Prof. Dr.	Zeynep ZAİMOĞLU	Çukurova Üniv. Mühendislik Fak. Çevre Mühendisliği Böl. Adana

Determination of metabolic profiling by LC-MS/MS, evaluation of antioxidant activities, and enzyme inhibition effects of *Helichrysum plicatum* subsp. *pseudoplicatum*

Leyla GÜVEN¹, İlhami GÜLÇİN²

¹Department of Pharmaceutical Botany, Faculty of Pharmacy, Atatürk University, 25240 Erzurum, Türkiye, ²Department of Chemistry, Faculty of Science, Atatürk University, 25240 Erzurum, Türkiye,

¹<https://orcid.org/0000-0002-3189-6415>, ²<https://orcid.org/0000-0001-5993-1668>

✉: leyla.guven@atauni.edu.tr

ABSTRACT

Helichrysum species are traditionally used to treat many diseases. In this study, the antioxidant and enzyme inhibition abilities of methanol (MEHP) and water extracts (WEHP) from *Helichrysum plicatum* subsp. *Pseudoplicatum* was evaluated. Also, the phenolic compounds will be assessed and the quantities of total phenols and flavonoids will be calculated. For evaluation of antioxidant activity of both extracts was assessed using DPPH, ABTS and DMPD radical scavenging, FRAP, CUPRAC, and Fe³⁺ reduction methods were used. The inhibition effects of extracts were spectrophotometrically evaluated on the α -glucosidase (α -Gly), acetylcholinesterase (AChE), and carbonic anhydrase II (CA II) enzymes. These inhibition effects were compared to the standard inhibitors. The qualitative and quantitative phenolic components in extracts were analyzed by liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS), employing both methods. The IC₅₀ value, which is the inhibitor concentration that causes 50% inhibition of MEHP and WEHP, is found as 2.39 and 2.97 $\mu\text{g mL}^{-1}$ for α -gly, 2.48 and 3.59 $\mu\text{g mL}^{-1}$ for AChE and 11.95 and 25.67 $\mu\text{g mL}^{-1}$ for CA II. The quantity of phenols in MEHP and WEHP were 46.00 and 33.50 $\mu\text{g GAE mg}^{-1}$ extract, 62.13 and 103.93 $\mu\text{g QE mg}^{-1}$ extract flavonoids, respectively. IC₅₀ values of MEHP and WEHP were calculated as 40.77 and 49.51 $\mu\text{g mL}^{-1}$ for DPPH radical scavenging, 10.50 and 17.77 $\mu\text{g mL}^{-1}$ ABTS radical scavenging and 99.02 and 77.01 $\mu\text{g mL}^{-1}$ DMPD radical scavenging. The absorbance values of reducing abilities of MEHP and WEHP were found as 0.555 and 0.495 Fe³⁺ reducing ability, 0.577 and 0.286 for FRAP reducing ability and 0.402 and 0.315 for Cu²⁺ reducing ability. As a result of the LC-MS/MS analysis, the levels of phenolic compounds such as chlorogenic acid, cyanidin-3-O-glucoside and quinic acid were found to be high in MEHP and WEHP. In this study, it was observed that MEHP and WEHP have strong antioxidant properties and effectively inhibited the enzymes activities. The findings clearly reveal the antioxidant and enzyme inhibition potential of *Helichrysum* species, which have been used in traditional medicine for a long time. *Helichrysum plicatum* extracts used in this study show that they are very effective against diabetes, glaucoma and Alzheimer's disease, which are global and common diseases.

Biochemistry

Research Article

Article History

Received : 15.09.2023

Accepted : 02.11.2023

Keywords

Antioxidant
Enzyme inhibition
LC-MS/MS
Helichrysum
Asteracea

Helichrysum plicatum subsp. *pseudoplicatum*'un LC-MS/MS ile metabolik profilinin belirlenmesi, antioksidan aktivitelerinin ve enzim inhibisyon etkilerinin değerlendirilmesi

ÖZET

Helichrysum türleri geleneksel olarak birçok hastalık tedavisinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, *Helichrysum plicatum* subsp. *pseudoplicatum*'den elde edilen metanol (MEHP) ve su (WEHP) ekstratlarının antioksidan ve enzim inhibisyon etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca her iki ekstrede bulunan fenolik bileşiklerin belirlenmesi ve toplam fenolik ve flavonoid miktarlarının hesaplanması da amaçlanmıştır. Her iki ekstrenin antioksidan aktivitesini

Biyokimya

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 15.09.2023

Kabul Tarihi : 02.11.2023

değerlendirmek için DPPH, ABTS ve DMPD radikal giderme, FRAP, Cu^{2+} ve Fe^{3+} indirgeme metotları kullanılmıştır. Ekstrelerin α -glükozidaz (α -Gly), asetilkolinesteraz (AChE) ve karbonik anhidraz II (CA II) enzimleri üzerinde inhibisyon etkileri spektrofotometrik olarak değerlendirildi ve standart inhibitörler ile mukayese edildi. Ekstrelerde bulunan fenolik maddelerin kalitatif ve kantitatif analizi ise sıvı kromatografisi tandem kütle spektrometresi (LC-MS/MS) ile belirlendi. MEHP ve WEHP'ye ait %50 inhibisyona sebep olan inhibitör konsantrasyonu olan IC_{50} değeri, α -Gly için 2.39 ve 2.97 $\mu g mL^{-1}$, AChE için 2.48 ve 3.59 $\mu g mL^{-1}$ ve CA II için ise 11.95 ve 25.67 $\mu g mL^{-1}$ olarak bulundu. MEHP ve WEHP'deki toplam fenolik miktarı sırasıyla 46.00 ve 33.50 $\mu g GAE mg^{-1}$ ekstre; toplam flavonoit ise 62.13 ve 103.93 $\mu g QE mg^{-1}$ ekstre olarak hesaplandı. MEHP ve WEHP'nin sırasıyla DPPH radikal gidermeye ait IC_{50} değerleri 40.77 ve 49.51 $\mu g/mL$, ABTS radikal gidermeye ait IC_{50} değerleri ise 10.50 ve 17.77 $\mu g mL^{-1}$ ve DMPD radikal gidermeye ait IC_{50} değerleri $IC_{50}= 99.02$ ve 77.01 $\mu g mL^{-1}$ olarak belirlenmiştir. MEHP ve WEHP'in Fe^{3+} indirgeme kapasitesine ait absorbans değerleri sırasıyla indirgeme 0.555 ve 0.495, FRAP indirgeme kapasitesine ait absorbans değerleri 0.577 ve 0.286 ve Cu^{2+} indirgeme kapasitesine ait absorbans değerleri ise 0.402 ve 0.315 olarak bulundu. LC-MS/MS analizi sonucunda MEHP ve WEHP'de klorojenik asit, siyanidin-3-O-glükozit ve kinik asidin en fazla bulunduğu belirlendi. Bu çalışmada, MEHP ve WEHP'in etkili antioksidan etkiye sahip olduğunu ve α -Gly, AChE ve CA II enzimlerini etkili bir şekilde inhibe ettiği gözlemlendi. Elde edilen bulgular, geleneksel tıpta uzun süredir kullanılan *Helichrysum* türlerinin antioksidan ve enzim inhibisyon potansiyelini açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu çalışmada kullanılan *Helichrysum plicatum* ekstreleri global ve yaygın birer hastalık olan diyabet, glokom ve Alzheimer hastalığına karşı oldukça etkili olduklarını gösterdi.

Anahtar Kelimeler

Antioksidan
Enzim inhibisyon
LC-MS/MS
Helichrysum
Asteraceae

Atıf Şekli: Güven, L., & Gülçin, İ., (2024) *Helichrysum plicatum* subsp. *pseudoplicatum*'un LC-MS/MS ile metabolik profilinin belirlenmesi, antioksidan aktivitelerinin ve enzim inhibisyon etkilerinin değerlendirilmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(3), 501-514. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1360450>

To Cite : Güven, L., & Gülçin, İ., (2024). Determination of metabolic profiling by LC-MS/MS, evaluation of antioxidant activities, and enzyme inhibition effects of *Helichrysum plicatum* subsp. *pseudoplicatum*. *KSU J. Agric Nat* 27(3), 501-514. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1360450>

INTRODUCTION

Helichrysum genus (Asteraceae), a Mediterranean region plant, has more than 600 species (Kherbache et al., 2020). *Helichrysum* species are known by names such as immortelle, everlasting flower in Europe, and "altın otu, ölmez çiçek" in Türkiye (Miloglu et al., 2023). When the botanical characteristics of *H. plicatum* subsp. *pseudoplicatum* are examined, it is seen that it is generally hairless, straight stem, narrow linear leaves and small capitula (4-6 pieces). Compared to *H. plicatum* subsp. it has denser indumentum, slightly more curved stems, wider leaves and larger capitula (6-8 mm). Except for the difference in color, the taxa are clearly indistinguishable, there are intermediate forms with yellow capitula (Davis & Kupicha, 1975). *Helichrysum plicatum* is traditionally used in the treatment of diseases such as heart, liver and kidney diseases, kidney stone, jaundice, cough, stomach and head AChE, high blood pressure, hemorrhoids, diarrhea, hair care complaints (growth, loss). The

plant has also wound healing properties (Miloglu et al., 2023). It is generally used for infusion, decoction and soaking in oil or milk (Kazancı et al., 2020). In biological effect studies on *Helichrysum* species, antimicrobial (Smirnov et al., 1982), antioxidant (Tepe et al., 2004), antidiabetic (Aslan et al., 2007), antihyperlipidemia (Farris et al., 2017), hepatoprotective (Pljevljakusic et al., 2018), and kidney stone-reducing effects (Bayir et al., 2011) have been reported. *Helichrysum* species contain phenolic acids (Carini et al., 2001), flavonoid derivative compounds (Albayrak, et al., 2010a), steroidal compounds (Aydin, 2020), chalcones (Al-Rehaily et al., 2008), sesquiterpenes (Benelli et al., 2018), coumarin and pyrones (Pljevljakusic et al., 2018) and phloroglucinol (Popoola et al., 2015) derivatives.

Medicinal plants have antioxidant capability with their reducing, free radical scavenging and quenching the formation of singlet oxygen. These properties are due to phenolic substances, also known as secondary compounds, in their structure (Güven et al., 2022).

Oxidative stress is a result of an imbalance between reactive oxygen species (ROS) and antioxidant defenses (Gulcin 2020). ROS causes cell and DNA damage and is linked to neurodegenerative diseases. Phenolic compounds in plants protect cells against the harmful effects of ROS by donating electrons, chelating metal ions and stimulating antioxidant enzymes (Sezer Senol et al., 2016; Durmaz et al., 2022). Antioxidants are substances that have a protective role in food and pharmaceutical products against oxidative degradation and against pathological processes mediated by oxidative stress in the body (Gulcin 2020). According to some studies, plants with antioxidant effects are suitable for the treatment of Alzheimer's disease, diabetes mellitus, and glaucoma. Some of the drugs used in such diseases act inhibition effects on some metabolic enzymes such as AChE, α -Gly, and CA II. In addition, the interest in herbal products is increasing day by

day due to the various side effects of the drugs used in the treatment (Güven et al., 2023).

In this study, antioxidant, antidiabetic, anti-Alzheimer's disease and antiglaucoma properties of the traditionally used plant *H. plicatum* subsp. *pseudoplicatum* were revealed. The phenolic compounds that may be responsible for these effects were determined by LC-MS/MS.

MATERIAL and METHOD

Plant materials

Helichrysum plicatum subsp. *pseudoplicatum* DC. was collected by Dr. Leyla Güven from Erzurum Köşk village in July 2019 at an altitude of 1950 meters and identified by Prof. Dr. Yusuf Kaya. The plant sample is stored at the Biodiversity Application and Research Center of Atatürk University Erzurum, Turkey (AEF 1374) (Figure 1).



Figure 1. *Helichrysum plicatum* subsp. *pseudoplicatum*
Şekil 1. *Helichrysum plicatum* subsp. *pseudoplicatum*

Extraction

To prepare the aerial part of *Helichrysum plicatum* subsp. *pseudoplicatum* methanol extract (MEHP), 500 mL of methanol was added to 20 g of dried and powdered plant. The mixture was then extracted with a mechanical stirrer at 40 °C overnight. The mixture was then filtered and the filtrate was evaporated to dryness in the rotary evaporator. In order to prepare the aerial part of *Helichrysum plicatum* subsp. *pseudoplicatum* water extract (WEHP), 20 g of powdered plant was poured with boiling water at 100 °C and extracted with a mixer at 50 °C for 4 hours and filtered while hot. The separated filtrate was evaporated to dryness in a lyophilizer. The obtained extracts were stored at -18 °C until the day of the experiment. The yield of methanol and water extracts

were found respectively as 27.02 % and 20.53%

Liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry (LC-MS /MS) Method

Phenolic compound analyzes were determined according to the method of Güven et al. (2023). Standard stock preparation process, validation study, quality control solutions and chromatography/mass spectroscopy conditions for phenolic compounds are explained in detail in the study of Güven et al. (2023). Liquid chromatography coupled to mass spectrometer (LC-MS/MS) is used in the analysis of phenolic compounds. Agilent Technologies 1290 Infinity LC system (Palo Alto, USA) with an autosampler (Agilent 1260 Infinity G1329B ALS), dual pump (Agilent 1260 Infinity G1312B (600 bar), degasser (Agilent 1260

Infinity G4225A HiP), and thermostated column (Agilent 1290 Infinity TCC G1316C) was used for the liquid chromatography component. On a Zorbax SB-C18 column with dimensions of 3.5 m, 100 mm 4.6 mm, kept at 30°C, the phenolic compounds were separated. By gradient elution of a mobile phase combination consisting of water with (A) 0.1% formic acid and (B) acetonitrile with 0.1% formic acid, the phenolic compounds were separated by chromatography.

An Agilent 6460 mass spectrometer (Palo Alto, USA) with an electrospray ionization (ESI) source was used for the mass spectrometric detection. The nebulizing gas (N₂) pressure was 55 psi; the capillary voltage was 3.5 kV in negative mode; the drying gas (N₂) temperature and flow were 350°C and 12 L min⁻¹, respectively. To each quadrupole, a resolution of one unit was applied. To improve the MRM conditions, flow injections of each particular chemical were employed. The Agilent MassHunter Workstation (Agilent) software performed this automatically for the majority of metabolites, although the ideal cone voltages and collision energies for select compounds were found during collision-induced dissociation (CID) studies and manually configured. The minimum dwell period for each MRM transition was 25 milliseconds.

Reducing potentials

The Fe³⁺ reducing capacity method of *Helichrysum* extracts was developed by Oyaizu (1986) as described in detail (Gülçin, 2020). In this method, reducing activity was detected by the straight reduction of Fe³⁺(CN⁻)₆. Then, addition of excess ferric ions (Fe³⁺) resulted the formation of the Perl's Prussian blue complex. For this purpose, 0.75 mL *Helichrysum* extracts, which including different concentrations of the (15-45 µg mL⁻¹) were added with K₃Fe(CN)₆ (1 %, 1.25 mL) and buffer (1.25 mL, 0.2 M, pH 6.6) solutions. Then, the mixture was incubated at 50°C for half hour. Then, 1.25 mL of trichloroacetic acid (TCA, 10 %) and FeCl₃ (0.5 mL, 0.1 %) was added to the mixture and the absorbance was read at 700 nm (Kiziltas et al., 2021).

Cu²⁺ reducing capacity (CUPRAC) of *Helichrysum* extracts was determined according to Gülçin's method (2008). In this method, neocuproine was used as a chromogenic oxidizing agent. Firstly, acetate buffer (1.0 M), CuCl₂ solution (10 mM), and neocuproine solution (7.5 mM) were added to each tube, as 1 mL and each tube were vortexed. The concentrations of the all samples were between 15-45 µg mL⁻¹ and were added to tubes. The volumes of those tubes were completed to 4 mL with distilled water. The samples were kept at 25 °C for half hour. The absorbance was measured at 450 nm. The increased absorbance was defined as a rate of reducing ability (Apak et al.,

2022; Ak & Gülçin, 2008; Koçyiğit et al., 2022).

Reduction method of TPTZ-Fe³⁺ complex of *Helichrysum* extracts, also known as FRAP method. FRAP method is based on reduction of TPTZ-Fe³⁺ complex at acidic conditions. For this purpose, fresh TPTZ solution (10 mM) was prepared and mixed to buffer solution (pH 3.6, 0.3 M) and 20 mM FeCl₃ solution in water. Different concentrations (15-45 µg mL⁻¹) of *Helichrysum* extracts were dissolved in 5 mL of appropriate buffer, stirred and left at 37°C for half hour. Finally, the absorbances were recorded at 593 nm (Göçer and Gülçin 2011).

Radical scavenging activities

The DPPH[•] radical scavenging capacity of *Helichrysum* extracts was determined by modifying the Blois method (1958) as given in a previous study (Gülçin & Alwasel, 2023). The method is rest on the removal of DPPH free radicals through antioxidants. The concentration of both extracts and standards were prepared as 15-45 µg mL⁻¹. 1 mL of DPPH[•] (0.1 mM) was added to tubes of each sample. These tubes were left in the dark at 25 °C for 30 min. The measurements were made at 517 nm. The potentials of samples on DPPH[•] were determined and compared to the standards. In the end, IC₅₀ values of all samples were calculated. The reduction in absorbance shows the DPPH free radical scavenging of samples capability.

The determination of DMPD^{•+} radical scavenging activity was made according to the method of Fogliona et al (1999). For this aim, 0.2 mL of 0.05 M FeCl₃ and 1 mL of DMPD solution were added to of buffer (100 mL, pH 5.3, 100 mM). The concentrations of the all samples were prepared as 15-45 µg mL⁻¹. The total volume was adjusted to 0.5 mL by water. An aliquot (1 mL) of DMPD^{•+} solution was transferred and absorbance was recorded at 505 nm after incubation for an hour (Gülçin et al., 2010).

As the last radical scavenging technique, the ABTS^{•+} free radical scavenging capacity of *Helichrysum* extracts was developed and applied according to the method of Re et al. (1999) as give priorly Köse et al. (2015). According to this assay firstly, ABTS radical cation was generated. Thus, ABTS (7.0 mM) and K₂S₂O₈ (2.45 mM) were reacted. Before measurement, absorbance of the solution was adjusted to 0.750±0.025 at 734 nm with buffer solution (pH 7.4, 0.1 M). Then, to 1 mL of ABTS^{•+} solution, 3 mL solution of *Helichrysum* extracts at different concentrations (15-45 µg mL⁻¹) was added. After half hour, the percent inhibition of ABTS^{•+} at 734 nm was measured for all samples. The reduction in absorbance shows the ABTS^{•+} free radical scavenging of samples capability.

In addition, the Fe²⁺ chelating effect of *Helichrysum* extracts was performed by modifying the method described by Re et al. (1999) as given in a recent study (Gulcin & Alwasel, 2022). Different concentrations (15-45 µg mL⁻¹) of *Helichrysum* extracts and standard compounds were transferred to 0.125 mL FeSO₄ (2 mM) solution. Then 0.5 mL of Tris-HCl solution (pH 7.4) is added and incubated for 30 minutes. Then, 0.75 mL of 0.2% bipyridyl solution dissolved in HCl (0.2 M), 0.125 mL of ethanol, and 0.595 mL of water are added to the mixture, respectively, and incubated for 15 minutes. Ethanol was used as a blank and absorbances were measured at 522 nm (Çetinkaya et al., 2012).

Determination of total soluble phenolic and flavonoid contents

MEHP and WEHP (0.5 mL) were added to 1.0 mL of Folin-Ciocalteu reagent (Singleton and Rossi, 1999) as described in detail in Kızıldaş et al. (2021). Afterward, carbonate (0.5 mL, 1%) was added and the mixture was stirred vigorously. Absorbance was measured at 760 nm against a water-containing blank sample after 2 h of incubation in the dark at room temperature. The quantity of phenol in one gram of *Helichrysum* extracts was calculated as mg of gallic acid equivalents (GAE).

The total flavonoid contents were determined using the aluminum chloride (AlCl₃) technique (Kızıldaş et al. 2021) Briefly, 0.5 mL of the *Helichrysum* extract solutions were combined with 1.5 mL of 95% methanol, 1.5 mL of 10% AlCl₃, 0.5 mL of 1.0 M potassium acetate solution, and 2.3 mL of distilled deionized water. The absorbance was measured at 415 nm after incubation in the dark (25 °C, 40 min). Water was used as the blank sample. The total amount of flavonoids was calculated as mg quercetin equivalents (QE) g⁻¹ of *Helichrysum* extracts

Enzym inhibitory capacity assays

The inhibitory capacity of *Helichrysum* extracts against AChE was analyzed according to the Ellman's method (1961). Acetylthiocholine iodide were used as substrates. AChE ability was designated using 5,5'-dithiobis (2-nitrobenzoic) acid (DTNB). The solutions (50–200 µL) and the buffer solution (100 µL, pH 8.0, Tris-HCl, 1.0 M) were mixed to with AChE enzyme solution. After this step, the mixture was waited at 20°C for 10 min. Then, 50 µL substrate and DTNB and were added to the mixtures and finally, the activity was measured at 412 nm (Gulcin et al., 2019, Karagecili et al., 2023)

The inhibitory effect of *Helichrysum* extracts on α-glycosidase enzyme inhibitory effect were tested using a *p*-nitrophenyl-*D*-glycopyranoside (*p*-NPG) substrate (Tao et al., 2013). First, 40 µL of the sample solution was mixed with 200 µL phosphate buffer (0.15

EU/mL, pH 7.4). Furthermore, after preincubation, 50 µL *p*-NPG in phosphate buffer (5 mM, pH 7.4) was added and incubated again at 30 °C. Absorbance was measured spectrophotometrically at 405 nm according to previous studies. (Gülçin et al., 2022; Ozaslan et al., 2022).

The CA II isoenzyme was purified from human erythrocytes using Sepharose-4B-L-Tyrosine sulphonamides affinity column chromatography. The erythrocytes were precipitated by centrifugation, the serum separated and the pH of the serum was then adjusted to 8.7 with solid Tris. The prepared sample was then placed in the affinity chromatography column and subjected to equilibration with Tris-Na₂SO₄/HCl (pH 8.7, 22 mM/25 mM). The enzyme CA II was subjected to a washing procedure with a solution containing sodium acetate/NaClO₄. The pH of the solution was adjusted to 5.6 and the temperature was maintained at 25°C. Quantification of the protein content was performed during the purification test using the Bradford method (Taslimi & Gulcin, 2018; Şenol et al., 2023). The standard protein used in the study was bovine serum albumin. The purity of CA II was verified by SDS-PAGE. During the purification and inhibition of CA II, the esterase activities were performed by monitoring the variation in absorbance at 348 nm (Topal & Gulcin, 2014; Huyut et al., 2017; Bayrak et al., 2019)

Statistical analyses

Statistical analyses were performed in the SPSS 25.0 package program (IBM Corp., Armonk, N.Y., USA). Descriptive statistical analyses were performed. *p* values less than 0.05 at the 95% confidence interval were considered statistically significant. To examine the effect of the intervention on the biochemical parameters, one-way ANOVA and two-way (2x2) analysis of variance (two way between subjects ANOVA) tests were used. Two-way (2x2) ANOVA analysis resulted *p* values for group differences, for dose differences, and for interaction of group and dose. Post-hoc Tukey test was used to analyze pairwise comparisons.

RESULTS and DISCUSSION

Helichrysum species have attracted the attention of many researchers due to their use among the public. The determination of the active substances responsible for the effect takes an important place in the researches. There is also a need for scientific validation, standardization and safety assessment of herbs used in traditional medicine (Raina et al., 2008). Phytochemical and analytical studies in *Helichrysum* species (Silva et al., 2017) are usually presented together as was done in this study. Phenolic compounds are produced as secondary metabolites in plants and have beneficial properties

for human health. When consumed regularly for nutritional or health purposes, they play a positive role in preventing or treating many diseases (Gulcin and Beydemir, 2013). Phenolic compounds' effects on health can be attributed to their antioxidant properties, which are mediated by different

mechanisms such as the elimination of ROS, the chelation of some metal ions, and oxidative stress. It is also used in metabolic and neurodegenerative diseases due to the effects of phenolic compounds on enzymes (Taslimi et al. 2020).

Table 1. Quantitative screening of phenolic compounds in MEHP and WEHP by LC-MS/MS
Çizelge 1. MEHP ve WEHP'deki fenolik bileşiklerin LC-MS/MS ile kantitatif taranması

No	Analytes	RT ^a	M.I. (m/z) ^b	F.I. (m/z) ^c	Ion. mode	MEHP (ng mL ⁻¹)	WEHP (ng mL ⁻¹)
1	Quinic acid	2.36	190.9	85.0	Neg	21648.41	5862.96
2	Fumaric acid	3.86	114.9	71.1	Neg	2287.01	695.18
3	Gallic acid	5.48	168.9	79.0	Neg	1.17	ND ^d
4	Pyrogallol	6.16	124.9	96.6	Neg	ND	ND
5	Chlorogenic acid	10.71	352.9	190.9	Neg	30064.34	16801.47
6	Catechin	10.94	289.1	244.9	Neg	ND	ND
7	Peonidin-3- <i>O</i> -glucoside	11.02	460.9	298.8	Neg	ND	5.98
8	4-OH-benzoic acid	11.25	137.0	93.1	Neg	37.58	ND
9	Epicatechin	11.36	289.0	244.9	Neg	ND	ND
10	Caffeic acid	11.46	178.8	134.8	Neg	189.62	ND
11	Keracyanin chloride	11.56	592.8	284.7	Neg	ND	118.74
12	Vanillic acid	11.57	166.9	151.9	Neg	ND	ND
13	Syringic acid	11.58	169.9	122.8	Neg	ND	ND
14	Epigallocatechin gallate	11.66	456.8	304.9	Neg	ND	ND
15	Naringin	11.86	579.0	270.8	Neg	ND	764.94
16	Ellagic acid	11.97	300.8	283.4	Neg	ND	ND
17	Hesperidin	11.98	609.0	300.9	Neg	ND	ND
18	Cyanidin-3- <i>O</i> -glucoside	12.04	447.1	283.8	Neg	29898.66	31474.77
19	Vitexin	12.11	430.9	310.9	Neg	ND	ND
20	<i>p</i> -Coumaric acid	12.22	163.0	118.9	Neg	71.76	ND
21	Sinapic acid	12.34	222.8	163.9	Neg	ND	ND
22	Taxifolin	12.36	302.9	124.7	Neg	ND	ND
23	Rosmarinic acid	12.49	358.8	160.8	Neg	48.17	370.98
24	Ferulic acid	12.50	193.0	134.0	Neg	ND	ND
25	Vanillin	12.59	151.0	135.8	Neg	ND	ND
26	Myricetin	12.71	316.9	150.9	Neg	ND	ND
27	Resveratrol	13.11	226.8	184.8	Neg	ND	ND
28	Luteolin	13.29	284.9	132.9	Neg	1114.82	68.50
29	Quercetin	13.38	300.9	150.7	Neg	8.82	ND
30	Apigenin	13.90	268.9	224.8	Neg	1474.44	135.44
31	Naringenin	13.95	270.9	150.8	Neg	395.12	ND
32	Isorhamnetin	14.10	314.9	299.8	Neg	ND	0.19
33	Galangin	15.54	268.9	168.8	Neg	ND	ND
34	Chrysin	15.72	252.8	208.8	Neg	ND	ND
35	Curcumin	16.13	366.9	148.9	Neg	ND	ND

^aR.T.: Retention time. ^bMI (m/z): Molecular ions of the standard analytes (m/z ratio). ^cFI (m/z): Fragment ions, ^dND: Not Detected

The phytochemical compositions of the methanol and water extracts of the plant *H. plicatum* subsp. *pseudoplicatum* were determined using the previously validated LC-MS/MS method (Güven et al., 2023). Considering Table 1, a total of 35 phenolic compounds were analyzed in this study, and 13 and 11 phenolic compounds were detected in WEHP and MEHP extracts, respectively. Considering the same table, 22 and 24 phenolic compounds could not be determined in WEHP and MEHP extracts, respectively. As seen

in Table 1, phenolic compounds found in MEHP extract were in order to follows: Chlorogenic acid (30064.34 ng mL⁻¹), cyanidin-3-*O*-glycoside (29898.66 ng mL⁻¹), quinic acid (21648.41 ng mL⁻¹), fumaric acid (2287.01 ng mL⁻¹), apigenin (1474.44 ng mL⁻¹), luteolin (1114.82 ng mL⁻¹), naringenin (395.12 ng mL⁻¹), caffeic acid 189.62 (ng mL⁻¹), *p*-coumaric acid (71.76 ng mL⁻¹), rosmarinic acid (48.17 ng mL⁻¹), 4-OH-benzoic acid (37.58 ng mL⁻¹), quercetin (8.82 ng mL⁻¹), and gallic acid (1.17 ng mL⁻¹), and as seen in

the same Table 1 phenolic compounds found in WEHP extract were in order to follows: Cyanidin-3-*O*-glucoside (31474.77 ng mL⁻¹), chlorogenic acid (16801.47 ng mL⁻¹), quinic acid (5862.96 ng mL⁻¹) naringin (764.94 ng mL⁻¹), fumaric acid (695.18 ng mL⁻¹), rosmarinic acid (370.98 ng mL⁻¹), apigenin (135.44 ng mL⁻¹), keracyanin chloride (118.74 ng mL⁻¹) luteolin (68.50 ng mL⁻¹), peonidin-3-*O*-glucoside (5.98 ng mL⁻¹) and isorhamnetin (0.19 ng mL⁻¹). As a result of LC-MS/MS analysis, the sum of phenolic and nonphenolic substances is 87239.92 ng mL⁻¹ in methanol extract and 56299.16 ng mL⁻¹ in water extract (Table 1).

HPLC is generally preferred method for determining phenolic compounds (Gradinaru et al., 2014). *Helichrysum* species include the major compounds generally chlorogenic acid from phenolic acids and apigenin derivatives from flavonoids (Albayrak, et al., 2010a). The total amount of phenolic acid in the methanol extract of the plant *H. arenarium* was 160.17 mg gallic acid equivalent g⁻¹ extract (Gradinaru et al., 2014).

In two separate studies by Albayrak et al. (2010a, 2010b), phenolic compounds of 20 *Helichrysum*

species found in Turkey were determined by HPLC. In 18 plant species, the major compound appears to be chlorogenic acid (32.3-156.2 µg g⁻¹ extract), followed by apigenin-7-glycoside (6.4-127.6 µg g⁻¹ extract) and apigenin (6.3-44.2 µg g⁻¹ extract). The most phenolic compound among these species is *H. plicatum* subsp. *erzincanicum* (340.8 µg g⁻¹ extract), and the least phenolic content is in *H. artvinense* (47.52 µg g⁻¹ extract).

The reducing capacity of a compound can be an important indicator of its potential antioxidant activity. Antioxidant compounds can donate electrons to reactive radicals, reducing them to more stable and unreactive species (Bursal and Köksal, 2011) The Fe²⁺ reducing potential of the MEHP and WEHP and the standard antioxidants BHT (Butylated hydroxytoluene), BHA (Butylated hydroxyanisole), Trolox and α-Tocopherol was determined at the concentrations (15-45 µg mL⁻¹). At 30 µg mL⁻¹ concentration the absorbance values of extracts and standards at 700 nm were as follows: BHT (2.018) > α-Tocopherol (1.895) > Trolox (1.545) > BHA (1.257) > MEHP (0.555) > WEHP (0.495), as depicted in Figure 2, 3 and Table 2.

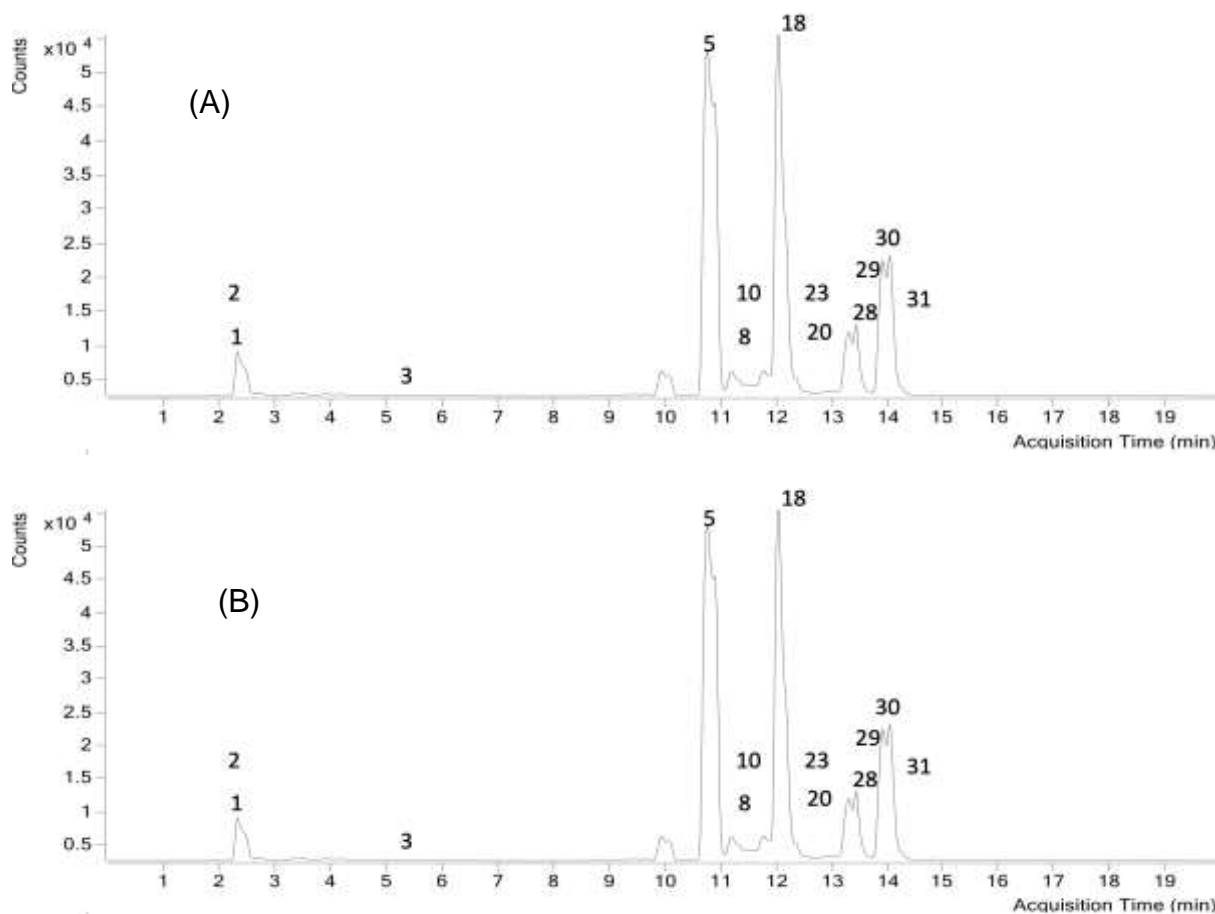


Figure 2. Multiple reaction monitoring chromatograms of MEHP (A), and WEHP (B), analyzed by LC-MS/MS method.

Şekil 2. LC-MS/MS yöntemiyle analiz edilen MEHP (A) ve WEHP (B)'nin çoklu reaksiyon izleme kromatogramları.

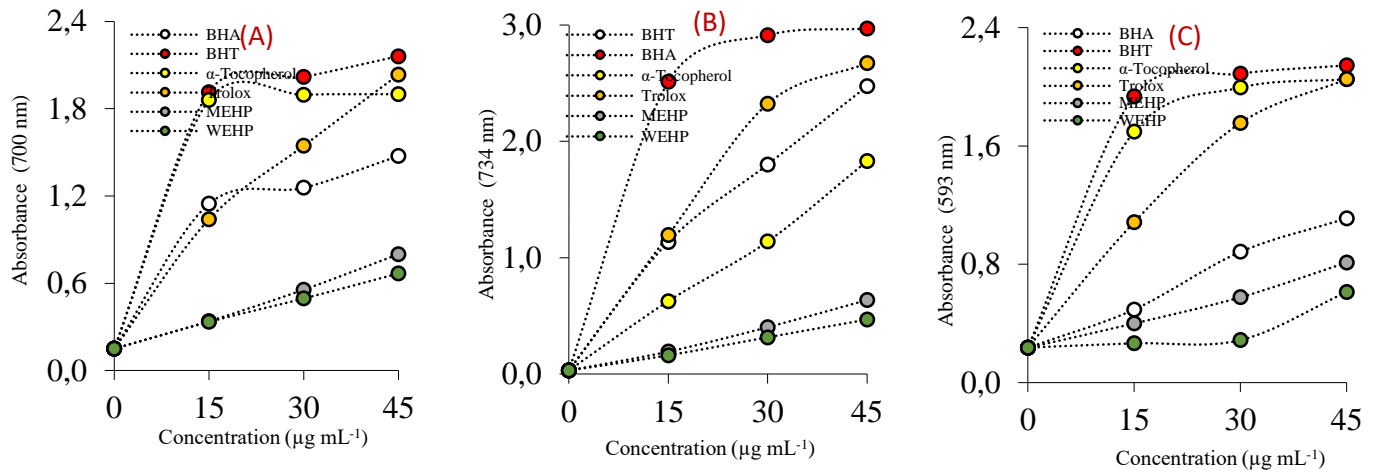


Figure 3. A. Fe³⁺ reducing, B. Cu²⁺ reducing and C. Fe³⁺-TPTZ reducing capacities of MEHP, WEHP and standards.

Şekil 3. MEHP, WEHP ve standartların A. Fe³⁺ indirgeme, B. Cu²⁺ indirgeme ve C. Fe³⁺-TPTZ indirgeme kapasiteleri

Table 2. Fe³⁺ and Cu²⁺ ions reduction capacities of extracts (MEHP, WEHP) and positive controls at different concentrations and with different methods

Çizelge 2. Ekstrelerin (MEHP, WEHP) ve pozitif kontrollerin farklı konsantrasyonlarda ve farklı yöntemlerle Fe³⁺ ve Cu²⁺ iyonlarını indirgeme kapasiteleri

Antioxidants	Fe ³⁺ reducing ability			
	15 µg mL ⁻¹	30 µg mL ⁻¹	45 µg mL ⁻¹	r ²
BHA	1.146±0.05	1.257±0.09	1.476±0.06	0.9523
BHT	1.912±0.02	2.018±0.03	2.160±0.07	0.9466
α-Tocopherol	1.860±0.01	1.895±0.01	1.899±0.01	0.9402
Trolox	1.039±0.03	1.545±0.02	2.033±0.02	0.9966
MEHP	0.339±0.02 ^{ac}	0.555±0.01 ^{ac}	0.799±0.01 ^{ac}	0.9968
WEHP	0.335±0.01 ^{bd}	0.495±0.01 ^{bde}	0.668±0.01 ^{bde}	0.9930
	Cu ²⁺ reducing (CUPRAC) ability			
	15 µg mL ⁻¹	30 µg mL ⁻¹	45 µg mL ⁻¹	r ²
BHA	2.513±0.02	2.912±0.16	2.969±0.11	0.9742
BHT	1.135±0.05	1.800±0.01	2.473±0.02	0.9969
α-Tocopherol	0.626±0.02	1.139±0.09	1.831±0.05	0.9967
Trolox	1.194±0.05	2.323±0.05	2.672±0.05	0.9980
MEHP	0.192±0.02 ^{ac}	0.402±0.01 ^{ac}	0.636±0.01 ^{ac}	0.9936
WEHP	0.160±0.02 ^{bde}	0.315±0.01 ^{bde}	0.467±0.03 ^{bde}	0.9990
	Fe ³⁺ -TPTZ reducing (FRAP) ability			
	15 µg mL ⁻¹	30 µg mL ⁻¹	45 µg mL ⁻¹	r ²
BHA	0.494±0.06	0.884±0.12	1.111±0.07	0.9899
BHT	1.936±0.08	2.089±0.03	2.146±0.01	0.9581
α-Tocopherol	1.696±0.07	1.995±0.02	2.052±0.02	0.9807
Trolox	1.084±0.02	1.755±0.09	2.051±0.08	0.9990
MEHP	0.400±0.01 ^{ac}	0.577±0.02 ^{ac}	0.811±0.04 ^{ac}	0.9926
WEHP	0.265±0.01 ^{bde}	0.367±0.01 ^{bde}	0.613±0.01 ^{bde}	0.9479

a,b,c,d,e show significant differences (p<0.05) in post-hoc comparisons between different groups. ^a: MEHP vs. α-Tocopherol, ^b: WEHP vs. α-Tocopherol, ^c: MEHP vs. Trolox, ^d: WEHP vs. Trolox, ^e: MEHP vs. WEHP

The measurement of the reducing capacity of cupric ions (Cu²⁺) was conducted at various concentrations (15-45 µg mL⁻¹) of MEHP and WEHP. The capacity of the extracts to reduce copper ions varied depending

on the concentrations used. As the concentration increased, the capacity of both extracts to reduce copper ions also increased. The copper ions reduction capacities of the standards and extracts (MEHP and

WEHP) at 450 nm and at 30 µg mL⁻¹ concentration were as follows, respectively: BHT (2.912) > Trolox (2.323) > BHA (1.800) > α-Tocopherol (1.139) > MEHP (0.402) > WEHP (0.315), as shown in Figure 3 and Table 2. Ferric ions (Fe³⁺) reduction capacity of the standards and extracts (MEHP and WEHP) was measured spectrophotometrically at 593 nm and the ferric ions (Fe³⁺) reduction capacity at 30 µg mL⁻¹

concentration was found as follows, respectively: BHT (2.089) > α-Tocopherol (1.995) > Trolox (1.755) > BHA (0.884) > MEHP (0.577) > WEHP (0.286) and the results were given in Figure 3 and Table 2. The effects of dose (15, 30, 45 µg mL⁻¹), groups (antioxidants), and dose x group interaction were examined by Two-Way ANOVA test (Table 3).

Table 3. The effects of dose, group, and dose x group interaction (p)

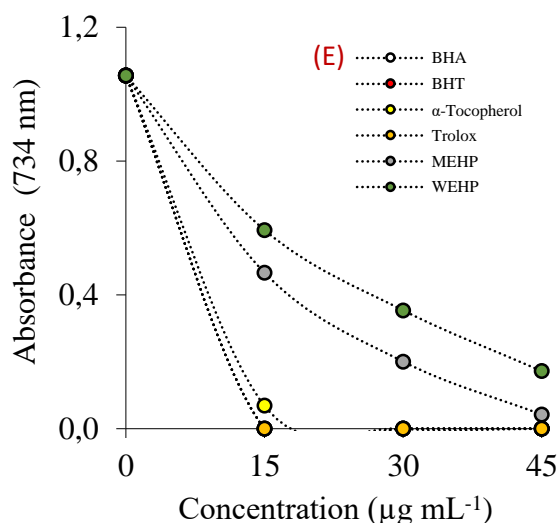
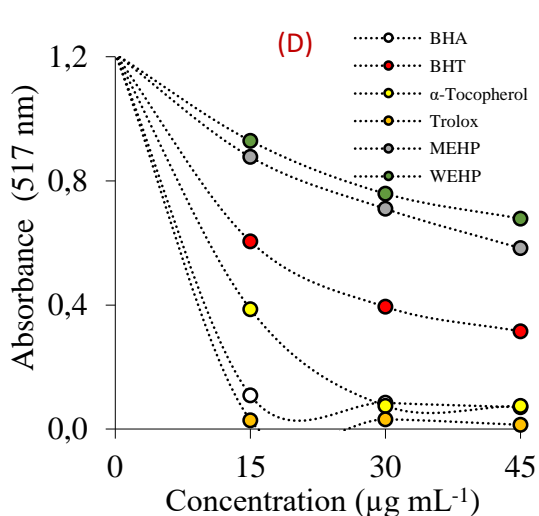
Çizelge 3. Doz, grup ve doz x grup etkileşiminin etkileri (p)

Reducing assays	Two-Way ANOVA test			One-Way ANOVA post-hoc test		
	Groups (Antioxidants)	Doses (15-45 µg mL ⁻¹)	Group x Dose interaction	Dose 1 (15 µg mL ⁻¹) vs Dose 2 (30 µg mL ⁻¹)	Dose 1 (15 µg mL ⁻¹) vs Dose 3 (45 µg mL ⁻¹)	Dose 2 (30 µg mL ⁻¹) vs Dose 3 (45 µg mL ⁻¹)
Fe³⁺ reducing	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
CUPRAC	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
FRAP	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

p values were reported for two-way (2 x 2) ANOVA analysis tests statistics for group, dose, and group x dose interaction; p values were reported for post-hoc Tukey test after One-Way ANOVA test for pairwise comparisons of different doses

Due to the negative functions played by free radicals in dietary and biological systems, radical scavenging activity is crucial. The oxidation of lipids in food is accelerated and the quality is decreased by excessive free radical generation (Bursal et al. 2013). There was a positive correlation between the concentration of *Helichrysum* extracts and their efficacy in scavenging DPPH radicals. The ranking of IC₅₀ values for DPPH scavenging activity of the MEHP, WEHP and standard antioxidants was determined to be as follows: α-Tocopherol (5.92 µg mL⁻¹) < BHA (9.0 µg mL⁻¹) < Trolox (9.63 µg mL⁻¹) < BHT (21.0 µg mL⁻¹) < MEHP (40.77 µg mL⁻¹) < WEHP (49.51 µg mL⁻¹), and the results were given in Figure 4 and Table 4. In a study of the DPPH analysis of the 20 *Helichrysum* extracts, the IC₅₀ values are between 53.10-7.95 µg mL⁻¹ (Albayrak et al., 2010a, 2010b). The scavenging activity of the MEHP, WEHP towards DMPD radicals

exhibited a direct proportionality to the concentration increment. The ranking of IC₅₀ values for DMPD scavenging activity of the MEHP, WEHP and standard antioxidants was determined to be as follows: Trolox (23.90 µg mL⁻¹) < BHA (43.32 µg mL⁻¹) < WEHP (77.01 µg mL⁻¹) < MEHP (99.02 µg mL⁻¹), as depicted in Figure 4 and Table 4. ABTS radical scavenging activity of the extracts varied depending on the concentrations used. As the concentration of the extracts increased, the ABTS radical scavenging activity also increased. The IC₅₀ values for the ABTS⁺ free radical scavenging activity of MEHP, WEHP and standard antioxidants were presented in order to as: Trolox (7.71 µg mL⁻¹) = BHA (7.71 µg mL⁻¹) = BHT (7.71 µg mL⁻¹) < α-Tocopherol (8.10 µg mL⁻¹) < MEHP (10.50 µg mL⁻¹) < WEHP (17.77 µg mL⁻¹) and the results are given in the relevant table (Figure 4 and Table 4).



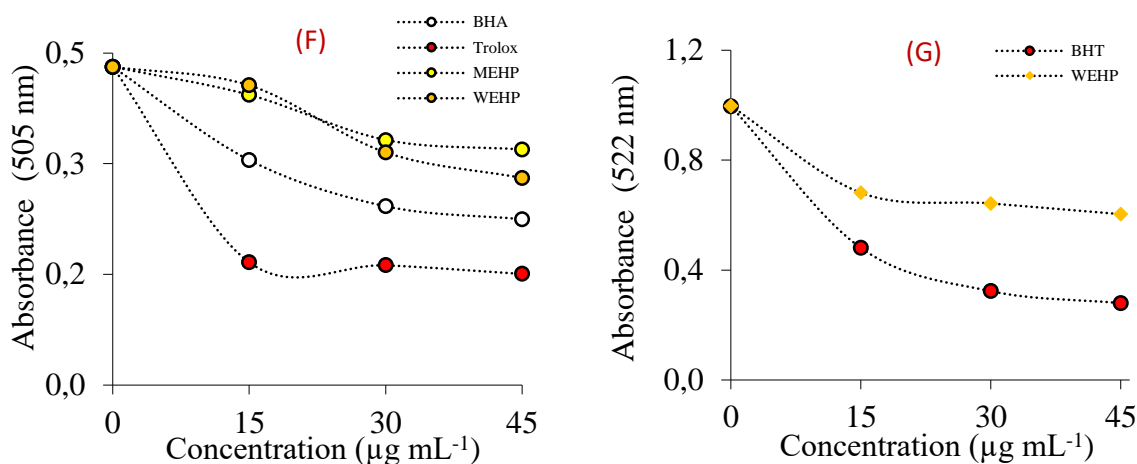


Figure 4. Radical scavenging effects of MEHP, WEHP, and positive controls. D. DPPH· scavenging capacity, E. ABTS·+ scavenging capacity, F. DMPD·+ scavenging capacity, and G. Ferrous chelating activity
 Şekil 4. MEHP, WEHP ve pozitif kontrollerin radikal giderme etkileri. D. DPPH· giderme kapasitesi E. ABTS·+ giderme kapasitesi, F. DMPD·+ giderme kapasitesi ve G. Demir şelatlama aktivitesi

Table 4. IC₅₀ values (µg mL⁻¹) of extracts (MEHP, WEHP) and positive controls for DPPH·, ABTS·+, and DMPD·+ and metal chelation

Çizelge 4. DPPH·, ABTS·+ ve DMPD·+ ve metal şelasyonu için ekstraktların (MEHP, WEHP) ve pozitif kontrollerin IC₅₀ (µg mL⁻¹) değerleri

Antioxidants	DPPH· scavenging		ABTS·+ scavenging		DMPD·+ scavenging		Ferrous chelating	
	IC ₅₀	r ²	IC ₅₀	r ²	IC ₅₀	r ²	IC ₅₀	r ²
BHA	9.00	0.9399	7.71	0.9330	43.32	0.9993	-	-
BHT	21.00	0.9668	7.71	0.9330	-	-	21.66	0.9908
α-Tocopherol	5.92	0.9770	8.10	0.9550	-	-	-	-
Trolox	9.63	0.9947	7.71	0.9330	23.90	0.9349	-	-
MEHP	40.77	0.9965	10.50	0.9916	99.02	0.9689	-	-
WEHP	49.51	0.9999	17.77	0.9984	77.01	0.9510	53.32	0.9606

Total phenolic compound amounts in MEHP and WEHP were determined using the standard gallic acid equation ($y = 0.002x$, $r^2 = 0.9983$) and were found to be 46.00 and 33.50 µg GAE mg⁻¹ extract, respectively. In addition, MEHP and WEHP were determined to contain 62.13 and 103.93 µg QE mg⁻¹ extract total flavonoids quantities, using the standard quercetin equation ($y = 0.0061x$, $r^2 = 0.9980$), respectively.

In a study by Aslan et al. (2007), the total phenolic and flavonoid compound amounts of ethanol and water extracts of *H. plicatum* were found as 113.5 and 75.9 mg GAE g⁻¹ extract and 50.9 and 31.5 QE g⁻¹ extract respectively. In a study, it has been stated that *Helichrysum* species (*H. arenarium* subsp. *erzincanicum*, *H. arenarium* subsp. *rubicundum*, *H. armenium* subsp. *araxinum*, *H. plicatum* subsp. *pseudoplicatum*) collected from Eastern Anatolia show strong antioxidant and radical scavenging activities. The study showed that *H. arenarium* subsp. *erzincanicum* had the highest level of free radical scavenging activity with an IC₅₀ value of 23.03 µg mL⁻¹. It has been reported at the same study that the total phenolic contents of the extracts ranged

between 71.81-144.50 mg gallic acid g⁻¹ extract (Albayrak, et al., 2010b).

In the ferrous chelating activity experiment, only BHT from the standards and WEHP from the extracts reacted. This may be caused by different phenolic substances in the plant extract (Table 4). The inhibition effects of MEHP, WEHP extracts and acarbose, tacrine and acetazolamide used as standard controls against α-glycosidase, acetylcholinesterase and carbonic anhydrase II enzymes are shown in Table 5. In general, methanol extracts have a better inhibition ability than water extracts. However, chemical substances used as standard also have a better inhibitory effect than extracts. The inhibition effects of MEHP and WEHP extracts, and standards (acarbose, tacrine and acetazolamide) against α-glycosidase, acetylcholinesterase (AChE) and carbonic anhydrase II (CA II) enzymes are summarized at the Table 5. In general, the methanol extracts exhibited strong inhibition effect against enzymes compared to water extracts. Against CA II and AChE enzymes, acetazolamide and tacrine were found powerful inhibitors, respectively. As expected, both drugs were determined to be much stronger inhibitors compared

with the extracts. The inhibition capacities of MEHP and WEHP extracts at different doses (1-6 µg mL⁻¹) against α-glycosidase enzyme were determined. The IC₅₀ values of MEHP and WEHP extracts against α-glycosidase enzyme were found as 2.39 and 2.97 µg mL⁻¹, respectively (Table 5).

There are many methods to prevent diabetes. Thanks to the phenolic and non-phenolic compounds found in plants, it has positive effects on diabetes with its enzyme inhibiting effects. Inhibition of digestive enzymes may delay carbohydrate absorption in diabetic patients (Karageçili et al. 2023). *H. plicatum* subsp. *plicatum* was reported to have significant antihyperglycemic effect in diabetic rats (Aslan et al., 2007). In a study, the α-glycosidase enzyme inhibitory effects of *H. graveolens* and *H. plicatum* subsp. *pseudoplicatum* alcohol and water extract flowers were tested the IC₅₀ values were determined as 0.71 and 0.86 mg mL⁻¹ and 2.2 mg mL⁻¹ and 5.1 mg mL⁻¹, respectively (Orhan et al., 2014). In this study, IC₅₀ values of MEHP and WEHP extracts were as 2.39 and 2.97 µg mL⁻¹, respectively. IC₅₀ values of water extracts are compatible with this study. Current results show that WEHP extract has an antidiabetic effect and can be preferred as an antidiabetic agent. Alzheimer's disease (AD) is currently one of the most

important global health problems. Inhibiting AChE is one of the different treatment strategies for AD. By inhibiting AChE, the acetylcholine level in the synaptic pathway increases, which causes increased neural transmission (Türkan et al. 2020). The inhibitory effects of different doses of MEHP and WEHP extracts on the AChE enzyme were examined and IC₅₀ values were calculated. The results showed that the methanol extract inhibit the AChE enzyme better than the aqueous extract and the IC₅₀ values were found as 2.48 and 3.59 µg mL⁻¹, respectively. Both extracts also exhibited a strong inhibitory effect against the AChE enzyme (Table 5). The anti-Alzheimer's disease effect of *Helichrysum* species is also noted in another study by Silva et al. (2017). In the AChE inhibition experiment of plant extracts, it was reported that the flowers had IC₅₀ inhibition values of 260.7 µg mL⁻¹ and the roots/leaves 654.8 µg mL⁻¹. The inhibitory effect of MEHP and WEHP at different concentrations (15-45 µg mL⁻¹) on the CA II isozyme was examined and compared with acetazolamide. IC₅₀ values for MEHP and WEHP were determined as 11.95 µg mL⁻¹ and 25.67 µg mL⁻¹ respectively. The results showed that both extracts were weaker inhibitors of the CA II enzyme (IC₅₀ = 1.85 µg mL⁻¹) compared to standard (acetazolamide).

Table 5. IC₅₀ values of extracts and standard drugs
 Çizelge 5. Ekstrelerin ve standart ilaçların IC₅₀ değerleri

Samples	CA II	r ²	AChE	r ²	αGly	r ²
MEHP	11.95	0.9540	2.48	0.9900	2.39	0.9730
WEHP	25.67	0.9880	3.59	0.9925	2.97	0.9772
Acetazolamide	1.85	0.9825	-	-	-	-
Tacrine	-	-	1.18	0.9706	-	-
Acarbose	-	-	-	-	1.47	0.9922

CONCLUSION

With this study, it was shown that the extracts (MEHP and WEHP) of the aerial parts of *H. plicatum* subsp. *pseudoplicatum* were rich in phenolic compounds. By evaluating the antioxidant, antidiabetic, anti-Alzheimer's disease and antiglaucoma activities, major compounds were identified as a result of LC-MS/MS, as well as the remarkable biological activities of the extracts, and it was explained that they could be the compounds responsible for the activity. Considering the promising biological activity of *H. plicatum* subsp. *pseudoplicatum* and its safety with few side effects, knowledge about the effects of the plant with *in vivo* studies should be strengthened in further studies. In future studies, the potential mechanisms of biological effects should be explored and it should be clarified whether the activities are the result of the individual activity of secondary compounds or the synergistic effect of all phenolic and non-phenolic compounds as a whole.

Acknowledgments: The authors would like to thank to Prof. Dr. Yusuf Kaya for identification of the plant.

Conflicts of Interest: The authors declare that there are no conflicts of interest.

REFERENCES

- Ak, T., & Gülçin, İ. (2008). Antioxidant and radical scavenging properties of curcumin. *Chemico-Biological Interactions*, 174(1), 27-37.
- Al-Rehaily, A. J., Albishi, O. A., El-Olemy, M. M., & Mossa, J. S. (2008). Flavonoids and terpenoids from *Helichrysum forskahlii*. *Phytochemistry*, 69(9), 1910-1914.
- Albayrak, S., Aksoy, A., Sagdic, O., & Hamzaoglu, E. (2010a). Compositions, antioxidant and antimicrobial activities of *Helichrysum* (Asteraceae) species collected from Turkey. *Food Chemistry*, 119(1), 114-122.
- Albayrak, S., Aksoy, A., Sağıdıç, O., & Budak, Ü. (2010b). Phenolic compounds and antioxidant and antimicrobial properties of *Helichrysum* species collected from eastern Anatolia, Turkey. *Turkish*

- Journal of Biology*, 34 (4), 463-473.
- Apak, R., Calokerinos, A., Gorinstein, S., Segundo, M.A., Hibbert, D.B., Gülçin, İ., Demirci Çekiç, S., Güçlü, K., Özyürek, M., Esin Çelik, S., Magalhaes, L.M., & Arancibia-Avila P. (2022). Methods to evaluate the scavenging activity of antioxidants toward reactive oxygen and nitrogen species. *Pure and Applied Chemistry*, 94(1), 87-144.
- Aslan, M., Deliorman, O. D., Orhan, N., Sezik, E., & Yesilada, E. (2007). *In vivo* antidiabetic and antioxidant potential of *Helichrysum plicatum* ssp. *plicatum* capitulums in streptozotocin-induced-diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 109 (1), 54-59.
- Aydin, T. (2020). Secondary metabolites of *Helichrysum plicatum* DC. subsp. *plicatum* flowers as strong carbonic anhydrase, cholinesterase and alpha-glycosidase inhibitors. *Zeitschrift Fur Naturforschung Section C- Journal of Biosciences*, 75 (5-6), 153-159.
- Bayir, Y., Halici, Z., Keles, M. S., Colak, S., Cakir, A., Kaya, Y., & Akcay, F. (2011). *Helichrysum plicatum* DC. subsp. *plicatum* extract as a preventive agent in experimentally induced urolithiasis model. *Journal of Ethnopharmacology*, 138 (2), 408-414.
- Bayrak, C., Taslimi, P., Karaman, H. S., Gulcin, I., & Menzek, A. (2019). The first synthesis, carbonic anhydrase inhibition and anticholinergic activities of some bromophenol derivatives with S including natural products. *Bioorganic Chemistry*, 85, 128-139.
- Benelli, G., Pavela, R., Rakotosaona, R., Randrianarivo, E., Nicoletti, M., & Maggi, F. (2018). Chemical composition and insecticidal activity of the essential oil from *Helichrysum faradifani* endemic to Madagascar. *Natural Product Research*, 32(14), 1690-1698.
- Blois, M. S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181 (4617), 1199-1200.
- Bursal, E., & Köksal, E. (2011). Evaluation of reducing power and radical scavenging activities of water and ethanol extracts from sumac (*Rhus coriaria* L.). *Food Research International*, 44 (7), 2217-2221.
- Bursal, E., Köksal, E., Gülçin, İ., Bilsel, G., & Gören, A. C. (2013). Antioxidant activity and polyphenol content of cherry stem (*Cerasus avium* L.) determined by LC-MS/MS. *Food Research International*, 51(1), 66-74.
- Carini, M., Aldini, G., Furlanetto, S., Stefani, R., & Facino, R. M. (2001). LC coupled to ion-trap MS for the rapid screening and detection of polyphenol antioxidants from *Helichrysum stoechas*. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 24 (3), 517-526.
- Çetinkaya, Y., Göçer, H., Menzek, A., & Gülçin, İ. (2012). Synthesis and antioxidant properties of (3,4-dihydroxyphenyl)(2,3,4-trihydroxyphenyl)methanone and its derivatives. *Archiv der Pharmazie*, 345 (4), 323-334.
- Davis, P., & Kupicha, K. (1975). *Helichrysum*. In P. H. Davis (Ed.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (Vol. 5, pp. 80-96). the University Press.
- Durmaz, L., Kiziltas, H., Guven, L., Karagecili, H., Alwasel, S., & Gulcin, İ. (2022). Antioxidant, antidiabetic, anticholinergic, and antiglaucoma effects of magnofluorine. *Molecules*, 27(18), 5902.
- Ellman, G. L., Courtney, K. D., Andres, V., & Featherstone, R. M. (1961). A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology*, 7(2), 88-95.
- Farris, E., Canopoli, L., Cucca, E., Landi, S., Maccioni, A., & Filigheddu, R. (2017). Foxes provide a direct dispersal service to *Phoenician junipers* in Mediterranean coastal environments: ecological and evolutionary implications. *Plant Ecology and Evolution*, 150 (2), 117-128.
- Fogliano, V., Verde, V., Randazzo, G., & Ritieni, A. (1999). Method for measuring antioxidant activity and its application to monitoring the antioxidant capacity of wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47 (3), 1035-1040.
- Göçer, H., & Gülçin, İ. (2011). Caffeic acid phenethyl ester (CAPE): correlation of structure and antioxidant properties. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62 (8), 821-825.
- Gradinaru, A. C., Sillion, M., Trifan, A., Miron, A., & Aprotosoae, A. C. (2014). *Helichrysum arenarium* subsp. *arenarium*: phenolic composition and antibacterial activity against lower respiratory tract pathogens. *Natural Product Research*, 28 (22), 2076-2080.
- Gulcin, İ. (2020). Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. *Archives of Toxicology*, 94 (3), 651-715.
- Gulcin, İ., & Alwasel, S. H. (2022). Metal ions, metal chelators and metal chelating assay as antioxidant method. *Processes*, 10 (1), 132.
- Gulcin, İ., & Alwasel, S. H. (2023). DPPH Radical Scavenging Assay. *Processes*, 11 (8), 2248.
- Gulcin, I., Kaya, R., Goren, A. C., Akincioglu, H., Topal, M., Bingol, Z., Çetin Çakmak K., Öztürk Sarıkaya S. B., Durmaz L. & Alwasel, S. (2019). Anticholinergic, antidiabetic and antioxidant activities of cinnamon (*Cinnamomum verum*) bark extracts: polyphenol contents analysis by LC-MS/MS. *International Journal of Food Properties*, 22 (1), 1511-1526.
- Gulcin, I., & Beydemir, S. (2013). Phenolic compounds as antioxidants: carbonic anhydrase isoenzymes inhibitors. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, 13 (3), 408-430.

- Güven, L., Özgen, U., Sevindik, H., Agan, İ., Koca, M., Turan, İ., Demir S., Aliyazicioglu Y. (2022). Evaluation of LC-MS/MS analysis and in vitro biological activities of *Rosa pimpinellifolia* root, pseudo-fruit, and seed extracts. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 5 (3), 480-503.
- Gülçin, I. (2008). Measurement of antioxidant ability of melatonin and serotonin by the DMPD and CUPRAC methods as trolox equivalent. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 23 (6), 871-876.
- Gülçin, İ., Bingöl, Z., Taslimi, P., Gören, A. C., Alwasel, S. H., & Tel, A. Z. (2022). Polyphenol contents, potential antioxidant, anticholinergic and antidiabetic properties of mountain mint (*Cyclotrichium leucotrichum*). *Chemistry & Biodiversity*, 19(3), e202100775.
- Gülçin, İ., Bursal, E., Şehitoğlu, M. H., Bilsel, M., & Gören, A. C. (2010). Polyphenol contents and antioxidant activity of lyophilized aqueous extract of propolis from Erzurum, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48 (8), 2227-2238.
- Güven, L., Ertürk, A., Miloğlu, F. D., Alwasel, S., & Gulcin, İ. (2023). Screening of antiglaucoma, antidiabetic, anti-alzheimer, and antioxidant activities of *Astragalus alopecurus* Pall-Analysis of phenolics profiles by LC-MS/MS. *Pharmaceuticals*, 16 (5), 659.
- Huyut, Z., Beydemir, Ş., & Gülçin, İ. (2017). Inhibition properties of some flavonoids on carbonic anhydrase I and II isoenzymes purified from human erythrocytes. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, 31 (9), e21930.
- Karageçili, H., Yılmaz, M. A., Ertürk, A., Kiziltas, H., Güven, L., Alwasel, S. H., & Gulcin, İ. (2023). Comprehensive metabolite profiling of berdav propolis using LC-MS/MS: determination of antioxidant, anticholinergic, antiglaucoma, and antidiabetic effects. *Molecules*, 28 (4), 1739.
- Karageçili, H., İzol, E., Kireççi, E., & Gülçin, İ. (2023). Antioxidant, antidiabetic, antiglaucoma, and anticholinergic effects of Tayfi grape (*Vitis vinifera*): A phytochemical screening by LC-MS/MS analysis. *Open Chemistry*, 21(1), 20230120.
- Kazancı, C., Oruç, S., & Mosulishvili, M. (2020). Medicinal ethnobotany of wild plants: a cross-cultural comparison around Georgia-Turkey border, the Western Lesser Caucasus. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 16 (1), 71.
- Kherbache, A., Senator, A., Laouicha, S., Al-Zoubi, R. M., & Bouriche, H. (2020). Phytochemical analysis, antioxidant and anti-inflammatory activities of *Helichrysum stoechas* (L.) Moench extracts. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29, 101826.
- Kiziltas, H., Bingol, Z., Goren, A. C., Pinar, S. M., Alwasel, S. H., & Gulcin, I. (2021). LC-HRMS profiling of phytochemicals, antidiabetic, anticholinergic and antioxidant activities of evaporated ethanol extract of *Astragalus brachycalyx* Fischer. *Journal of Chemical Metrology*, 15(2), 135-151.
- Kızıltas, H., Bingol, Z., Gören, A. C., Kose, L. P., Durmaz, L., Topal, F., Alwasel, S. H., Gulcin, İ. (2021). LC-HRMS profiling and antidiabetic, anticholinergic, and antioxidant activities of aerial parts of kinkor (*Ferulago stellata*). *Molecules*, 26 (9), 2469.
- Koçyiğit, Ü.M., Eruygur, N., Ataş, M., Tekin, M., Taslimi, P., Gökalp, F., Gülçin, İ. (2022). Evaluation of anticholinergic, antidiabetic and antioxidant activity of *Astragalus dumanii*, an endemic plant. *KSU Journal of Agriculture and Nature*, 25(S1), 1-10.
- Kolaylı, S., Sahin, H., Ulusoy, E., & Tarhan, Ö. (2010). Phenolic composition and antioxidant capacities of *Helichrysum plicatum*. *Hacettepe Journal of Biological Chemistry* 38, 269-276.
- Köse, L. P., Gülçin, İ., Gören, A. C., Namiesnik, J., Martinez-Ayala, A. L., & Gorinstein, S. (2015). LC-MS/MS analysis, antioxidant and anticholinergic properties of galanga (*Alpinia officinarum* Hance) rhizomes. *Industrial Crops and Products*, 74, 712-721.
- Miloglu, F. D., Akpınar, A., Güven, L., Demirkaya, A. K., Gundogdu, G., Nalcı, K. A., & Hacımuftuoğlu, A. (2023). Evaluation the effects of *Helichrysum plicatum* subsp. *pseudoplicatum* on an *in-vitro* wound model using human dermal fibroblast cells. *The International Journal of Lower Extremity Wounds*, 22 (2), 401-408.
- Orhan, N., Hocbac, S., Orhan, D. D., Asian, M., & Ergun, F. (2014). Enzyme inhibitory and radical scavenging effects of some antidiabetic plants of Turkey. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 17 (6), 426-432.
- Oyaizu, M. (1986). Studies on products of browning Reaction Antioxidative Activities of Products of browning reaction prepared from glucosamine. *The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics*, 44 (6), 307-315.
- Ozaslan, M. S., Saglamtas, R., Demir, Y., Genc, Y., Saracoglu, I., & Gulcin, I. (2022) Isolation of some phenolic compounds from *Plantago subulata* L. and determination of their antidiabetic, anticholinesterase, antiepileptic and antioxidant activity. *Chemistry & Biodiversity*, Article e202200280.
- Pljevljakusic, D., Bigovic, D., Jankovic, T., Savikin, K., & Jelacic, S. (2018). Sandy everlasting (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench): botanical, chemical and biological properties. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1123.

- Popoola, O. K., Marnewick, J. L., Rautenbach, F., Iwuoha, E. I., & Hussein, A. A. (2015). Acylphloroglucinol derivatives from the South African *Helichrysum niveum* and their biological activities. *Molecules*, 20(9), 17309-17324.
- Raina, R., Parwez, S., Verma, P. K., & Pankaj, N. K. (2008). Medicinal plants and their role in wound healing. *Online Veterinary Journal*, 3(1), 21.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9), 1231-1237.
- Sezer Senol, F., Orhan, I. E., Ozgen, U., Renda, G., Bulut, G., Guven, L., Sezen Karaoglan E., Sevindik H.G., Skalicka-Wozniak K., Koca Caliskan U., Sekeroglu, N. (2016). Memory-vitalizing effect of twenty-five medicinal and edible plants and their isolated compounds. *South African Journal of Botany*, 102, 102-109.
- Silva, L., Rodrigues, A. M., Ciriani, M., Falé, P. L. V., Teixeira, V., Madeira, P Machuqueiro M., Pacheco R., Florencio M. H., Ascensão, L., Marques Serralheiro M. L. (2017). Antiacetylcholinesterase activity and docking studies with chlorogenic acid, cynarin and arzanol from *Helichrysum stoechas* (Lamiaceae). *Medicinal Chemistry Research*, 26(11), 2942-2950.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *In Methods in Enzymology*, 299, 152-178.
- Smirnov, V. V., Preobrazhenskaya, N. E., & Kalashnikov, I. D. (1982). Antibacterial properties of *Helichrysum plicatum* DC. *Mikrobiologicheskii Zhurnal*, 44(4), 71-72.
- Şenol, H., Çelik Turgut, G., Şen, A., Sağlamtaş, R., Tuncay, S., Gülçin, İ., & Topçu, G. (2023). Synthesis of nitrogen-containing oleanolic acid derivatives as carbonic anhydrase and acetylcholinesterase inhibitors. *Medicinal Chemistry Research*, 32(4), 694-704.
- Tao, Y., Zhang, Y., Cheng, Y., & Wang, Y. (2013). Rapid screening and identification of α -glucosidase inhibitors from mulberry leaves using enzyme-immobilized magnetic beads coupled with HPLC/MS and NMR. *Biomedical Chromatography*, 27(2), 148-155.
- Taslimi, P., & Gulçin, İ. (2018). Antioxidant and anticholinergic properties of olivetol. *Journal of Food Biochemistry*, 42(3), e12516.
- Taslimi, P., Köksal, E., Gören, A. C., Bursal, E., Aras, A., Kılıç, Ö., Alwasel S., & Gülçin, İ. (2020). Anti-Alzheimer, antidiabetic and antioxidant potential of *Satureja cuneifolia* and analysis of its phenolic contents by LC-MS/MS. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(3), 4528-4537.
- Tepe, B., Sokmen, M., Askin Akpulat, H., & Sokmen, A. (2004). *In vitro* antioxidant activities of the methanol extracts of four *Helichrysum* species from Turkey. *Food Chemistry*, 90(4), 685-689.
- Topal, M., & Gulcin, I. (2014). Rosmarinic acid: A potent carbonic anhydrase isoenzymes inhibitor. *Turkish Journal of Chemistry*, 38(5), 894-902.
- Türkan, F., Atalar, M. N., Aras, A., Gülçin, İ., & Bursal, E. (2020). ICP-MS and HPLC analyses, enzyme inhibition and antioxidant potential of *Achillea schischkinii* Sosn. *Bioorganic Chemistry*, 94, 103333.

Pathogen Fungal Isolation from Unused and Used Shoes

Hüseyin TANIŞ¹, Muhammet Emin ORAK²

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, ²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

¹<https://orcid.org/0000-0002-2012-7864> ²<https://orcid.org/0000-0002-8976-0836>

✉: huseyintanis023@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the level of risk factors in terms of infection source of pathogenic fungi at tanned leather used in shoe making or unused and used shoes. Samples were taken from shoes with swaps. Of the 100 samples taken from the shoe-making leather; pathogenic fungal findings were found in 16(15%) of them, including *Penicillium sp.* 5(5%), *Aspergillus versicolor* 3(3%), *Fusarium sp.* 2(2%), *Aspergillus flavus* 2(2%), *Aspergillus fumigatus* 2(2%), *Trichophyton rubrum* 1(1%) and *Aspergillus niger* 1(1%). Besides, in the samples collected from used leather shoes; 40 pathogenic fungal growth were identified from 100 samples collected in total which are *Fusarium sp.* 7(7%), *Rhodotorula sp.* 7(7%), *Candida sp.* 6(6%), *Penicillium sp.* 5(5%), *Acremonium sp.* 5(5%), *Rhizopus sp.* 4(4%), *Trichophyton rubrum* 3(3%), *Trichophyton mentagrophytes* 1(1%), *Epidermophyton floccosum* 1(1%) and *Chrysosporium keratinophylum* 1(1%). As a result of this research, It was observed that there was a significant difference between the samples taken from used shoes (40%) and unused shoes (16%) in terms of the isolation rate of pathogenic and rare pathogenic yeasts and molds ($p<0.05$). It has been concluded that the higher fungal isolation in the shoes used may be due to the use of common items and environmental factors, and the isolation of fungus from the samples taken from unused shoes could be due to contamination from the shoemakers and storage in inappropriate conditions.

Kullanılan ve Kullanılmayan Ayakkabılardan Patojen Fungus İzolasyonu

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, kullanılmayan ayakkabı veya ayakkabı yapımında kullanılan tabaklanmış derilerden ve kullanılan ayakkabılardan alınan örneklerin infeksiyon kaynağı olması açısından risk seviyesini araştırmaktır. Örnekler ayakkabılardan steril swaplar ile alınmıştır. Kullanılmayan ayakkabılardan alınan 100 örnekte, 5(%5) *Penicillium sp.*, 3(%3) *Aspergillus versicolor*, 2(%2) *Fusarium sp.*, 2(%2) *Aspergillus flavus*, 2(%2) *Aspergillus fumigatus*, 1(%1) *Trichophyton rubrum* ve 1(%1) *Aspergillus niger* olmak üzere toplam 16(%16) fungus bulunmuştur. Kullanılan ayakkabılardan alınan 100 örnekte, 7(%7) *Fusarium sp.*, 7(%7) *Rhodotorula sp.*, 6(%6) *Candida sp.*, 5(%5) *Penicillium sp.*, 5(%5) *Acremonium*, 4(%4) *Rhizopus sp.*, 3(%3) *Trichophyton rubrum*, 1(%1) *Trichophyton mentagrophytes*, 1(%1) *Epidermophyton floccosum* ve 1(%1) *Chrysosporium keratinophylum* olmak üzere 40(%40) fungus bulunmuştur. Sonuç olarak, patojen ve nadir patojen olan maya ve küflerin izole edilme oranı açısından kullanılan ayakkabılardan alınan örneklerde (%40) ve kullanılmayan ayakkabılar (%16) arasında önemli farkın olduğu gözlemlendi ($p<0.05$). Kullanılan ayakkabılarda fungus izolasyonunun daha yüksek olması kontaminasyon kaynağının ortak eşya kullanımının ve çevresel faktörlerin olduğu kullanılmayan ayakkabılardan alınan örneklerden mantar izole edilmesi ise ayakkabı yapımında çalışanlardan kontaminasyon ve uygunsuz şartlarda depolanmasından dolayı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Microbiology

Research Article

Article History

Received : 14.10.2022

Accepted : 19.10.2023

Keywords

Pathogen fungi

Shoe leather

Gaziantep

Mikrobiyoloji

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 14.10.2022

Kabul Tarihi : 19.10.2023

Anahtar Kelimeler

Ayakkabı derisi

Patojen fungus,

Gaziantep

Atıf Şekli: Tanış, H., Orak, ME. (2024). Kullanılan ve Kullanılmayan Ayakkabılardan Patojen Fungus İzolasyonu *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(3), 515-519. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.1189389>

To Cite : Tanış, H., Orak, ME. (2024). Pathogen Fungal Isolation from Unused and Used Shoes. *KSU J. Agric Nat* 27(3), 515-519. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.1189389>

INTRODUCTION

Fungus and fungus spores evolve mostly on animals and plants, on multicellular organisms, in all environments such as soil and water. Most of the pathogenic fungi are contaminated by soil and animals. Fungi which are animal origin have the potential to infect humans through the use of shoes and other products made from animal skins. Leathers that are not well tanned or contaminations after tanning during the manufacturing and storage stages can be a source of contamination of pathogenic fungi (Bauman,2004).

In addition to the visual and aesthetic qualities of the leather sector, at shoe and clothing sector, during the layering operations or after tanning processes, because of various procedures applied, sometimes escalating pathogenic fungus cases are encountered as well as severe consequences. Because fresh leather contains 60-70% water and containing water-soluble easily degradable protein is a suitable environment for microorganisms (Çakmak, 2010).

Fungal diseases are transmitted directly or indirectly to people and sources of infection, by touching or by articles and other means contaminated with fungi. With contamination they can even lead to outbreaks. The footwears, with the effect of the perspiration, form suitable microenvironments for the development and reproduction of fungi (Li et al, 2001). In this respect, the persons suffering from pathogenic fungal diseases play a role in infection with their hairs, bristles, scarves, combs, brushes, clothes, and slippers, especially with shoes. Barber suits; floors of washing places; headrests at cinemas, theaters and automobiles; the seats of the alafrağa toilets can also be the cause of contamination (Bendeş, 1997; Öztürk, 1999).

The purpose of this study is to investigate the level of risk factors in terms of the sources of contamination of pathogenic fungi of tanned leather used in shoe making, unused shoes and used shoes.

MATERIAL and METHOD

Collection of Leather Samples from Manufacturers

Examples of unused shoe examples, leather shoes parts to be used in shoe making or unused shoes are taken with the permission of the business authorities of shoe producers which are located in Gaziantep's central district Şehitkâmil GATEM. In the manufacturing center, 100 pieces of samples from 10 different shoe companies were cut into pieces of 1 cm in diameter by cutting method and placed in petri

dishes. These samples in petri dishes were brought to the Microbiology Laboratory of Kahramanmaraş Sutcu Imam University Science and Literature Faculty. 100 samples were placed in test tubes filled with pre-prepared physiological water (45 ml isotonic salt solution). 100 swab samples were taken from the used leather shoes. These samples were taken from the mosques in the central districts of Gaziantep, from the university student dormitories, from shopping centers, from coffee houses and from the leather shoes of the random adults. Samples were placed in sterile isotonic salt solution and brought to Kahramanmaraş Sütçü Imam University Faculty of Science and Literature Microbiology Laboratory.

Culture and Identification of Samples

In the case of used shoes, samples were taken from the public life centers such as university student dormitories, shopping malls, coffee shops, mosques in the central districts of Gaziantep, the samples were taken from the leather shoes of the random volunteer adults by using by swab method. Samples were placed in sterile isotonic salt solution in test tubes. Samples taken to the Microbiology Laboratory were seeded on Sabouraud Dextrose Agar and Potato Dextrose Agar media. Identifications of the fungi that reproduce in culture are done (Öztürk, 1999).

From the samples suspended in the isotonic solution, 1 ml of the cultures were prepared. Specimens and genus levels of the specimens which were reproduced after the incubation were defined. Macroscopically, colony morphology and color formation were microscopically identified by lam cultures and sports and hyphae structures (Larone, 2002). The statistical calculation was made according to the Z test because the number of samples is more than 30.

RESULTS and DISCUSSION

100 samples were taken from 10 different manufacturing companies for the study of pathogen fungal isolation from unused shoe cultivars. After the identification procedures required, 16(16%) of the 100 samples were found to be pathogenic fungus. The results of the described types of pathogenic fungi are shown at Table 1.

According to the identification results of isolated pathogenic fungi species; *Penicillium sp.* 5(5%), *A. versicolor* 3(3%), *A. flavus* 2(2%), *A. fumigatus* 2(2%), *Fusarium sp* 2(2%), *T. rubrum* 1(1%) and *A. niger* 1(1%) have occurred.

From the leathers taken from 10 manufacturing

companies which are located in Şehitkamil, Gaziantep central province where the leather is used in the production of leather shoes, while at 8 companies pathogenic fungi were seen, no pathogenic fungus was detected at the leather samples that are taken from 2 companies.

Table 1. Fungi isolated from unused shoe leathers.

Çizelge 1. Kullanılmayan ayakkabılardan fungus izolasyonu

Isolated Fungi	n (%)
<i>Penicillium sp.</i>	5 (5)
<i>A. versicolor</i>	3 (3)
<i>A. fumigatus</i>	2 (2)
<i>Fusarium sp.</i>	2 (2)
<i>A. flavus</i>	2 (2)
<i>T. rubrum</i>	1 (1)
<i>Aspergillus niger</i>	1 (1)
Total	16 (16)

The samples taken from volunteers were recorded. Breeding was observed in 35 cultures from these 100 samples. A total of 40(40%) pathogenic and potential pathogen or opportunistic pathogenic fungi were found to be the result of identification studies of cultured cultures. As a result of identification studies of cultures seen in reproduction, a total of 40(40%) pathogenic and opportunistic pathogenic fungi were found (Table 1,2).

When the data were analyzed, 40(40%) of the 100 samples taken by swab and slice methods from the shoes of adults, a total of 38 pathogenic fungi were isolated. The most isolated fungi were *Fusarium sp.* 7(7%) and *Rhodotorula sp.* 7(7%), then *Candida sp.* 6(6%), *Penicillium sp.* 5(5%), *Acremonium sp.* 5(5%), *Rhizopus sp.* 4(4%), *T. rubrum* 3(3%), *T. mentagrophytes* 1(1%), *E. floccosum* 1(1%) and *Chrisosporium keratinophylum (C. keratinophylum)* 1(1%) were found respectively (Table 2, Figure 1,2).

Table 2. Fungi isolated used shoe leathers.

Çizelge 2. Kullanılan ayakkabılardan fungus izolasyonu

Isolated Fungi	n (%)
<i>Rhodotorula sp.</i>	7 (7)
<i>Fusarium sp.</i>	7 (7)
<i>Candida sp.</i>	6 (6)
<i>Penicillium sp.</i>	5 (5)
<i>Acremonium sp.</i>	5 (5)
<i>Rhizopus sp.</i>	4 (4)
<i>T. rubrum</i>	3 (3)
<i>T. mentagrophytes</i>	1 (1)
<i>E. floccosum</i>	1 (1)
<i>C. keratinophylum</i>	1 (1)
Total	40 (40)

Fungal infections contaminate from soil, animals and sharing of common goods. One of the most important contamination sources are shoes (Öztürk, 1999; Ocak,2010). Fungus can survive on foot and in other parts of the body without normally having a disease. Fungus with tinea pedis effect on the feet multiply rapidly in appropriate environment conditions during the use of the shoes and cause infections. In addition, foot fungal infections can be rapidly passed from person to person with direct contact or with the use of the same footwear (Ocak, 2010.)



Figure 1. Microscopic view of *A. fumigatus*.

Şekil 1. *A. fumigatus* un mikroskop görüntüsü

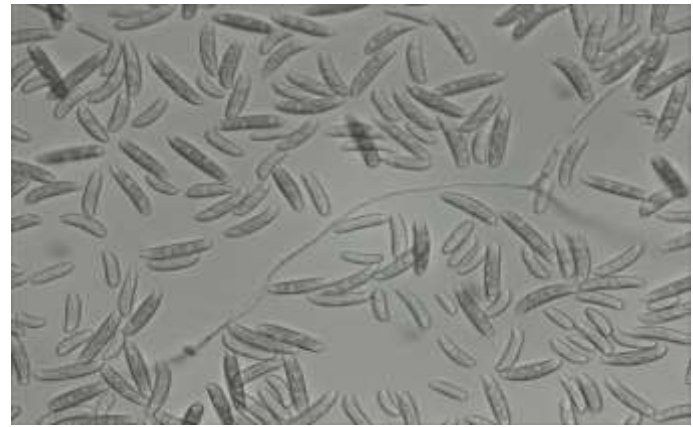


Figure 2. Microscopic view of *Fusarium sp.* spores.

Şekil 2. *Fusarium sp.* sporlarının mikroskop görüntüsü

With the effect of hot climatic conditions, some parts of the human body create a more suitable environment for the development and transmission of fungi. The use of common goods and places can lead to the formation of many mycoses in the form of an epidemic. At one of the studies about this; of the 1524 workers in the glass factory, 388 began to complain of redness and pruritus in their groin after they started working, even though they had no complaints before they started working at the factory. Of the samples taken from these workers, 39 were considered positive for hyphe and yeast. As a result of evaluation of the

cultures obtained from the samples, was observed in 7 samples and *Candida* sp. in 20 samples; in addition, fungi such as *Penicillium*, *Fusarium*, *Rhizopus* and *Mucor*, which are not pathogenic in most cases in humans have been defined (Soejon et al, 1982).

Köktürk and his colleagues, at their work of isolation of dermatophytes from tinea pedis cases, isolated 77.1% *T. rubrum*, 9.7% *T. mentagrophytes*, 4.8% *E. floccosum* and 1.6% *T. violaceum* (Köktürk et al, 2002).

Bilgili and their colleagues have isolated 22% *T. rubrum*, 22.8% *T. mentagrophytes* and 1.69% *E. floccosum* in tinea pedis cases (Bilgili et al, 2001).

In the study performed by Asci, 15.42% of *T. rubrum*, 5.23% of *T. mentagrophytes*, 7.16% of *Candida* sp. have isolated from tinea pedis lesions (Aşçı, 1992).

In the work done by Doherty, from the chrome-tanned leather, *Rhodotorula mucilagenous*, *Neurospora sitophila* and *Fusarium* sp. were isolated. In the work of Kallenberger, *Rhodotorula*, *Cladosporium* and *Torulopsis* sp. have been identified (Birbir et al, 1992).

At the Kallenberger work, *Rhodotorula* and *Cladosporium*; at the Birbir and friends work, *Candida* sp., *Penicillium* sp., *Mucor*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Rhodotorula* sp. fungi species and genera isolated from the collected samples resembles the species and genus of the mold and yeast fungus we isolated (Birbir et al, 1992).

Li and his colleagues have isolated *Cryptococcus neoformans* (*C. neoformans*), 1 *Candida albicans* (*C. albicans*), 1 *Cryptococcus albidus* (*C. albidus*), 1 *Rhodotorula mucilaginosa* (*R. mucilaginosa*), 1 *Candida utilis* (*C. utilis*), 2 *Mucor*, 3 *Aspergillus*, 2 *Penicillium* in the children's shoes (Li et al, 2001).

At the work done by Birbir and his friends, from tanned leather and new shoes, from a total of 63 samples a total of 20 species of fungi, which are 13 *Candida* sp., 2 *Rhodotorula*, 1 *Saccharomyces cerevisiae* (*S. cerevisiae*), 1 *Phaeococcomyces* species, 1 *Aureobasidium pullulans* (*A. pullulans*), 1 *Geotrichum candidum* (*G. candidum*) and 1 *Wallemia sebi*, have been isolated. From the used shoes leathers; a total of 16 fungi species, which are 8 *Candida* sp., 4 *Rhodotorula* sp, 3 *S. cerevisiae* and 1 *Phaeococcomyces* species, have been identified. In this work in the samples taken from the feet of the wearers of the shoes in total of 15 fungi, which are 8 *Candida* sp., 4 *Rhodotorula* sp, 3 *S. cerevisiae* and 1 *Phaeococcomyces* sp, were isolated. As a result in this study, among fungi samples taken from the unused shoes, the used shoes and the feet of the wearers of the shoes, there is a clear correlation among the isolated fungi. According to this correlation, it has been suggested that the shoes that are produced from leather may be a major source of contamination of the infection of yeast fungi in humans (Birbir et al, 1992).

In this work, from 100 samples taken from unused shoe leathers, rarely pathogenic *Penicillium* sp. 5(5%), *A. versicolor* 3(3%), *Fusarium* sp. 2(2%), *A. flavus* 2(2%), *A. fumigatus* 2 (2%), *A. niger* 1(1%), *T. rubrum* 1(1%), which is a direct pathogen, a total of 16(16%) fungi were isolated.

From the 100 swabs taken from the used shoes, 6(6%) *Candida* sp., 3(3%) *T. rubrum*, 1 (1%) *T. mentagrophytes*, 1(1%) *E. floccosum* which are directly pathogenic were identified. Rarely pathogenic, 7(7%) *Fusarium* sp., 7(6%) *Rhodotorula* sp., 5(5%) *Penicillium* sp., 5(5%) *Acremonium* sp., 4(4%) *Rhizopus* sp., 1(1%) *C. keratinophylum* , in total 40 (40%) fungi were isolated.

In this work, while the rate of isolation of fungi from unused shoe leathers is 16% the rate at used shoes is 40%.

CONCLUSION

The obtained outcomes for this new footwear (16%) are comparatively lower than the results reported by Birbir and his associates for their new shoes (31.74%). It is noteworthy that in this study, the unused shoes were sampled solely from the shoe manufacturing stage, whereas Birbir and his friends collected samples from both the shoe manufacturing and storage stages. We posit that this divergence in sampling methodologies may account for the observed difference in results.

In this study, it is observed that there is a significant difference between new and used shoes ($P < 0.05$). Also, unlike other studies; in addition to the rare pathogenic yeasts and molds, *Penicillium* sp. 5(5%), *A. versicolor* 3(3%), *Fusarium* sp. 7(7%), *A. flavus* 2(2%), *A. fumigatus* 2 (2%), *A. niger* and direct pathogen *T. rubrum* 3(3%), *T. mentagrophytes* (11%), *E. floccosum* 1(1%) were isolated. Although the tanning process is very well done, there may be contaminations due to heavy workmanship in the shoe making process. During storage process, if the storage conditions are favorable for the reproduction of the fungus, the fungus will be also seen in the shoes that are contaminated. As a result, we think that not taking sufficient measures to minimize the contaminations during shoe manufacturing phases and storage conditions of shoes that are suitable for fungus, are important sources of contaminations in humans.

In conclusion, tanned leather, unused and used shoes made from these leathers, which are thought to be one of the sources of fungal infections, have been investigated in terms of pathogenic fungal infections. In terms of the isolation rate of yeast and molds, which are pathogenic and rare pathogenic, the rate of isolation with samples taken from new shoes and from the samples taken from the used shoes is found to be significant ($P < 0.05$). It is thought that during

the use of contaminated shoes, it may have increased the possibility of transmission in appropriate development conditions.. It is also thought to increase contamination with feet from other contaminated sources. In shoes that are contaminated during production and storage, the use of contaminated shoes is thought to increase human and human-to-human infection.

Since 16% from samples taken from unused shoes Isolation of pathogenic fungi is an important risk factor for the source of transmission.It can be said that it created.

Therefore, determination of these infectious agents of pathogenic fungi sources and the identification of these factors are extremely important in terms of preventive public health.

Isolation and identification studies of pathogenic fungi are usually carried out in clinical studies. Unlike clinical studies it will present important data to the public health and clinical studies since it is related to the the prevalence of pathogenic fungi in terms of source of infection.

Acknowledgement

This study was supported by Kahramanmaraş Sütçüimam University Scientific Research Projects Unit(Project no: 2014/3-22)

Contribution Rate Statement Summary of Researchers

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

Statement of Conflict Interest

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

REFERENCES

- Aşçı, Z. (1992). Elazığ Yöresinde İzole Edilen Dermatofit Etkenleri ve İn vitro Duyarlılıklarının Araştırılması. [Doktora Tezi.Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Mikrobiyoloji Anabilim Dalı]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.75 p
- Bauman, R.W. (2004). Microbiology, Contributions by Elizabeth Machunis-Masuoka, Phd. University of Virginia, Ian Tizard, Phd. Texas A.& M. University USA, p: 624-62.
- Bendeş, A.O. (1997). Ege Bölgesinden İzole Edilen

- Trichophyton rubrum* Şuşlarının Griseofulvine in Vitro Duyarlılığı. [Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Anabilimdalı.] Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi. 78 p.
- Bilgili, M. E., Sabuncu, İ., Saraçoğlu, Z. N., Ürer, S. M., Kiraz, N., & Akgün, Y. (2001). Kliniğimize Başvuran Dermatofitozlu Olgulardan İzole Edilen Dermatofitler. *Türk Klinik Dermatoloji*, 11, 185-190.
- Birbir, M., Özyaral, O., Johansson, C., & Ilgaz, A. (1992). Detection of yeast strains in chrome-tanned leather and shoes. *The Journal of The American Leather Chemists Association*, 87(12), 466-472.
- Çakmak, G. (2010). Astarlık ve Yüzlük Ayakkabı Derilerinin Ağır Metal Toksisitesinin Enzim Aktiviteleri ile Belirlenmesi. [Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi 93 p.
- Köktürk, A., Delğaloğlu, N., Kaya, T.İ., Baz, K., İkizoğlu, Demirseren, et al. (2002). Mersin İlinin Dermatofit Florası. *Türk Klinik Dermatoloji*, 12, 135-139.
- Köktürk, A., Delğaloğlu, N., Kaya, T.İ., Baz, K., İkizoğlu, G., Demirseren, DD, Kanık, A (2002). Mersin İlinin Dermatofit Florası. *T. Klinik Dermatoloji* 12(3), 135-139
- Larone, D.H. (2002). Medically Important Fungi, Aguide to identifation. 4th ed., Printed in the United States of America:USA p11-180.
- Li, H., Zhou, J., Shi, R., and Wuyong, C. W. (2011). Identification of fungi from children's shoes and application of a novel antimicrobial agent on shoe insole. *African Journal of Biotechnology*, 10(65), 14493-14497
- Ocak, B. (2010). Antifungal Ayakkabı Üretiminde Mikrokapsülasyon Yönteminin Kullanımı Üzerinde Araştırmalar.[Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü], Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi 133 p.
- Özkütük, A.A. (1999). Dermatomikoz Olgulardan İzole Edilen Dermatofitlerin Tiplendirilmesi ve Antifungal Ajanlara Duyarlılıkları. [Uzmanlık Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı.] Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi 67 p.
- Soejon, R., Gunawan, M.S., Zein, N., and Pradona, J. (1982). *Proceedings of the Tenth Asian Conference on Occupational Health*. 2, p 703.

Atık Sulardan İzole Edilen Gram Negatif Bakterilerin Antibiyotik Direnç Profillerinin Belirlenmesi

Merve CORA¹, İnci DURUKAN², Gülşen ULUÇAM ATAY³, Ali Osman KILIÇ⁴

^{1,2,4}Karadeniz Teknik Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, Trabzon, Türkiye, ³ Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler Ve Teknikler Bölümü, Rize, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-5956-9133>, ²<https://orcid.org/0000-0002-9789-4738>, ³<https://orcid.org/0000-0002-8524-9096>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-5506-0866>

✉: mcora@ktu.edu.tr

ÖZET

İnsan ve hayvanlardaki enfeksiyonların tedavisinde ve endüstride çeşitli amaçlarla yer alan antibiyotiklerin kullanımının artması çevresel ortamlarda antibiyotik dirençli bakterilerin ve direnç genlerinin daha sık tespit edilmesine neden olmaktadır. Su kenarındaki yerleşim yerlerinde atık sular arıtma işleminden sonra yakındaki sulara boşaltılmaktadır. Bunun sonucunda, sular patojen ve dirençli mikroorganizmalarla kirlenerek insan sağlığı için büyük bir tehlike oluşturmaktadır. Bu çalışmada, Trabzon şehir merkezinden alınan atık su örneklerinden Gram negatif bakteriler izole edilerek antibiyotik direnç profillerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Atık sulardan alınan örnekler triptik soy agar ve eozin metilen mavisi besiyerlerine ekim yapılarak üreyen mikroorganizmalar analiz edilmiştir. Çalışmaya Gram negatif 36 bakteri izolatı dahil edilmiştir. Bakterilerdeki direnç disk difüzyon yöntemi ile araştırılmıştır. Antimikrobiyal direnç saptanan mikroorganizmalar MALDI-TOF MS ve BD Phoenix otomatize mikrobiyoloji sistemi ile tanımlanarak otomatize sistem ile direnç profilleri çıkarılmıştır. Dirençli bakterilerde *bla_{SHV}*, *bla_{TEM}*, *bla_{OXA}*, *bla_{CTX-M}*, *integraz 1*, *integraz 2* ve *integron* varlığı PZR yöntemi ile araştırılarak bu genlerin aktarım mekanizmaları transformasyon ve konjugasyon deneyleri ile incelenmiştir. Ayrıca, antibiyotiklere dirençli izolatlarda Genişlemiş Spektrumlu Beta Laktamaz (GSBL) üretimi çift disk sinerji testi ile araştırılmıştır. Sonuç olarak bu çalışmada 14 izolatta antibiyotik direnci olduğu, bir izolatta GSBL ve *bla_{OXA}* varlığı tespit edilmiştir. İki izolatın plazmit taşıdığı ve bir izolatın ampisilin direncinin konjugatif plazmitle, kanamisin direncinin ise konjugatif olmayan bir plazmitle transforme olduğu belirlenmiştir. Direnç taşıyan bazı izolatlarda plazmit varlığının tespit edilmesi; antibiyotik direncinin atık sularda bulunan bakteriler arasında yayılabileceğini ve canlılar üzerinde olumsuz etkiler olabileceğini düşündürmektedir.

Mikrobiyoloji

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 07.02.2023

Kabul Tarihi : 06.07.2023

Anahtar Kelimeler

Antibiyotik direnci

PZR

Bakteriyel transformasyon

Antibiotic Resistance Profiles of Gram Negative Bacteria Isolated From Wastewater

ABSTRACT

Aims: The use of antibiotics, which have been used in the treatment of infections, has been increasing. Therefore, the occurrence of antibiotic-resistant bacteria and resistance genes, both in infections and in the environment, is also increasing. In settlements near the water, wastewater is commonly collected in certain centers and discharged into nearby waters after treatment. As a result, the waters are polluted with pathogenic and resistant microorganisms, posing a great danger to human health. In this study, it was aimed at determining the antibiotic resistance profiles of Gram-negative bacteria isolated from wastewater samples taken from Trabzon City Center. **Material and methods:** Samples taken from wastewater were inoculated on tryptic soy agar and eosin methylene blue media to analyze the growing microorganisms. Thirty-six Gram-negative bacteria were included in the study. Resistance in bacteria was investigated by the disk diffusion method.

Microbiology

Research Article

Article History

Received : 07.02.2023

Accepted : 06.07.2023

Keywords

Antibiotic resistance

PCR

Bacterial transformation

Microorganisms with resistance were identified with the MALDI-TOF MS and BD Phoenix automated microbiology systems, and resistance profiles were obtained with the automated systems. The presence of *bla*SHV, *bla*TEM, *bla*OXA, *bla*CTX-M, integrase 1, integrase 2, and integron in resistant bacteria was investigated by the PCR method, and the transmission mechanisms of these genes were examined by transformation and conjugation experiments. In addition, the production of Extended Spectrum Beta Lactamase (ESBL) in isolates resistant to antibiotics was investigated by a double-disc synergy test. Results: As a result, in the current study, antibiotic resistance was found in 14 of 36 isolates. The presence of ESBL and *bla*oxa was shown to be isolated. It was determined that two isolates had plasmids. It was also shown that ampicillin resistance in one isolate was transformed with a conjugative plasmid, and kanamycin resistance was transformed with a non-conjugative plasmid. Conclusions: The detection of the presence of plasmids in some isolates carrying resistance suggests that antibiotic resistance may spread among bacteria in wastewater and may have adverse effects on living things.

- Atıf İçin:** Cora, M., Durukan, İ., Uluçam-Atay, G & Kılıç, AS (2024). Atık sularından izole edilen Gram negatif bakterilerin antibiyotik direnç profillerinin belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (3), 520-527. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1248203>.
- To Cite:** Cora, M., Durukan, İ., Uluçam-Atay, G & Kılıç, AS (2024). Antibiotic resistance profiles of gram negative bacteria isolated from wastewater. *KSU J. Agric Nat* 27 (3), 520-527. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1248203>.

GİRİŞ

Pek çok bakteri türünün, insanlar antibiyotikleri üretmeye başlamadan önce antibiyotikleri tolere etme yeteneğine sahip olduğu bilinmektedir. Antibiyotiklerin yakın sayılabilecek bir zaman önce klinik ajanlar olarak piyasaya sürülmesi, antibiyotik direncinin evrimini ve antibiyotik direnç genlerinin yatay transferini tetiklemiştir. Bu durum bakteriyel enfeksiyonları önlemeyi ve tedavi etmeyi giderek zorlaştırmaktadır (Larsson & Flach, 2022). Antibiyotiklerin yanlış kullanımının yanında, dışkı kalıntılarıyla yoğun şekilde kirlenmiş yüzey sularına maruz kalınması (kirli deniz sularının yutulması gibi) insan mikrobiyotasının değişerek antibiyotik dirençli bakterilerin görülmesine neden olmaktadır (Huemer ve ark., 2020; Larsson & Flach, 2022). Böylece insanlar da bir nevi antibiyotik direnç genlerinin kaynağı konumuna gelerek bu direncin atık su sistemi ile çevreye yayılmasına sebep olmaktadır (Rodriguez-Mozaz ve ark., 2015).

Antibiyotiklerin hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde yıllardır artan miktarda tüketilmesi, nehirler, hastane akıntıları, limanlar ve göller gibi birçok çevresel ortamda antibiyotik dirençli bakteriler ve antibiyotik direnç genlerinin daha sık tespit edilmesine neden olmaktadır (Xu ve ark., 2015). Dünyanın her yerinde antibiyotik direnci ve direnç genlerinin yayılımı ile ilgili yapılan çalışmalar artarak devam etmektedir (Yang ve ark., 2014).

Son yıllarda antibiyotiklere karşı dirençli bakterilerin oranı sadece klinik ortamlarda değil, çevresel örneklerde de giderek artmaktadır (Tarek & Garner,

2022). Sucul ortamlar, hastane atıkları, endüstriler ve çiftçilik gibi birçok farklı kaynaktan gelebilen antibiyotiklere dirençli bakterilerin yaygınlığı sürekli artmaktadır (Baquero ve ark., 2008; Bouki ve ark., 2013). Atık suya salınan çok sayıda antibiyotik veya bunların aktif metabolitleri, bakteri popülasyonları üzerindeki seçici baskıyı artırarak dirençli suşların seçilmesine ve geniş çapta yayılmasına olanak sağlamaktadır (Davies & Davies, 2010; Bungau ve ark., 2018).

Atık su arıtma tesisleri (AAT), farklı kökenlerden gelen dirençli bakterilerin önemli bir toplayıcısı ve antibiyotik direncini kodlayan genlerin genetik değişiminin gerçekleştiği odak noktası olarak rapor edilmiştir. Gerçekten de, bu tesislerdeki yüksek bakteri konsantrasyonu ve çeşitliliği nedeniyle; üreme, doğal transformasyon, transdüksiyon ve transpozisyon yoluyla yatay gen transferi, çeşitli kökenlerden antibiyotik direncini kodlayan genlerin paylaşımını ve yayılmasını büyük ölçüde artırmaktadır (Lepuschitz ve ark., 2019). Dünya çapında; AAT'lerin çoğu, mikro kirleticilerin tamamen ortadan kaldırılmasını her zaman sağlayamamaktadır. Bu nedenle, antibiyotikler, antibiyotiğe dirençli bakteriler ve antibiyotik direnç genleri topraklara, yüzey sularına ve içme suyu girişlerine bulaşabilmektedir. Dahası, arıtılmış atık su çoğunlukla nehirlere deşarj edilmekte ve bu da dirençli mikroorganizmaların ve antibiyotik direncini kodlayan genlerin uzun mesafeli bir yolculukla tarımsal topraklara ulaşmasına ve nihayetinde insan ve hayvan gıdalarında bulunmasına neden

olmaktadır (Gatica & Cytryn, 2013).

Antibiyotiğe dirençli *Aeromonas* spp., *Acinetobacter* spp., *Enterobacteriaceae* ve *Pseudomonades* üyeleri atık su kaynaklarında tespit edilmiştir. Plazmitler, transpozonlar, bakteriyofajlar, integronlar ve bunların kombinasyonları olan mobil genetik elementler vasıtasıyla antibiyotik direnç genlerinin farklı mikroorganizmalar arasında horizontal gen transferi olmaktadır. Bunun sonucunda atık sular antibiyotik direnç genlerinin çevredeki büyüklüğü ve yayılımını belirgin bir şekilde değiştirmektedir (Yang ve ark., 2014).

Deniz ve su kenarındaki yerleşim yerlerinde atık sular yaygın olarak belirli merkezlerde toplanarak arıtma işleminden sonra deniz, nehir gibi yakındaki sulara boşaltılmaktadır. Bunun sonucunda, sular patojen ve dirençli mikroorganizmalarla kirlenerek insan sağlığı için büyük bir tehlike oluşturmaktadır (Akkan ve ark., 2011).

Bu çalışmada, Trabzon şehir merkezinden alınan atık su örneklerinden Gram negatif bakterilerin izole edilerek antibiyotik direnç profillerinin belirlenmesi, Genişlemiş Spektrumlu Beta Laktamaz (GSBL) üreten Gram negatif bakterilerin arıtma prosedürlerine sahip bir kentsel atık su tesisinde dağılımının incelenerek, antibiyotik direncini kodlayan genleri ve genetik elementlerinin (integronlar ve plazmitler) araştırılması, bu genetik elementlerin aktarım mekanizmalarının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOD

Örnek Alınması ve Bakterilerin İzolasyonu

Atık su örnekleri Haziran 2015'te, Pazarkapı Atık Su Ön Arıtma Tesisi ve Kemer kaya Mahallesi Maraş Caddesi Bahar Sokağı logar kapağı olmak üzere Trabzon ilinin iki ayrı noktasından toplanmıştır. Toplanan atık sular steril etiketlenmiş polietilenli kaplara aktarılarak soğuk zincirde laboratuvara transfer edilmiştir. Örneklerin bir kısmı çalışmaya alınırken, diğer kısmı örneklerin korunabilmesi için toplama işleminden hemen sonra dondurulmuştur. Bu işlem için her bir atık su örneğinden 20 mL alınarak 50 mL falkon tüplerine dağıtıldı ve %15 gliserol ile saklama yapılmıştır. Her örnekten ikişer tüp -80°C'de stoklanmıştır.

Her bir atıksu örneğinden 10^{-7} 'ye kadar dilüsyonlar hazırlandı ve 10^{-3} - 10^{-7} dilüsyonlardan ikişer adet triptik soy agar (TSA, Becton, Dickinson and Company, ABD), eozin metilen mavisi (EMB, Sigma-Aldrich, Almanya) besiyerlerine yayma ekim yöntemi ile ekim yapılmış ve 37°C'de aerobik koşullarda inkübe edilmiştir (Popova ve ark., 2012, Khorshidtalab, 2016). Besiyerlerinde birbirinden farklı koloni morfolojisine sahip olan izolatlar seçilerek tek koloni ekimi ile saflaştırılmıştır.

Saflaştırılan bakterilerden gram boyama sonucu, Gram negatif olduğu belirlenen ve klasik yöntemlerle tanımlanmış ve *Acinetobacter* sp., *Pseudomonas* sp., türleri ve *Enterobacteriaceae* ailesinden olan 36 bakteri çalışmaya dahil edilmiştir.

Bakterilerin Tanımlanması ve Direnç Profillerinin Fenotipik ve Genotipik Yöntemler ile Belirlenmesi

Çalışmaya dahil edilen ve klasik yöntemlerle tanımlanmış 36 Gram negatif bakterinin; Clinical Laboratory Standards Institute (CLSI) kriterlerine göre belirlenen antibiyotikler ile antibiyotik duyarlılık testleri Kirby-Bauer disk difüzyon yöntemi ile Mueller Hinton agar (MHA, Becton, Dickinson and Company, ABD) kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçlar CLSI standartlarına göre değerlendirilmiştir (CLSI, 2009). Antibiyotiklerden dört veya daha fazlasına dirençli olduğu belirlenen 14 izolat Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization-Time of Flight Mass Spectrometry (MALDI-TOF MS, Bruker Daltonics, ABD) ve BD Phoenix otomatize mikrobiyoloji sistemi (Becton Dickenson, ABD) ile tanımlanmıştır. Tanımlanan türlerin antibiyotik duyarlılık profilleri BD Phoenix otomatize sistem (Becton Dickenson, ABD) ile değerlendirilmiştir.

Otomatize sistem ile GSBL ürettiği tespit edilen izolatlarla doğrulama amacıyla çift disk sinerji testi uygulanmıştır. Testin kalite kontrolü için *Escherichia coli* ATCC 25922 referans suşu kullanılmıştır.

Antibiyotiklerden dört veya daha fazlasına dirençli olduğu belirlenen 14 izolattan fenol-kloroform yöntemi ile DNA izolasyonu gerçekleştirilerek, izolatlarda *bla*_{SHV}, *bla*_{TEM}, *bla*_{OXA}, *bla*_{CTX-M}, integraz 1, integraz 2 ve integron varlığı Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PZR) ile araştırılmıştır. PZR'da kullanılan primerler Çizelge 1'de gösterilmiştir. PZR reaksiyonu 5x FIREPol® Master Mix 5 µL (Solis Biodyne, Estonya), primer forward (10 pmol µL⁻¹) 0.6 µL, primer reverse (10 pmol µL⁻¹) 0.6 µL, template 2 µL, double distilled water 11.8 µL, toplam 20 µL olacak şekilde hazırlanmıştır. Her bir gen için primerlerin temin edildiği kaynaklar referans alınarak, ayrı PZR reaksiyon koşulları uygulanmıştır. PZR sonucu pozitif bulunan örnekler Applied Biosystems 3130 Genetic Analyzer (Applied Biosystems, ABD) cihazında dizi analizi gerçekleştirilmiştir. Dizileme sonuçları Chromas Pro Programı (Sürüm 1.7.5) ile analiz edilmiş ve her birinin benzerliği kontrol etmek için ClustalW2 DNA Veri Bankasına tanıtılmıştır.

Plazmit İzolasyonu, Transformasyon ve Konjugasyon Deneyleleri

Çalışmaya dahil edilen 14 izolatla plazmit varlığı EZNA Plasmid Mini Kit I (Omega Bio-tek Inc, ABD) kullanılarak araştırılmıştır. İzolatlardaki direncin plazmit ile aktarılma mekanizması transformasyon

ve konjugasyon deneyleri ile belirlenmiştir.

Transformasyon, kompetan hücre olarak *E. coli* JM109 kullanılarak NEB PCR Cloning Kit (Biolabs Inc., New England) ve QIAGEN PCR Cloning Kit (QIAGEN Inc., İngiltere) ile firmaların talimatı doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Bakteriden izole edilen plazmit kompetan hücreye transform edilmiştir. Transformantlar seçici besiyerlerine ekilmiştir. Direnç genlerini alarak seçici besiyerinde üreyen bakterilerden yeniden plazmit izolasyonu ve PZR yapılarak doğrulama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Plazmit DNA'nın konjugasyon ile aktarılma işlemi

broth mating (sıvıda çiftleşme) prensibine göre yapılmıştır (Ike ve ark., 1998). Verici hücre olarak GSBL içeren izolatlar, alıcı hücre olarak *E. coli* HB101 ve *E. coli* DH5α izolatları kullanılmıştır. Kontrol için verici hücre olarak *E. coli* KD39, alıcı hücre olarak *E. coli* C600 kullanılmıştır. Transkonjugantlar uygun antibiyotikleri içeren LB agar besiyerleri kullanılarak seçilmiştir. Primer seleksiyon plaklarında üreyen koloniler uygun antibiyotikleri içeren LB agar plaklarına replika ekim yapılarak doğrulama gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan primer listesi

Table 1. List of the primers used in the study

Primerin Adı Primers	Sekans (5'→3') Sequence (5'→3')	Referans no. Reference no.
SHV-F	TCAGCGAAAAACACCTTG	(Dehshiri ve ark., 2018)
SHV-R	TCCCGCAGATAAATCACC	(Dehshiri ve ark., 2018)
TEM-F	ATGAGTATTCAACATTTCCG	(Tariq ve ark., 2012)
TEM-R	CCAATGCTTAATCAGTGAGG	(Tariq ve ark., 2012)
OXA-F	GTCTTTCGAGTACGGCATT	(Yan ve ark., 2006)
OXA-R	ATTTTCTTAGCGGCAACTTAC	(Yan ve ark., 2006)
CTX-M-	TTTGCGATGTGCAGTACCAGTAA	(Edelstein ve ark., 2003)
CTX-M-	CGATATCGTTGGTGGTGCCATA	(Edelstein ve ark., 2003)
IntI-1F	GGTCAAGGATCTGGATTTGG	(Machado ve ark., 2005)
IntI-1R	ACATGCGTGTAATCATCGTC	(Machado ve ark., 2005)
IntI-2F	CACGGATATGCGACAAAAGGT	(Machado ve ark., 2005)
IntI-2R	GTAGCAAACGAGTGACGAAATG	(Machado ve ark., 2005)
5'-CS	GGCATCCAAGCAGCAAG	(Machado ve ark., 2005)
3'-CS	AAGCAGACTTGACCTGA	(Machado ve ark., 2005)

BULGULAR

Atık sudan izole edilen Gram negatif bakterilerdeki antibiyotik direnci Kirby-Bauer disk difüzyon yöntemi ile araştırılmış, ampisin, amoksisilin-klavulonat direnci 11/36; piperasilin direnci 9/36; aztreonam direnci 8/36; gentamisin, siprofloksasin, imipenem, sefepim, sefotaksim direnci 5/36; seftazidim, sefoksitin direnci 4/36 izolatta tespit edilmiştir. Dört ve üzeri antibiyotige direnç gösterdiği belirlenen 14 izolat MALDI-TOF MS ve BD Phoenix otomatize sistem ile *Pseudomonas aeruginosa* (2/14), *E. coli* (1/14), *Stenotrophomonas maltophilia* (3/14), *Citrobacter braakii* (1/14), *Pseudomonas putida* (1/14), *Pseudomonas viridiflava* (1/14), *Shewanella putrefaciens* (1/14), *Acinetobacter baumannii* (1/14), *Achromobacter xylosoxidans* (2/14), *Pseudomonas nitroreducens* (1/14) olarak tanımlanmıştır (Çizelge 2). Tanımlanan bakteriler ve otomatize sistemden elde edilen antibiyotik duyarlılık profilleri Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Tanımlanan 14 izolattan sadece *C. braakii* olarak tanımlanan izolatta GSBL fenotipi tespit edilmiştir. GSBL varlığı, çift disk sinerji testi ile doğrulanmıştır. İzolatta yalnızca *bla_{oxa}* varlığı tespit edilmiş ve DNA dizi analizi ile doğrulanmıştır. Bu çalışmada yer alan

diğer 13 izolatta antibiyotik direnci fenotipik olarak görülmesine rağmen, genotipik olarak tespit edilmemiştir. Ayrıca çalışmaya dahil edilen izolatların hiçbirinde integron varlığı görülmemiştir.

Çalışmada yer alan 14 izolatta plazmit varlığı araştırılmıştır. *E. coli* ve *C. braakii* izolatlarının plazmit taşıdığı belirlenmiştir. *C. braakii* izolatında büyüklükleri 3-60 kb arasında olan en az 3-4 tip plazmit bulunmuştur. İzolatta bulunan ampisilin direncinin konjugatif plazmitle *E. coli* HB101 ve DH5α suşlarına aktarıldığı, kanamisin direncinin non konjugatif bir plazmitle *E. coli* JM109 suşuna transforme olduğu belirlenmiştir. Ayrıca transformant ve transkonjugatlarda ampisilin ve kanamisin direncinin aktarıldığı doğrulanmıştır.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) günümüzde insan ve hayvan sağlığını tehdit eden en büyük sorunlardan birinin antibiyotik direnci olduğunu bildirmiştir. Günümüzde antibiyotiklere dirençli bakteriler tarafından meydana gelen enfeksiyon hastalıklarının sıklığında artış tespit edilmektedir. Bu husus enfeksiyon hastalıklarının tedavisini güçleştirmekte ve buna bağlı komplikasyonların meydana gelmesine

neden olmaktadır. Son zamanlarda yapılan ve belediyelerin atık su sistemleri ve kanalizasyon sistemlerini hedef alan çalışmalarda antibiyotiğe dirençli bakteriler ve dirençle ilişkili genetik elemanların alınan örneklerde fazla miktarda bulunduğu gösterilmiştir (Tarek & Garner, 2022).

Antibiyotiğe dirençli patojenler ve antibiyotik dirençli genler içeren fekal kirliliğin çevresel bulaşma yolları, antibiyotik direncinin yayılmasına katkıda bulunması muhtemel bir faktör olarak tanımlanmıştır (Tarek & Garner, 2022).

Çizelge 2. Bakterilerin MALDI-TOF MS ve ve BD Phoenix otomatize sistem ile tanımlanması, ve BD Phoenix antibiyogram sonuçları

Table 2. Identification of bacteria with MALDI-TOF MS and BD Phoenix automated system, and BD Phoenix antibiogram results

MALDI-Toff MS Tanımlama MALDI-Toff MS Identification	Antibiogram Sonuçları (Results of Antibiogram)																	
	AK	AMC	AMP	AZT	CP	CAZ	CRO	CXM	CIP	ETP	CL	GM	IPM	MEM	NET	PRL	TZP	SXT
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	S	-	-	-	S	S	-	-	S	-	S	S	S	S	S	S	S	-
<i>Escherichia coli</i>	S	R	R	S	S	S	S	S	S	S	-	S	S	S	-	R	R	R
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S
<i>Citrobacter braakii</i>	S	R	R	R	S	R	R	-	S	S	-	S	S	S	-	R	I	S
<i>Pseudomonas putida</i>	S	-	-	R	S	S	-	-	S	-	-	S	S	S	-	S	S	-
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	S	-	-	I	S	S	-	-	S	-	-	S	S	S	-	S	S	-
<i>Shewanella putrefaciens</i>	S	-	-	S	S	S	-	-	S	-	S	S	S	S	S	S	S	-
<i>Acinetobacter baumannii</i>	S	-	-	-	S	I	-	-	S	-	S	S	S	S	R	-	-	S
<i>Achromobacter xylosoxidans</i>	I	-	-	R	S	S	-	-	R	-	S	R	S	S	R	S	S	-
<i>Achromobacter xylosoxidans</i>	R	-	-	R	R	S	-	-	R	-	S	R	I	S	R	S	S	-
<i>Pseudomonas viridiflava</i>	S	-	-	R	S	S	-	-	R	-	S	S	S	I	S	S	S	-
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	S
<i>Pseudomonas nitroreducens</i>	S	-	-	R	S	S	-	-	S	-	S	S	S	S	S	S	S	-

AK: Amikasin, AMP: Ampisilin, AMC: Amoksisilin- Klavulonat, AZT: Aztreonam, CP: Sefepim, CAZ: Seftazidim, CRO: Seftriakson, CXM: Sefuroksim-Sodyum, CIP: Siprofloksasin, ETP: Ertapenem, CL: Kolistin, GM: Gentamisin, IPM: İmipenem, MEM: Meropenem, NET: Netilmisin, PRL: Piperasilin, TZP: Piperasilin-Tazobaktam, SXT: Trimetoprim-Sulfametoksazol, S: Duyarlı, R: Dirençli, I:Orta Duyarlı, -: Çalışılmadı.

Yapılan bu çalışmaya dahil edilen Gram negatif bakterilerden iki tanesi MALDI-TOF MS ile *Achromobacter xylosoxidans* olarak tanımlandı. *A. xylosoxidans* katalaz pozitif, oksidaz-pozitif ve nonfermentatif Gram negatif basildir. Nonfermentatif Gram negatif basiller ile benzer özelliklere sahiptir ve birbirlerinden ayırt edilmesi zor çevresel bir patojendir. *A. xylosoxidans*lar birçok ilaca dirençli fırsatçı bakterilerdir. Çalışmada izole edilen *A. xylosoxidans* izolatlarından biri dört diğeri altı antibiyotiğe dirençlidir. Nakamoto ve ark. (2017) çalışmasında akarsu, gölet ve evsel atıklardan toplanan numunelerden dokuz *A. xylosoxidans* izole

edilmiş ve beş izolatın birden fazla aminoglikozit sınıfı antibiyotiğe karşı artan direnç gösterdiği belirlenmiştir. Amoureux ve ark. yaptığı çalışmada hastaneden 33 izolat, evsel alanlardan dokuz ve açık alanlardan sekiz izolat olmak üzere toplam 50 *A. xylosoxidans* izolatı saptanmıştır. İzolatların 49'u siprofloksasine dirençli bulunmuştur (Amoureux ve ark., 2013). Yapılan çalışmada, aztreonam ve siprofloksasine dirençli bulunan izolatların aminoglikozitlerden gentamisin ve netilmisine dirençli olduğu saptanmıştır.

Çalışmada yer alan izolatlardan bir tanesi *C. braakii* olarak tanımlanmıştır. *C. braakii* su, toprak ve

gıdalarda yaygın olarak bulunan Gram negatif, fakültatif anaerobik ve hareketli bir basildir. *Citrobacter* türleri, ciddi nozokomiyal enfeksiyonlara neden olan ve yaygın olarak kullanılan antimikrobiyal ajanlara dirençli mikroorganizmalardır. Aminoglikozidler, florokinolonlar, karbapenemler, sefepim ve sefpirom gibi birçok üçüncü ve dördüncü jenerasyon sefalosporinler, *C. braakii* ile ilişkili enfeksiyonları tedavi etmek için tercih edilen ilaçlardır. Fakat penisilin ve diğer beta-laktam antibiyotiklere karşı yüksek düzeyde direnç gösterirler (Nayar ve ark., 2014; Trivedi ve ark., 2015). Çalışmada tespit edilen *C. braakii* izolatının birçok antibiyotige karşı dirençli olduğu, GSBL ürettiği ve *bla_{oxa}* içerdiği tespit edilmiştir. Bu izolatın aynı zamanda içerdiği plazmitler vasıtasıyla ampisilin direncini konjugasyon ile aktarabildiği gösterilmiştir.

Çin'de penisilin üretimi yapılan bir tesisin atık suyundan ve atık suyun döküldüğü nehirde izole edilen bakteri profilinin yapılan bu çalışmada izole edilen bakteri profili ile benzer olduğu görülmüştür. Aynı çalışmada üretim tesisinin atık suyundan izole edilen 179 bakterinin 31'inde ve atık suyun boşaltıldığı nehrin ağız kısmına yakın yerinden izole edilen 163 bakterinin 18'inde *bla_{TEM}* tespit edilmiştir (Li ve ark., 2009). Slovakya'da yapılan bir çalışmada belediye atık su arıtma tesisinden izole edilen 109 *E.coli* izolatının %26'sında GSBL tespit edilmiştir. GSBL ürettiği tespit edilen izolatların yaklaşık yarısında CTX-M geni bulunurken, sadece bir izolatta IMP geni ve integron 1 birlikte tespit edilmiştir (Cornejova ve ark., 2015). Bu çalışmada Trabzon ili atık sularından elde edilen 36 Gram negatif bakteriden sadece birinin GSBL ürettiği ve *bla_{oxa}* geni taşıdığı tespit edilmiştir. Trabzon ilinin farklı bölgelerindeki atık su arıtma tesislerinden numune alınıp atık sudan daha fazla sayıda Gram negatif bakteri izole edilerek yapılacak farklı çalışmalarda, örnek sayısının artmasıyla birlikte antibiyotik dirençli bakteri sayısında artış olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada, atık sudan izole edilen bazı bakterilerde direnç genlerinin varlığı ile birlikte antibiyotik direnci tespit edilen izolatların ikisinde plazmit varlığının tespit edilmiştir. Antibiyotik direncinin plazmitler aracılığıyla konjugasyon ve/veya transformasyon yoluyla aktarılabilmesi gösterilmiş olduğundan, antibiyotik direncinin atık sulardaki bakteriler arasında da yayılabileceği ve bu durumun hayvan ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyeceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Seyran Sakine NAS ve Mona KHORSHİTHALAB'a katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Bu proje Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından TYL-2015-5287 proje kodu ile desteklenmiştir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR

- Akkan, T., Kaya, A., & Dinçer, S. (2011). Hastane Atık Sularıyla Kontamine Edilen Deniz Suyundan İzole Edilen Gram Negatif Bakterilerin Sefalosporin Grubu Antibiyotiklere Karşı Direnç Düzeyleri. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 41(1), 18-21. <https://doi.org/10.5222/TMCD.2011.018>.
- Amoureux, L., Bador, J., Fardeheb, S., Mabilille, C., Couchot, C., Massip, C., Salignon, A.L., Berlie, G., Varin, V., & Neuwirth, C. (2013). Detection of *Achromobacter xylosoxidans* in Hospital, Domestic, and Outdoor Environmental Samples and Comparison with Human Clinical Isolates. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(23), 7142-7149. <https://doi.org/10.1128/AEM.02293-13>.
- Baquero, F., Martínez, J.L., & Cantón, R. (2008). Antibiotics and antibiotic resistance in water environments. *Current Opinion in Biotechnology* 19, 260-265. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2008.05.006>.
- Bouki, C., Venieri, D., & Diamadopoulos, E. (2013). Detection and the fate of antibiotic resistant bacteria in wastewater treatment plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 91, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.01.016>.
- Bungau, S., Mirela Tit, D., Fodor, K., Cioca, G., Agop, M., Iovan, C., Nistor Cseppento, D.C., Bumbu, A., & Bustea, C. (2018). Aspects regarding the pharmaceutical waste management in Romania. *Sustainability*, 10, 2788. <https://doi.org/10.3390/su10082788>.
- Clinical Laboratory Standards Institute. (2009). *Performance standards for antimicrobial susceptibility testing*. 19th edition. Supplement M100-S19:Wayne, PA: Clinical Laboratory Standards Institute.
- Cornejova, T., Venglovsky, J., Gregova, G., Kmetova, M., & Kmet, V. (2015). Extended spectrum beta-lactamases in *Escherichia coli* from municipal wastewater. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 22(3), 447-450. <https://doi.org/10.5604/12321966.1167710>.
- Davies, J. & Davies, D. (2010). Origins and evolution of antibiotic resistance. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 74, 417-433. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00000-09>.

- doi.org/10.1128/MMBR.00016-10.
- Dehshiri, M., Khoramrooz, S.S., Zoladl, M., Khosravani, S.A., Parhizgari, N., Motazedian, M.H., Jahedi, S., Sharifi, A. (2018). The frequency of *Klebsiella pneumoniae* encoding genes for CTX-M, TEM-1 and SHV-1 extended-spectrum beta lactamases enzymes isolated from urinary tract infection. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 17(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s12941-018-0256-y>.
- Edelstein, M., Pimkin, M., Palagin, I., Edelstein, I., & Stratchounski, L. (2003). Prevalence and molecular epidemiology of CTX-M extended-spectrum beta-lactamase-producing *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* in Russian hospitals. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 47(12), 3724-32. <https://doi.org/10.1128/AAC.47.12.3724-3732.2003>.
- Gatica, J. & Cytryn, E. (2013). Impact of treated wastewater irrigation on antibiotic resistance in the soil microbiome. *Environmental Science and Pollution Research*, 20, 3529–3538. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-1505-4>.
- Huemer, M., Shambat, S.M., Brugger, S.D., & Zinkernagel, A.S. (2020). Antibiotic resistance and persistence-Implications for human health and treatment perspectives. *EMBO Reports*, 21(12), e51034. <https://doi.org/10.15252/embr.202051034>.
- Ike, Y., Tanimoto, K., Tomita, H., Takeuchi, K., & Fujimoto, S. (1998). Efficient Transfer of the Pheromone-Independent *Enterococcus faecium* Plasmid pMG1 (Gm^r)(65.1 Kilobases) to *Enterococcus* Strains during Broth Mating. *Journal of Bacteriology*, 180(18), 4886-92, <https://doi.org/10.1128/JB.180.18.4886-4892.1998>.
- Khorshidtalab, M. (2016). *Atık Sulardan Litik Bakteriyofaj İzolasyonu ve Karakterizasyonu (Tez no 452525)*. [Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tıbbi Mikrobiyoloji Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Larsson, D.G.J. & Flach, C.F. (2022). Antibiotic resistance in the environment. *Nature Reviews Microbiology*, 20(5), 257-269, <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00649-x>.
- Lepuschitz, S., Schill, S., Stoeger A., Pekard-Amenitsch, S., Huhulescu, S., Inreiter, N., Hartl, R., Kerschner, H., Sorschag, S., Springer, B., Brisse, S., Allerberger, F., Mach, R.L., & Ruppitsch, W. (2019). Whole genome sequencing reveals resemblance between ESBL-producing and carbapenem resistant *Klebsiella pneumoniae* isolates from Austrian rivers and clinical isolates from hospitals. *Science of The Total Environment*, 662, 227–235. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.179>.
- Li, D., Yang, M., Hu, J., Zhang, J., Liu, R., Gu, X., Zhang, Y., & Wang, Z. (2009). Antibiotic-resistance profile in environmental bacteria isolated from penicillin production wastewater treatment plant and receiving river. *Environmental Microbiology*, 11(6), 1506-1517. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2009.01878.x>.
- Machado, E., Canto'n, R., Baquero, F., Gala'n, J.C., Rolla'n, A., Peixe, L., & Coque, T.M. (2005). Integron Content of Extended-Spectrum-Lactamase-Producing 74 *Escherichia coli* Strains over 12 Years in a Single Hospital in Madrid, Spain. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 49(5), 1823-1829. <https://doi.org/10.1128/AAC.49.5.1823-1829.2005>.
- Nakamoto, S., Sakamoto, M., Sugimura, K., Honmura, Y., Yamamoto, Y., Goda, N., Tamaki, H., & Burioka, N. (2017). Environmental Distribution and Drug Susceptibility of *Achromobacter xylosoxidans* Isolated from Outdoor and Indoor Environments. *Yonago Acta Medica*, 60(1), 67-70.
- Nayar, R., Shukla, I., & Sultan, A. (2014). Epidemiology, Prevalence and Identification of *Citrobacter* Species in Clinical Specimens in a Tertiary Care Hospital in India. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(4), 1-6.
- Popova, A.V., Zhilenkov, E.L., Myakinina, V.P., Krasilnikova, V.M., & Volozhantsev, N.V. (2012). Isolation and characterization of wide host range lytic bacteriophage AP22 infecting *Acinetobacter baumannii*. *FEMS Microbiology Letters*, 332(1), 40–46.
- Rodriguez-Mozaz, S., Chamorro, S., Marti, E., Huerta, B., Gros, M., Sanchez-Melsio, A., Borrego, C.M., Barcelo, D., & Balcazar, J.L. (2015). Occurrence of antibiotics and antibiotic resistance genes in hospital and urban wastewaters and their impact on the receiving river. *Water Research*, 69, 234-42. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.11.021>.
- Tarek, M.H. & Garner, E. (2022) A proposed framework for the identification of indicator genes for monitoring antibiotic resistance in wastewater: Insights from metagenomic sequencing. *Science of The Total Environment*, 12158698. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158698>.
- Tariq, A., Haque, A., Ali, A., Bashir, S., Habeeb, M.A., Salman, M., & Sarwar, Y. (2012). Molecular profiling of antimicrobial resistance and integron association of multidrug-resistant clinical isolates of *Shigella* species from Faisalabad, Pakistan. *Canadian Journal of Microbiology*, 58(9), 1047-54. <https://doi.org/10.1139/w2012-085>.
- Trivedi, M.K., Branton, A., Trivedi, D., Nayak, G., Mondal, S.C., & Jana, S. (2015). Phenotyping and 16S rDNA Analysis after Biofield Treatment on *Citrobacter braakii*: A Urinary Pathogen. *Journal of Clinical and Medical Genomics*, 3, 129, <https://doi.org/10.4172/2472-128X.1000129>.

- Xu, J., Xu Y, Wang, H., Guo, C., Qui, H., H, Y., Zhang, Y., Li, X., & Meng, W. (2015). Occurrence of antibiotics and antibiotic resistance genes in a sewage treatment plant and its effluent-receiving river. *Chemosphere*, 119, 1379-85. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.02.040>.
- Yang, Y., Li, B., Zo S., Fang, H.H.P., & Zhang, T. (2014). Fate of antibiotic resistance genes in sewage treatment plant revealed by metagenomic approach. *Water Research* 62, 97-106. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.05.019>.
- Yan, J.J., Hsueh, P.R., Lu, J.J., Chang, F.Y., Ko, W.C., & Wu, J.J. (2006). Characterization of acquired β -lactamases and their genetic support in multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* isolates in Taiwan: the prevalence of unusual integrons. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 58(3), 530–536. <https://doi.org/10.1093/jac/dkl266>.



Tetrazolato Ligandı ve Pt(II) Kompleksinin DNA Etkileşiminin Moleküler Doking Yöntemi ile Belirlenmesi

Fatma OKUŞ¹, Deniz YÜZBAŞIOĞLU² Gonca ÇAKMAK³ Nurşen SARI⁴, Fatma ÜNAL⁵

¹Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 06500 Ankara, Türkiye, ^{2,5}Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 06500 Ankara, Türkiye ³Gazi Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Eczacılık Meslek Bilimleri Bölümü, 06330 Ankara, Türkiye ⁴Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, 06500 Ankara, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0001-7648-9584>, ²<https://orcid.org/0000-0003-2756-7712>, ³<https://orcid.org/0000-0002-6283-5404>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-4764-7747> ⁵<https://orcid.org/0000-0002-7468-6186>

✉: deniz@gazi.edu.tr

ÖZET

Dünyada en çok ölüme neden olan hastalıklar arasında ikinci sırada yer alan kanserin tedavisinde platin(II) temelli ilaçlar önemli yer tutmaktadır. Yüksek etkinlik nedeniyle sıklıkla tercih edilen bu ilaçların kullanımını, yan etkileri ve direnç gelişimi gibi olumsuzluklar kısıtlamaktadır. Pt(II) iyonunu içeren moleküllerin DNA ile etkileştiği bilindiğinden, bu iyonu DNA'ya taşıyacak düşük toksisiteli bir ligandın geliştirilmesi önem kazanmıştır. Düşük toksisiteli olmaları nedeniyle ilaç çalışmalarında kullanımları desteklenen tetrazol halkası ve Schiff bazı grubu içeren ligant (tetrazolato) ve onun Pt(II) kompleksi sunulan çalışmaya konu olmuştur. Bu çalışmada tetrazolato ligandı ve onun kompleksinin farklı baz dizilimlerine sahip DNA yapıları ile etkileşimi, hem tek başına ligandın esnek olduğu "doking" ve hem de ligant-DNA yapılarının aynı anda esnek olduğu "esnek doking" yöntemleri kullanılarak araştırılması amaçlanmıştır. Bulgular, hem ligandın hem de onun Pt(II) kompleksinin tüm DNA yapılarına yüksek afinitesi olduğunu göstermektedir. Doking çalışmasındaki etkileşimler, en düşük: -5.225 kcal mol⁻¹, en yüksek: -8.186 kcal mol⁻¹ ve esnek doking çalışması için ise en düşük: -5.941 kcal mol⁻¹, en yüksek: -7.967 kcal mol⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Genetik

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 04.07.2023

Kabul Tarihi : 03.12.2023

Anahtar Kelimeler

Tetrazol halkası

Schiff bazı

Platin

DNA etkileşimi

Determination of DNA Interaction of Tetrazolato Ligand and Pt(II) Complex by Molecular Docking

ABSTRACT

Platinum(II) based drugs are essential in treating cancer, the second leading cause of death worldwide. These drugs, which are frequently used due to their high efficacy, are limited due to their side effects and resistance development. Since the interaction of Pt(II) with DNA is known, developing a low-toxicity ligand to carry it to DNA has gained importance. The Ligand (Tetrazolato) containing a tetrazole ring and Schiff base structures and its Pt(II) complex that are supported for use in drug development research due to their low toxicity is the main subject of this work. It is aimed at investigating the interaction of both this ligand and its Pt(II) complex with DNA structures having different base sequences by both "docking methods," in which only the ligand is flexible, and "flexible docking methods," in which the ligand and DNA structures are flexible at the same time. The data revealed that the ligand and the Pt(II) complex presented high affinity for all DNA structures. Determined interactions in docking studies ranged from the lowest: -5.225 kcal mol⁻¹ to highest: -8.186 kcal mol⁻¹ for the docking study, and the lowest: -5.941 kcal mol⁻¹ to highest: -7.967 kcal mol⁻¹ for the flexible docking study.

Genetics

Research Article

Article History

Received : 04.07.2023

Accepted : 03.12.2023

Keywords

Tetrazole ring

Schiff base

Platinum

DNA interaction

To Cite: Okuş, F., Yüzbaşıoğlu, D., Çakmak, G., Sarı, N. & Ünal, F. (2024). Determination of DNA Interaction of Tetrazolato Ligand and Pt(II) Complex by Molecular Docking. *KSU J. Agric Nat* 27 (3), 528-540. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1322613.

GİRİŞ

Peyrone tarafından 1844'te sentezlenen (Dasari & Tchounwou, 2014) cisplatinin anti kanser özelliği 1969'da Rosenberg ve arkadaşları tarafından gösterilmiş (Rosenberg ve ark., 1969) ve 1978 yılında da Amerika Birleşik Devletleri Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından onaylanmıştır. Cisplatin, keşfedildiği günden beri kanser tedavisinde kullanılan en önemli ilaçtır (Kelland, 2007). Bugün, kanser teşhisi alan hastaların %50'sinin tedavilerinin bir bölümünde cisplatin kullanılmaktadır (Ghosh, 2019). Cisplatinin FDA tarafından onaylanıp Pt(II) temelli ilk ilaç olarak kabul edilmesi, Pt(II) temelli terapilerin de miladı olarak kabul edilmektedir. Bu sayede ikinci ve üçüncü nesil Pt(II) temelli ilaçlar; carboplatin ve oxaliplatin sentezlenmiş ve FDA tarafından onay almıştır (Amjad ve ark., 2022; Kelland, 2007). Bunların yanında Güney Kore, Çin ve Japonya'da bölgesel onay almış Pt(II) temelli ilaçlar da bulunmaktadır (Heptaplatin, lobaplatin, nedaplatin) (Amjad ve ark., 2022; Chaudhary ve ark., 2021). Cisplatinden sonra geliştirilen ilaçların Pt(II) iyonunun anyonik ligantlarla şelatlanması (Karboplatin, Oxaliplatin) veya amin grubu içeren ligantlarla (Oxaliplatin) etkileştirilmesi şeklinde hazırlandığı görülmektedir (Martinho ve ark., 2019).

Pt(II) temelli ilaçlar genel olarak DNA üzerinde adenin ve guanin bazları ile interstrand ve intrastrand etkileşimleri yapmaktadır. Bu etkileşimler nedeniyle kıvrılıp bükülen DNA çalışamaz hale gelmektedir (Murray & Mirzayans, 2020; Oun ve ark., 2018). DNA'nın bu şekilde inaktif olması DNA replikasyonu ile RNA ve protein üretimini engellemektedir (Oun ve ark., 2018). Bu durum hücrenin transdüksiyon yollarını aktive ederek nekroz veya apoptoz yoluyla kanser hücrelerini yok etmektedir (Ghosh, 2019). Bu etkin tedaviye rağmen direnç oluşumu ve yan etkilerin gelişmesi (Ghosh, 2019; Soldatović ve ark., 2023; Tarai ve ark., 2023) Pt(II) iyonu temelli ilaçların kullanımını kısıtlamaktadır. Bu nedenle, yeni Pt(II) iyonu temelli komplekslerin sentezlenmesi oldukça önemlidir. Tedavideki olumlu sonuçları sayesinde yapıları ve etki mekanizmaları detaylı çalışılan bu ilaçlar, benzer moleküllerin sentezlenmesine ışık tutmaktadır (Martinho ve ark., 2019; Soldatović ve ark., 2023; Tarai ve ark., 2023). Kanser tedavisinde Pt(II) iyonunun uygun bir ligant ile şelatlaştırılarak kullanılmasının, serbest Pt(II) iyonundan kaynaklanabilecek toksik etkilerin üstesinden gelinmesinde etkili bir çözüm olduğu düşünülmektedir (Amjad ve ark., 2022). Bu çalışmanın konusunun tetrazolato ligantı olmasının nedeni, hem Schiff bazı (Kumar ve ark., 2017) hem de tetrazol (Vishwakarma ve ark., 2022) gruplarının düşük toksisiteli olmasıdır.

Yapısal olarak birbirine çift bağla bağlı karbon ve azot atomundan oluşan Schiff bazı (-C=N-), azot atomunun elektron verici özelliği sayesinde farklı biomoleküllerin aktif bölgelerine bağlanabilmektedir. Schiff bazları hem uyarlanabilirlikleri hem de üstün farmakolojik etkileri (Shekhar ve ark., 2022) nedeniyle "ayrıcılık ligantlar" olarak ifade edilmektedir (Ebosie ve ark., 2021; Saritha & Metilda, 2021). Yapısal çeşitlilikleri, yüksek farmakolojik ve düşük yan etkileri nedeniyle koordinasyon kimyası çalışmalarında sıklıkla kullanılıp metal kompleksleri içeren ilaç araştırmalarında tercih edilen ligantlardır (Ashraf ve ark., 2023; Faraj & Jumaa, 2022). Schiff bazlarının, birçok farklı metal iyonu ile koordinasyon bileşiklerini oluşturarak, çeşitli ortamlarda kararlı olduğu bilinmektedir (Boulechfar ve ark., 2023). Bunun yanında, heterosiklik bileşiklerle koordine olan metal komplekslerinin de potansiyel ilaçlar olarak uygulamaları bulunmaktadır (Pradeep ve ark., 2023). Schiff bazı, özellikle aminoasitlerin olduğu metabolik olayların pek çok aşamasında vücutta doğal olarak sentezlenmektedir (Singh ve ark., 2023). Bu nedenle canlı metabolizmaya dışardan dahil olan Schiff bazlarının yan etki oluşturmadan farklı kullanım alanlarına sahip olabileceği ifade edilmiştir (Ji ve ark., 2017; Raiber ve ark., 2018).

Bu çalışmaya konu olan ligandın bir diğer özelliği, yapısında tetrazol halkası bulundurmasıdır. Tetrazol molekülü zayıf asidik olup, asitliği karboksilik asit molekülüne yakındır (pKa=4.76). Heterosiklik halkalı bir bileşik olan tetrazol, tıbbi kimyada büyük öneme sahiptir. Karboksilik asit gruplarından daha kararlı oldukları için yeni geliştirilen ilaçlarda tercih edilmektedir. Biyolojik olarak önemi karboksilik asit ve cis-amit gruplarının biyoizosterik bir analogu olmasından kaynaklanmaktadır (Özkan, 2019). Ayrıca metabolik kararlılığı ve fizikokimyasal özellikleri (Jireš ve ark., 2021; Leyva-Ramos & Cardoso-Ortiz, 2021), tetrazol içeren yeni farmasötiklerin dizaynını ve sentezini çekici hale getirmektedir (Socorro ve Jaime, 2021). Ligandın yapısındaki donör grupların Pt(II) iyonu ile kompleks oluşturma kabiliyetinin olması, koordinasyon kimyası ve ilaç tasarımı açısından bir diğer önemli özelliktir. Hem Schiff bazının hem de tetrazol halkasının düşük toksisiteli olduğu bilindiğinden tetrazolato ligandının ve Pt(II) kompleksinin de düşük toksisiteli olması beklenmektedir.

Moleküler doking (yanaştırma, kenetleme), genellikle bir makromolekül (DNA, protein, enzim vb.) ve küçük ligant etkileşimini simule etmek için kullanılan, bilgisayara dayalı bir yöntemdir (Lin ve ark., 2023; Tao ve ark., 2020). Sunulan bu çalışmada hedef molekülün stabil olduğu doking yanında hem hedef molekülün

hem de ligandın esnek olduğu esnek doking yaklaşımı kullanılmıştır. Esnek doking çalışmalarında, hem ligant hem de DNA yapıları esnek olduğundan, verilerinin gerçeğe daha yakın olduğu kabul edilmektedir (Fan ve ark., 2019; Potlitz ve ark., 2023; Repasky ve ark., 2007). Özellikle ilaç araştırmalarında sentezlenen yapılar prelinik çalışmalar sırasında elenebileceğinden aday ilaç molekülü sentezlerinde büyük zaman ve maddi kayıp olabilmektedir. Bilgisayar modellemeleri sayesinde bu yapılar hakkında bilgi elde edilmesi ve eleme yapılması, sentez ve karakterizasyon aşamalarında zamandan ve maddi açıdan büyük kazanç sağlamaktadır (Çakmak Pehlivanlı & Çakmak, 2022; Tripathi & Misra, 2017).

Cisplatin, DNA üzerinde başta guanin olmak üzere adenin ve diğer bazlarla etkileşmektedir (Ahmad, 2010; Reedijk & Lohman, 1985). Cisplatinin etkileşim mekanizması uzun yıllardır araştırılmakta olduğundan DNA ile nasıl etkileştiği bilinmektedir (Çetintaş & Eroğlu, 2013; Cohen & Lippard, 2001; Dasari & Tchounwou, 2014). Bunun yanında, carboplatin gibi, cisplatinin etkisini koruyarak toksisitesini düşürmek için geliştirilmiş ikinci nesil ilaçlar da bulunmaktadır (Di Pasqua ve ark., 2012). Pt(II) bazlı ilaçların mekanizmaları ise DNA üzerindeki bazlarla etkileşerek, DNA'nın fonksiyonunu kaybetmesi ve hücre ölümünün gerçekleşmesi esasına dayanmaktadır (Ahmad, 2010). Bu nedenle sunulan bu çalışmada farklı baz dizilimlerine sahip, insan DNA yapıları seçilmiştir. Bu yapılardan üçü, 2023'te karakterize edilmiş (Ogbonna ve ark., 2023) olan, farklı baz dizilimlerine sahip, protein veri bankasında (Protein Data Bank (PDB)), 8F2Y, 8F2W, 8F20 olarak kodlanmış DNA yapılarıdır. Ayrıca DNA ile doking çalışmalarında sıklıkla tercih edilen PDB'de 1BNA olarak kodlanmış (Ciğerci ve ark., 2023; Husunet ve ark., 2022; Ince Yardımcı ve ark., 2022; Liman ve ark., 2022) olan yapı kullanılmıştır. Bu dört farklı DNA yapılarının özellikleri Çizelge 1'de detaylandırılmıştır.

Sunulan bu çalışmada, alternatif Pt(II) iyonu taşıyıcısı olarak tasarlanan tetratzolato ligandının ve onun Pt(II) kompleksinin DNA ile etkileşimi farklı baz dizilimlerine sahip DNA yapıları ile hem doking hem de esnek doking yöntemleri ile değerlendirilmiştir.

Çizelge 1. Doking için kullanılan DNA yapıları
Table 1. DNA structures used for doking

PDB	Baz dizilimi	Çözünürlük (Å)	Metot	Organizma	Kaynak
8F2Y	5'-CGCGATATCGCG-3'	1.78	X-RAY kırınım	İnsan	(Ogbonna ve ark., 2023)
8F2W	5'-CGCGAATTCGCG-3'	1.30	X-RAY kırınım	İnsan	(Ogbonna ve ark., 2023)
8F20	5'-CGCAAAAAGCG-3'	2.23	X-RAY kırınım	İnsan	(Ogbonna ve ark., 2023)
1BNA	5'CGCGAATTCGCG-3'	1.90	X-RAY kırınım	N/A	(Drew ve ark., 1981)

BULGULAR

Tetratzolato Ligandı ve DNA Yapılarının Etkileşimi

Schrödinger programına göre, ligant

MATERYAL ve METOD

Doking

Tetratzolato ligandının kimyasal yapısı Schrödinger Maestro programında ligant interaction modülü ile çizilmiş (Schrödinger Release, 2021-1) ardından Ligprep modülü ile ligant doking için hazırlanmıştır. Kanser hücreleri çok hızlı bölündüklerinden, metabolik faaliyetleri hızlıdır. Normal hücrelere kıyasla daha fazla proton (H⁺) iyonları üretmektedir (Piasentin ve ark., 2020; Swietach ve ark., 2014). Bu durum sağlıklı hücrelerdeki nötr pH değerini 7.1-7.7 aralığına taşımaktadır (Lee & Shanti, 2021; Ward ve ark., 2020). Bu nedenle, ligandın ve DNA yapılarının optimizasyonda pH 7,4±0,3 ayarlanarak optimize edilmiştir. Kuvvet alanı olarak Opls3e kullanılmıştır.

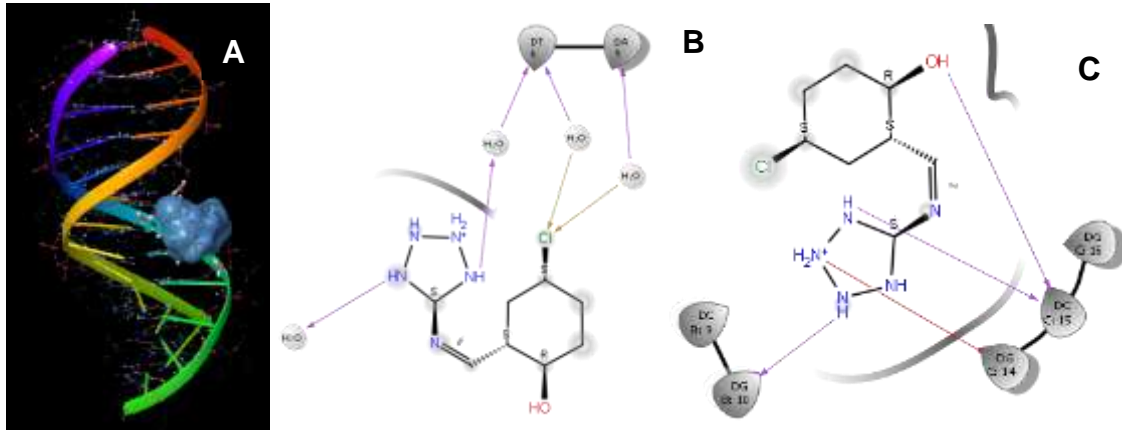
Tüm DNA yapıları Schrödinger programının protein hazırlama modülü ile PDB'den (<https://www.rcsb.org/>) indirilmiştir. Hidrojen bağlarının optimizasyonu, ligandın hazırlandığı koşullarda gerçekleştirilmiştir. Grid kutusu, DNA yapılarının tamamını kapsayacak şekilde ayarlanmış ve kör doking yapılmıştır. Doking, Schrödinger Glide programının Ligant Doking modülünü kullanarak ekstra hassas XP ayarı ile gerçekleştirilmiştir. Esnek doking çalışmasında ise aynı koşullarda Schrödinger induced fit doking modülü kullanılmıştır.

Pt(II) kompleksinin doking çalışmasında kompleksin 2D yapısı Schrödinger programının ligant interaction modülü ile çizilmiştir. Ardından uygun basis set ile kompleksin optimizasyonu yapılmıştır. Uygun koşullarda optimizasyonu yapılmış olan DNA yapısının tümünü kapsayan grid hazırlanmış ve kör doking yapılmıştır. Daha sonra doking ve esnek doking çalışmaları ligant ile aynı koşullarda gerçekleştirilmiştir. Doking programları kovalent olmayan bağları belirlemektedir. Pt(II) iyonunun DNA ile kovalent olarak etkileştiği öngörülmektedir, böylece Pt(II) kompleksi ve DNA yapıları ile esnek doking yapıldıktan sonra Pt(II) iyonu ile ne kadar yakınlaştıkları ölçülmüştür. Atomlar arasındaki uzaklık 3-3,5 Å ve altı ise bu atomlar arasında kovalent bağ oluşma ihtimalinin yükseldiği şeklinde yorumlanmıştır (Frey, 2004).

optimizasyonunda 16 farklı konformasyonel değişim olmuştur. Bu yapılardan en yüksek doking skoru gösteren yapıların DNA ile etkileşimleri gösterilmiştir.

8F2Y kodlu DNA yapısı için gerçekleştirilen doking çalışmasında tetrazolato ligandındaki tetrazol halkasının timin ile yakınlaşarak, DNA etrafındaki H₂O molekülleri aracılığıyla, hidrojen bağı ile etkileştiği görülmüştür. Altı karbonlu aromatik halkaya ait klor iyonunun ise yine DNA etrafındaki H₂O molekülleri ile halojen bağı oluşturarak adenin ve timinle yakınlaşıp hidrojen bağı ile etkileştiği belirlenmiştir. Esnek doking sonucu elde edilen

verilerde ise ligandın sitozin (cytosine, S, C) ve guaninlerce (G) zengin olan uç bölgesine yakınlaştığı görülmektedir. Etkileşimler tetrazol halkası ile guanin arasında tuz köprüsü, sitozin ile ise hidrojen bağı oluşması şeklinde oluşmuştur. Aynı sitozin ile altı karbonlu aromatik halkadaki hidroksil grubunun da hidrojen bağı ile etkileştiği, böylece tetrazolato ligandının DNA'daki büyük oluğa girerek etkileştiği belirlenmiştir (Şekil 1, Çizelge 2).



Şekil 1. A: Tetrazolato ligandının 8F2Y kodlu DNA ile etkileşimleri, B: DNA etkileşiminde oluşan bağlar, C: Esnek doking sonucu değişen etkileşimler (mor: Hidrojen bağı, sarı: halojen bağı, kırmızı: tuz köprüsü).

Figure 1. A: Interactions of the tetrazolato ligand with 8F2Y-encoded DNA, B: Bonds formed in the DNA interaction, C: Altered interactions as a result of flexible docking (purple: hydrogen bond, yellow: halogen bond, red: salt bridge).

Çizelge 2. Tetrazolato ligandının DNA yapıları üzerinde etkileştiği alanlar ve oluşan bağlar

Table 2. Areas where tetrazolato ligand interacts on DNA structures and bonds formed

DNA	Ligant	Doking		Esnek Doking	
		Etkileştiği alan	Oluşan Bağ	Etkileştiği alan	Oluşan Bağ
8F2Y	Tet.	H ₂ O	H bağı	G	Tuz köprüsü
	Aro.	H ₂ O	Halojen b.	S	H bağı
8F2W	Tet.	H ₂ O	H bağı	S	H bağı
	Aro.	G	H bağı	T	H bağı
8F20	Tet.	T	H bağı, $\pi \rightarrow \pi$ etk.	H ₂ O	H bağı
	Aro.	-	-	S	H bağı
1BNA	Tet.	S, T	H bağı, $\pi \rightarrow \pi$ etk.	T	H bağı, $\pi \rightarrow \pi$ etk.
	Aro.	T, H ₂ O	H bağı, Halojen b.	H ₂ O, G, A	H bağı, $\pi \rightarrow \pi$ etk.
	Sch.	-	-	H ₂ O	H bağı, Halojen b.
				H ₂ O	H bağı

H bağı: Hidrojen bağı, Halojen b.: Halojen bağı, $\pi \rightarrow \pi$ etk: $\pi \rightarrow \pi$ etkileşimi, Tet: tetrazol, Aro: Altı karbonlu aromatik halka, Sch: Schiff bazı. A: Adenin, G: Guanin, T: Timin, S: Sitozin

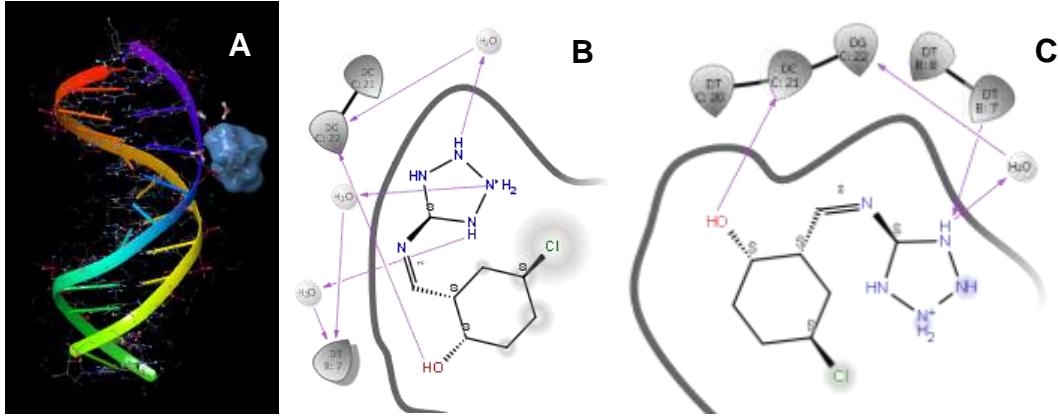
8F2W kodlu DNA yapısı için tetrazol halkasındaki hidrojen atomları H₂O molekülündeki oksijen atomları ile etkileşirken, H₂O molekülündeki hidrojen atomu ile timin ve guanin bazları arasında bir etkileşim meydana gelmiştir. Altı karbonlu aromatik halkadaki hidroksil grubu ile guanin bazı arasında hidrojen bağı meydana geldiği görülmüştür. Esnek doking sonucu elde edilen verilere göre, ligant DNA'ya Şekil 2A'da gösterildiği gibi yaklaşmıştır. Tetrazol halkasındaki hidrojenler hem timin bazı ile hem de H₂O molekülleri

aracılığı ile hidrojen bağı yoluyla doğrudan etkileşmiştir. Altı karbonlu aromatik halkadaki hidroksil grubunun ise sitozin ile hidrojen bağı oluşturarak etkileştiği belirlenmiştir (Çizelge 2). 8F2W kodlu DNA yapısında tetrazolato ligandının interkalasyon yoluyla DNA ile etkileştiği belirlenmiştir (Şekil 2).

8F20 kodlu DNA yapısı için ligandın tetrazol halkasındaki hidrojenleri timinler ile hem hidrojen

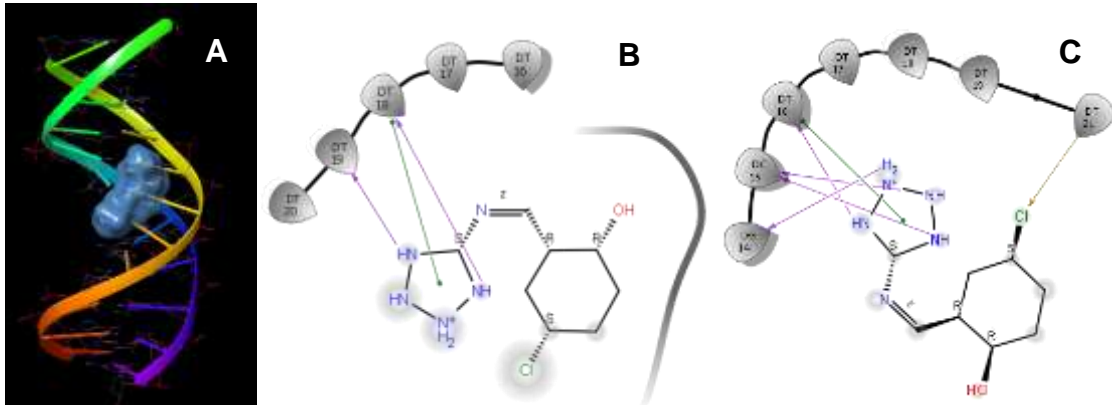
bağı oluşturarak hem de $\pi \rightarrow \pi$ etkileşimi ile yakınlaştığı belirlenmiştir. Esnek doking sonucu elde edilen verilere bakıldığında, ligandın yine DNA'nın Şekil 3 A'daki gibi affinite gösterdiği, tetrazol halkasının timin ile $\pi \rightarrow \pi$ etkileşimi yaptığı ve halkadaki hidrojenlerin guanin, sitozin ve timin ile

hidrojen bağı oluşturduğu belirlenmiştir. Ayrıca altı karbonlu aromatik halkadaki klor atomunun da timin bazı ile halojen bağı meydana getirebildiği görülmüştür (Çizelge 2). 8F20 kodlu DNA'da, tıpkı 8F2Y kodlu DNA'daki gibi tetrazolato ligandının DNA'nın büyük oluğuna girerek etkileştiği görülmüştür (Şekil 3).



Şekil 2. A: Tetrazolato ligandının 8F2W kodlu DNA ile etkileşimleri, B: DNA etkileşiminde oluşan bağlar, C: Esnek doking sonucu değişen etkileşimler (mor: Hidrojen bağı).

Figure 2. A: Interactions of the tetrazolato ligand with 8F2W-encoded DNA, B: Bonds formed in the DNA interaction, C: Altered interactions as a result of flexible docking (purple: Hydrogen bond).



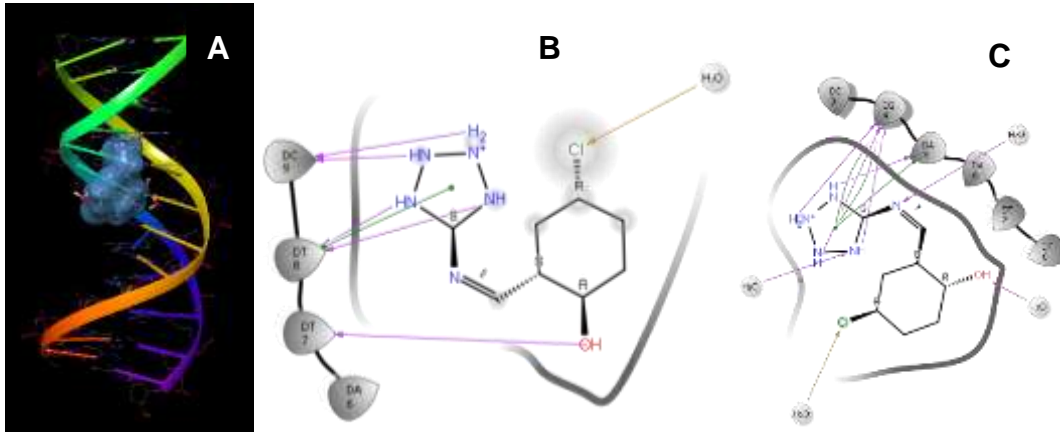
Şekil 3. A: Tetrazolato ligandının 8F20 kodlu DNA ile etkileşimleri, B: DNA etkileşiminde oluşan bağlar, C: Esnek doking sonucu değişen etkileşimler (mor: Hidrojen bağı, yeşil: $\pi \rightarrow \pi$ etkileşimi, sarı: Halojen bağı).

Figure 3. A: Interactions of tetrazolato ligand with 8F20 coded DNA, B: Bonds formed in DNA interaction, C: Interactions changed as a result of flexible docking (purple: Hydrogen bond, green: $\pi \rightarrow \pi$ interaction, yellow: Halogen bond).

Son olarak, 1BNA kodlu DNA yapısı ve tetrazolato ligandı ile yapılan doking çalışmasında sitozin ve timin ile tetrazol halkasındaki hidrojenler arasında hidrojen bağı olduğu görülmüştür. Bunun yanında, tetrazol halkası ve timin bazı arasında $\pi \rightarrow \pi$ etkileşimi meydana gelmiştir. Altı karbonlu aromatik halkaya ait hidroksil grubu timin bazı ile hidrojen bağı, klor atomu ise H_2O molekülü ile halojen bağı oluşturmuştur. Esnek doking çalışması sonucunda ise, tetrazol halkasındaki hidrojen atomları ile adenin ve guanin bazları arasında hem $\pi \rightarrow \pi$ etkileşimi hem de hidrojen bağı olduğu belirlenmiştir. Altı karbonlu aromatik halkadaki klor atomu ve hidroksil grubunun DNA'nın

çevresindeki H_2O molekülleri ile halojen bağı ve hidrojen bağı oluşturmuştur (Çizelge 2). En yüksek doking skorunun elde edildiği bu etkileşimde tetrazolato ligandının 8F2Y ve 8F20 kodlu DNA yapılarında olduğu gibi 1BNA kodlu DNA'da da büyük oluğa girdiği görülmüştür (Şekil 4).

Ligant ve DNA yapılarının etkileşimi sonucunda hesaplanan doking skorları Çizelge 3'de verilmiştir. En yüksek etkileşim 1BNA kodlu DNA yapısında görülmüştür. Ancak yine de tüm yapılarla kuvvetli etkileşim olduğu görülmektedir. Esnek doking çalışmasında ise hem ligant-baz etkileşimleri hem de bağlanma skorları artmıştır.



Şekil 4. A: Tetrazolato ligandının 1BNA kodlu DNA ile etkileşimleri, B: DNA etkileşiminde oluşan bağlar, C: Esnek doking sonucu değişen etkileşimler (mor: Hidrojen bağı, yeşil: $\pi \rightarrow \pi$ etkileşimi, sarı: halojen bağı)
Figure 4. A: Interactions of tetrazolato ligand with 1BNA-encoded DNA, B: Bonds formed in DNA interaction, C: Interactions changed as a result of flexible docking (purple: hydrogen bond, green: $\pi \rightarrow \pi$ interaction, yellow: halogen bond)

Çizelge 3. Doking skorları (kcal mol^{-1})

Table 3. Doking scores (kcal mol^{-1})

DNA yapısı	Tetrazolato ligandı		Pt(II) kompleksi	
	Doking	Esnek Doking	Doking	Esnek Doking
8F2Y	-6.502	-8.077	-6.104	-5.941
8F2W	-7.165	-7.273	-5.796	-6.158
8F20	-5.225	-7.304	-5.805	-6.306
1BNA	-8.186	-9.742	-4.073	-7.967

3.2 Pt(II) Kompleksi ve DNA Yapılarının Etkileşimleri

8F2Y kodlu DNA yapısı ile gerçekleştirilen doking çalışmasında, Pt(II) iyonu ile guanin ve altı karbonlu aromatik halkadaki oksijen ile DNA'nın etrafındaki H_2O molekülleri arasında hidrojen bağı olduğu görülmüştür (Çizelge 4). Ayrıca hidrofobik

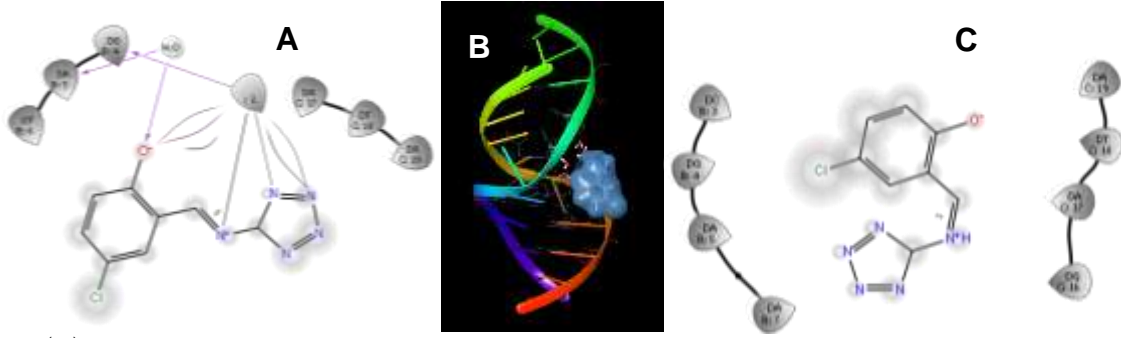
etkileşimlerle kompleksin DNA'nın büyük oluğuna girdiği belirlenmiştir. Esnek doking sonuçlarına göre, Pt(II) kompleksinin sadece hidrofobik etkileşimler ile büyük oluğa girdiği belirlenmiştir. Yapılan yakınlık ölçümüne Pt(II) iyonunun bazlar yerine DNA'nın etrafındaki H_2O molekülleri ile yakınlığı belirlenmiştir (Şekil 5).

Çizelge 4. Pt(II) kompleksinin DNA yapılarında etkileştiği alanlar ve oluşan bağlar

Table 4. Interaction areas of Pt(II) complex in DNA structures and bonds formed

DNA	Ligant	Doking		Esnek Doking	
		Etkileştiği alan	Oluşan Bağ	Etkileştiği alan	Oluşan Bağ
8F2Y	Pt(II)	G	H bağı	-	-
	Aro.	H_2O	H bağı	-	-
8F2W	Sch.	G	Tuz Köprüsü	-	-
	Aro	-	-	H_2O	H bağı
8F20	Aro	T	$\pi \rightarrow \pi$ etk.	S	H bağı
		H_2O	Halojen b.	T	$\pi \rightarrow \pi$ etk., H bağı
	Tet.	-	-	S	H bağı
	Aro	-	-	-	-
1BNA	Pt(II)	G	H bağı	-	-
	Aro	A	H bağı, $\pi \rightarrow \pi$ etk.	T	Halojen bağı
	Tet.	-	-	H_2O	H bağı
	Sch.	-	-	A,T	π katyon etk.

H bağı: Hidrojen bağı, Halojen b.: Halojen bağı, $\pi \rightarrow \pi$ etk.: $\pi \rightarrow \pi$ etkileşimi, Tet: tetrazol, Aro: Altı karbonlu aromatik halka, Sch: Schiff bazı. A: Adenin, G: Guanin, T: Timin, S: Sitozin

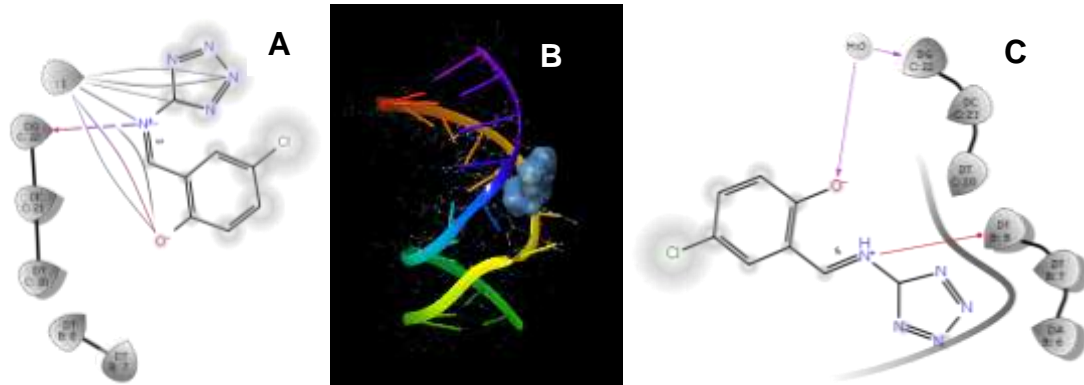


Şekil 5. A: Pt(II) kompleksinin 8F2Y kodlu DNA yapısı ile etkileşimi sonucu oluşan bağlar, B: Esnek doking sonucunda DNA yapısında oluşan konformasyonel değişim, C: Esnek doking sonrası DNA ve Pt(II) kompleksi arasındaki etkileşim (mor: hidrojen bağı).

Figure 5. A: Bonds formed by the interaction of the Pt(II) complex with the 8F2Y coded DNA structure, B: Conformational change in DNA structure after flexible docking, C: Interaction between DNA and Pt(II) complex after flexible docking (purple: hydrogen bond).

8F2W kodlu DNA'nın Pt(II) kompleksi ile etkileşiminin incelendiği çalışmadaki doking sonuçlarına göre, komplekse ait Schiff bazının guanin ile tuz köprüsü yoluyla etkileştiği ve oluklara girmek yerine interkalasyon yoluyla DNA'ya bağlandığı belirlenmiştir. Esnek doking sonuçlarında kompleksdeki Schiff bazının timin ile tuz köprüsü, altı

karbonlu aromatik halkadaki oksijen iyonunun ise H₂O molekülü ile hidrojen bağı oluşturduğu belirlenmiştir (Çizelge 4). Pt(II) iyonu ve DNA yapısı arasında yapılan yakınlık ölçümünde Pt(II) iyonunun bazlar yerine 8F2Y kodlu DNA'da olduğu gibi bu DNA'nın da etrafındaki H₂O molekülleri ile yakınlığı belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. A: Pt(II) kompleksinin 8F2W kodlu DNA yapısı ile etkileşimi sonucu oluşan bağlar, B: Esnek doking sonucunda DNA yapısında oluşan konformasyonel değişim, C: Esnek doking sonrası DNA ve Pt(II) kompleksi arasındaki etkileşim (kırmızı: π katyon bağı, mor: hidrojen bağı, kırmızı mor: tuz köprüsü).

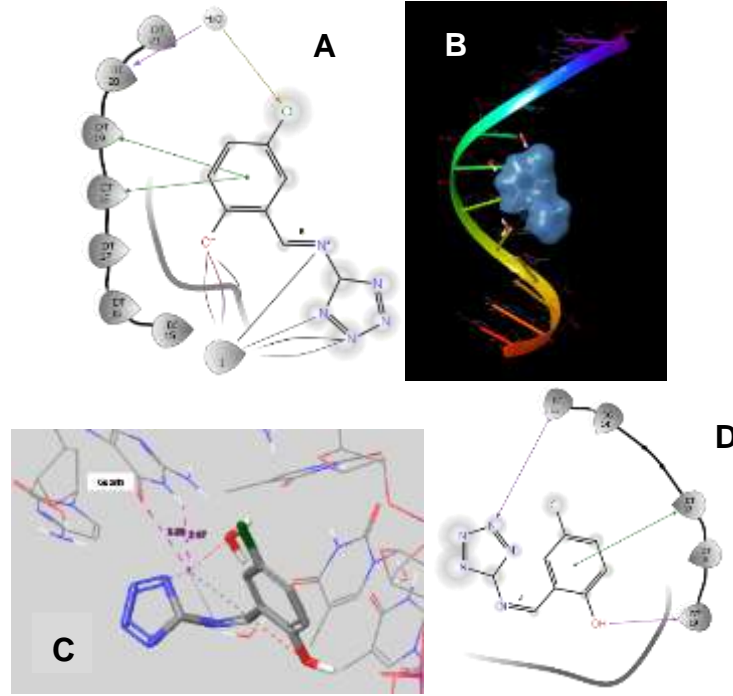
Figure 6. A: Bonds formed as a result of interaction of Pt(II) complex with 8F2W coded DNA structure, B: Conformational change in DNA structure after flexible docking, C: Interaction between DNA and Pt(II) complex after flexible docking (red: π cation bond, purple: hydrogen bond, red purple: salt bridge).

8F20 kodlu DNA ile Pt(II) kompleksinin etkileşiminin incelendiği çalışmada komplekse ait altı karbonlu aromatik halkanın timin bazları ile $\pi \rightarrow \pi$ etkileşimi ile yakınlığı, buradaki klor iyonunun ise DNA etrafındaki H₂O molekülü ile halojen bağı oluşturarak etkileştiği belirlenmiştir. Esnek dokingde elde edilen sonuçlar, tetrazol halkasındaki azotun sitozin ile hidrojen bağı oluşturduğunu, altı karbonlu aromatik halkanın timin bazı ile $\pi \rightarrow \pi$ etkileşimi yaptığını, bu halkadaki hidroksil grubunun ise timin bazı ile hidrojen bağı oluşturduğunu göstermiştir (Çizelge 4). Yapılan yakınlık ölçüm sonuçlarına göre Pt(II)'nin guanin ile olan yakınlığı 3.28; 2.47 Å olarak

ölçülmüştür (Çizelge 5). Bu sonuç, aralarında kovalent etkileşimlerin olabileceğinin göstergesidir. Yüksek doking skorlarına sahip bu etkileşimlerle Pt(II) kompleksinin DNA'daki büyük oluğa girdiği belirlenmiştir (Şekil 7).

Çizelge 5. Pt(II) iyonu ve DNA yapılarındaki bazlar arasında yapılan mesafe ölçümleri
Table 5. Distance measurements between Pt(II) ion and bases in DNA structures

DNA	Etkileşilen Bazlar	Uzaklık (Å)
8F20	Guanin	3.28, 2.47
1BNA	Adenin	2.81; 3.16; 2.70



Şekil 7. A: Pt(II) kompleksinin 8F20 kodlu DNA yapısı ile etkileşimi sonucu oluşan bağlar, B: Esnek doking sonucunda DNA yapısında oluşan konformasyonel değişim, C: Esnek doking sonucu Pt(II) ve guanin arasında oluşan yakınlık (3.28; 2.47 Å) D: Esnek doking sonrası DNA ve Pt(II) kompleksi arasındaki etkileşim (sarı:halojen bağı, yeşil: $\pi \rightarrow \pi$ etkileşimi, mor hidrojen bağı).

Figure 7. A: Bonds formed as a result of interaction of Pt(II) complex with 8F20 coded DNA structure, B: Conformational change in the DNA structure after flexible docking, C: Proximity between Pt(II) and guanine after flexible docking (3.28; 2.47 Å), D: Interaction between DNA and Pt(II) complex after flexible docking (yellow: halogen bond, green: $\pi \rightarrow \pi$ interaction, purple hydrogen bond).

1BNA kodlu DNA ile Pt(II) kompleksi arasındaki doking etkileşimlerinin sonucu, diğer doking çalışmaları ile kıyaslandığında en yüksek doking skoruna sahiptir (-7.967). Bu sonuca göre, Pt(II) kompleksindeki altı karbonlu aromatik halka adenin ile $\pi \rightarrow \pi$ etkileşimi yaparken, bu halkada bulunan oksijen ve klor atomları ise adenin ve timin ile sırasıyla hidrojen ve halojen bağlarını oluşturmuştur. Ayrıca kompleksdeki Pt(II) iyonu guanin ile hidrojen bağı kurmuştur. Esnek doking sonrasında DNA'nın yapısında belirgin bükülme tespit edilmiştir. Pt(II) kompleksindeki Schiff bazına ait azotun hem adenin hem de timinle π katyon bağı ile etkileştiği görülmüştür. Bunun yanında kompleksin altı karbonlu aromatik halkasındaki klor iyonu timin ile halojen bağı oluşturmuştur. Tetrazol halkasındaki azotun ve altı karbonlu aromatik halkadaki oksijenin DNA etrafındaki H₂O molekülleri ile etkileştiği belirlenmiştir (Çizelge 4). Pt(II) iyonu ile adenin arasındaki mesafe 2.81; 3.16; 2.70 Å olarak ölçülmüştür (Çizelge 5). Hem bu sonuçlar hem de elde edilen yükselen doking skoru (-7.967) Pt(II) kompleksi ve DNA arasında kovalent etkileşimlerin olabileceğini göstermektedir (Şekil 8).

Pt(II) kompleksine ait doking ve esnek doking skorları Çizelge 3'de verilmiştir. 8F2Y kodlu DNA'da doking ve

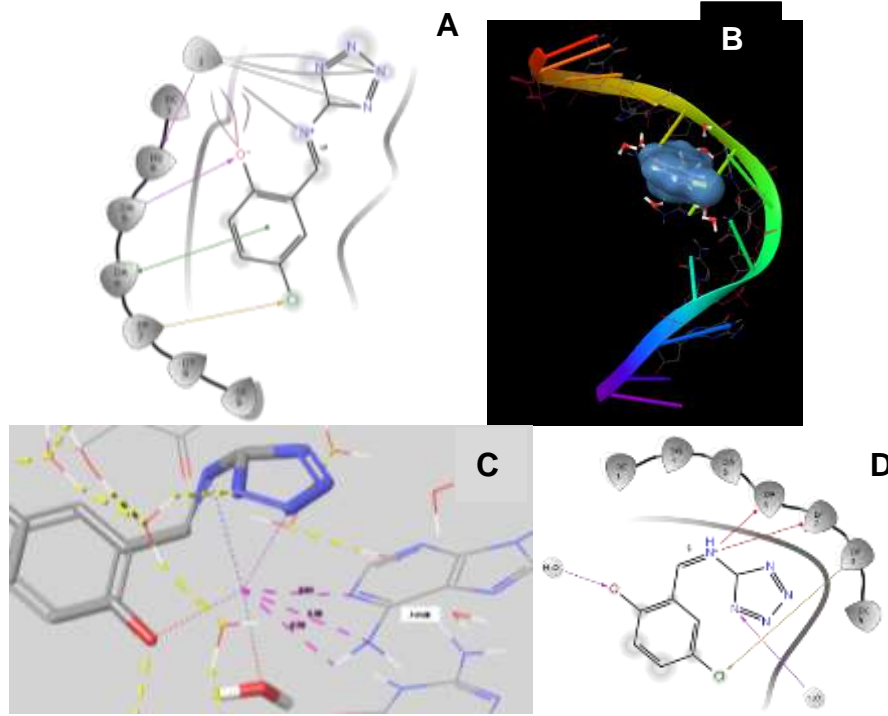
esnek doking skorları arasında az da olsa düşüş olmuştur. Bunun dışında diğer DNA'lar için skorların yükseldiği belirlenmiştir. En yüksek ve en düşük skor 1BNA kodlu DNA yapısı için oluşmuştur. Dokingde -4.073 kcal mol⁻¹ olarak ölçülen skor, esnek doking sonrası -7.967 kcal mol⁻¹e yükselmiştir (Çizelge 6).

TARTIŞMA ve SONUÇ

Yapısal moleküler biyoloji ve yapı tabanlı ilaç keşfine önemli avantaj sunan moleküler doking, 1980'lerde ortaya çıkmış ve son otuz yılda önemli gelişme kaydetmiştir (Du ve ark., 2023; Feng ve ark., 2022; Stanzione ve ark., 2021; Yu ve ark., 2023). İlaç geliştirme çalışmaları uzun zaman ve yüksek maliyet gerektirmektedir (Berdigaliyev & Aljofan, 2020). Tedaviye yönelik aday moleküllerin belirlenmesi ile ilgili ilaç geliştirme çalışmalarında zaman ve maliyetten kazanç sağlayan, bilgisayar temelli tahmin programları önem kazanmıştır (Shaker ve ark., 2021). Ayrıca doking yöntemleri "Sürdürülebilirlik" ve "yeşil mutabakat" düzenlemeleri ile yaygınlaşan "yeşil kimya" uygulamalarında da büyük öneme sahip olup hem kullanımı hem de geliştirilmesi desteklenmektedir (Johnson ve ark., 2023; Joseph ve ark., 2015; Sinha & Vohora, 2018). İlaç araştırmalarında öncü molekül keşfi için net yük,

moleküler ağırlık, polar yüzey alanı, çözünürlük, ticari bulunabilirlik ve birim fiyatı gibi bilgiler, doking yapılacak moleküllerin sayısının azaltılmasında uygulanmaktadır (Du ve ark., 2023; Morris & Lim-Wilby, 2008). Örneğin; nükleik asit-ligant etkileşimleri birçok hücrel süreçte önemli rollere sahip olduğundan (Feng ve ark., 2022) DNA'ya ait

büyük oluğu veya küçük oluğu hedefleyen yapıların etkileşim mekanizmalarının araştırılması önemlidir (Ogbonna ve ark., 2023). Pt(II) iyonu bulunduran ilaçların DNA ile etkileşiyor olmaları, benzer yapıların DNA etkileşimlerinin belirlenmesini önemli kılmaktadır.



Şekil 8. A:Pt(II) kompleksinin 1BNA kodlu DNA yapısı ile etkileşimi sonucu oluşan bağlar, B: Esnek doking sonucunda DNA yapısında oluşan konformasyonel değişim, C: Esnek doking sonucu platin ve guanin arasında oluşan yakınlık (2.81; 3.16; 2.70 Å) D: Esnek doking sonrası DNA ve Pt(II) kompleksi arasındaki etkileşim (sarı: halojen bağı, kırmızı: π kation etkileşimi, mor: hidrojen bağı, yeşil: $\pi \rightarrow \pi$ etkileşimi).

Figure 8. A: Bonds formed as a result of interaction of Pt(II) complex with 1BNA coded DNA structure, B: Conformational change in the DNA structure after flexible doking, C: Proximity between platinum and guanine after flexible doking (2.81; 3.16; 2.70 Å), D: Interaction between DNA and Pt(II) complex after flexible doking (yellow: halogen bond, red: π cation interaction, purple: hydrogen bond, green: $\pi \rightarrow \pi$ interaction).

Çizelge 6. DNA ve ligant ile onun Pt(II) kompleksine ait kimyasal grupların etkileştiği bazlar

Table 6. DNA and the bases with which the chemical groups of the ligand and its Pt(II) complex interact

DNA	Tetrazolato Ligandı				Pt(II) kompleksi			
	Doking		Esnek Doking		Doking		Esnek Doking	
	Etkileştiği alan	Oluşan Bağ	Etkileştiği alan	Oluşan Bağ	Etkileştiği alan	Oluşan Bağ	Etkileştiği alan	Oluşan Bağ
8F2Y	Tet., Aro.	A,T	Tet., Aro.	G,S	Aro.,Pt(II)	A,G	-	-
8F2W	Tet., Aro.	T,G	Tet., Aro.	S,G,T	Sch.	G,T	Sch., Aro.	T,G
8F20	Tet.	T	Tet., Aro.	T,G,S	Aro.	T	Tet., Aro.	S,T
1BNA	Tet., Aro	S,T	Tet., Aro.,Sch	G,A	Aro.,Pt(II)	G,A,T	Tet., Aro.,Sch.	A,T

Tet: tetrazol, Aro: Altı karbonlu aromatik halka, Sch: Schiff bazı. A: Adenin, G: Guanin, T: Timin, S: Sitozin

Sunulan bu araştırma ile hem tetrazolato ligandının hem de onun Pt(II) kompleksinin DNA ile etkileşimi ve kompleksteki Pt(II) iyonunun ligant ile koordinasyonu sonucunda oluşan yük dağılımının muhtemel etkileşimleri incelenmiştir. Hem doking skorları hem

de Pt(II) iyonu ve DNA yapılarına ait bazlar arasındaki mesafenin ölçümü sonucunda elde edilen veriler, 8F2Y, 8F2W, 8F20, 1BNA kodlu DNA'lar ile ligandın elektron verici atomlarının kovalent etkileşim gösterebilecek kadar yakınlaştığını ortaya

koymaktadır. Doking çalışmaları sonucu DNA ve tetrazolato ligandı ile onun Pt(II) kompleksinin etkileştiği bazlar ve bu etkileşimin olduğu kimyasal gruplar Çizelge 6'da verilmiştir. Esnek doking sonrası 1BNA ve 8F20 kodlu DNA'larda Pt(II) iyonunun adenin ve guanin ile yakınlaştığı belirlenmiştir. Pt(II) temelli ilaçların DNA ile olan etkileşimlerini guanin ve adenin ile yaptıkları bilinmektedir (Hah ve ark., 2006). Pt(II) temelli ilaçlardan en eski ve sık kullanılan cisplatinin ise sırasıyla guanin>adenin>sitozin ile etkileştiği bilinmektedir (Alotaibi & Momen, 2019). Schrödinger programı ile yapılan teorik çalışma bize bu bazlarla hem ligandın hem de kompleksin etkileştiğini göstermektedir.

Yapılan kaynak araştırmaları sonucunda hem tetrazol hem de Schiff bazı içeren bir ligandın Pt(II) kompleksinin çalışıldığı bir araştırma olmadığı görülmüştür. Bu nedenle Schiff bazı-Pt(II) kompleksleri ve tetrazol içeren Pt(II) komplekslerin DNA ile etkileşiminin nasıl olabileceği üzerine araştırma yapılmıştır. Sunulan bu çalışmadan elde edilen tüm sonuçlara göre (Çizelge 6) doking çalışmalarında liganttaki Schiff bazının etkileşim göstermediği, ancak esnek doking çalışmalarında 8F2W ve 1BNA'daki guanin, adenin ve timin ile etkileşime girdiği belirlenmiştir. Pt(II) kompleksi ile koordine olan Schiff bazı ise 1BNA ve 8F2W kodlu DNA'lardaki guanin, adenin ve timin ile etkileşmiştir. Bu etkileşimler hem kovalent olmayan bağlarla hem de hidrofobik olarak gerçekleşmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, 2019 yılında Deng ve arkadaşlarının B-DNA ile Schiff bazı içeren Pt(II) komplekslerinin doking simülasyonu üzerine olan araştırmaları ile yakınlık göstermektedir. Diğer yandan, bu çalışmanın sonuçları, büyük oluktaki adenin ve timince zengin olan bölgeye iyi uyum sağladığını gösterirken, Deng ve arkadaşlarının sonuçları küçük oluğa iyi uyum sağladığını göstermektedir (Deng ve ark., 2019). Yine benzer başka bir araştırmada, Schiff bazı ve Pt(II) kompleksinin 1BNA kodlu DNA ile etkileşimi incelenmiş ve kompleksin guanin, adenin ve sitozin ile etkileştiği belirtilmiştir. Araştırmacılar 1BNA kodlu DNA ile etkileşiminin bu araştırmada kullanılan 8F2W kodlu DNA'daki gibi interkalasyon yoluyla oluştuğunu ifade etmişlerdir (Nemati ve ark., 2021).

Seçilen ligandın yapısında bulunan tetrazol, tüm doking çalışmalarında DNA ile en çok etkileşen molekül olmuştur. Pt(II) kompleksinde ise tetrazolün liganttaki kadar etkileşim göstermediği belirlenmiştir. Bu sonucun Pt(II) iyonunun liganda koordine olmasından dolayı değişen yük dağılımından kaynaklandığı düşünülmektedir. 2018 yılında yayınlanmış olan bir araştırmada, tetrazol içeren Pt(II) kompleksinin, elde ettiğimiz sonuçlardaki gibi guanin, adenin ve timin ile etkileştiği gösterilmiştir. Ancak bu araştırmacılar 1BNA kodlu DNA ile

etkileşimin sunulan çalışmanın aksine küçük olukta olduğunu belirtmişlerdir (Protas ve ark., 2018). 1BNA kodlu DNA ve tetrazol içeren bir ligandın etkileşiminin moleküler doking yöntemi ile araştırıldığı başka bir çalışmada ise tetrazolün sadece timin ile etkileştiği gösterilmiştir. Bu sonuca benzer sonuç, sunulan çalışmada kullanılan dört DNA'dan 8F20 kodlu DNA'da görülmüştür (Arif ve ark., 2019).

Sunulan çalışmada elde edilen doking skorları kuvvetli etkileşimi göstermektedir (Çizelge 3). Bilindiği gibi etkileşim skoru ne kadar negatifse o kadar kuvvetli etkileşim olmaktadır (Sakthi & Ramu, 2017). Farklı baz dizilime sahip DNA yapıları ile gerçekleştirilen doking çalışması hem tetrazolato ligandı hem de onun Pt(II) kompleksinin tüm bazlarla yakınlaştığını ortaya koymaktadır. Esnek doking skorları ise genel olarak hem tetrazolato ligandı hem de onun Pt(II) kompleksi için artmıştır. Pt(II) iyonu ile kovalent etkileşimin tespit edildiği 8F2Y ve 1BNA kodlu DNA'larda skorlar sırasıyla -8.077, -9.742 kcal mol⁻¹ olarak en yüksek değerlere ulaşmıştır. Ancak Pt(II) kompleksine ait bağlanma skorlarının tetrazolato ligandı skorlarından düşük olduğu görülmektedir. Bu düşüş, yapıda Pt(II) iyonu olmasından kaynaklanmaktadır. Bilindiği gibi Schrödinger programı yapılar arasında kovalent olmayan bağları belirlemede, kovalent bağları belirleyememektedir. Pt(II) iyonunun DNA ile muhtemelen kovalent bağlarla etkileştiği bilinmektedir. 8F20 ve 1BNA kodlu DNA'lar ile gerçekleştirilen doking çalışmasında Pt(II) kompleksinin guanin ve adenin ile yakınlaştığı ölçümler ile belirlenmiştir (Şekil 7-C, Şekil 8-C). Ölçümler kovalent etkileşimin oluşma ihtimalinin yüksekliğini göstermektedir. Doking skoru hesaplanmasına katılamayan olası kovalent bağlardan dolayı hesaplanan skorda düşüş olmaktadır. Düşüş olmasına rağmen yine de yüksek skorlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar Pt(II) kompleksinin DNA ile kuvvetli etkileşim içinde olduğunu göstermektedir.

Kaynaklardan elde edilen verilerde Schiff bazı ve tetrazol içeren ligant ve onun Pt(II) kompleksinin DNA ile etkileşimde olduğu görülmektedir. Etkileşim biçimleri kimyasal çevrenin farklılıklarına göre değişse de tetrazolato ligandının da benzer etkileşimi gösterdiği anlaşılmaktadır. Toksik etkinin düşük olabileceği öngörülen Pt(II) kompleksinin DNA ile etkileştiği ve bu etkileşimin yüksek affiniteye sahip olduğu Schrödinger programınca belirlenmiştir. Bu yorum sentez ve prelinik çalışmalar için uygun yapılar olduğunu göstermektedir.

Bilgisayara dayalı ilaç tasarım çalışmalarında geliştirilen yaklaşımlar, bu alandaki zaman ve maliyet gibi engelleri gidermede büyük önem taşımaktadır. Moleküler doking de bu araçlardan biridir. Sunulan bu çalışmada Schrödinger programı kullanılarak,

tasarlanmış olan ligant ve kompleksin farklı baz dizilimlerine sahip DNA'lar ile olan etkileşimi araştırılmıştır. Ele alınan ligant ve kompleksin moleküler doking aracılığı ile ön değerlendirilmesi, sentez sırasında kullanılacak kimyasalların, işlemlerin, zaman ve maliyetin azaltılmasında oldukça önemlidir ve günümüzdeki “sürdürülebilirlik”, ‘yeşil mutabakat’ ve “yeşil kimya” yaklaşımlarına da uygundur. Bulgular, tartışma kısmında bahsi geçen bilimsel yayınlarda da belirtildiği gibi Pt(II) kompleksinin DNA yapılarına yüksek affinitesi olduğunu ve kovalent, kovalent olmayan ve hidrofobik etkileşimlerinin meydana geldiğini göstermektedir. Dört farklı baz dizilimine sahip DNA yapıları ile tekrarlanan bu çalışmada birbirini destekleyen ve kaynaklarla uyumlu olan verilerin elde edilmiş olmasının ileri seviye prelinik güvenilirlik çalışmalarına ışık tutabileceği öngörülmektedir.

TEŞEKKÜR

Gazi Üniversitesi'ne Schrödinger programına erişim imkânı sunduğu için teşekkür ederiz. Yükseköğretim Kurulu'na “Moleküler Farmakoloji ve İlaç Araştırmaları” öncelikli alanı kapsamında Fatma OKUŞ'a 100/2000 YÖK Doktora Bursu desteği için teşekkür ederiz.

Araştırmacıların katkı oranı beyanı

Bu çalışma Fatma OKUŞ'un doktora tezinin bir bölümünü kapsamaktadır. Diğer yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Çıkar çatışması beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR

Ahmad, S. (2010). Platinum–DNA interactions and subsequent cellular processes controlling sensitivity to anticancer platinum complexes. *Chemistry&Biodiversity*, 7(3), 543-566.

Alotaibi, S. H., & Momen, A. A. (2019). Anticancer drugs' deoxyribonucleic acid (DNA) interactions. In *Biophysical Chemistry-Advance Applications*. IntechOpen.

Amjad, M. T., Chidharla, A., & Kasi, A. (2022). *Cancer Chemotherapy*. In StatPearls. StatPearls Publishing.

Arif, R., Nayab, P. S., Abid, M., & Yadava, U. (2019). Investigation of DNA binding and molecular docking propensity of phthalimide derivatives: *in vitro* antibacterial and antioxidant assay. *Journal of Analytical Science and Technology*, 10(1), 1-9.

Ashraf, T., Ali, B., Qayyum, H., Haroone, M. S., & Shabbir, G. (2023). Pharmacological aspects of schiff base metal complexes: A critical review. *Inorganic Chemistry Communications*, 110449.

Berdigaliyev, N., & Aljofan, M. (2020). An overview of drug discovery and development. *Future Medicinal Chemistry*, 12(10), 939-947.

Boulechfar, C., Ferkous, H., Delimi, A., Djedouani, A., Kahlouche, A., Boubli, A., Darwish, A. S., Lemaoui, T., Verma, R., & Benguerba, Y. (2023). Schiff bases and their metal complexes: A review on the history, synthesis, and applications. *Inorganic Chemistry Communications*, 110451.

Çakmak Pehlivanlı, A., & Çakmak, G. (2022). Genotoksik etkiyi belirlemeye yönelik *in silico* yaklaşımlar. In F. Ünal & D. Yüzbaşıoğlu (Eds.), *Genetik Toksikoloji* (475-494). Nobel Akademik Yayıncılık.

Çetintaş, V. B., & Eroğlu, Z. (2013). Cisplatin direncinde etkili moleküler mekanizmalar. *SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 20(2), 72-79.

Chaudhary, N. K., Guragain, B., Chaudhary, S. K., & Mishra, P. (2021). Schiff base metal complex as a potential therapeutic drug in medical science: A critical review. *Bibechana*, 18(1), 214-230.

Çiğerci, İ. H., Liman, R., İstifli, E. S., Akyıl, D., Özkara, A., Bonciu, E., & Colă, F. (2023). Cytogenotoxic and behavioral effects of flubendiamide in *Allium cepa* root cells, *Drosophila melanogaster* and molecular docking studies. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(2), 1565.

Cohen, S. M., & Lippard, S. J. (2001). Cisplatin: From DNA damage to cancer chemotherapy. In *Progress in Nucleic Acid Research and Molecular Biology*, 67, 93-130.

Dasari, S., & Tchounwou, P. B. (2014). Cisplatin in cancer therapy: Molecular mechanisms of action. *European Journal of Pharmacology*, 740, 364-378.

Deng, J., Yu, P., Zhang, Z., Zhang, J., Zhewen, S., Cai, M., Yuan, H., Liang, H., & Yang, F. (2019). Novel Pt (ii) complexes with modified aroyl-hydrazone Schiff-base ligands: synthesis, cytotoxicity and action mechanism. *Metallomics*, 11(11), 1847-1863.

Di Pasqua, A. J., Goodisman, J., & Dabrowiak, J. C. (2012). Understanding how the platinum anticancer drug carboplatin works: From the bottle to the cell. *Inorganica Chimica Acta*, 389, 29-35.

Drew, H. R., Wing, R. M., Takano, T., Broka, C., Tanaka, S., Itakura, K., & Dickerson, R. E. (1981). Structure of a B-DNA dodecamer: conformation and dynamics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 78(4), 2179-2183.

Du, L., Geng, C., Zeng, Q., Huang, T., Tang, J., Chu, Y., & Zhao, K. (2023). Dockey: a modern integrated tool for large-scale molecular docking and virtual screening. *Briefings in Bioinformatics*, 24(2), bbad047.

Ebosie, N. P., Ogwuegbu, M. O. C., Onyedika, G. O., & Onwumere, F. C. (2021). Biological and analytical applications of Schiff base metal complexes derived from salicylidene-4-aminoantipyrine and its derivatives: a review. *Journal of the Iranian*

- Chemical Society*, 1-31.
- Fan, J. Y., Fu, A. L., & Zhang, L. (2019). Progress in molecular docking. *Quantitative Biology*, 7(2), 83-89.
- Faraj, E. M., & Jumaa, F. H. (2022). Preparation, diagnostics and biological evaluation of new Schiff base and tetrazole derivatives. *Materials Today: Proceedings*, 49, 3549-3557.
- Feng, Y., Yan, Y., He, J., Tao, H., Wu, Q., & Huang, S.-Y. (2022). Docking and scoring for nucleic acid-ligand interactions: Principles and current status. *Drug Discovery Today*, 27(3), 838-847.
- Frey, P. A. (2004). Low Barrier Hydrogen Bonds. In W. J. Lennarz & M. D. Lane (Eds.), *Encyclopedia of Biological Chemistry* (594-598). Elsevier.
- Ghosh, S. (2019). Cisplatin: The first metal based anticancer drug. *Bioorganic Chemistry*, 88, Article 102925.
- Hah, S. S., Stivers, K. M., de Vere White, R. W., & Henderson, P. T. (2006). Kinetics of carboplatin-DNA binding in genomic DNA and bladder cancer cells as determined by accelerator mass spectrometry. *Chemical Research in Toxicology*, 19(5), 622-626.
- Husunet, M. T., Mısırlı, R. Ç., Istifli, E. S., & İla, H. B. (2022). Investigation of the genotoxic effects of patent blue V (E131) in human peripheral lymphocytes and *in silico* molecular docking. *Drug and Chemical Toxicology*, 45(4), 1780-1786.
- Ince Yardimci, A., Istifli, E. S., Acikbas, Y., Liman, R., Yagmurcukardes, N., Yilmaz, S., & Cigerci, İ. H. (2022). Synthesis and characterization of single-walled carbon nanotube: Cyto-genotoxicity in *Allium cepa* root tips and molecular docking studies. *Microscopy Research and Technique*, 85(9), 3193-3206.
- Ji, S., Shao, H., Han, Q., Seiler, C. L., & Tretyakova, N. Y. (2017). Reversible DNA-Protein Cross-Linking at Epigenetic DNA Marks. *Angewandte Chemie International Edition*, 56(45), 14130-14134.
- Jireš, J., Gibala, P., Kalášek, S., Douša, M., & Doubský, J. (2021). The determination of two analogues of 4-(azidomethyl)-1, 1'-biphenyl as potential genotoxic impurities in the active pharmaceutical ingredient of several sartans containing a tetrazole group. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 205, 114300.
- Johnson, T. O., Akinsanmi, A. O., Ejembi, S. A., Adeyemi, O. E., Oche, J.-R., Johnson, G. I., & Adegboyega, A. E. (2023). Modern drug discovery for inflammatory bowel disease: The role of computational methods. *World Journal of Gastroenterology*, 29(2), 310.
- Joseph, F., Martins, E., Harriet, K., Ermias, T., & Xiang, W. (2015). Green chemistry strategies for drug discovery. In E. Peterson & J. Manley (Eds.), *The business case for green chemistry in drug discovery* (Vol. 46, 291-296). Royal Society of Chemistry.
- Kelland, L. (2007). The resurgence of platinum-based cancer chemotherapy. *Nature Reviews Cancer*, 7(8), 573-584.
- Kumar, J., Rai, A., & Raj, V. (2017). A comprehensive review on the pharmacological activity of schiff base containing derivatives. *Organic & Medicinal Chemistry International Journal*, 1(3), 88-102.
- Lee, S., & Shanti, A. (2021). Effect of exogenous pH on cell growth of breast cancer cells. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(18), 9910.
- Leyva-Ramos, S., & Cardoso-Ortiz, J. (2021). Recent developments in the synthesis of tetrazoles and their pharmacological relevance. *Current Organic Chemistry*, 25(3), 388-403.
- Liman, R., Kursunlu, A. N., Ozmen, M., Arslan, S., Mutlu, D., Istifli, E. S., & Acikbas, Y. (2022). Synthesis of water soluble symmetric and asymmetric pillar [5] arene derivatives: Cytotoxicity, apoptosis and molecular docking studies. *Journal of Molecular Structure*, 1265, 133482.
- Lin, R., Zhang, J., Xu, R., Yuan, C., Guo, L., Liu, P., Fang, Y., & Cui, B. (2023). Developments in molecular docking technologies for application of polysaccharide-based materials: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-13.
- Martinho, N., Santos, T. C., Florindo, H. F., & Silva, L. C. (2019). Cisplatin-membrane interactions and their influence on platinum complexes activity and toxicity. *Frontiers in Physiology*, 9, 1898.
- Morris, G. M., & Lim-Wilby, M. (2008). Molecular docking. *Molecular modeling of proteins*, 365-382.
- Murray, D., & Mirzayans, R. (2020). Cellular responses to platinum-based anticancer drugs and UVC: Role of p53 and implications for cancer therapy. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(16), 5766.
- Nemati, L., Keypour, H., Shahabadi, N., Hadidi, S., & Gable, R. W. (2021). Synthesis, characterization and DNA interaction of a novel Pt (II) macrocyclic Schiff base complex containing the piperazine moiety and its cytotoxicity and molecular docking. *Journal of Molecular Liquids*, 337, 116292.
- Ogbonna, E. N., Paul, A., Farahat, A. A., Terrell, J. R., Mineva, E., Ogbonna, V., Boykin, D. W., & Wilson, W. D. (2023). X-ray Structure Characterization of the Selective Recognition of AT Base Pair Sequences. *ACS Bio & Med Chem Au*, 3(4), 335-348.
- Oun, R., Moussa, Y. E., & Wheate, N. J. (2018). The side effects of platinum-based chemotherapy drugs: a review for chemists. *Dalton Transactions*, 47(19), 6645-6653.
- Özkan, H. (2019). N-Alkillenmiş Tetrazol Türevi Bileşiklerin Absorpsiyon, Dağılım, Metabolizma ve Atılım (ADME) Özelliklerinin Araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat*

- Fakültesi Fen Dergisi*, 14(2), 384-394.
- Piasentin, N., Milotti, E., & Chignola, R. (2020). The control of acidity in tumor cells: a biophysical model. *Scientific Reports*, 10(1), 13613.
- Potlitz, F., Link, A., & Schulig, L. (2023). Advances in the discovery of new chemotypes through ultra-large library docking. *Expert Opinion on Drug Discovery*, 18(3), 303-313.
- Pradeep, S. D., Gopalakrishnan, A. K., Manoharan, D. K., Soumya, R. S., Gopalan, R. K., & Mohanan, P. V. (2023). Isatin derived novel Schiff bases: An efficient pharmacophore for versatile biological applications. *Journal of Molecular Structure*, 1271, 134121.
- Protas, A. V., Popova, E. A., Mikolaichuk, O. V., Porozov, Y. B., Mehtiev, A. R., Ott, I., Alekseev, G. V., Kasyanenko, N. A., & Trifonov, R. E. (2018). Synthesis, DNA and BSA binding of Pd (II) and Pt (II) complexes featuring tetrazolylacetic acids and their esters. *Inorganica Chimica Acta*, 473, 133-144.
- Raiber, E.-A., Portella, G., Martínez Cuesta, S., Hardisty, R., Murat, P., Li, Z., Iurlaro, M., Dean, W., Spindel, J., & Beraldi, D. (2018). 5-Formylcytosine organizes nucleosomes and forms Schiff base interactions with histones in mouse embryonic stem cells. *Nature Chemistry*, 10(12), 1258-1266.
- Reedijk, J., & Lohman, P. (1985). Cisplatin: synthesis, antitumour activity and mechanism of action. *Pharmaceutisch Weekblad*, 7, 173-180.
- Repasky, M. P., Shelley, M., & Friesner, R. A. (2007). Flexible ligand docking with Glide. *Current Protocols in Bioinformatics*, 18(1), 8.12. 11-18.12. 36.
- Rosenberg, B., Vancamp, L., Trosko, J. E., & Mansour, V. H. (1969). Platinum compounds: a new class of potent antitumour agents. *Nature*, 222(5191), 385-386.
- Sakthi, M., & Ramu, A. (2017). Synthesis, structure, DNA/BSA binding and antibacterial studies of NNO tridentate Schiff base metal complexes. *Journal of Molecular Structure*, 1149, 727-735.
- Saritha, T. J., & Metilda, P. (2021). Synthesis, Spectroscopic characterization and biological applications of some novel Schiff base transition metal (II) complexes derived from Curcumin moiety. *Journal of Saudi Chemical Society*, 101245.
- Shaker, B., Ahmad, S., Lee, J., Jung, C., & Na, D. (2021). In silico methods and tools for drug discovery. *Computers in Biology and Medicine*, 137, 104851.
- Shekhar, S., Khan, A. M., Sharma, S., Sharma, B., & Sarkar, A. (2022). Schiff base metallodrugs in antimicrobial and anticancer chemotherapy applications: a comprehensive review. *Emergent Materials*, 5(2), 279-293.
- Singh, H. L., Dhingra, N., & Bhanuka, S. (2023). Synthesis, spectral, antibacterial and QSAR studies of tin and silicon complexes with Schiff base of amino acids. *Journal of Molecular Structure*, 1287, 135670.
- Sinha, S., & Vohora, D. (2018). Drug discovery and development: An overview. *Pharmaceutical Medicine and Translational Clinical Research*, 19-32.
- Soldatović, T. V., Šmit, B., Mrkalić, E. M., Matić, S. L., Jelić, R. M., Serafinović, M. Č., Gligorijević, N., Čavić, M., Arandelović, S., & Grgurić-Šipka, S. (2023). Exploring heterometallic bridged Pt (II)-Zn (II) complexes as potential antitumor agents. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 240, 112100.
- Stanzione, F., Giangreco, I., & Cole, J. C. (2021). Use of molecular docking computational tools in drug discovery. *Progress in Medicinal Chemistry*, 60, 273-343.
- Swietach, P., Vaughan-Jones, R. D., Harris, A. L., & Hulikova, A. (2014). The chemistry, physiology and pathology of pH in cancer. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1638), 20130099.
- Tao, X., Huang, Y. K., Wang, C., Chen, F., Yang, L. L., Ling, L., Che, Z. M., & Chen, X. G. (2020). Recent developments in molecular docking technology applied in food science: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(1), 33-45.
- Tarai, S. K., Mandal, S., Bhaduri, R., Pan, A., Biswas, P., Bhattacharjee, A., & Moi, S. C. (2023). Bioactivity, molecular docking and anticancer behavior of pyrrolidine based Pt (II) complexes: Their kinetics, DNA and BSA binding study by spectroscopic methods. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 287, 122059.
- Tripathi, A., & Misra, K. (2017). Molecular docking: A structure-based drug designing approach. *JSM Chem*, 5(2), 1042-1047.
- Vishwakarma, R., Gadipelly, C., & Mannepalli, L. K. (2022). Advances in Tetrazole Synthesis – An Overview. *ChemistrySelect*, 7(29), e202200706.
- Ward, C., Meehan, J., Gray, M. E., Murray, A. F., Argyle, D. J., Kunkler, I. H., & Langdon, S. P. (2020). The impact of tumour pH on cancer progression: strategies for clinical intervention. *Exploration of Targeted Anti-tumor Therapy*, 1(2), 71.
- Yu, Y., Xu, S., He, R., & Liang, G. (2023). Application of molecular simulation methods in food science: status and prospects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71(6), 2684-2703.



Seed morphology of *Cuscuta* L. (Convolvulaceae) in Turkey and its systematic importance

İbrahim DEMİR¹, Fırat ANGIŞHAN², İlhan KAYA TEKBUDAK³

¹Bitlis Eren University, Faculty of Science and Letters, Department of Biology, Bitlis, Türkiye, ² Bitlis Eren University, Faculty of Science and Letters, Department of Biology, ³Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Van, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-1533-556X>, ²<https://orcid.org/0000-0002-8399-771X>, ³<https://orcid.org/0000-0002-2754-2489>

✉: hosap65@gmail.com

ABSTRACT

Seed morphologies of 14 *Cuscuta* taxa from Turkey were examined by light (LM) and scanning electron microscopy (SEM). Seed shapes, sizes, epidermal cell shapes, anticlinal/periclinal cell walls and surface patterns of macro and micro morphological features were determined. Seed epidermis cell shapes were generally either irregular or polygonal. The surface pattern was mostly reticulate. This research revealed that *Cuscuta* species in Turkey have different seed morphologies. The results obtained will aid in the taxonomic evaluation of morphologically closely related species.

Botany

Research Article

Article History

Received : 31.07.2023

Accepted : 07.11.2023

Keywords

Cuscuta
Micromorphology
Seedcoat
SEM

Cuscuta L.'nin (Convolvulaceae) Türkiye'deki tohum morfolojisi ve sistematik önemi

ÖZET

Türkiye'den 14 *Cuscuta* taksonunun tohum morfolojisi, ışık (LM) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. Makro ve mikro morfolojik özelliklere ait tohum şekilleri, boyutları, epidermal hücre şekilleri, antiklinal/periklinal hücre duvarları ve yüzey desenleri belirlendi. Tohum epidermisi hücre şekilleri genellikle ya düzensizdir ya da çokgendir. Yüzey deseni çoğunlukla retikulattır. Bu araştırma, Türkiye'deki *Cuscuta* türlerinin farklı tohum morfolojilerine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlar, morfolojik olarak yakın ilişkili türlerin taksonomik değerlendirilmesine yardımcı olacaktır.

Botanik

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş tarihi : 31.07.2023

Kabul tarihi : 07.11.2023

Anahtar Kelimeler

Cuscuta
Mikromorfoloji
Tohum kabuğu
SEM

Atf Şekli: Demir, İ., Angişhan, F. & Kaya Tekbudak, İ. (2024). *Cuscuta* L.'nin (Convolvulaceae) Türkiye'deki tohum morfolojisi ve sistematik önemi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (3), 541-547. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.1335461>

To Cite : Demir, İ., Angişhan, F. & Kaya Tekbudak, İ. (2024). Seed morphology of *Cuscuta* L. (Convolvulaceae) in Turkey and its systematic importance. *KSU J. Agric Nat* 27(3), 541-547. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.1335461>

INTRODUCTION

Seed micromorphology presents various characteristics that demonstrate the relevance of seed shape in phylogenetic, evolutionary, and species identification. (Attar et al. 2007; Johnson et al. 2004; Rashid et al. 2021;). Most systematists believe that data on seed macrostructure and microstructure are critical for classifying angiosperm species (Khalik 2006). Taxa can be distinguished by differences in seed form, size, and testa ornamentation. (Aniszewski 2001; Karaismailoğlu 2022). Seed traits are less impacted by environmental factors, and so frequently represent genetic variations (2005 Hassan et al). The seed surface and cell shape are important differentiating characteristics at both the

intraspecific and interspecific levels (Kubitzki et al. 2013). The relevance of scanning electron microscopy in investigating systemic difficulties, as well as providing highly significant information, has been demonstrated (Seggara and Mateu 2001; Bobrov et al. 2004; Hassan et al. 2005). Dodders (*Cuscuta* sp.) are keystone species in their natural ecosystems impacting the diversity, structure and dynamics of plant communities (Press and Phoenix 2005). There are about 200 species belonging to the genus *Cuscuta* L. worldwide (Stefanović and Olmstead 2004). Although 15-20 of these species cause problems in agricultural areas (Dawson et al. 1994), some narrowly distributed species need to be protected (Costea and Stefanovic 2009). *Cuscuta* parasitic

plants lack some vegetative organs (roots, leaves, etc.). This often creates problems in their identification (Demir et al. 2017). Therefore, seed micromorphological features can contribute to the solution of this problem.

The Cuscutaceae family has a variety of seed characters. These can play an important role in the evaluation of taxonomic decisions. (Khalik 2006; Costea et al. 2005). The studies on the seed morphology of this genus are few so far, and these studies are generally limited to a few species. Investigating the morphological and anatomical diversity of seeds will also be important for the systematics of *Cuscuta* due to the paucity of available morphological characters carrying a phylogenetic signal in this genus. Therefore, *Cuscuta* seeds with a larger taxonomic sampling are required to provide a comprehensive data source (Olszewski et al. 2020).

Studies have been carried out for a taxonomic explanation of *Cuscuta* taxa in Turkey (Demir et al. 2020; Demir et al. 2017; Keskin et al 2017; Kaya et al. 2018; Taşar et al. 2022). This study was conducted to investigate the morphological and anatomical diversity of *Cuscuta* seeds, and to discuss and contribute to the importance of the genus in terms of taxonomy.

MATERIAL ve METHOD

Collection of seed samples

Seeds were collected from mature plants distributed in different localities of Turkey between 2013 and 2021 (except *Cuscuta kotshyana*). Plant samples taken from their natural environment were identified and only mature seeds were used for research (Table 1).

Table 1 Table 1 List of examined taxa
Çizelge 1. İncelenen taksonların listesi

Takson	Collecting site (Turkey)	Voucher No
<i>C. hyalina</i> Roth	Bitlis- Hizan	İ.D 2101
<i>C.campestris</i>	Mardin- Kızıltepe	İ.D 1755
<i>C. babylonica</i> var. <i>babylonica</i>	Malatya- Venk Hill	İ.D 1780
<i>C. babylonica</i> var. <i>elegans</i>	Van- Ereğ Mountain	İ.D 2103
<i>C. approximata</i>	Van-Hoşap	İ.D 1778
	Manisa-Spil Mountain	İ.D 1807
<i>C. epithymum</i>	Erzurum	İ.D 1795
<i>C. brevistyla</i>	Bitlis- Hizan	İ.D 1786
<i>C. planiflora</i>	İzmir-Bornova	İ.D 1796
<i>C. kotshyana</i>	Cumhuriyet University Herbarium (CUFH)	-
<i>C. europae</i>	Bitlis- Hizan	İ.D 1993
<i>C. palaestina</i>	Van- Gürpınar	İ.D 2095
<i>C. kurdica</i>	Hakkâri- Cilo Mountain	İ.D 1812
<i>C. lupuliformis</i>	Hakkâri- Zap Valley	İ.D 1767
<i>C. monogyna</i>	Muş- Mercimekkale	İ.D 2108

Light microscopy

The light microscope was used for the measurements of the seeds. For this purpose, 5-10 mature seeds for each taxon were measured in Leica EZ4D brand stereo microscope, and the minimum, average and maximum values of the measurements were calculated (Table 2).

Scanning electron microscopy

SEM was performed on dried seeds. The seed samples were then put directly on stapes using adhesive tape. The samples were gold-palladium coated before being studied by SEM (Model ZEISS Sigma 300). Each seed sample was assessed for diagnostic seed traits such as seed form, surface structure, and testa properties (epidermal cells, anticlinal and periclinal wall pattern) using terminology from prior studies

(Bojnansky & Fargasova 2007).

RESULTS and DISCUSSION

Seed shape

Grammica and *Cuscuta* subgenus are elliptic or circular, while *Monogynella* (*C. lupuliformis*, *C. monogyna*) is ovoid.

Seed size

Seed sizes in the examined taxa vary greatly. The species with the largest seed diameters are *C. lupuliformis* and *C. monogyna* (26-31 x 16-25 and 23-26 x 16-21 mm). Those with the smallest seed sizes: *C. planiflora* (4-6 x 4-5), *C. palaestina*, *C. approximata* (5-6 x 4-5) and *C. kurdica* (5-7 x 5-6). The rest have slightly larger seeds (6-12 x 5-12 mm).

Seed coat surface

The epidermal cell shapes and anticlinal wall boundaries possess a significant position in the systematics of taxa (Rashid et al. 2021). *C. campestris*, *C. kotschyana*, *C. kurdica*, *C. brevistyla*, *C. planiflora* and *C. approximata* (1807) have Isodiametric (4-5-6-polygonal) cell shapes, *C. monogyna*, *Cuscuta lupuliformis* and *C. approximata* (1178) Irregular to elongate in one direction, others have irregular polygonal epidermis cell shapes.

C. kotschyana, *C. brevistyla* and *C. monogyna* have channel shape, *C. approximata*, *C. babylonica* var. *elegans*, *C. europae*, *C. palaestina*, *C. lupuliformis* and *C. monogyna* species have raised-channeled others have raised anticlinal cell wall structure.

The periclinal cell walls of the majority of the species are convex or concav-shaped, *C. kotschyana* and *C. kurdica* flat, *C. babylonica* var. *elegans*, *C. palaestina* and *C. lupuliformis* concave to convex.

C. kotschyana, *C. brevistyla* and *C. monogyna* are

rugose, *C. approximata* and *C. palaestina* are rugose-reticulate, *C. lupuliformis* is rugose-ruminant, others are reticulate.

This research revealed that the genus *Cuscuta* has a diverse seed morphology. The genus *Cuscuta* was divided into 3 subgenus by Yuncker (1932) and Engelmann (1859), especially according to their stylus and stigma shapes. These; *Grammica*, *Cuscuta* and *Monogynella*.

Although the *Cuscuta* and *Grammica* subgenus are quite different in macro morphology, they show similar seed morphology characteristics (with the exception of some species such as *C. kotschyana*). However, the seed characteristics of the *Monogynella* subgenus (*C. monogyna* and *C. lupuliformis*) are quite different from them. This difference has also been demonstrated in other previous morphological (Wright et al. 2011; Riviere et al. 2013) and DNA sequences (Costea et al. 2015) and karyological analysis studies (Taşar et al. 2022).

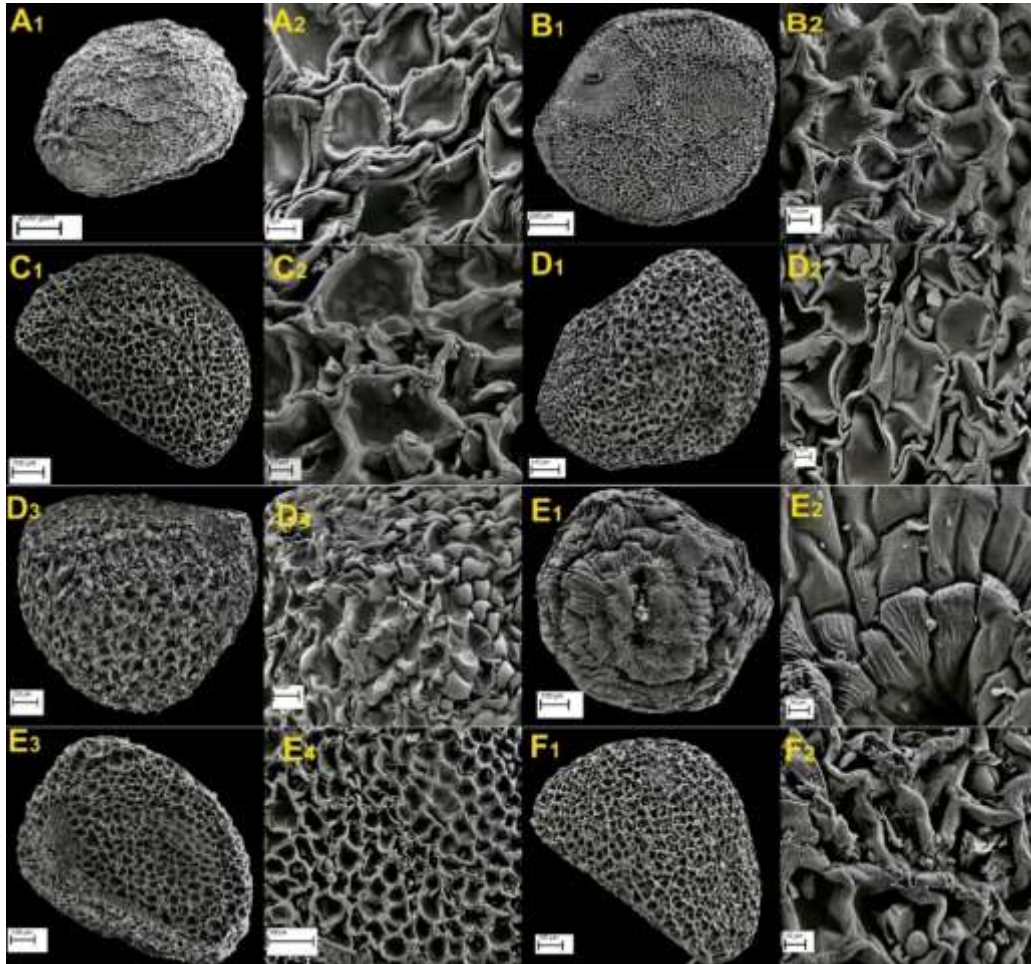


Figure1. Scanning electron microscope (SEM) micrographs of seed characters in *Cuscuta*. A= *C. hyalina*, B= *C. campestris* (1752); C= *C. campestris* (1755), D= *C. babylonica* (D1, D2= var. *babylonica*; D3, D4= var. *elegans*), E= *C. approximata* (E1, E2= 1178; E3, E4= 1807), F= *C. epithimum*

Şekil 1. *Cuscuta*'daki tohum karakterlerinin taramalı elektron mikroskobu (SEM) mikrografları. A= *C. hyalina*, B= *C. campestris* (1752); C= *C. campestris* (1755), D= *C. babylonica* (D1, D2= var. *babylonica*; D3, D4= var. *elegans*), E= *C. yaklaşım* (E1, E2= 1178; E3, E4= 1807), F= *C. epithimum*

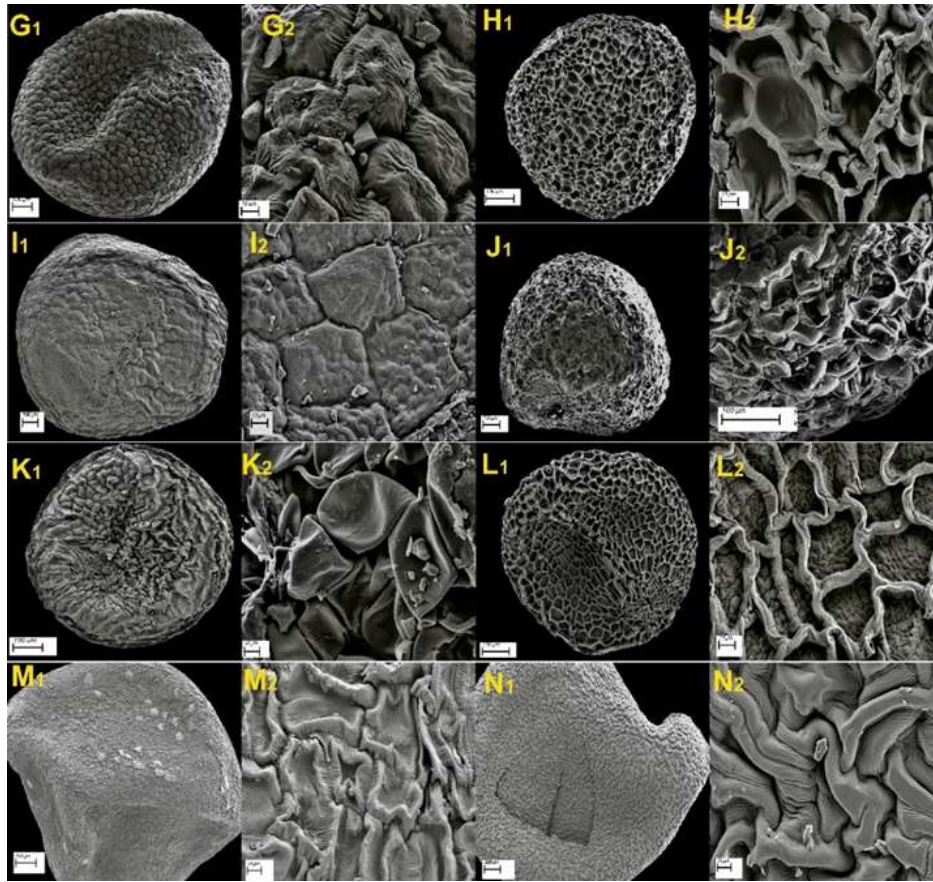


Figure1. Scanning electron microscope (SEM) micrographs of seed characters in *Cuscuta*. G= *C. brevistyla*, H= *C. planiflora*, I= *C. kotschyana*, J= *C. europae*, K= *C. palaestina*, L= *C. kurdica*, M= *C. lupuliformis*, N= *C. Monogyna*

Şekil 1. *Cuscuta*'daki tohum karakterlerinin taramalı elektron mikroskobu (SEM) mikrografları. G= *C. brevistyla*, H= *C. planiflora*, I= *C. kotschyana*, J= *C. europae*, K= *C. palaestina*, L= *C. kurdica*, M= *C. lupuliformis*, N= *C. monogyna*

C. campestris is a cosmopolitan species widely distributed throughout the world. Many species show close macro morphological similarity to this species (Yuncker 1932). Therefore, the seed morphology characteristics of this species may be an important taxonomic character that distinguishes it from other species.

Cuscuta subgenus is divided into *Epistigma*, *Babylonicae* and *Cuscuta* sections (Costea et al. 2015). The Sect. *Epistigma* is distinguished from other sections by the indistinct stylus. The seed characteristics of *C. kotschyana* found in this section also showed obvious differences compared to the others.

Sect. *Babylonicae* is easily distinguished from the others with its truncated calyx. The only species included in this section is *C. babylonica*. However, there are not enough macro morphological characters to distinguish the varieties of this species (var. *babylonica* and var. *elegans*) (Yuncker, 1972). In this study revealed that *C. babylonica* var. *babylonica* and *C. babylonica* var. *elegans* have different anticlinal and periclinal cell walls.

Sect. *Cuscuta* is the group with the most taxa and also the most taxonomically problematic group. Because most of the members of this section have very close flower characters to each other and it is often very difficult to distinguish them from each other.

C. kurdica, *C. palaestina* and *C. europaea* species are distinguished from the others by “flowers usually 4-merous” feature (Plitman 1978). These three species are macro morphologically very close to each other. However, in this study, it was revealed that the seed micro morphological characteristics were different (Fig 2).

Another group in the sect. *Cuscuta*, which are very close to each other, is *C. approximata*, *C. brevistyla*, *C. epithymum* and *C. planiflora*. *Cuscuta approximata* causes significant economic losses by causing parasitism in alfalfa. This species also has other wild plant hosts in nature. In this study, the sample taken from agricultural fields (sample no 1778) showed obvious seed morphological differences from that taken in the wild (sample no 1807) (Fig1,

Table 2). It was concluded that *Cuscuta approximata* should be re-evaluated taxonomically.

Species in the subgenus *Monogynella* have the largest seed sizes. Seeds of subg. *Monogynella*, exhibit the likely ancestral epidermis type consisting of elongated and interlocked cells, which are morphologically invariant and uninfluenced (Olszewski et al. 2020). The species in this group (*C. lupuliformis* and *C.*

monogyna) have very similar flower structures, although their hosts are different. Their flowers differ from each other only by the size of the staminal bracts. However, the micromorphological features of these species vary. For example, pollen characteristics (Demir et al. 2017) differ markedly. Again in this study, there are differences between seed characteristics.

Table 2 SEM and LM results of seed morphological characteristics
 Çizelge 2. Tohum morfolojik özelliklerinin SEM ve LM sonuçları

Taxon	Seed shape	Seed size (mm)	Seed epidermis cell shape	Anticlinal cell wall	Periclinal cell wall	Surface pattern
<i>Cuscuta hyalina</i>	E	8-10 x 5-7	Ir-pol:	R-S	Con	Rt
<i>Cuscuta campestris</i>	E	10-12 x 8-10	Iso,5-pol	R-S	Con	Rt
<i>Cuscuta kotschyana</i>	E	7-10 x 5-8	Iso,5-pol	R-S	F	Rg
<i>Cuscuta babylonica</i>	C	6-8 x 5-7	Ir-pol	R-S	Con	Rt
<i>Cuscuta babylonica</i> var. <i>elegans</i>	O	7-9 x 5-7	Ir-pol	Rc-S	Con - Convx	Rt
<i>Cuscuta europaea</i>	C	7-9 x 6-7	Ir-pol	Rc-S	Con	Rt
<i>Cuscuta kurdica</i>	C	5-7 x 5-6	Iso,4-5-pol	R-S	F	Rt
<i>Cuscuta palaestina</i>	C	5-6 x 4-5	Ir-pol	Rc-S	Con - Convx	Rt-Rg
<i>Cuscuta epithimum</i>	E	7-8 x 5-6	Ir-pol	R-S	Con	Rt
<i>Cuscuta brevistyla</i>	C-E	8-12 x 6-8	Iso,4-5-pol	Ch-S	Convx	Rg
<i>Cuscuta planiflora</i>	C	4-6 x 4-5	Iso,5-6-pol	R-S	Con	Rt
<i>Cuscuta approximata</i> (1807)	E	5-6 x 4-5	Iso,4-5-pol	R-S	Con	Rt
<i>Cuscuta approximata</i> (1178)	C-O	8-9 x 5-7	Ir-el	Ch-S	Convx	Rg
<i>Cuscuta lupuliformis</i>	O	26-31x16-25	Ir-el	R-Ch-S	Con - Convx	Rt-Rg
<i>Cuscuta monogyna</i>	O	23-26x16-21	Ir-el	R-Ch-S	Convx	Rg

E: Elliptic, **C:** Circular, **O:** Ovoid,

Ir-pol: Irregular polygonal, **Iso:** Isodiametric, 5-pol, **Ir-el:** Irregular to elongate

R: Raised, **S:** straight to slightly sinuous, **R:** Raised, **Rc:** Raised-channeled, **Ch:** channeled

Con: Concave, **F:** Flat, **Convx:** Convex

Rt: Reticulate, **Rg:** Rugose

CONCLUSION

Recent studies in Turkey (pollen, molecular etc.) have contributed to the taxonomic evaluation of *Cuscuta* L. In this study, the seed morphologies of some taxa

belonging to the genus *Cuscuta* collected from Turkey were revealed. It is also the first study from Turkey. There are very few studies on the seed morphology of this genus. Many species have not been evaluated in these studies. The seed morphologies of species such

as *C. kurdica*, *C. palaestina* were revealed for the first time. The results contributed to the distinguishing of species with similar characteristics in Turkey. Also, it is the most comprehensive study revealing the seed morphology of this genus.

Author's Contributions

The contribution of the authors is equal.

Statement Of Conflict Of Interest

Authors have declared no conflict of interest.

REFERENCES

- Aniszewski, T., Kupari, MH. & Leinonen, AJ. (2001). Seed number, seed size and seed diversity in Washington Lupin (*Lupinus polyphyllus* Lindl.). *Ann Bot*, 87, 77-82. <https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1300>
- Attar, F., Keshvari, A., Ghahreman, A., Zarre, S. & Aghabeigi, F. (2007). Micro-morphological studies on *Verbascum* (Scrophulariaceae) in Iran with emphasis on seed surface, capsule ornamentation and trichomes. *Flora-Morphology, Distribution. Functional Ecology of Plants*, 202(2), 169-175.
- Bobrov, AV., Melikian, AP., Romanov, MS. & Sorokin, AN. (2004). Seed morphology and anatomy of *Austrotaxus spicata* (Taxaceae) and its systematic position. *Bot J Linn Soc*, 145, 437-443.
- Bojnansky, V. & Fargasova, A. (2007). *Taxonomy and morphology of seeds. In: Atlas of seeds and fruits of Central and East-European flora*, Springer Netherlands.
- Costea, M., García, MA. & Stefanović, S. (2015). A phylogenetically based infrageneric classification of the parasitic plant genus *Cuscuta* (dodders, Convolvulaceae). *Systematic Botany*, 40(1), 269-285.
- Costea, M., Nesom, GL. & Tard, FJ. (2005). Taxonomic status of *Cuscuta nevadensis* and *C. veatchii* (Convolvulaceae) in North America. *Brittonia*, 57(3), 264-272.
- Costea, M. & Stefanović, S. (2009). Molecular phylogeny of *Cuscuta californica* complex Convolvulaceae and a new species from New Mexico and Trans-Pecos. *Syst Bot*, 34, 570-579. <https://doi.org/10.1600/036364409789271317>
- Dawson, JH., Musselman, LJ., Wolswinkel, P. & Dörr, I. (1994). Biology and control of *Cuscuta*. *Reviews of Weed Science*, 6, 265-317.
- Demir, I., Kaya, I., Benli, M. & Altınoğlu, MK. (2017). Investigation of palynological features of taxa belonging to the genus *Cuscuta* distributed in Turkey. *International Journal of Agriculture and Biology*, 19, 746-750. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0349>
- Demir, I., Kaya, I., Usta, M. & Sipahioğlu, HM. (2020). Molecular phylogeny based on its sequences of nrDNA of some species belonging to dodder (*Cuscuta* L.) genus from various ecological sites of Turkey. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(3), 1332-1340. <https://doi.org/10.15835/nbha48311997>
- Engelmann, G. (1859). Systematic arrangement of the species of the genus *Cuscuta* with critical remarks on old species and description of new ones. *Transact. Acad. Sci. St. Louis*, 1, 453-523.
- Hassan, NMS., Meve, U. & Liede-Schumann, S. (2005). Seed coat morphology of Aizoaceae-Sesuvioideae, Gisekiaceae and Molluginaceae and its systematic significance. *Bot. J. Linn. Soc.* 148, 189-206.
- Johnson, LA., Huish, KH. & Porter JM. (2004). Seed surface sculpturing and its systematic significance in *ingilia* (Polemoniaceae) and segregate genera. *International Journal of Plant Sciences*, 165 (1), 153-172.
- Kaya, I., Nemli, Y. & Demir, İ. (2018). Türkiye'de tarım ve tarım dışı alanlarda görülen küsküt türlerinin (*Cuscuta* spp.) taksonomik özellikleri, dağılımları ve konukçuları. *Turkish Journal of Weed Science*, 21(1), 1-7.
- Karaismailoğlu, C. (2022). Practicality of Seed Morpho-anatomical Characters for the Identification of Species *Alyssum* (Brassicaceae) in Turkey: a Systematic Approach. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(Ek Sayı 1), 114-124.
- Keskin, F., Kaya, I., Usta, M., Demir, I., Sipahioğlu, H.M. & Nemli, Y. (2017). Molecular cloning and sequence analysis of the its region of nuclear ribosomal DNA for species identification in dodders (*Cuscuta*; Convolvulaceae). *International Journal of Agriculture and Biology*, 19(6), 1447-1451. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0442>
- Khalik, KA. (2006). Seed morphology of *Cuscuta* L. (Convolvulaceae) in Egypt and its systematic significance. *Feddes Repertorium*, 117, 217-224. <https://doi.org/10.1002/fedr.200511100>
- Kubitzki, K., Rohwer, JG. & Bittrich, V. (2013). *Flowering plants Dicotyledons: Magnoliid, Hamamelid and Caryophyllid families (Vol.2)*. Springer Science & Business Media, Germany
- Olszewski, M., Dillioott, M., García-Ruiz, I., Bendarvandi, B. & Costea, M. (2020). *Cuscuta* seeds: Diversity and evolution, value for systematics/identification and exploration of allometric relationships. *Plos One*, 15(6), e0234627. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235738>
- Plitman, U. (1978). *Cuscuta* L. In: Davis PH, Mill RR, Tan K (ed) *Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol. 10. 1st ed.* Edinburgh, UK: Edinburgh University Press, Edinburgh, pp 222-237.

- Press, MC. & Phoenix, GK. (2005). Impacts of parasitic plants on natural communities. *New Phytol*, 166, 737-751.
- Rashid, N., Zafar, M., Ahmad, M., Memon, RA., Akhter, MS. & et al. (2021). Seed morphology: An addition to the taxonomy of Astragaleae and Trifolieae (Leguminosae: Papilionoidae) from Pakistan. *Microscopy research and technique*, 84(5), 1053-1062.
- Riviere, S., Clayson, C., Dockstader, K., Wright, MAR. & Costea, M. (2013). To attract or to repel? Diversity, evolution and role of the “most peculiar organ” in the *Cuscuta* flower (dodder, Convolvulaceae) the infrastaminal scales. *Plant Systematics and Evolution*, 299, 529-552.
- Seggara, JG. & Mateu, I. (2001). Seed morphology of *Linaria* species from eastern Spain: identification of species and taxonomic implications. *Bot J Linn Soc*. 135, 375-389.
- Stefanovic, S. & Olmstead, RG. (2004). Testing the phylogenetic position of a parasitic plant (*Cuscuta*, Convolvulaceae, Asteridae): Bayesian inference and the parametric bootstrap on data drawn from three genomes. *Systematic Biology*, 53, 384-399. <https://doi.org/10.1080/10635150490445896>
- Taşar, N. Tekbudak Kaya, İ., Demir, İ., Açar, M. & Kürşat, M. (2022). Comparative Karyological Analysis of some Turkish *Cuscuta* L. (Convolvulaceae). *Caryologia*, 75 (3), 145-157. <https://doi.org/10.36253/caryologia-1831>
- Wright, MA. Welsh, M. & Costea, M. (2011). Diversity and evolution of the gynoeceium in *Cuscuta* (dodders, Convolvulaceae) in relation to their reproductive biology: Two styles are better than one. *Plant Systematics and Evolution*, 296, 51-76.
- Yuncker, TG. (1932). The genus *Cuscuta*. *Mem Torr Bot. Club*, 18, 113-331.



Pistacia eurycarpa Yalt. (Anacardiaceae) Türünün Bazı Morfolojik Özellikleri ve Yeni Yayılış Alanları

Ajlan YILMAZ¹, Ergün ÖZUSLU^{2,3}, Kamil SARP KAYA⁴, Ahmet Zafer TEL⁵

¹Antepfıstığı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 27070, Gaziantep/Türkiye, ²Iğdır Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Iğdır, Türkiye, ³Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, 27010 Gaziantep/Türkiye, ⁴Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Entomolojisi ve Koruma Bölümü, 78050 Karabük/Türkiye, ⁵Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyoteknoloji Bölümü, Iğdır, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-1698-7439>, ^{2,3}<https://orcid.org/0000-0002-4480-8365>, ⁴<https://orcid.org/0000-0001-5794-668X>

⁵<https://orcid.org/0000-0002-1204-3839>

✉: ergun.ozuslu@gibtu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada Marmara, Ege ve Akdeniz bölgelerinde *Pistacia eurycarpa* Yalt. türünün bazı morfolojik özellikleri ve yeni yayılış alanları verilmiştir. *Pistacia* L. cinsine ait olan *P. eurycarpa*'nın, sadece Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde Bitlis, Mardin ve Hakkari illerinde yayılışının olduğu bilinmekteyken, bu çalışma ile *P. eurycarpa*'nın Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerinde yayılışının olduğu belirlenmiştir. Çalışmada toplanan örneklerin yaprak uzunluklarının 75-193 mm arasında olduğu, yaprak genişliklerinin ise 60-140 mm arasında değişiklik gösterdiği, terminal yaprakçık uzunluklarının 40 ile 80 mm arasında, genişliklerinin ise 15-31 mm arasında değiştiği, yaprak çifti sayısının ise 1-4 arasında olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada *P. eurycarpa* türünün yeni yayılış alanları ve morfolojik özellikleri tanımlanmıştır.

Some morphological characteristics and new distribution areas of *Pistacia eurycarpa* Yalt. (Anacardiaceae) species

ABSTRACT

In this study, some morphological characteristics and new distribution areas of *Pistacia eurycarpa* Yalt. species in the Marmara, Aegean and Mediterranean regions are given. While it is known that *P. eurycarpa*, which belongs to *Pistacia* L. genus, has spread only in Bitlis, Mardin, and Hakkari provinces in the Eastern and Southeastern Anatolia regions, it has been determined that *P. eurycarpa* also spread in the Mediterranean, Aegean, and Marmara regions. The samples collected in the study were between 75-193 mm of leaf lengths, leaf widths vary between 60-140 mm, terminal leaflet lengths between 40 and 80 mm, width between 15-31 mm, the number of leaf pairs was between 1-4 determined. Furthermore, it was determined that the width of the leaves varied between 15-31 mm, and the number of leaf pairs was between 1-4. In this study, new spread of the *P. eurycarpa* species and its morphological properties were defined.

Atıf Şekli: Yılmaz, A., Özusu, E., Sarpkaya, K. & Tel, A.Z., (2023). *Pistacia eurycarpa* Yalt. (Anacardiaceae) türünün bazı morfolojik özellikleri ve yeni yayılış alanları. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (3), 548-555. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1339649>

To Cite : Yılmaz, A., Özusu, E., Sarpkaya, K. & Tel, A.Z., (2023). Some morphological characteristics and new distribution areas of *Pistacia eurycarpa* Yalt. (Anacardiaceae) species. *KSU J. Agric Nat* 27 (3), 548-555. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1339649>

GİRİŞ

Pistacia L. cinsi dünyada on üç, Türkiye'de altı tür ile temsil edilmektedir. Bunlar; *P. lentiscus* L., *P. atlantica* Desf., *P. eurycarpa* Yalt., *P. khinjuk* Stocks, *P. vera* L. ve *P. terebinthus* L. türleridir (Davis, 1972). Bu türler içerisinde buttum, melengiç ve

bendek isimleri ile bilinen *P. eurycarpa* yarı kurak ve kurak bölgelerde taşlık ve kayalık yamaçlarda, meşelik alanlarda, tarla ve bahçe kenarlarında 1100-1800 m. arasında yetişen, bileşik yapraklara sahip, yaprak dökken, farklı erkek ve dişi çiçek yapısına sahip, dioik bir ağaç türüdür (Yaltrık, 1967a). *P. eurycarpa*, *P. atlantica* Desf. türüne taksonomik

Botanik

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 08.08.2023

Kabul Tarihi : 19.10.2023

Anahtar Kelimeler

Pistacia

P. eurycarpa

Taksonomi

Yayılış alanı

Botany

Research Article

Article History

Received : 08.08.2023

Accepted : 19.10.2023

Keywords

Pistacia

P. eurycarpa

Taxonomy

Distribution area

bakımdan çok yakın olan Anacardiaceae familyasına ait bir türdür (Kafkas & Perl-Treves, 2001; Kafkas ve ark., 2002; Al-Saghir & Porter, 2012; Amara ve ark., 2020; Oğuz & Oğuz, 2022; Yılmaz ve ark., 2023).

Pistacia türlerinin gövdesi, sakız reçinesi olan mastik sakızı adı verilen karakteristik bir salgı üretir (Demirci ve ark., 2001). *P. eurycarpa*'nın reçinesindeki esansiyel yağların, yara enfeksiyonları ve cilt hastalıkları ile ilişkili mikroorganizmaları inhibe ettiği belirlenmiştir (Demirci ve ark., 2001). Ayrıca, *P. eurycarpa*'nın ihtiva ettiği yağlardan sabun imal edilmektedir (Kordali ve ark., 2003; Alma ve ark., 2001).

P. eurycarpa, kserofit bir tür olup dünyada yaygın olarak Türkiye, Suriye, Lübnan, Ürdün, Kuzey Irak, Ermenistan, İran, Afganistan ve Pakistan'ı kapsayan bölgede yayılış göstermekte olup İran-Turan fitocoğrafik bölge elementidir (Yaltırık, 1967; 1967a; 1967b; Atlı ve ark., 1999; Al-Saghir & Porter, 2012). Bu takson ilk olarak *P. atlantica*'nın bir varyetesi olan *Pistacia atlantica* var. *kurdica* Zohary olarak tanımlanmıştır (Zohary, 1952). Yaltırık (1967a; 1967b) ise bu türü farklı bir tür olarak değerlendirmiştir. Kafkas ve Perl-Treves (2001), *P. atlantica* and *P. eurycarpa*'yı yakın iki tür olarak tanımlamışlardır. Basrila ve ark. (2003) yaptığı çalışmada *P. eurycarpa*'nın kromozom sayısını $2n=30$ olarak bulmuştur.

Pistacia cinsinin taksonomisinde karışıklıklar bulunmaktadır (Al-Saghir & Porter, 2012). Türkiye'deki *Pistacia* türlerinin sınıflandırmasına yönelik yapılan çalışmada, Zohary (1952)'nin *P. atlantica* var. *kurdica* olarak tanımladığı bitkiler Yaltırık tarafından *P. eurycarpa* adında yeni bir tür olarak tanımlanmış ve *P. eurycarpa* türünün *P. atlantica* türünden esas olarak yaprak ve meyve özellikleri bakımından farklı olduğunu ileri sürmüştür (Yaltırık, 1967a; Yaltırık, 1967b).

Türkiye Florasında *P. eurycarpa*'nın sadece Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinden Bitlis, Mardin ve Hakkari illerinde kaydı bulunmaktadır (Yaltırık, 1967; 1967a; 1967b). Ancak, yaptığımız çalışmada Türkiye'de farklı bölgelerde de bu türün yayılışının bulunduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma ile *P. eurycarpa* Yalt.'nın Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerindeki yayılışı ve taksonomisinde kullanılan morfolojik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

MATERYAL ve METOD

Örnekleme Yöntemi

Çalışmanın materyalini Türkiye'nin Marmara, Ege ve Akdeniz bölgelerinde yer alan Mersin, İzmir, Aydın, Denizli, Manisa, Çanakkale ve Balıkesir illerinden 2014 yılında toplanan toplam 62 *Pistacia* örneği oluşturmaktadır. Bitki örnekleri ağaçların meyvede

olduğu dönemde toplanmıştır. Toplanan örneklerin 58'inin teşhisi yapılmıştır. 4'ü yetersiz numune olduğundan teşhisleri yapılamamış ve çalışma içerisinde değerlendirilmemiştir.

İstatistik Analizler

Toplanan bitki örnekleri herbaryum tekniğine uygun olarak kurutulmuş ve herbaryum materyali haline getirilmiştir. Bitkiler Yaltırık (1967a), Yaltırık (1967b), Anonim (1998) ve Al-Saghir ve Porter (2012)'den yararlanılarak teşhis edilmiştir. Toplanan bitki örnekleri yaprak ve meyve ölçüm değerlerine göre JMP 14.1 İstatistik Analiz Programı ile Cluster (kümeleme) analizine tabi tutulmuş ve dendogram oluşturulmuştur. Türlerin Türkiye'deki yayılışının daha kolay izlenebilmesi için Davis (1972)'in önerdiği grid sistemi kullanılmıştır. Bitki isimleri verilirken Türkiye Damarlı Bitkiler Listesi (Güner ve ark., 2012), Uluslararası Bitki İsimleri İndeksi (Anonim, 2023a), Anonim (2023b) ve Anonim (2023c)'ye göre kabul edilenler kullanılmıştır. Çalışmada toplanan bitki örneklerinin yaprak uzunluğu, yaprak genişliği, yaprakçık çifti sayısı, yaprakçık uzunluğu, genişliği, yaprak ucu, yaprak kanat durumu ve meyve ölçüleri cetvel ve kumpas ile ölçülmüştür. Bitki örnekleri Antepfıstığı Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünde muhafaza edilmektedir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Pistacia türlerinin taksonomisinde yaprak ana damar bağlantıları, yaprakçık büyüklük ve şekli, yaprakçık çifti sayısı, terminal yaprakçığının olması veya olmaması, yaprakçık ucu şekli, meyve büyüklüğü ve şekli gibi morfolojik karakterler kullanılmaktadır (Zohary, 1952; 1987; Yaltırık, 1967; 1967a; 1967b; Kafkas & Perl-Treves, 2001). Yaltırık (1967a), Zohary (1952)'nin *P. atlantica* var. *kurdica* olarak tanımladığı bitkileri *P. eurycarpa* adıyla yeni bir tür olarak tanımlanmış ve bu iki taksonun esas olarak yaprak ve meyve özellikleri bakımından birbirinden farklı olduğunu açıklamıştır (Yaltırık, 1967a). *P. eurycarpa*, yarı kurak ve kurak bölgelerde taşlık ve kayalık yamaçlarda, meşelik alanlarda, tarla ve bahçe kenarlarında 1100-1800 m. arasında yetişen, 5 metreye kadar boylanabilen, bileşik yapraklara sahip, yaprak döken, farklı erkek ve dişi çiçek yapısına sahip, dioik bir ağaç türüdür. Genç sürgünler çıplak, kırmızımsı esmer renklidir. Daha sonra açık kül rengine döner. Çok sayıdaki tomurcuk pulları tüysüzdür. Tek tüysü yapraklar kışın dökülür, çiçeklenme Mayıs-Haziran aylarında gerçekleşir (Yaltırık, 1967a).

Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerinde yaptığımız araştırmalar sırasında 62 bitki örneğinden yaprak ve meyve örnekleri alınmıştır. Bu örnekler içerisinde toplam 9 örneğin *P. eurycarpa* olduğu belirlenmiştir. *P. eurycarpa* olarak tanımlanan örneklerin toplandığı

iller ve belirlenen tür sayıları Çizelge 1'de verilmiştir. *Pistacia* türlerinin taksonomisinde yaprak ana damar bağlantıları, yaprakçık büyüklük ve şekli, yaprakçık çifti sayısı, terminal yaprakçığının olması veya olmaması, yaprakçık ucu şekli, meyve büyüklüğü ve şekli gibi morfolojik karakterler kullanılmaktadır (Zohary, 1952; 1987; Yaltırık, 1967 a; 1967 b; Kafkas & Perl-Treves, 2001). Yaprak ölçümlerine göre 9 örneğin yaprak

uzunluğunun 75-193 mm arasında değiştiği, yaprak genişliklerinin 60-140 mm olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Örneklere ait yapraklarda terminal yaprakçığın uzunluk ve genişlikleri de ölçülmüştür. Yapılan değerlendirmeler sonucunda örneklerin terminal yaprakçık uzunluklarının 40 ile 80 mm arasında, genişliklerinin ise 15-31 mm arasında, yaprak çifti sayısının ise 1-4 çift olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 2; Şekil 1).

Çizelge 1. Toplanan örnek sayısı ve *P.eurycarpa*'nın illere göre dağılımı

Table 1. Number of samples collected and the distribution of *P. eurycarpa* by provinces

İl (Province)	Örnek Sayısı (Number of samples)	Tür Sayısı (Species number)
Mersin	16	2
Denizli	5	1
Aydın	14	1
İzmir	11	3
Manisa	6	1
Çanakkale	3	0
Balıkesir	3	1
Toplam	58	9

Çizelge 2. *P. eurycarpa*'nın yaprak ölçüm değerleri

Table 2. Leaf measurement values of *P. eurycarpa*

Örneğin Toplandığı İl (Province)	Örnek No (Number of Samples)	Yaprak Uzunluk (mm) (Leaf Length (mm))	Yaprak Genişlik (mm) (Leaf Width (mm))	Terminal Yaprakçık Uzunluk (cm) (Terminal Leaflet Length (cm))	Terminal Yaprakçık Genişlik (cm) (Terminal Leaflet Width (cm))	Bileşik Yaprak Çifti Sayısı (Adet) (Number of Leaf pairs (Piece))	Meyve Uzunluğu (mm) (Fruit Length (mm))	Meyve Genişliği (mm) (Fruit Width (mm))
Mersin	21	99	60	42	15	1	6.4	7.1
Mersin	50	75	66	40	20	1	7.4	7.5
İzmir	11	193	140	80	31	3	7.0	7.2
İzmir	25	122	108	55	16	3	6.4	7.3
İzmir	26	128	92	59	20	3	8.0	7.9
Manisa	7	148	105	49	22	4	7.1	7.0
Denizli	2	124	133	70	23	3	8.0	8.1
Aydın	22	153	109	62	21	3	7.9	8.1
Balıkesir	57	125	95	42	21	3	7.1	7.6

Yapılan çalışmada, *P. eurycarpa* örneklerinin hepsinin bileşik yaprak tipinde olduğu ve yapraklarında terminal yaprakçığın bulunduğu, yapraklardaki terminal yaprakçıkların tüm örneklerde yan yapraklardan büyük olduğu belirlenmiştir. Terminal yaprakçık şeklinin 2, 22, 25, 50 ve 57 nolu örneklerde dar eliptik, 7, 11, 21 ve 26 nolu örneklerde yumurtamsı-dikdörtgenimsi şekilde olduğu tespit edilmiştir. Yaprakçıkların her iki yüzü de çıplak, bazı yaprakçıkların kenarı hafif kirpiklidir. Yaprak orta damarının iki tarafında bazen bir kanat bulunur.

Bitki örneklerine ait meyvelerin uzunluk ve genişlik ölçümleri de yapılmıştır. Meyve ölçümlerinin sonucuna göre örneklerin meyve uzunluklarının 6-8 mm ve genişliğinin ise 7-8,1 mm arasında değişiklik gösterdiği ve meyvelerin boylarının eninden daha kısa olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Meyvelerin geniş-yumurtamsı veya basit-küremsi, uzunluğunun genişliğinden kısa veya eşit olduğu, bütün örneklere ait meyvelerin dış kabuğunun kıvamlılığının sulu olduğu, dış kabuk pürüzlülüğünün ise ağısı şeklinde olduğu belirlenmiştir. Başlangıçta sarı-pembe olan meyvelerin olgunlaşınca zeytin yeşili ve koyu yeşil renge döndükleri belirlenmiştir (Şekil 2; 3).



Şekil 1. *P. eurycarpa* yaprağı
Figure 1. The leaf of *P. eurycarpa*



Şekil 2. *P. eurycarpa*'nın meyvesi
Figure 2. Fruits of *P. eurycarpa*



Şekil 3. *P. eurycarpa* (Karahayıt, Denizli)
Figure 3. *P. eurycarpa* (Karahayıt, Denizli)

P. eurycarpa'nın Türkiye Florasında sadece Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde Bitlis (Baykan, Reşadiye), Mardin, Hakkari (Zap Vadisi, Başkale, Şemdinli Çukurca arası) illerinde yayılışı bulunduğu kaydedilmiştir. Tip örneği Bitlis Humus Dağının güneyi olarak verilmiştir (Yaltırık, 1967; 1967a; 1967b; Al-Shagir & Porter, 2012; Anonim, 2023d; Anonim, 2023e). Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerinde yaptığımız bu çalışmada *P. eurycarpa* türünün Mersin (Akdeniz); İzmir, Aydın, Denizli ve Manisa (Ege) ve Balıkesir (Marmara) illerinde yayılışının olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1; Şekil 4).

Al-Saghir ve Porter (2012) yaptıkları çalışmada, *P. eurycarpa*'nın yaprak ölçülerini 10.2-18.2 x 9.0-13.5 cm, Kafkas ve ark. (2002) 14.2-19.6x9.4-13.8 cm olarak vermiştir. Yaltırık (1967a) yaprak ölçülerini vermemiştir. Bu çalışmada ise yaprak ölçüleri 7.5-19.3x6-14 cm olarak ölçülmüştür. Al-Saghir ve Porter (2012) yaptıkları çalışmada terminal yaprakçık uzunluğu ve genişliğini 5.2-8.0x2.5-4.0 cm, Yaltırık (1967a) 5-8.5x2-5 cm, Kafkas ve ark. (2002) 4.6-6.4x1.8-3.3 cm olarak belirtmiştir. Bu çalışmada ise terminal yaprakçığın uzunluk ve genişliği 4-8x1.5-3.1 cm olarak belirlenmiştir.

Yaprakçık çifti sayısını Yaltırık (1967a) 2-3 çift, Al-Saghir ve Porter (2012) 5-7 çift, Kafkas ve ark. (2002) 1.8-2.8 çift olarak vermiştir. Bu çalışmada elde edilen değerler ise 1-3(-4) olarak tespit edilmiştir.

Meyve ölçülerine bakıldığında Yaltırık (1967a) meyve

ölçümlerini 6-7x8-9 mm, Kafkas ve ark. (2002) 7.5-12.7x7.5-11.0 mm olarak belirtmiştir. Al-Saghir ve Porter (2012) ise meyve özelliklerini 7-8 mm olarak vermiştir. Çalışmamızda elde edilen meyve uzunluk ve genişliğine ilişkin değerler ise 6.4-8x7-8.1 mm olarak belirlenmiştir.

Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerinde yaptığımız sörvey çalışmalarıyla daha önce Doğu ve güneydoğu Anadolu bölgesinde yapılan çalışmalardaki yaprak, terminal yaprakçık ve meyve ölçüleri karşılaştırılmış ve sonuçların az da olsa farklı olduğu saptanmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Bölgelere göre (Türkiye'nin batısı ve doğusu) morfolojik özelliklerin karşılaştırılması
Table 3. Comparison of morphological features by regions (west and east of Turkey)

Morfolojik özellik (Morphological feature)	Akdeniz-Ege-Marmara örnekleri (cm) (Mediterranean-Aegean-Marmara samples)	Doğu ve Güneydoğu örnekleri (Yaltırık, 1967a; 1967b) (cm) (East and Southeast Anatolian samples) (Yaltırık, 1967a; 1967b) (cm))	Al-Saghir ve Porter (2012) örnekleri (cm)
Yaprak uzunluğu (Leaf Length)	7.5-19.3	-	10.2-18.2
Yaprak genişliği (Leaf Width)	6-14	-	9.0-13.5
Terminal yaprak uzunluğu (Terminal Leaflet Length)	4-8	5-8.5	5.2-8.0
Terminal yaprak genişliği (Terminal Leaflet Width)	1.5-3.1	2-5	2.5-4.0
Yaprakçık çifti sayısı (Number of leaflet pairs)	1-3	2-3	5-7
Meyve uzunluğu (Fruit Length)	6.4-8	6-7	7-8
Meyve genişliği (Fruit Width)	7-8.1	8-9	-

Pistacia türleri arasında genetik bariyer bulunmadığından cinsin taksonomik akrabalık ilişkileri oldukça tartışmalıdır (Al-Saghir & Porter, 2012). Dünya'da geniş bir alana yayılmış olan *P. eurycarpa* ekolojik koşullara uyum sağladığından morfolojik karakterleri çok değişkendir. Bu da *Pistacia* cinsinde olduğu gibi *P. eurycarpa* türünün taksonomisinde de karışıklığa sebep olmaktadır (Kafkas ve ark., 2001; Kafkas ve ark., 2002; Al-Saghir & Porter, 2012; Amara ve ark., 2020).

P. eurycarpa'ya ait Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesine ait populasyonlar Akdeniz, Ege ve Marmara bölgesinde belirlenen populasyonlarla yaprak ve meyve uzunluğu ölçüm değerleri bakımından karşılaştırıldığında Akdeniz, Ege ve Marmara örneklerinde terminal yaprakçık uzunluğunun 4 cm olduğu, Doğu ve Güneydoğu bölgesindeki örneklerin ise 5 cm olduğu belirlenmiştir. Terminal yaprak genişliğinin Akdeniz, Ege ve Marmara örneklerinde terminal yaprakçık uzunluğunun 1.5 cm olduğu, Doğu ve Güneydoğu bölgesindeki örneklerin ise 2 cm olduğu, yaprakçık çifti ve meyve genişliği bakımından

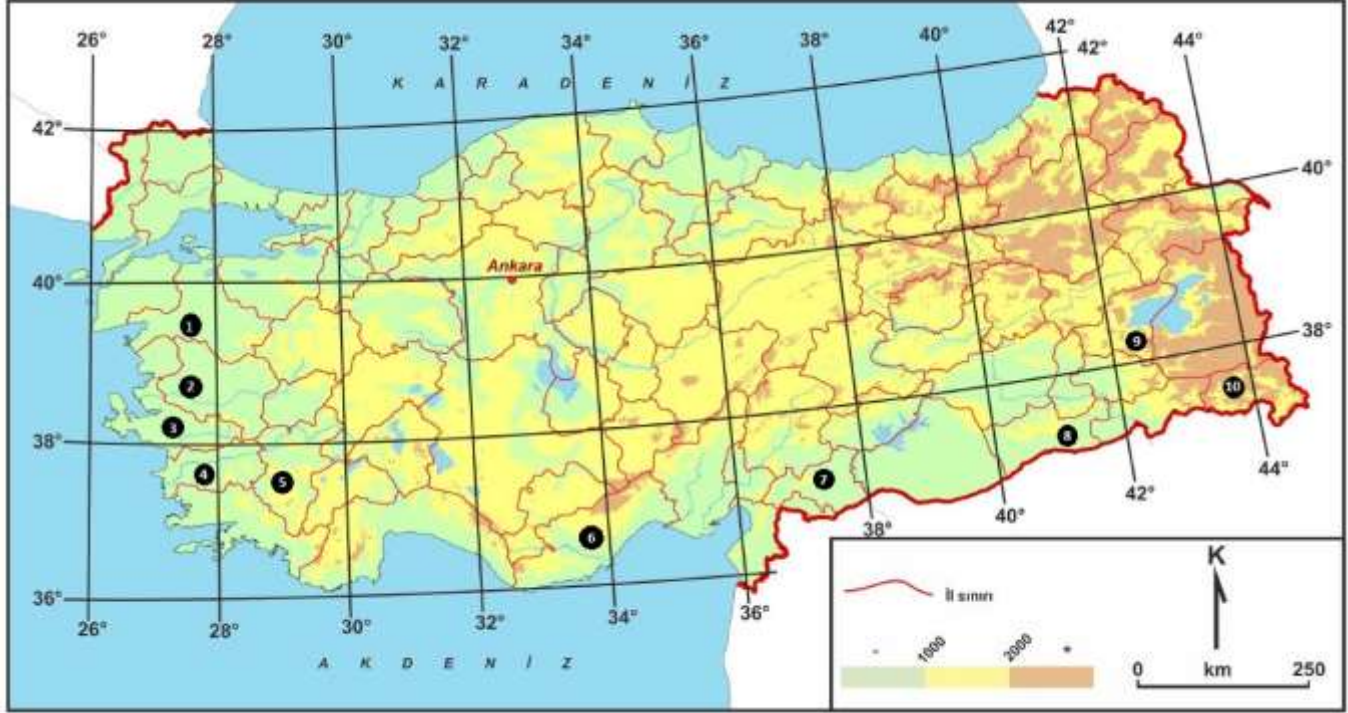
da farklılık bulunduğu belirlenmiştir. Doğu ve Güneydoğu örneklerine nazaran Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerindeki bitki örneklerinin daha küçük yapıldığı görülmüştür.

P. eurycarpa'nın morfolojik karakter ölçülerine yönelik Yaltırık (1967a), Kafkas ve ark. (2002), Al-Saghir ve Porter (2012) ve bu çalışmanın sonuçları karşılaştırıldığında yaprak, yaprakçık ve meyve karakterleri ölçülerinin birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir ve türün betimi yeniden yapılmıştır.

Toplanan bitki örnekleri yaprak ve meyve ölçüm değerlerine göre Cluster analizine tabi tutulmuştur. Cluster analizi sonucunda elde edilen dendogram Şekil 5'te verilmiştir. Dendograma göre, incelenen *Pistacia eurycarpa* populasyonunun genel anlamda birbirine oldukça benzer bireylerden oluştuğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte *Pistacia eurycarpa* genotipleri kendi aralarında iki ana gruba ayrılmıştır. Bu iki ana grupta kendi arasında iki alt gruba ayrıldığı belirlenmiştir. Birinci grupta Mersin21 genotipi tek başına yer alırken; İzmir11, Aydın22, birinci alt grubu, Manisa7 ve Balıkesir57 ise

diğer alt grubu oluşturmuştur. İkinci grup kendi arasında iki alt gruba ayrılırken, Denizli2 tek başına alt grup oluşturmuş Mersin50 ve İzmir25 genotipi de farklı bir grup oluşturmuştur. İkinci alt gruba giren bu genotipler Cluster analizi sonucuna göre incelenen özellikler açısından çok yüksek benzerlik oranı göstermiştir. Analiz sonucunda belirlenen bu durum taksonomik olarak beklenen bir durumdur. *Pistacia eurycarpa* türü coğrafik olarak dar alanda

yayılış göstermektedir. Bu çalışmayla *P. eurycarpa* türünün Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinden Türkiye'nin batısına doğru Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerinde de yayılış gösterdiği bu çalışma ile ortaya konmuştur. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ile yapılacak detaylı araştırmalar bu türün taksonomik olarak dağılımının net olarak belirlenmesine katkı sağlayacaktır.



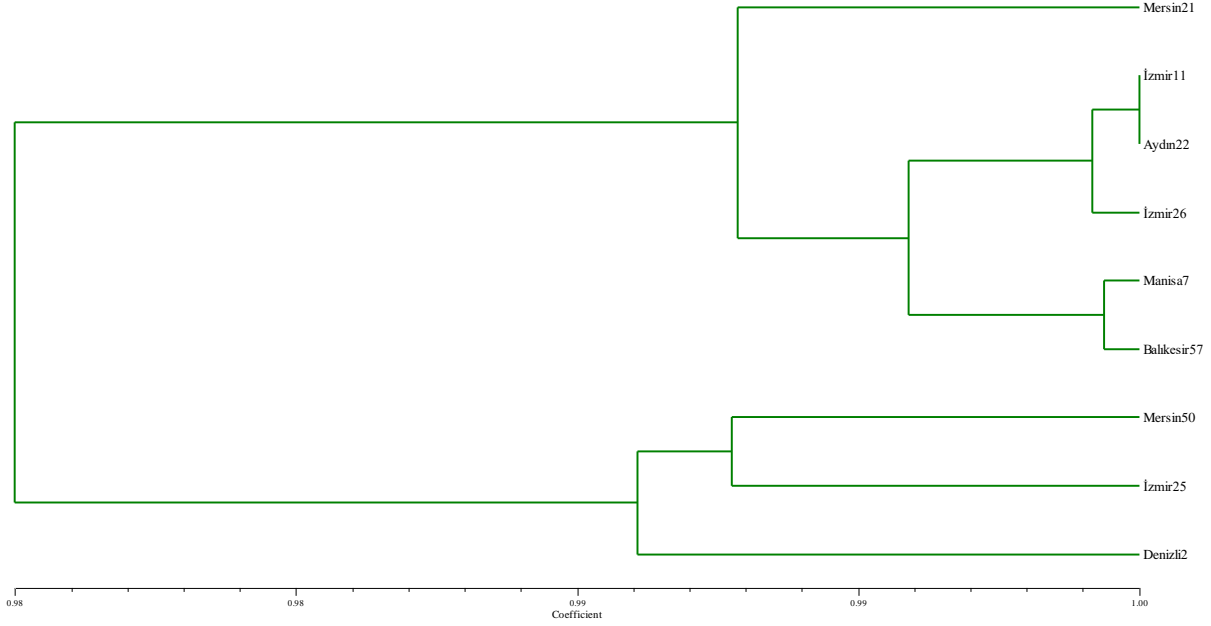
Şekil 4. *P. eurycarpa*'nın belirlendiği alanlar (Bu çalışmada belirlenen yayılış alanları): 1-Balıkesir, 2- Manisa, 3- İzmir, 4- Aydın, 5- Denizli, 6- Mersin. Daha önceki çalışmalarda belirlenen yayılış alanları: 7- Gaziantep 8- Bitlis, 9- Mardin, 10- Hakkari.

Figure 4. Areas where *P. eurycarpa* was determined (the distribution areas determined in this study): 1-Balıkesir, 2- Manisa, 3- İzmir, 4- Aydın, 5- Denizli, 6- Mersin. Distribution areas determined in previous studies: 7- Gaziantep, 8- Bitlis, 9- Mardin, 10- Hakkari.

Çizelge 4. *P. eurycarpa* örneklerinin toplandığı adresler

Table 4. Addresses where *P. eurycarpa* specimens were collected

1	C4, Mersin, Mut, Barbanlı Mezarlığı, 233 m., K363920 D332434,4, 01.09.2014, A. Yılmaz, K. Sarpkaya, A. Aktan, 1050.
2	C4, Mersin, Mut, Barabanlı Mezarlığı Yolu, 233 m., K363920 D 332434,4, 01.09.2014, A. Yılmaz, K. Sarpkaya, A. Aktan, 1021.
3	B2, İzmir, Çandarlı, Dikili Çıkışı, 38 m., K385721 D265646,2, 04.09.2014, A. Yılmaz, K. Sarpkaya, A. Aktan, 1011.
4	B2, İzmir, Aliaga, Otmanlar Köyü Çıkışı, 340 m., K384525,7 D27108,8, 04.09.2014, A. Yılmaz, K. Sarpkaya, A. Aktan, 1025.
5	B2, İzmir, Çandarlı Demirtaş Köyü Göçmen Mah., 27 m., K39029 D26 575,2, 04.09.2014, A. Yılmaz, K. Sarpkaya, A. Aktan, 1026.
6	B2, Manisa, Muradiye, Yuntdağı, Çamlıca, 255 m., K384437 D271842,7, 04.09.2014, A. Yılmaz, K. Sarpkaya, A. Aktan, 1007.
7	C2, Denizli, Karahayit 459 m., K375859 D29626,4, 02.09.2014, A. Yılmaz, K. Sarpkaya, A. Aktan, 1002.
8	B2, Balıkesir/ Merkez, Deliktaş Köyü, 399 m., K39405,2 D274922,2, 15.10.2014, A. Yılmaz, K. Sarpkaya, A. Aktan, 1057.
9	C1, Aydın, Germencik, Ömerbetli Köyü Mezarlığı, 59 m., K375238,1 D273914, 03.09.2014, A. Yılmaz, K. Sarpkaya, A. Aktan, 1022.



Şekil 5. İncelenen özellikler doğrultusunda oluşturulan benzerlik dendogramı ($r=0.67025$).

Figure 5. Similarity dendrogram created in line with the examined features ($r=0.67025$).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırma gezilerinde Akdeniz, Marmara ve Ege bölgelerinden 62 *Pistacia* örneği toplanmıştır. İncelenen bu örneklerden 9 tanesinin *P. eurycarpa* türü olduğu belirlenmiştir. *P. eurycarpa*'nın yaprak ölçüm değerlerine göre dokuz bitki örneğinin yaprak uzunluğunun 75-193 mm arasında, yaprak genişliklerinin 60-140 mm olduğu belirlenmiştir. Yaprakçıkların incelenmesi sonucunda terminal yaprakçıkların 4-8 cm uzunluğunda ve genişliklerinin 1.5-3.1 cm arasında olduğu, yaprak çifti sayısının 1-3(-4) arasında değiştiği belirlenmiştir. *P. eurycarpa*'nın Mersin, İzmir, Aydın, Denizli, Manisa ve Balıkesir ilinde doğal yayılışı bulunduğu belirlenmiştir.

Akdeniz, Ege ve Marmara bölgelerinde yayılış gösteren *P. eurycarpa* örneklerinin doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yayılış gösteren örneklere göre daha küçük ölçüde olduğu belirlenmiştir. İncelenen *P. eurycarpa* genotiplerine uygulanan Cluster analizi sonucuna göre, incelenen özellikler açısından genotiplerin yüksek benzerlik oranı gösterdiği bulunmuştur.

Sonuç olarak bu çalışma ile *P. eurycarpa* türünün Türkiye'deki yeni yayılış alanları belirlenmiştir. *P. eurycarpa*'nın taksonomisinde önemli olan karakterlerin farklı olduğu belirlendiğinden türün betimi yeniden yapılmış ve yayılış alanı güncellenmiştir.

Türün betimi:

P. eurycarpa Yalt. In notes R.B.G. Edinb. 28:11 (1967). Syn: *P. atlantica* Desf. var. *kurdica* Zohary, op. Cit. 5: 206 (1952)! Map 65, p. 547.

Shrub or small tree up to 5 m. Leaves deciduous, imparipinnate; leaflets 1-3-paired, ovate or ovate-oblong, 7.5-19.3 x 6-14 cm, obtuse, not mucronate, glabrous except for ciliate margins, light green on both sides; terminal leaflets 4-8 x 1.5-3.1 cm., rachis not winged or very narrowly and inconstantly so. Fruits paniculate, always depressed-globose, 6.4-8 x 7-8.1 mm. Fl. 5 March- April, Rocky slopes, deciduous oak shrub, 1100-1720 m.

P. eurycarpa'nın yeni yayılış alanları ile birlikte Balıkesir, Manisa, İzmir, Aydın, Denizli, Mersin, Gaziantep, Bitlis, Mardin, Hakkari illerinde yayılış olduğu belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Arazi anketlerinde katkı sağlayan Ağah AKTAN'a, Tagem/TA/11/06/01/005 nolu projeye destek sağlayan Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü ile girid haritasını kullanmamıza izin veren Prof. Dr. Adil Güner'e 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

Alma, M.H., Nitz, S., Kolmannspelger, H., Digrak, M., Efe, F.T., & Yılmaz, N. (2004). Chemical composition and antimicrobial activity of the

- essential oils from the gum of Turkish pistachio (*Pistacia vera* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 52, 3911-3914.
- Al-Saghir, M.G. & Porter, D.M. (2012). Taxonomic revision of the genus *Pistacia* L. (Anacardiaceae). *American Journal of plant sciences*, 3, 12-32. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2012.31002>.
- Amara, M., Bouazza, M., Errouane, K., Harche, M.K., Nafil, D., Pascalau, R., Smuleac, L. & Al-Saghir, M.G. (2020). Systematic position of *Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica* in north-west Algeria: anatomy and biometry of leaves. *Advanced Research in Life Sciences*, 4, 48-53. <https://doi.org/10.2478/arls-2020-0018>.
- Anonymous, (1998). *Descriptors for Pistacia spp. (excluding Pistacia vera L.)*. *Ipgri International Plant Genetic Resources Institute*, Rome.
- Anonymous, (2023a). Uluslararası Bitki İsimleri İndeksi. <https://www.ipni.org>. (Alınma Tarihi: 09.06.2023).
- Anonim, (2023b). Geçerli Bitki İsimleri. <https://www.bizimbitkiler.org>. (Alınma Tarihi: 09.06.2023).
- Anonymous, (2023c). The Plant List. <https://www.theplantlist.org>. (Alınma Tarihi: 09.06.2023).
- Anonim, (2023d). *Pistacia eurycarpa*. <https://www.plants.jstor.org/search?genus=Pistacia&species=eurycarpa> (Alınma Tarihi: 05.10.2023).
- Anonim, (2023e). *Pistacia eurycarpa*. <https://powo.science.kew.org/?plantName=Pistacia+eurycarpa> (Alınma Tarihi: 05.10.2023).
- Ath, H. S., Arpacı, S., & Ayanoglu, H. (1999). *Comparison of seedling characteristics of some Pistacia species*. In Ak B.E. (ed.), *XI. Grempa seminar on pistachios and almonds*. International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies, Zaragoza.
- Basrila, H., S. Kafkas, & Topaktaş, M. (2003). Chromosome numbers of four *Pistacia* (Anacardiaceae) species. *Journal of Horticultural Sciences & Biotechnology*, 78(1), 35-38.
- Davis, P.H. (1967). *Flora of Turkey and Aegean Islands volume 2*. *Edinburgh University Press*, Edinburgh.
- Demirci, F., Başer, K. H. C., Çaliş, İ., & Gökhan, E. (2001). Essential Oil and Antimicrobial Evaluation of the *Pistacia eurycarpa*, *Chemistry of Natural Compounds*, 37, 332-335.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., & Babaç, M.T. (2012). *Türkiye bitkileri listesi (damarlı bitkiler)*. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul.
- Kafkas, S. & Perl-Treves, R. (2001). Morphological and molecular phylogeny of *Pistacia* species in Turkey. *Theoretical and Applied Genetics* 102, 908-915.
- Kafkas, S., Kafkas, E., & Perl-Treves, R. (2002). Morphological diversity and a germplasm survey of three wild *Pistacia* species in Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 49, 261-270.
- Kordalı, S., Çakır, A., Zengin, H., & Duru, M.E. (2003). Antifungal activities of the leaves of three *Pistacia* species grown in Turkey. *Fitoterapia* 74, 164-167.
- Oğuz, H.İ. & Oğuz, İ. (2022). *Antepfistiğinde kullanılan anaçlar*. Iksad publications, Ankara: Ed. Gündeşli MA, 43-48.
- Seçmen, Ö., Gemici, Y., Görk, G., Bekat, L., & Leblebici, E. (2008). *Tohumlu bitkiler sistematigi*. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No:116, İzmir.
- Yaltırık, F. (1967). Türkiye Florası İçin Yeni Bir Tür. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, 14(1), 148-153.
- Yaltırık, F. (1967a). *Pistacia. (Flora of Turkey and the east Aegean islands volume 2)*. Edinburgh University Press, Edinburgh: Ed. Davis PH, 544-548.
- Yaltırık, F. (1967b). Contributions to the taxonomy of woody plants in Turkey. *Notes from the royal botanic garden*, 28(1), 11-12.
- Yılmaz, A., Özuslu, E., & Sarpkaya, K. (2023). *Pistacia atlantica* Desf. Türünün Marmara, Ege ve Akdeniz Bölgelerinde Yayılış Alanları ve Taksonomik Özelliklerinin Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 26(6), 1259-1267, <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogav.1239965>.
- Zohary, M. (1952). A monographical study of the genus *Pistacia*. *Palestine journal of botany*, 5(1), 187-228.
- Zohary, M. (1987). *Pistacia. (Flora palaestina part 2)*. Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem: Ed. Zohary M, 296-300.

Ordu İlinde Yetiştirilen Beyaz Dut Tiplerinin (*Morus alba*) Meyve Özelliklerinin Belirlenmesi

Erol AYDIN¹, Ercan ER², Nilüfer AKSU USLU³, Ali TURAN⁴, Saim Zeki BOSTAN⁵

¹Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu, ²Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Üretim ve İşletme Bölümü, Ordu, ³Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu, ⁴Giresun Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Giresun, ⁵Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu

¹<https://orcid.org/0000-0002-2710-4075>, ²<https://orcid.org/0000-0002-3105-5894>, ³<https://orcid.org/0000-0003-4540-6162>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-2961-6605>, ⁵<https://orcid.org/0000-0001-6398-1916>

✉: aydin.erol@tarimorman.gov.tr

ÖZET

Ordu ilinde 2016-2017 yıllarında yürütülen bu çalışmada seçilen beyaz dut tiplerinin bazı meyve özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tiplerin meyve ağırlığı 0.89-3.41 g, meyve suyu randımanı %16.22-58.09, suda çözünebilir kuru madde miktarı %10.44-20.60, titre edilebilir asit miktarı %0.13-0.30 ve meyvedeki çekirdek sayısı 5.10-23.19 adet arasında değiştiği tespit edilmiştir. Çalışmada genotipler sofralık, kurutmalık, pekmezlik ve meyve suyu sanayiinde kullanıma uygun olmak üzere 4 farklı değerlendirme şekline göre değiştirilmiş tartılı derecelendirmeye tabi tutularak ümitvar tipler seçilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda 14 adet beyaz dut tipi içerisinde, 2 adet dut tipi dört farklı değerlendirme şekline göre ümitvar tip olarak tespit edilmiştir. 1 adet dut tipi pekmezlik, 1 adet dut tipi kurutmalık ve 3 adet dut tipi ise hem pekmezlik hem de kurutmalık kullanıma uygun ümitvar dut tipi olarak belirlenmiştir.

Bahçe Bitkileri

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 31.10.2022

Kabul Tarihi : 08.06.2023

Anahtar Kelimeler

Morus alba

SÇKM

Seleksiyon

Asitlik

Ordu

Determination of Fruit Characteristics of Mulberry (*Morus alba*) Types Grown in Ordu Province

ABSTRACT

This study was conducted in Ordu Province between 2016 and 2017. The study aims to determine the characteristics of the mulberry (*Morus alba*) types that were selected in the study. Among the selected types, fruit weight was 0.89–3.41 g, fruit juice yield was 16.22–58.09%, the amount of total soluble solids was 10.44–20.60%, the titratable acid contents were 0.13–0.30%, and the number of seeds was 5.10–23.19. In the study, promising types were selected by subjecting the types to a modified weighted rating method according to four different evaluations suitable for use in the fresh, dried, pekmez, and fruit juice industry. As a result of the evaluation, among 14 white mulberry types, two were determined to be promising according to four different evaluation methods. 1 mulberry type pekmez, 1 mulberry type dried, and 3 mulberry types were determined to be promising mulberry types suitable for both pekmez and dried use.

Horticulture

Research Article

Article History

Received : 31.10.2022

Accepted : 08.06.2023

Keywords

Morus alba

TSS

Selection

Acidity

Ordu

Atıf İçin : Aydın, E., Er, E., Aksu-Uslu, N., Turan, A., & Bostan, S.Z (2024). Ordu İlinde Yetiştirilen Beyaz Dut Tiplerinin (*Morus alba*) Meyve Özelliklerinin Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (3), 556-564. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1196672.

To Cite: Aydın, E., Er, E., Aksu-Uslu, N., Turan, A., & Bostan, S.Z (2024). Determination of Fruit Characteristics of Mulberry (*Morus alba*) Types Grown in Ordu Province. *KSU J. Agric Nat* 27 (3), 556-564. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1196672.

GİRİŞ

Dut (*Morus* spp.), Urticales takımının Moraceae familyasının *Morus* cinsine dahildir. Özellikle Doğu, Batı ve Güneydoğu Asya, Güney Avrupa, Kuzey Amerika'nın güneyi, Güney Amerika'nın kuzeybatısı ve Afrika'nın bazı bölümlerinde duta yaygın olarak rastlanıldığı belirtilmektedir (Datta, 2002). *Morus*

cinsi içine giren tür sayısını, Freeman (1978) 12, Huo (2002) 14, Koidzumi (1917) 24 ve 1 alt tür Machii ve ark. (2001; Martin ve ark. (2002) 30'dan fazla, Datta (2002) ise 68 olarak bildirmektedirler. Dünyada 10-12 dut türünün yaygın olarak yetiştiği kabul edilmekle beraber en yaygın olan türler *Morus alba* (beyaz dut), *Morus nigra* (kara dut) ve *Morus rubra* (mor dut)'dir

(De Candolle, 1967).

Dut, farklı iklim koşullarına adaptasyon kabiliyeti fazla olduğundan hemen hemen tüm iklim bölgelerinde yetişebilen bir üzümü meyve türüdür. İlkbahar geç donlarından sonra tomurcukları sürmeye başlayan dut, bu yönü ile akıl ve sabrı temsil ettiği düşünülmektedir (Grieve, 2002). Bu yüzden dut karasal iklim koşullarının hakim olduğu bölgelerde dahi yetiştirilebilmektedir.

Türkiye dutun anavatanlarından ve doğal yayılış alanlarından olmasına rağmen, mevcut genetik potansiyel tam anlamıyla değerlendirilememektedir. Kaliteli meyvelere sahip birçok dut ağacı, mobilya yapımında kullanılmak amacıyla kesilerek yok edilmiştir (Erdoğan, 2003). Son 10 yıllık dönemde toplam ağaç sayısında %19.34'lik, üretimde %6.0'lık bir düşüş gerçekleşmiştir (Anonim, 2020).

Türkiye de 2020 yılı verilerine göre dut üretimi 70 620 tondur. Karadeniz Bölgesi 15 154 ton ile toplam üretimin %21.45'ine sahip olurken, Ordu ili 1463 ton üretim ile Karadeniz Bölgesi üretiminin %9.65'ni karşılamaktadır (Anonim, 2020).

Aydın ve ark. (2016), Artvin ili Ardaneç ve Yusufeli ilçelerinde yürütmüş oldukları çalışmada değiştirilmiş tartılı derecelendirme yöntemini kullanarak 9 dut genotipi içerisinde 2 adet kurutmalık ve 2 adet meyve suyu sanayisine uygun dut genotipi seçmişlerdir. Seçilen dut genotiplerinde meyve ağırlığı 1.71-3.03 g, suda çözünabilir kuru madde miktarı % 18.20-25.83,

meyve suyu randımanı %40.36-50.86, kuru meyve randımanı %20.94-32.87 ve meyvedeki çekirdek sayısı 0.00-17.92 arasında değişim göstermiştir. Çöçen ve ark. (2018), 19 adet çekirdeksiz dut genotipinde ortalama meyve ağırlığını 0.77-2.46 g, suda çözünabilir kuru madde miktarını %15.50-29.60 ve kuru randımanını %15.79-39.94 arasında belirlemişlerdir. Sümerli ve Kazankaya, (2020), Batman ili merkez ilçede 3 farklı dut türü (*Morus alba* L., *Morus nigra* L. ve *Morus rubra* L.) ile yapmış oldukları çalışmada meyve ağırlığını 0.54-4.09 g, meyve boyunu 13.30-32.60 mm meyve enini 10.17-20.96 mm, suda çözünabilir kuru madde miktarını %14.10-21.87 ve titre edilebilir asit miktarını 0.27-0.11 g 100⁻¹ ml olarak tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada, Ordu ilinde doğal olarak yetişen dut populasyonu içerisinde sofralık, pekmezlik, kurutmalık ve meyve suyu sanayiine uygun ümitvar genotiplerin seçimi amaçlanmıştır. Yapılan bu çalışma ile önemli genetik kaynaklarımızdan olan dut meyvesinin çeşit olma yönünde önemli adım atılmış olacaktır.

MATERYAL ve METOD

Bu çalışma 2016 ve 2017 yıllarında Ordu ilinde yürütülmüştür. Dut ağaçlarının yoğun olduğu köyler gezilerek 14 adet dut genotipinden örnek alınmıştır. Meyve örneği alınan genotiplerin adı, yer ve rakım bilgileri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Beyaz dut genotiplerine ait seleksiyon numaraları, arazi ve rakım bilgileri

Table 1. Selection numbers, land and altitude information of white mulberry genotypes

GenotipAdı <i>Name of genotype</i>	İlçe <i>Town</i>	Köy <i>Village</i>	Rakım <i>Altitude</i>
52 GL 01	Gülyalı	Turnasuyu Mah	15
52 GL 02	Gülyalı	Turnasuyu Mah	2
52 GL 03	Gülyalı	Hoşköy Mah.	115
52 MR 01	Altınordu	Öceli Mah.	242
52 MR 02	Altınordu	Burhanettin Mah.	324
52 UL 01	Ulubey	Kumanlar Mah	501
52 PR 01	Perşembe	Boğazlık Mah.	29
52 PR 02	Perşembe	Boğazlık Mah.	129
52 PR 03	Perşembe	Boğazlık Mah.	129
52 PR 04	Perşembe	Çiftlik Mah	65
52 PR 05	Perşembe	Kurtuluş Mah	38
52 FT 01	Fatsa	Palazlı Mah	220
52 ÜN 01	Ünye	Güzelyalı Mah	3
52 ÜN 03	Ünye	Güzelyalı Mah	50

Her bir dut genotipinden 500 g meyve plastik meyve muhafaza kutularına toplanmış ve toplanan meyveler yarım saat içerisinde laboratuvar ortamına getirilerek 3 tekerrürlü olarak her tekerrürde 20 meyve olacak şekilde meyve özellikleri analizleri yapılmıştır. Beyaz dut genotiplerinin seçilmesinde verimlilik, meyve ağırlığı, suda çözünabilir kuru madde, kuru meyve randımanı, meyve suyu randımanı, kuru meyve rengi

ve meyvedeki çekirdeklilik gibi özellikler üzerinde durulmuştur. Ordu ilinde yetişen beyaz dutların seçimi, seçilen dut tipleri kullanım alanlarına göre sofralık, pekmezlik, kurutmalık ve meyve suyu sanayisine yönelik olarak 4 farklı şekilde sınıflandırılmıştır. Tartılı derecelendirme yöntemi ile dut genotiplerinin seçimi gerçekleştirilmiştir (Michelson ve ark., 1958). Seçilen dut genotiplerinde

her bir özellik için belirlenen maksimum ve minimum değerler arasındaki farklar tespit edilmiş ve bu fark sınıf sayısına bölünerek aynı sınır içine giren tipler aynı sınırlarda değerlendirilmiştir (Ercişli, 1996). Her bir değerlendirme şekli için ayrı ayrı tartılı derecelendirme yapılmış ve toplam puanları belirlenmiştir. Sofralık, pekmezlik, kurutmalık ve meyve suyu sanayiine uygun beyaz dutların tartılı derecelendirme de esas alınan özellikler, göreceli puan, sınıf ve sınıf aralıkları Çizelge 2,3,4 ve 5'te verilmiştir.

Verim Durumu: Dut ağaçlarında meyve olgunlaşma periyodunun uzun olması nedeniyle her bir ağaçtaki verimin tartılarak tespiti mümkün olamamaktadır. Bu nedenle benzer iklim ve koşullarda bulunan ağaçlar, mukayese edilerek verim hakkında değerlendirme yapılmıştır (Erdoğan, 2003). Belirlenen değerler verim katsayı değerleri olup, 1-5 skalasına göre değerlendirme yapılmıştır.

Meyve Ağırlığı: Tesadüfi olarak alınan 60'ar adet meyve, 0.01 g hassasiyetteki elektronik hassas terazide tartılarak, ortalama meyve ağırlığı g olarak belirlenmiştir.

Meyve Suyu Randımanı: Başlangıç ağırlığı belli (50 g) meyveler meyve sıkacağı içerisinde sıkılarak elde edilen meyve suyu ağırlığı belirlenip genotiplerin ortalama meyve suyu randımanları % olarak belirlenmiştir.

Kuru Meyve Randımanı: Kuru meyve randımanı belirlemek amacıyla 100 g yaş dut meyvesi 65 C°de etüde kurutulduktan sonra kuru meyve ağırlıkları (%) olarak belirlenmiştir.

Suda Çözünebilir Kuru Madde: Dut meyvelerinin sıkılarak meyve suları çıkarılmış ve çıkarılan meyve suyunda suda çözünebilir kuru madde miktarı el refraktometresi okunmuş ve elde edilen yüzde değerlerin ortalaması alınarak tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Sofralık dut genotiplerinde tartılı derecelendirmeye esas olan özellikler ve önem dereceleri

Table 2. Characteristics of table mulberry types used for modified weighted ranked method

Özellikler <i>Characteristics</i>	Göreceli Puan (%) <i>Relative score (%)</i>	Sınıf <i>Class</i>	Sınıf Puanı <i>Class Score</i>
Verimlilik <i>Yield</i>	25	İyi 3.14 <	5
		Orta 2.57-3.13	3
		Kötü < 2.56	1
Meyve Ağırlığı <i>Fruit weight</i>	30	İri 2.59<	5
		Orta 1.74-2.58	3
		Küçük < 1.73	1
SÇKM <i>TSS</i>	15	Yüksek 17,24<	5
		Orta 13.84-17.23	3
		Düşük < 13.83	1
Meyve Tadı <i>Fruit taste</i>	20	Yüksek 3.07<	5
		Orta 2.62-3.06	3
		Düşük < 2,61	1
Meyvedeki Çekirdek Sayısı <i>The number of seeds in the fruit</i>	10	Çok 17.18 <	1
		Az 11.14-17.17	3
		Yok < 11,13	5

Çizelge 3. Pekmezlik beyaz dut genotiplerinde tartılı derecelendirme yöntemine göre uygulanan puanlama sistemi

Table 3. Characteristics of pekmez mulberry types used for modified weighted ranked method

Özellikler <i>Characteristics</i>	Göreceli Puan(%) <i>Relative score (%)</i>	Sınıf <i>Class</i>	Sınıf Puanı <i>Class Score</i>
Verimlilik <i>Yield</i>	35	İyi 3.14 <	5
		Orta 2.57-3.13	3
		Kötü < 2.56	1
Meyve Suyu Randımanı <i>Fruit juice yield</i>	35	Yüksek 44.16<	5
		Orta 30.19-44.15	3
		Düşük < 30,18	1
SÇKM <i>TSS</i>	20	Yüksek 17,24	5
		Orta 13,84-17,23	3
		Düşük < 13,83	1
Asitlik <i>Acidity</i>	10	Yüksek 0,27<	1
		Orta 0,20-0.26	3
		Düşük < 0,19	5

Çizelge 4. Kurutmalık beyaz dut genotiplerinde tartılı derecelendirme yöntemine göre uygulanan puanlama sistemi

Table 4. Characteristics of dry mulberry types used for modified weighted ranked method

Özellikler <i>Characteristics</i>	Göreceli Puan(%) <i>Relative score (%)</i>	Sınıf <i>Class</i>	Sınıf Puanı <i>Class Score</i>
Verimlilik <i>Yield</i>	20	İyi 3.14 <	5
		Orta 2.57-3.13	3
		Kötü < 2.56	1
Meyve Ağırlığı <i>Fruit weight</i>	15	İri 2.59<	5
		Orta 1.74-2.58	3
		Küçük < 1,73	1
Kuru Meyve Randımanı <i>Dry yield</i>	30	Yüksek 20.13<	5
		Orta 15.47-20.12	3
		Düşük < 15.46	1
SÇKM <i>TSS</i>	15	Yüksek 17.24	5
		Orta 13.84-17.23	3
		Düşük< 13.83	1
Kuru Meyve Rengi <i>Dry fruit colour</i>	10	Açık 37.10<	5
		Koyu 27.56-37.09	3
		Çok koyu < 27.55	1
Meyvede Çekirdek Sayısı <i>The number of seeds in the fruit</i>	10	Çok 17.18 <	1
		Az 11.14-17.17	3
		Yok< 11.13	5

Çizelge 5. Meyve suyu üretimine uygun beyaz dut genotiplerinde tartılı derecelendirme yöntemine göre uygulanan puanlama sistemi

Table 5. Characteristics of suitable for the juice industry mulberry types used for modified weighted ranked method

Özellikler <i>Characteristics</i>	Göreceli Puan (%) <i>Relative score (%)</i>	Sınıf <i>Class</i>	Sınıf Aralığı <i>Class Score</i>
Verimlilik <i>Yield</i>	30	İyi 3.14 <	5
		Orta 2.57-3.13	3
		Kötü < 2.56	1
Meyve Suyu Randımanı <i>Fruit juice yield</i>	35	Yüksek 44.16<	5
		Orta 30.19-44.15	3
		Düşük < 30.18	1
Meyve Suyu Rengi <i>Fruit juice colour</i>	10	Açık 2.33 <	5
		Koyu 1.83-2.32	3
		Çok koyu < 1.82	1
SÇKM <i>TSS</i>	25	Yüksek 17,24<	5
		Orta 13.84-17.23	3
		Düşük< 13.83	1

Titre Edilebilir Asit İçeriği: Meyve suyu sıkıldıktan sonra, 0.1 N NaOH çözeltisi ile ortam pH'sı 8.1 oluncaya kadar titre edilmiş ve sitrik asit cinsinden titre edilebilir asit içeriği yüzde olarak hesaplanmıştır.

Meyve Tadı (koku+aroma): Dut genotiplerine ait meyvelerin tat ve aromaları 5 kişilik tadım ekibi tarafından değerlendirilmiş ve değerlendirme sonunda 1-5 skalasına göre verilen duyuşal değerlendirme puanlarının ortalaması alınarak hesaplanmıştır (Erdoğan, 2003).

Kuru Meyve Rengi: Kuru dut meyvelerinde renk değerlerini belirlemek için 'Minolta Chroma Meter CR-400' aleti kullanılarak kuru meyve rengi

belirlenmiştir. Renk ölçümleri CIE 31 standardı L (100: beyaz, 0: siyah), a (+: kırmızı, -: yeşil), b (+: sarı, -: mavi) değerleri ölçülerek belirlenmiştir.

Meyve Suyu Rengi: Dut genotiplerinden alınan meyve örnekleri sıkılarak meyve suları çıkarılmıştır. Genotiplerin meyve suları görsel olarak 1-5 skalasına göre değerlendirilmiş ve değerlendirme sonuçlarının ortalaması alınarak meyve suyu rengi tespit edilmiştir

Meyvedeki Çekirdek Sayısı: Her bir genotipten tesadüfi olarak alınan 60'ar meyvenin ezilerek çekirdekleri çıkarılmış ve çıkarılan çekirdekler sayılarak meyve başına ortalama çekirdek sayısı tespit edilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Dut genotiplerinin meyve özelliklerine ait sonuçlar Çizelge 6'da verilmiştir. Dut genotiplerinin verim puanı 2.00-3.67, meyve ağırlıkları 0.89-3.41 g arasında, meyve suyu randımanı %16.22-58.09 ve kuru meyve randımanı %10.82-24.76 olduğu tespit edilmiştir. Suda çözünebilir kuru madde miktarı %10.44-20.60, titre edilebilir asitlik %0.13-0.30, tat puanı 2.17-3.50, kuru meyve rengi renk değeri 18.02-46.60, meyve suyu rengi puanı 1.33-2.84 ve çekirdek sayısı 5.10-23.19 adet arasında değişim göstermiştir.

Yapılan çalışmalarda meyve ağırlığı Erdoğan (2003) 2.35-5.76 g; Çam ve Türkoğlu (2004) 1.38-3.08 g; İslam ve ark. (2006), 2.21-4.90 g; Orhan (2009) 1.36-5.77 g; Özgen ve ark. (2009), 4.5-8.2 g; Sümerli ve Kazankaya (2020) 1.24-3.38 g arasında değişmiştir. Meyve suyu

randımanını Erdoğan (2003) %58.21-66.63; Karadeniz ve Şişman (2004) %73.49; Çöçen (2017) %49.70-64.80 olarak tespit etmişlerdir. Kuru meyve randımanını Erdoğan (2003) %31.59-38.97; Karlıdağ ve ark. (2012), %27.10-36.84; Keskin ve Kaya, (2020) %14.21-54.59 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Suda çözünebilir kuru madde miktarını Güneş ve Çekiç, (2003) %13.00-18.60; Uzun ve Bayır, (2009) %21.10-24.10; Gündoğdu ve ark. (2012), %5.05-12.05; Altun (2021) %16.24-32.95 olarak belirlemişlerdir. Titre edilebilir asitlik miktarı Polat (2004) %0.06-1.00; Burğut ve Türemiş (2006) %0.04-1.31; Saraçoğlu ve Özgen (2015) % 0.79-0.85; Altun (2021) % 0.07-0.30 arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Çekirdek sayısı Aydın ve ark. (2016), 0.0-20.33; Aydın ve ark. (2019), 0.0-27.33 adet olduğunu tespit etmişlerdir.

Çizelge 6. Ordu ilinden seçilen beyaz dut genotiplerinin meyve özellikleri
Table 6. The selected genotypes of *Morus alba* fruit characteristics in Ordu

Genotip Adı Name of genotype	Verim Yield	Meyve Ağırlığı Fruit weight	Meyve Suyu Randımanı Fruit juice ratio	Kuru Meyve Randımanı Dry fruit ratio	SÇKM TSS	Asitlik Acidity	Tat Taste	Kuru Meyve Rengi(L) Dry fruit colour(L)	Meyve Suyu Rengi Fruit juice colour	Meyvedeki Çekirdek Sayısı Number of seed
52 GL 01	2.84±0.09	2.30±0.10	55.75±0.66	10.82±0.36	10.44±0.71	0.20±0.01	2.17±0.10	18.02±0.05	2.17±0.10	16.97±0.33
52 GL 02	2.50±0.29	3.41±0.24	48.65±4.69	19.53±0.62	15.67±0.19	0.20±0.01	2.67±0.19	21.89±0.10	1.83±0.10	23.19±0.53
52 GL 03	3.67±0.02	2.47±0.19	58.09±5.86	16.29±0.87	13.53±0.69	0.16±0.03	3.17±0.10	30.11±0.46	2.50±0.29	15.88±0.42
52 MR 01	2.84±0.10	1.68±0.12	55.45±3.18	15.78±1.17	12.47±0.77	0.23±0.07	3.00±0.19	31.83±0.47	2.67±0.19	13.71±0.24
52 MR 02	3.17±0.10	2.16±0.01	51.89±6.78	18.16±0.86	11.54±0.73	0.13±0.01	3.34±0.19	31.46±0.34	2.83±0.10	8.80±0.58
52 UL 01	2.84±0.09	2.08±0.16	48.03±0.66	16.07±1.08	13.97±0.67	0.14±0.01	2.33±0.01	19.88±0.81	2.00±0.20	12.59±0.38
52 PR 01	2.00±0.01	1.63±0.19	47.17±5.81	24.76±2.64	19.57±2.68	0.17±0.02	3.50±0.29	19.58±0.25	1.67±0.19	8.33±0.06
52 PR 02	2.50±0.09	1.29±0.06	32.94±1.06	21.37±1.56	20.23±2.87	0.16±0.03	3.50±0.10	46.60±0.26	2.67±0.19	8.37±0.02
52 PR 03	3.17±0.10	0.89±0.08	16.22±0.62	20.34±1.36	19.17±2.68	0.13±0.02	2.67±0.19	26.82±0.17	2.84±0.10	5.41±0.11
52 PR 04	3.00±0.10	2.56±0.10	48.57±5.35	17.66±0.21	14.77±0.21	0.24±0.06	3.17±0.10	27.11±0.16	2.33±0.38	5.10±0.02
52 PR 05	3.00±0.10	2.34±0.05	50.18±5.11	17.35±1.89	17.20±2.12	0.30±0.09	3.17±0.10	23.10±0.07	2.00±0.19	11.58±0.04
52 FT 01	3.17±0.10	1.91±0.14	32.12±1.51	22.67±0.26	19.23±2.83	0.22±0.05	2.80±0.10	18.34±0.60	1.33±0.01	10.56±1.02
52 UN 01	2.84±0.09	1.92±0.22	44.92±6.88	21.35±0.88	16.04±1.17	0.19±0.01	3.34±0.19	34.82±0.14	2.00±0.19	9.45±0.46
52 UN 02	2.84±0.10	2.24±0.25	36.81±7.51	20.30±0.76	20.60±2.25	0.18±0.01	2.83±0.48	33.90±0.10	2.50±0.10	15.89±0.09
Ortalama	2.93±0.06	2.62±0.10	56.18±2.18	17.21±0.59	14.99±0.64	0.17±0.01	3.03±0.08	27.09±1.22	2.23±0.08	12.18±0.75

Çizelge 7. Sofralık beyaz dut genotiplerinde tartılı derecelendirmeye esas alınan özellikler ve toplam tartılı derecelendirme puanları

Table 7. Table mulberry types ranking according to the modified weighted ranked method, underlying characteristics and total points.

Genotip Adı Name of genotype	Verimlilik Yield	Meyve Ağırlığı Fruit weight	SÇKM TSS	Tat Taste	Meyvedeki Çekirdek Sayısı Number of seed	Toplam Total
52 FT 01	125	90	75	60	50	400
52 MR 02	125	90	15	100	50	380
52 GL 03	125	90	15	100	30	360
52 PR 04	75	90	45	100	50	360
52 ÜN 01	75	90	45	100	50	360
52 PR 03	125	30	75	60	50	340
52 PR 05	75	90	45	100	30	340
52 ÜN 02	75	90	75	60	30	330
52 GL 02	25	150	45	60	10	290
52 PR 01	25	30	75	100	50	280
52 PR 02	25	30	75	100	50	280
52 UL 01	75	90	45	20	30	260
52 GL 01	75	90	15	20	30	230
52 MR 01	75	30	15	60	30	210

Çalışmadan elde edilen sonuçlar ile ülkemizin farklı bölgelerinde yürütülen çalışmaların sonuçları arasında benzerlik ve farklılık olduğu görülmektedir. Sonuçlar arasındaki farklılıklar genotip özelliğinden ve örneklerin toplandığı yerin farklı iklim özelliklerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Beyaz dut genotiplerinde sofralık özelliklere göre yapılan tartılı derecelendirmede dut genotipleri 125 ile 485 arasında puan almışlardır. 350 ve üzeri puan alan

genotipler ümitvar olarak değerlendirildiğinde sofralık tüketim için 5 adet beyaz dut genotipi belirlenmiştir (Çizelge 7).

Pekmezlik tüketim için yapılan tartılı derecelendirmede dut genotipleri 290 ile 420 arasında puan almışlardır. 350 ve üzeri puan alan genotipler ümitvar olarak değerlendirildiğinde pekmezlik tüketim için 10 adet beyaz dut genotipi ümitvar olarak belirlenmiştir (Çizelge 8).

Çizelge 8. Pekmezlik beyaz dut tiplerinde tartılı derecelendirmeye esas alınan özellikler ve toplam tartılı derecelendirme puanları

Table 8. Pekmez mulberry types ranking according to the modified weighted ranked method, underlying characteristics and total points.

Genotip Adı <i>Name of genotype</i>	Verimlilik <i>Yield</i>	Meyve Suyu Randımanı <i>Fruit juice ratio</i>	SÇKM <i>TSS</i>	Asitlik <i>Acidity</i>	Toplam <i>Total</i>
52 MR 02	175	175	20	50	420
52 FT 01	175	105	100	30	410
52 UL 01	105	175	60	50	390
52 ÜN 01	105	175	60	50	390
52 PR 04	105	175	60	30	370
52 PR 01	35	175	100	50	360
52 PR 03	175	35	100	50	360
52 ÜN 02	105	105	100	50	360
52 GL 03	105	175	20	50	350
52 PR 05	105	175	60	10	350
52 GL 01	105	175	20	30	330
52 MR 01	105	175	20	30	330
52 GL 02	35	175	60	30	300
52 PR 02	35	105	100	50	290

Çizelge 9. Kurutmalık beyaz dut genotiplerinde tartılı derecelendirmeye esas alınan özellikler ve toplam tartılı derecelendirme puanları

Table 9. Dry mulberry types modified weighted ranked method underlying characteristics and total points

Genotip Adı <i>Name of genotype</i>	Verimlilik <i>Yield</i>	Meyve Ağırlığı <i>Fruit weight</i>	Kuru Meyve Randımanı <i>Dry fruit ratio</i>	SÇKM <i>TSS</i>	Kuru Meyve Rengi <i>Dry fruit colour</i>	Meyvedeki Çekirdek Sayısı <i>Number of seed</i>	Toplam <i>Total</i>
52 FT 01	100	45	150	75	10	50	430
52 PR 03	100	15	150	75	10	50	400
52 ÜN 02	60	45	150	75	30	30	390
52 ÜN 01	60	45	150	45	30	50	380
52 PR 02	20	15	150	75	50	50	360
52 PR 01	20	15	150	75	10	50	320
52 GL 03	100	45	90	15	30	30	310
52 MR 02	100	45	90	15	30	30	310
52 PR 04	60	45	90	45	10	50	300
52 PR 05	60	45	90	45	10	30	280
52 UL 01	60	45	90	15	30	30	270
52 GL 02	20	75	90	45	10	10	250
52 MR 01	60	15	90	15	30	30	240
52 GL 01	60	45	30	15	10	30	190

Kurutmalık tüketim için yapılan tartılı derecelendirmede dut genotipleri 190 ile 430 arasında puan almışlardır. 350 ve üzeri puan alan genotipler ümitvar olarak değerlendirildiğinde 5 adet beyaz dut genotipi ümitvar olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 9).

Meyve suyu sanayisine uygun beyaz dut genotiplerini belirlemek için yapılan tartılı derecelendirmeye göre 310 ile 400 arasında puan almışlardır. 350 ve üzeri puan alan genotipler ümitvar olarak değerlendirildiğinde 8 adet beyaz dut genotipi meyve suyu sanayiine uygun olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 10).

Çizelge 10. Meyve suyu sanayiine uygun beyaz dut genotiplerinde tartılı derecelendirmeye esas alınan özellikler ve toplam tartılı derecelendirme puanları

Table 10. Suitable for the juice industry mulberry types modified weighted ranked method underlying characteristics and total points

Genotip Adı <i>Name of genotype</i>	Verimlilik <i>Yield</i>	Meyve Suyu Randımanı <i>Fruit juice ratio</i>	Meyve Suyu Rengi <i>Fruit juice colour</i>	SÇKM <i>TSS</i>	Toplam <i>Total</i>
52 GL 03	150	175	25	50	400
52 MR 02	150	175	25	50	400
52 PR 04	90	175	75	50	390
52 FT 01	150	105	125	10	390
52 UL 01	90	175	75	30	370
52 PR 05	90	175	75	30	370
52 ÜN 01	90	175	75	30	370
52 ÜN 02	90	105	125	50	370
52 MR 01	90	175	25	50	340
52 PR 01	30	175	125	10	340
52 PR 03	150	35	100	50	335
52 GL 01	90	175	25	30	320
52 GL 02	30	175	75	30	310
52 PR 02	30	105	125	50	310

SONUÇ ve ÖNERİLER

Dutun meyve özellikleri yönünden çalışmaların devam ettiği ve özellikle Orta Asya ülkelerinde yapılan seleksiyon çalışmaları ile sofralık pek çok dut genotipinin belirlendiği görülmektedir. Türkiye’de ise beyaz dut ile ilgili çalışmalar yeterli düzeye ulaşmamıştır. Anavatanı olduğumuz dut bitkisinin genetik kaynaklarının toplanması ve korunması son derece önemlidir. Karadeniz Bölgesinde dut üretiminin yoğun olduğu Ordu ilinde yapılan çalışmada dut tipleri sofralık, pekmezlik, kurutmalık ve meyve suyu sanayiine uygun olarak değerlendirilmiştir.

Yapılan değerlendirme sonucunda 14 adet beyaz dut tipi içerisinde, 2 adet dut tipi tüm değerlendirme şekline göre ümitvar tip olarak tespit edilmiştir. 1 adet dut tipi pekmezlik, 1 adet dut tipi kurutmalık ve 3 adet dut tipi ise hem pekmezlik hem de kurutmalık kullanıma uygun ümitvar dut tipi olduğu belirlenmiştir.

Beyaz dut meyveleri pekmez yapımında yaygın olarak kullanılmakta ve üreticiler ihtiyaç fazlası olan pekmez’in satışını gerçekleştirmektedirler. Bu bakımdan beyaz dut üreticiler için ilave bir gelir kaynağı olabilme potansiyeline sahiptir. Çalışma kapsamında gezilen illerde dut ağaçlarında ilaçlama,

gübreleme ve budama gibi kültürel uygulamaların yeterli düzeyde yapılmadığı belirlenmiştir. Ordu ilinde dut yetiştiriciliğinin devam etmesi ve geliştirilmesi için ümitvar olarak belirlenen tiplerin tescil işlemlerinin tamamlanması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Çalışma T.C Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından TAGEM/BBAD/14/A08/P10/1 numaralı ve Karadeniz Bölgesi Dut Seleksiyonu I isimli projeden gerçekleştirilmiştir. Katkılarından dolayı Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğüne 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

Altun, O. T. (2021). *Malatya’da Yetiştirilen Bazı Dut*

- Genotiplerinde (Morus alba), Farklı Hasat Dönemlerinin Meyvenin Fiziksel ve Kimyasal İçeriklerindeki Değişime Etkisinin Araştırılması.* [Yüksek Lisans Tezi, Malatya Turgut Özal Üniversitesi/Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı] Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Anonim, (2020). *Türkiye İstatistik Kurumu* <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>.
- Aydın, E., Bostan, S.Z., Yarılgaç, T., Er, E., Uslu, N.A., Turan, A., & Şen, S.M. (2016). Selection of mulberry (*Morus alba*) in Artvin Province, Turkey. *Acta Horticulturae* 1139, 25-30.
- Aydın, E., Er, E., A. Uslu N., Turan, A., Bostan, S. Z., & Şen, S.M. (2016). Artvin İli Ardanuç ve Yusufeli İlçelerinde Yetişen Kurutmalık ve Meyve Suyu Sanayisine Uygun Beyaz Dutların (*Morus alba*) Seleksiyonu. *Yalova Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Dergisi* 45(2), 47-53.
- Aydın, E., Er, E., Bostan, S. Z., Uslu, N. A., & Turan, A. (2019). Selection of mulberry (*Morus alba*) in Giresun province, Turkey. *Acta Horticulturae* 1265, 211-218.
- Burğut, A. & Türemiş, N. F. (2006). Adana ili ve çevrelerinde yetişen sofralık ve sanayiye uygun dutların seleksiyonu (Sözlü bildiri). II. Ulusal Üzüm ve Meyveler Sempozyumu, Tokat, Türkiye, 14-16 Eylül 2006, ss. 181-184.
- Çam, İ. & Türkoğlu, N. (2004). Studies on Some Phenological and Pomological Traits of Mulberries Grown in Edremit and Gevas Region. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.)*, 14(2), 127-131.
- Çöçen, E. (2017). *Malatya Dut Genetik Kaynakları Parselinde Bulunan Dut Genotiplerinin Fenolojik, Pomolojik ve Morfolojik Karakterizasyonu.* [Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Çöçen, E., Pınar, H., Uzun, A., Yaman, M., Aslan, A., & Altun, O. T. (2018). Phenological, Pomological and Technological Characteristics of Seedless White Mulberry in Mulberry Genetic Resources of Turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(10), 1317-1321.
- Datta, R.K. (2002). Mulberry Cultivation and Utilization in India. *Mulberry for Animal Production, FAO Animal Production and Health Paper* 147, 45-62.
- De Candolle, A. (1967). Origin of Cultivated Plants. *New York and London* 149-153.
- Ercişli, S. (1996). *Gümüşhane ve İlçelerinde Doğal Olarak Yetişen Kuşburnunun (Rosa spp.) Seleksiyon Yoluyla Islahı Üzerinde Bir Araştırma.* [Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Erdoğan, Ü. (2003). *İspir ve Pazaryolu İlçelerinde Yetiştirilen Dutların (Morus sp.) Seleksiyon Yoluyla Islahı Üzerinde Bir Araştırma.* [Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Freeman, W.H. (1978). *Temperate-Zone Pomology.* W.H. Freeman and Company, p. 428, San Francisco.
- Grieve, M. (2002). Mulberry Common. <http://botanical.com/botanical/mgmh/m/mulcom62.html>, Erişim Tarihi: 18.06.2021.
- Gündoğdu, M., Yılmaz H., Geçer M. K., & Kayakeser U. (2012). Van Gölü Havzasındaki dut türlerinin farklı olgunluk dönemlerindeki (*Morus nigra* L., *Morus alba* L. ve *Morus rubra* L.) bazı fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi (Sözlü bildiri). IV. Ulusal Üzüm ve Meyveler Sempozyumu, Antalya, Türkiye, 3-5 Ekim 2012, ss. 3-5.
- Güneş, M., & Çekiç Ç. (2003). Tokat yöresinde yetiştirilen farklı dut türlerinin fenolojik ve pomolojik özelliklerinin belirlenmesi (Sözlü bildiri). Ulusal Kivi ve Üzüm ve Meyveler Sempozyumu, Ordu, Türkiye, 23-25 Ekim 2003, ss. 413-417.
- Huo, Y. (2002). *Mulberry Cultivation and Utilization in China. Mulberry for Animal Production, FAO Animal Production and Health Paper* 147, 11-44.
- İslam, A., Turan, A., Şişman, T., Kurt, H., & Aygün, A. (2006). Giresun Şebinkarahisar'da Dut Seleksiyonu (Sözlü bildiri). II. Ulusal Üzüm ve Meyveler Sempozyumu, Tokat, Türkiye, 14-16 Eylül, 2006, ss. 185-188.
- Karadeniz, T., & Şişman, T. (2004). Beyaz dut ve karadutun meyve özellikleri ve çelikle çoğaltılması (Sözlü bildiri). Ulusal Kivi ve Üzüm ve Meyveler Sempozyumu, Ordu, Türkiye, 23-25 Ekim 2003, ss. 428-432.
- Karlıdağ H., Pehlivan M., Turan M., & Eyduran, S.P. (2012). Determination of Physico chemical and Mineral Composition of Mulberry Fruits (*Morus alba* L.) at Different Harvest Dates. *Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech.* 2(3), 17-22.
- Keskin, S., & Kaya, Ö. (2020). Erzincan İli Dutlarının Seleksiyon Yoluyla Islahı I. *Ziraat Mühendisliği*, (369), 108-121.
- Koidzumi, G. (1917). Taxonomical discussion on Morus plants. *Bull. Imp. Sericult. Exp. Stat*, 3, 1-62.
- Machii, H., Koyama, A., Yamanouchi, H., Matsumoto, K., Kobayashi, S., & Katagiri, K. (2001). *A list of Morphological and Agronomical Traits of mulberry Genetic Resources.* Misc. Publ. Natl. Inst. Seric. Entomol. Sci., 29, 1-307.
- Martin, G., Reyes, F., Hernández, I., & Milera, M. (2002). Agronomic Studies with Mulberry in Cuba. *Mulberry for Animal Production, FAO Animal Production and Health Paper*, 147, 103-114.
- Michelson, L.F., Lachman, W.H., & Allen, D.D. (1958). use of 'weighted-rankit' Method in Variety Trials. In *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 71, 334-338.
- Orhan, E. (2009). *Oltu ve Olur İlçelerinde Yetiştirilen*

- Dutların (Morus spp.) Seleksiyon Yoluyla Seçimi ve Seçilen Tiplerde Genetik Akrabalığın RAPD Yöntemiyle Belirlenmesi.* [Doktora Tezi Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Özgen, M., Güneş, M., Akça, Y., Türemiş, N., Ilgın, M., Kızılcı, G., Erdoğan, Ü. & Serçe, S. (2009). Morphological Characterization of Several *Morus* Species From Turkey. *Hort. Environ. Biotechnol.* 50(1), 9-13.
- Polat, A. (2004). Determination of Mulberry Fruit Characteristics Grown in the Antakya District of Hatay Province. *J. Atatürk Central Horticulture Res Institute*, 33, 67-73.
- Saraçoğlu, O., & Özgen, M. (2015). Farklı Derim Dönemlerinin Kısa ve Nötr Gün Çilek Çeşitlerinde Meyve Kalite Özellikleri ve Fitokimyasallar Üzerine Etkileri. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(7), 545-549.
- Sümerli, S., & Kazankaya, A. (2020). Batman Merkez İlçede Yetiştirilen Dut Türlerinin Fenolojik, Pomolojik ve Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30, 874-881.
- Uzun, H. İ., & Bayır, A. (2009). Farklı Dut Genotiplerinin Bazı Kimyasal Özellikleri ve Antiradikal Aktiviteleri (Sözlü bildiri), III. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu, Kahramanmaraş, Türkiye, 10-12 Haziran 2009, ss. 127-138.



Determination of the Dormancy and Active Growth Duration of Various Rootstock and Cultivar Combinations of Pear Trees along Their Phenological Stages

Zaki Ahmad FAIZI^{1*}, Ahmet ÖZTÜRK²

^{1,2} Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Ondokuz Mayıs University, Kurupelit Campus, 55139, Samsun, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-1429-6493>, ²<https://orcid.org/0000-0002-8800-1248>

✉: zaky.faizi1369@gmail.com

ABSTRACT

This research was performed to clarify dormancy and active growth durations along with the phenological stages of 'Santa Maria', 'Williams', and 'Deveci' cultivars on eight rootstocks, including two Quince clonal rootstocks (BA29 and QA), five pear clonal rootstocks (FOX9, FOX11, OHxF333, OHxF87, and FAROLD40), and pear seedling rootstock during 2021 and 2022. It has been determined that the phenological stages start earlier in 2022; on the contrary, the active growth period ended earlier in 2021 (20 November) than in 2022 (29 November). In the case of the three combination effects of years x rootstocks x cultivars (Y x R x C) on the active growth duration (AGD), the results were obtained in the range of 187.0–228.4 days. The AGD was determined to be the lowest (187.0 days) in the 'Santa Maria'/FOX9 combination in the year 2021, while the highest (228.4 days) in the 'Deveci'/FOX11 combination in the research year 2022. Considering the main effect of rootstocks (R) on the dormancy duration (DD), the obtained results varied between 148.7 and 153.7 days. The DD was found to be the lowest (148.7 days) on the FOX11 rootstock, while the highest (153.7 days) on the BA29 and FOX9 rootstocks. Understanding the AGD and DD of fruit trees is a critical approach for the ideal management of fruit orchards scientifically and effectively. Finally, it can be advised to use cultivars with rootstocks that show lower AGD in humid temperate regions; they will be more suitable for mitigating the adverse effects of stress factors.

Horticulture

Research Article

Article History

Received : 15.05.2023

Accepted : 10.08.2023

Keywords

Cultural Practices

Humid Temperate

Orchard Management

Pyrus communis

Armut Ağaçlarının Farklı Anaç ve Çeşit Kombinasyonlarının Dormansi ve Aktif Büyüme Süreleri ile Fenolojik Safhalarının Belirlenmesi

ÖZET

Bu araştırma iki ayva klon anacı (BA29 ve QA) ile beş armut klon anacı (FOX9, FOX11, OHxF333, OHxF87 ve FAROLD40) ve armut çöğür anaçları üzerine aşılansmış 'Santa Maria', 'Williams' ve 'Deveci' armut çeşitlerinin fenolojik dönemleri ile birlikte dormansi ve aktif büyüme sürelerini aydınlatmak amacıyla 2021 ve 2022 yıllarında yapılmıştır. Fenolojik evrelerin 2022'de daha erken başladığı belirlenirken aktif büyüme döneminin 2021'de (20 Kasım) 2022'den (29 Kasım) daha erken sona erdiği görülmüştür. Aktif büyüme süresi (AGD) üzerine yıl x anaç x çeşit (Y x R x C) etkisi bakıldığında, sonuçlar 187.0 - 228.4 gün aralığında olduğu tespit edilmiştir. AGD, 2021 araştırma yılında 'Santa Maria'/FOX9 kombinasyonunda en düşük (187,0 gün), 2022 araştırma yılında 'Deveci'/FOX11 kombinasyonunda en yüksek (228,4 gün) olarak belirlenmiştir. Anaçların (R) dinlenme süresi (DD) üzerindeki etkisi dikkate alındığında, elde edilen sonuçlar 148.7 - 153.7 gün arasında değişmiştir. En düşük DD (148,7 gün) FOX11 anacında, en yüksek (153,7 gün) BA29 ve FOX9 anacında bulunmuştur. Meyve ağaçlarının AGD ve DD'sini anlamak, meyve bahçelerinin bilimsel ve etkili bir şekilde ideal yönetimi için kritik bir yaklaşımdır. Sonuç

Bahçe Bitkileri

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 15.05.2023

Kabul Tarihi : 10.08.2023

Anahtar Kelimeler

Kültürel Uygulamalar

Nemli Ilıman

Bahçe Yönetimi

Pyrus communis

olarak, stres faktörlerinin olumsuz etkilerini azaltmak için nemli ılıman bölgelerde daha düşük AGD gösteren anaç ve çeşitlerin kullanılması tavsiye edilebilir.

- Atıf Şekli:** Faizi, Z.A., & Öztürk, A., (2023). Armut Ağaçlarının Farklı Anaç ve Çeşit Kombinasyonlarının Dormansi ve Aktif Büyüme Süreleri ile beraber Fenolojik Safhaları Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (3), 565-577. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1297283>
- To Cite :** Faizi, Z.A., & Öztürk, A., (2023). Determination of the Dormancy and Active Growth Duration of Various Rootstock and Cultivar Combinations of Pear Trees along Their Phenological Stages. *KSU J. Agric Nat* 27 (3), 565-577. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1297283>

INTRODUCTION

After apples, pears are among the most popularly produced and eaten pome fruits across the globe. One of the most significant pear species in terms of fruit production approaches is *Pyrus communis* L. (Öztürk & Faizi, 2022). Lower buds develop on terminal branches and short spurs that are two or more years old, and floral initiation in pear trees takes place approximately 60 days after full flowering. Most pear cultivars typically flower each year. The indeterminate pear inflorescence (corymb), which has 7–8 blooms, is composed of lateral blossoms that open first and terminal blossoms that open last. Pear flowers typically have five petals, five sepals, 20 to 30 stamens, most of which have red anthers, two to five freestyles closely attached at the base, and an ovary with five locules and two ovules in each (Mumtaz et al., 2020). Pear trees are less cold-resistant than apple trees but more robust to heat and drought. Early spring frosts restrict pear cultivation. Pears can resist temperatures of up to -30 °C; however, prolonged exposure to cold damages the shoot tips. At -2.2 °C, pear blooms are damaged, whereas small fruits are damaged at 1.1 °C (Kurt et al., 2022). Appropriate ecology is an important factor in obtaining optimum vegetative and generative development from fruit trees, and it will determine whether the cultivars can or can't complete their phenological stages (Pasa et al., 2015; Hepaksoy, 2019). The timing of appropriate management actions, such as training, pruning, watering, fertilizing, diseases, insect control, selection of appropriate pollinizers, etc., depends on studying fruit tree phenology. A deciduous fruit tree's phenology describes the periodic biological processes that occur from the dormant stage through fruit production and are closely influenced by seasonal and climatic changes. Pear trees go through eight phenological phases: dormancy, swelling bud, budburst, green bud, white bud, bloom, petal fall, and fruit set. Fruit buds are largely latent at the dormant stage. Fruit buds begin to swell, exposing patches of lighter-colored tissue and dividing layers. Then, the budburst occurs, exhibiting the blossom buds' tips. In the cluster with the elongated stem, after a few days following the budburst, green bloom buds first develop before changing to white blossom buds. The

blossom buds open at last, setting the stage for the subsequent flower petal and fruit fall. The cell division stage of a pear tree lasts for 25–30 days after blooming in early-maturing varieties and 45 days in late-maturing varieties. The fruit expansion stage occurs in the final month or two months before harvest. Between cell division and the expansion of fruits, the pear fruit slowly enlarges (Atreya et al., 2021). Based on previous phenological stage studies, pear trees started to flower earlier after 1982 as a result of changes in air temperature and frost days. This change in flowering phenology is anticipated to persist under projected future climatic conditions. Monitoring changes in the flowering period is essential because earlier flowering and budburst could cause phenological mismatches between pollen receiver trees and pollinators, modify agricultural spraying schedules, increase the risk of frost exposure, and amplify the effects of insect populations within an agroecosystem (Reeves et al., 2022). The flowering time is a crucial phenological occurrence for trees; the exact date of this event can change the likelihood of effective pollination, affecting fruit set and production. Numerous studies emphasize temperature as the primary determinant affecting flowering phenology; other weather factors, such as frost days, rainfall, relative humidity, and solar radiation, also affect the phenological stages of pear trees (Drepper et al., 2020; Reeves et al., 2022). These crops enter a dormant stage throughout the winter, a time of limited growth that guards them against chilly temperatures and frost damage. While forcing times for pears are typically from January to April, cooling times are often between October and December (Drepper et al., 2020). In temperate fruit trees, flowering is influenced by the temperatures in the previous months; chilling is needed to break endodormancy, and subsequently, exposure to heat is required. These cultivar-specific agroclimatic conditions govern each cultivar's capacity to adapt to the growing region and variations in the climate. Temperatures during the chilling phase were a major factor in determining flowering dates. This suggests that flowering delays or even improper blooming could result from many places' decreased winter chill brought on by worldwide warming (Fadon et al., 2023). But always, there is no significant correlation between the temperature, relative humidity, and

radiation with the phenological stages, including the flowering date of pear trees as observed in the tropical semi-arid conditions of Brazil (Oliveira et al., 2017). Dormancy, defined by the absence of discernible growth, enables fruit trees to survive in the cold winter months. Three distinct stages are commonly used to describe dormancy. First and foremost, before winter, the freshly developed buds' ability to grow is constrained by the effects of other plant features. Secondly, the development capacity is reasonably restricted during the winter (ecodormancy). Finally, for growth to resume and eventually lead to flowering, warm temperatures are required (endodormancy) (Atreya et al., 2021; Fadon et al., 2023). The dormancy of the European pear has not been extensively studied. To identify biomarkers that aid in defining the dormancy stages and calculating the agroclimatic needs of cultivars, more study on dormancy in the European pear is required (Martinez-Nicolas et al., 2016). Under the ecological conditions of Samsun Province, research that explains the phenological phases in various combinations of rootstocks and cultivars has not yet been available. Due to that, this research was performed to clarify dormancy and active growth duration along with the phenological stages of 'Santa Maria', 'Williams', and

'Deveci' cultivars on eight different rootstocks during 2021 and 2022.

MATERIALS and METHODS

Materials

In the experiment 'Santa Maria', 'Williams' and 'Deveci' cultivars were grafted on eight different rootstocks, including two Quince clonal rootstocks (BA29 and QA), five pear clonal rootstocks (FOX9, FOX11, OHxF333, OHxF87, and FAROLD40), and European pear seedling rootstocks were used as plant materials.

Characteristics of Experiment Area

The soil of the study region comprised 2.73 - 10% clay (low), 13.21 - 20% silt (medium), 6.5 - 20% sand (moderate), pH 7.5 (a bit alkaline), 0.2 - 0.3 dS/m salt (no salt), 0.3 - 0.5 organic material (low), 3 - 6% calcium carbonate (low), 0.03 - 0.06 N (low), 5 - 10 ppm P (moderate) level. The depth of the soil is greater than 1 meter. The study area temperature (Max, Average, Min in °C), relative humidity (%), and monthly total precipitation (mm) values are illustrated in Figure 1, Figure 2, and Figure 3.

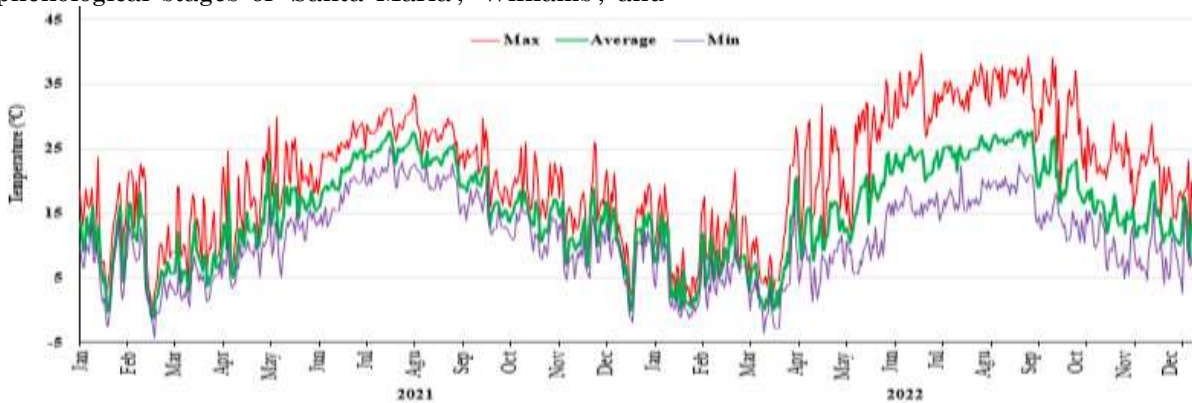


Figure 1. Daily temperature (°C) values of the trial area during the research period
Şekil 1. Araştırma süresince deneme alanındaki günlük sıcaklık (°C) değerleri

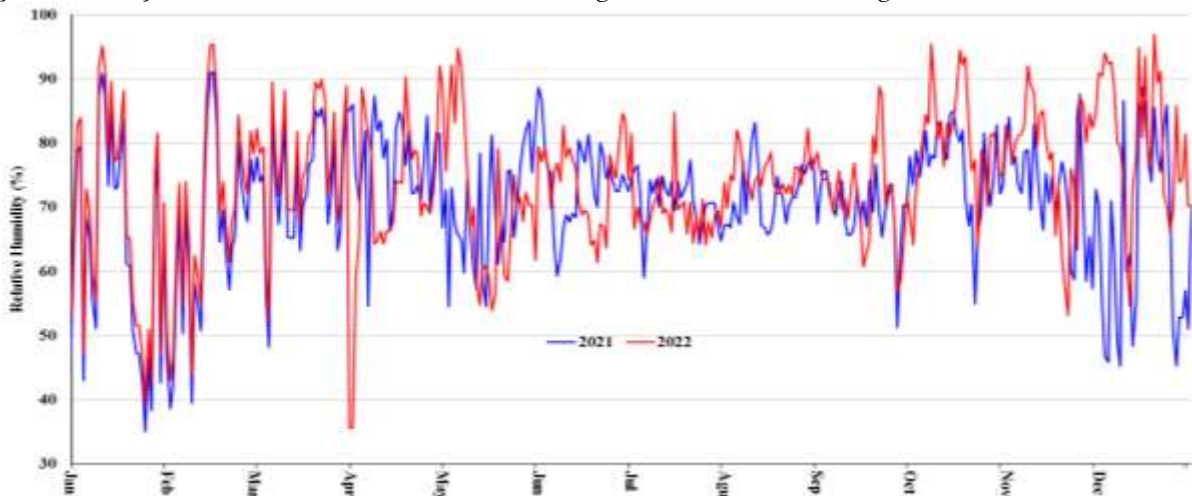


Figure 2. Daily relative humidity (%) values of the trial field during the research period
Şekil 2. Araştırma süresince deneme alanının günlük oransal nem (%) değerleri

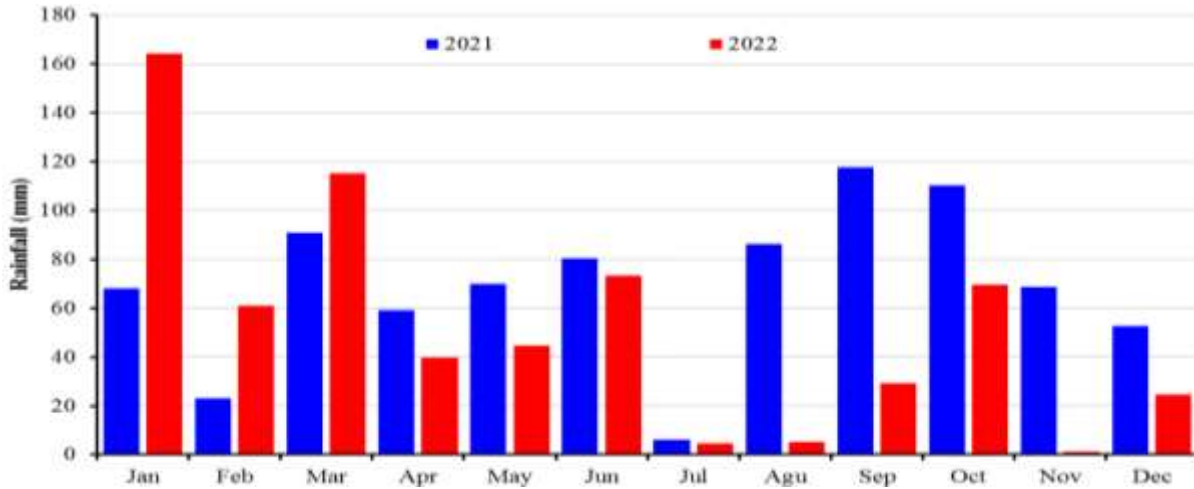


Figure 3. Monthly total precipitation (mm) values of the trial area during the research period

Şekil 3. Araştırma süresince deneme alanına ait aylık toplam yağış (mm) değerleri

Methods

The study was conducted in the pear orchard, which was established in 2018 with 1-year-old saplings at a spacing of 1.5 m by 3.5 m in the case of quince rootstocks and 3.0 m by 3.5 m in the case of pear

rootstocks at the Bafra agricultural research center of Ondokuz Mayıs University which is located at Samsun province of Türkiye (Figure 4) during two consecutive research years of 2021 and 2022.



Figure 4. Map of the research area

Şekil 4. Araştırma alanının haritası

Phenological Observations

Budburst date (BBD), before flowering date (BFD), balloon stage date (BSD), first flowering date (FirFD), full flowering date (FulFD), end of the flowering date

(EFD), fruit se

Budburst date (BBD), before flowering date (BFD), balloon stage date (BSD), first flowering date (FirFD), full flowering date (FulFD), end of the flowering date

(EFD), fruit set date (FSD), harvest maturity date (HMD), and leaf fall date (LFD) (Figure 5) were determined according to previous studies as phenological observations (Oliveira et al., 2017; Kurt et al., 2022). To record the occurrence date of each phenological stage, as illustrated in Figure 5, visual inspections of the trees in the orchard were done every day from the first of March until the fruit was set. After then, the visual observations were continued twice a week up to recording the date of leaf fall in different rootstock and cultivar combinations of pear trees (Oliveira et al., 2017). The active growth duration was counted from the bud burst date to the leaf fall, and the dormancy duration was measured from the leaf fall to the bud burst date. The period (in days) from the FirFD to the EFD was calculated as the length of flowering (Mumtaz et al., 2020). t date (FSD), harvest maturity date (HMD), and leaf fall date (LFD) (Figure 5) were determined according to previous studies as phenological observations (Oliveira et al., 2017; Kurt et al., 2022). To record the occurrence date of each phenological stage, as illustrated in Figure 5, visual inspections of the trees in the orchard were done every day from the first of March until the fruit was set. After then, the visual observations were continued twice a week up to recording the date of leaf fall in different rootstock and cultivar combinations of pear trees (Oliveira et al., 2017). The active growth duration was counted from the bud burst date to the leaf fall, and the dormancy duration was measured from the leaf fall to the bud burst date. The period (in days) from the FirFD to the EFD was calculated as the length of flowering (Mumtaz et al., 2020).

Statistical Analysis

The research was carried out according to the three-factorial randomized block design, with 3 cultivars, 8 rootstocks, 2 research years, and 3 replications. For each replication 5 plants were used, and the average of those five plants was counted as one replication. The obtained data were analyzed in the IBM SPSS 21.0 statistical package program. The differences between the obtained averages were determined according to the Duncan Multiple Comparison Test at the 5% level ($p < 0.05$).

RESULTS

The results of the observations regarding all the phenological stages in 2021 are given in Table 1.

In the research, the bud burst date (BBD) occurred between April 19 and 28. The BBD occurred the earliest (19 April) in the 'Deveci'/BA29 combination and the latest (28 April) in the 'Williams'/FOX11 combination. The first flowering date (FirFD) took place between April 26 and May 4. The FirFD occurred the earliest (26 April) in the 'Deveci'/on

different rootstocks and the latest (4 May) in the 'Williams'/FOX11 combination. Full flowering date (FulFD) occurred on 29 April–7 May, the earliest (29 April) observed in the combination of 'Deveci'/QA and the latest (7 May) in the 'Williams'/FOX11. The flowering date (EFD) ended between May 3 and 15. The earliest EFD (3 May) was observed in the 'Deveci'/FOX9, while the latest occurred in the 'Williams'/FOX11 on 15 May. The fruit set date (FSD) was recorded between May 7 and 23. The earliest FSD occurred on May 7 in the 'Deveci' grafted on BA29 rootstock, and the latest was recorded in the 'Williams' grafted on seedling rootstock on May 23. The harvest maturity date (HMD) of the examined cultivars was observed between August 14 and October 28. The earliest (14 August) HMD was obtained in the 'Santa Maria'/QA combination, while the latest (28 October) was in the 'Deveci'/seedling interaction. The leaf fall date (LFD) occurred between November 2 and 20. It was determined that the earliest LFD was observed on November 2 in the 'Santa Maria'/FOX9 interaction and the latest on November 20 in the 'Deveci'/FAROLD40 interaction (Table 1).

Observations regarding all the phenological phases in 2022 are given in Table 2. The Budburst date (BBD) occurred between April 9 and 12. The BBD occurred the earliest (9 April) in the 'Deveci' on different rootstocks and 'Santa Maria' on OHxF87 rootstock, the latest (12 April) on 'Williams' and 'Santa Maria' on BA29 and QA rootstocks. The first flowering date (FirFD) occurred between April 17 and 23. The earliest (26 April) FirFD happened in the 'Deveci' on different rootstocks, and the latest (23 April) in the 'Williamson QA and FOX9 rootstocks (Table 2).

Full flowering date (FulFD) was observed on 12-26 April, the earliest (12 April) observed in the 'Deveci' on pear clonal and seedling rootstocks, and the latest (26 April) in the 'Williams'/FOX9 combination. The end of the flowering date (EFD) occurred between April 24 and May 7. The earliest EFD (24 April) was observed in the 'Deveci'/OHxF333, while the latest (7 May) occurred in the 'Williams'/QA combination. The fruit set date (FSD) was recorded between May 7 and 15. The earliest FSD occurred on May 7 in the 'Deveci' grafted on FAROLD4 rootstock, and the latest (15 May) was recorded in the 'Williams' grafted on different rootstocks. The harvest maturity date (HMD) was observed between 10 August and 16 October. The earliest (10 August) HMD was recorded in the 'Santa Maria' on QA and OHxF87 rootstocks, while the latest (16 October) was in the 'Deveci'/seedling combination. The leaf fall date (LFD) occurred between November 10 and 29. The earliest LFD was determined on November 10 in the 'Santa Maria'/BA29 and the latest on November 29 in the interaction of 'Deveci'/FOX11 (Table 2).

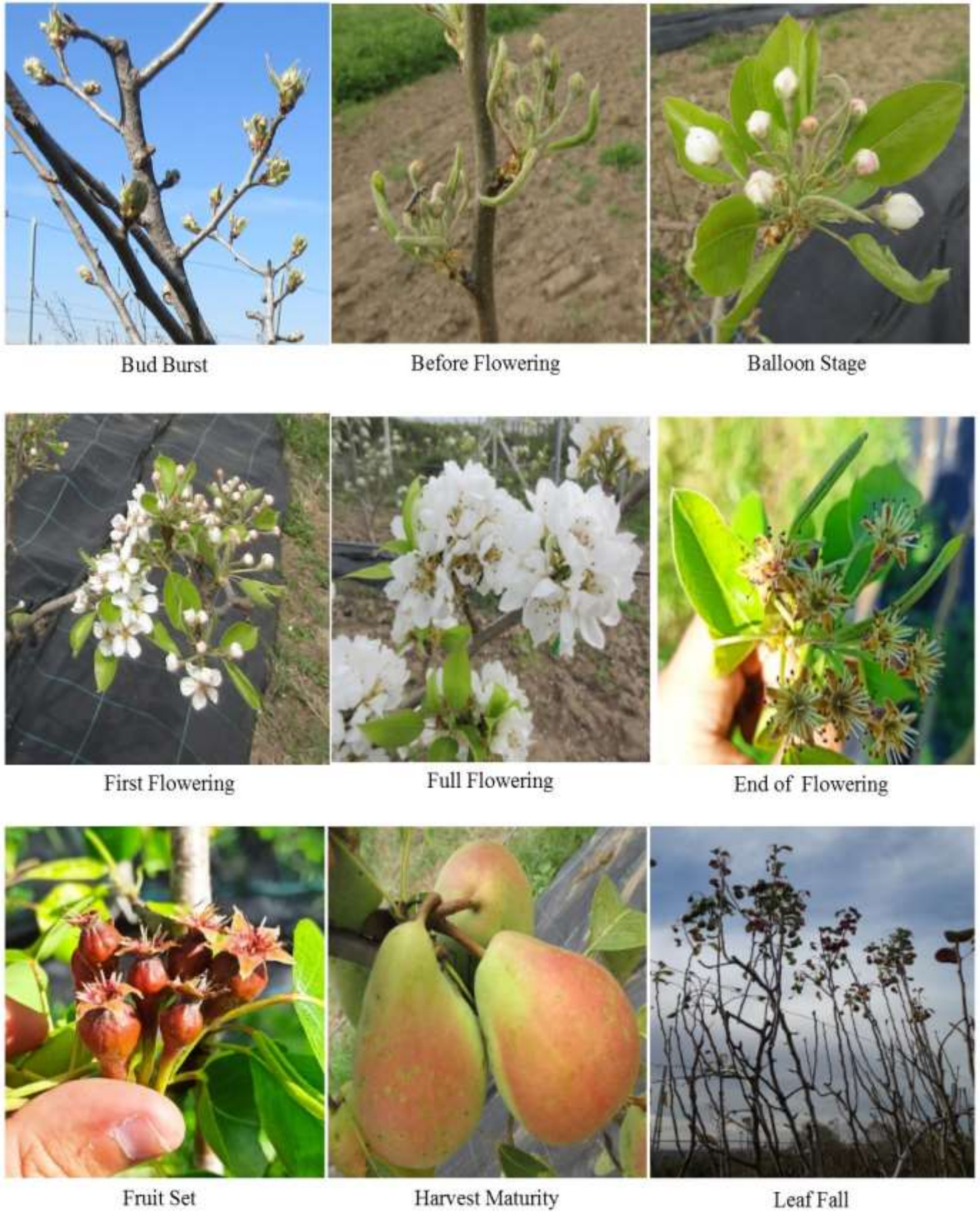


Figure 5. Phenological stages of 'Santa Maria' cultivar grafted on FOX11 pear clonal rootstock
Şekil 5. FOX11 armut klon anacı üzerine aşıllı 'Santa Maria' çeşidinin fenolojik safhaları

Table 1. Phenological phases of European pear considering different combinations of rootstocks and cultivars in the year 2021

Çizelge 1. 2021 yılında farklı anaç ve çeşit kombinasyonları dikkate alınarak Avrupa armudunun fenolojik evreleri

Rootstocks	Cultivars	BBD	BFD	BSD	FirFD	FulFD	EFD	FSD	HMD	LFD
BA29	SM	22Apr	27Apr	29Apr	30Apr	3May	7May	10May	17Aug	5Nov
	W	26Apr	28Apr	29Apr	30Apr	3May	7May	10May	09Sep	13Nov
	D	19Apr	21Apr	23Apr	26Apr	3May	5May	7May	21Oct	16Nov
Quince A	SM	21Apr	23Apr	25Apr	26Apr	3May	7May	9May	14Aug	4Nov
	W	26Apr	27Apr	28Apr	29Apr	3May	7May	10May	23Sep	13Nov
	D	20Apr	22Apr	25Apr	26Apr	29Apr	7May	9May	23Oct	17Nov
FOX9	SM	25Apr	26Apr	28Apr	29Apr	4May	9May	17May	17Aug	2Nov
	W	26Apr	28Apr	30Apr	1May	5May	9May	21May	13Sep	11Nov
	D	22Apr	25Apr	27Apr	28Apr	30Apr	3May	14May	21Oct	17Nov
FOX11	SM	22Apr	24Apr	25Apr	27Apr	3May	6May	9May	20Aug	7Nov
	W	28Apr	30Apr	3May	4May	7May	15May	21May	10Sep	14Nov
	D	22Apr	24Apr	26Apr	27Apr	3May	6May	11May	21Oct	18Nov
OHxF333	SM	21Apr	22Apr	24Apr	26Apr	3May	7May	11May	17Aug	5Nov
	W	26Apr	29Apr	30Apr	1May	4May	6May	10May	16Sep	13Nov
	D	21Apr	22Apr	24Apr	26Apr	3May	6May	9May	21Oct	19Nov
OHxF87	SM	22Apr	23Apr	25Apr	26Apr	3May	8May	17May	20Aug	3Nov
	W	25Apr	28Apr	29Apr	2May	5May	12May	19May	13Sep	11Nov
	D	20Apr	22Apr	24Apr	27Apr	1May	4May	16May	21Oct	16Nov
FAROLD40	SM	26Apr	27Apr	29Apr	1May	5May	8May	12May	17Aug	8Nov
	W	27Apr	29Apr	30Apr	1May	4May	9May	18May	8Sep	17Nov
	D	23Apr	26Apr	27Apr	30Apr	3May	6May	10May	23Oct	20Nov
Seedling	SM	26Apr	28Apr	30Apr	3May	6May	11May	17May	20Aug	7Nov
	W	27Apr	30Apr	1May	3May	6May	13May	23May	13Sep	14Nov
	D	25Apr	27Apr	30Apr	1May	4May	9May	19May	28Oct	19Nov

BBD: Bud Burst Date, BFD: Before Flowering Date, BSD: Balloon Stage Date, FirFD: First Flowering Date, FulFD: Full Flowering Date, EFD: End of Flowering Date, FSD: Fruit Set Date, HMD: Harvest Maturity Date, LFD: Leaf Fall Date. SM= 'Santa Maria', W= 'Williams', D= 'Deveci'.

Flowering duration from the FirFD to the EFD of different pear cultivars, including SM ('Santa Maria'), W ('Williams'), and D ('Deveci'), combined with eight different rootstocks, was calculated as the length of flowering and given in Figure 6. Concerning the flowering period, there were noticeable variances between the different combinations. In the research year of 2021, the SM/OHxF87 combination showed a considerably longer flowering duration (12 days). However, flowering time was the shortest (5 days) in the D/FOX9 combination. Significant results were also acquired in the research year 2022; the W/FAROLD40 combination illustrated the longest (17 days) duration of flowering, while the flowering time was the shortest (6 days) in the D/FAROLD40 combination.

The research findings of the main effects of research years, rootstocks, and cultivars, the factor two combination effect, and the factor three combination effect regarding active growth duration (AGD), are illustrated in Table 3. Except for the combined impact of rootstock x cultivars (R x C), which was not

significant, all the other main effects and their combination effects were obtained significantly. In the case of the three combination effects of year x rootstocks x cultivars (Y x R x C) on the AGD, the results were obtained in the 187.00–228.34-day range. In the study, the AGD was determined to be the lowest (187.00 days) in the 'Santa Maria'/FOX9 combination in the research year 2021, while the highest (228.34 days) in the 'Deveci'/FOX11 combination in the research year 2022 (Table 3). In the case of the main effect of research year (Y) on the AGD, the obtained results range from 198.38 to 219.46 days. In the study, the AGD was determined to be the lowest (198.38 days) in the research year of 2021 and the highest (219.46 days) in the research year of 2022 (Table 3). Considering the main effect of rootstocks (R) on the AGD, the obtained results varied between 206.33 and 211.33 days. The AGD was found to be the lowest (206.33 days) on the BA29 and FOX9 rootstocks and the highest (211.33 days) on the FOX11 rootstock (Table 3).

Table 2. Phenological phases of European pear considering different combinations of rootstocks and cultivars in the year 2022

Çizelge 2. 2022 yılında farklı anaç ve çeşit kombinasyonları dikkate alınarak Avrupa armudunun fenolojik evreleri

Rootstocks	Cultivars	BBD	BFD	BSD	FirFD	FulFD	EFD	FSD	HMD	LFD
BA29	SM	12Apr	14Apr	17Apr	19Apr	24Apr	29Apr	10May	13Aug	10Nov
	W	12Apr	14Apr	17Apr	19Apr	24Apr	30Apr	11May	31Aug	16Nov
	D	10Apr	13Apr	15Apr	17Apr	21Apr	26Apr	10May	14Oct	19Nov
Quince A	SM	12Apr	14Apr	17Apr	19Apr	22Apr	29Apr	11May	10Aug	17Nov
	W	12Apr	14Apr	19Apr	23Apr	25Apr	7May	15May	28Aug	18Nov
	D	9Apr	11Apr	14Apr	17Apr	22Apr	26Apr	8May	12Oct	23Nov
FOX9	SM	11Apr	16Apr	18Apr	19Apr	24Apr	29Apr	11May	18Aug	19Nov
	W	10Apr	14Apr	19Apr	23Apr	26Apr	6May	15May	27Aug	13Nov
	D	11Apr	13Apr	16Apr	17Apr	19Apr	27Apr	11May	12Oct	21Nov
FOX11	SM	12Apr	14Apr	18Apr	19Apr	23Apr	1May	9May	15Aug	19Nov
	W	11Apr	14Apr	16Apr	18Apr	24Apr	4May	12May	25Aug	27Nov
	D	11Apr	14Apr	17Apr	19Apr	21Apr	29Apr	10May	19Oct	29Nov
OHxF333	SM	11Apr	16Apr	18Apr	19Apr	24Apr	1May	11May	18Aug	12Nov
	W	10Apr	14Apr	17Apr	18Apr	23Apr	4May	12May	31Aug	22Nov
	D	9Apr	13Apr	15Apr	17Apr	19Apr	24Apr	10May	14Oct	26Nov
OHxF87	SM	9Apr	11Apr	18Apr	19Apr	24Apr	26Apr	9May	10Aug	13Nov
	W	11Apr	14Apr	16Apr	19Apr	23Apr	4May	13May	26Aug	28Nov
	D	11Apr	13Apr	16Apr	18Apr	19Apr	27Apr	11May	12Oct	18Nov
FAROLD40	SM	10Apr	14Apr	16Apr	18Apr	22Apr	28Apr	9May	19Aug	18Nov
	W	10Apr	16Apr	17Apr	19Apr	24Apr	6May	13May	01Sep	20Nov
	D	11Apr	16Apr	17Apr	19Apr	21Apr	25Apr	7May	14Oct	22Nov
Seedling	SM	11Apr	14Apr	16Apr	18Apr	21Apr	29Apr	11May	13Aug	22Nov
	W	10Apr	13Apr	18Apr	20Apr	23Apr	6May	15May	04Sep	25Nov
	D	9Apr	12Apr	16Apr	17Apr	19Apr	26Apr	12May	16Oct	25Nov

BBD: Bud Burst Date, BFD: Before Flowering Date, BSD: Balloon Stage Date, FirFD: First Flowering Date, FulFD: Full Flowering Date, EFD: End of Flowering Date, FSD: Fruit Set Date, HMD: Harvest Maturity Date, LFD: Leaf Fall Date. SM= 'Santa Maria', W= 'Williams', D= 'Deveci'.

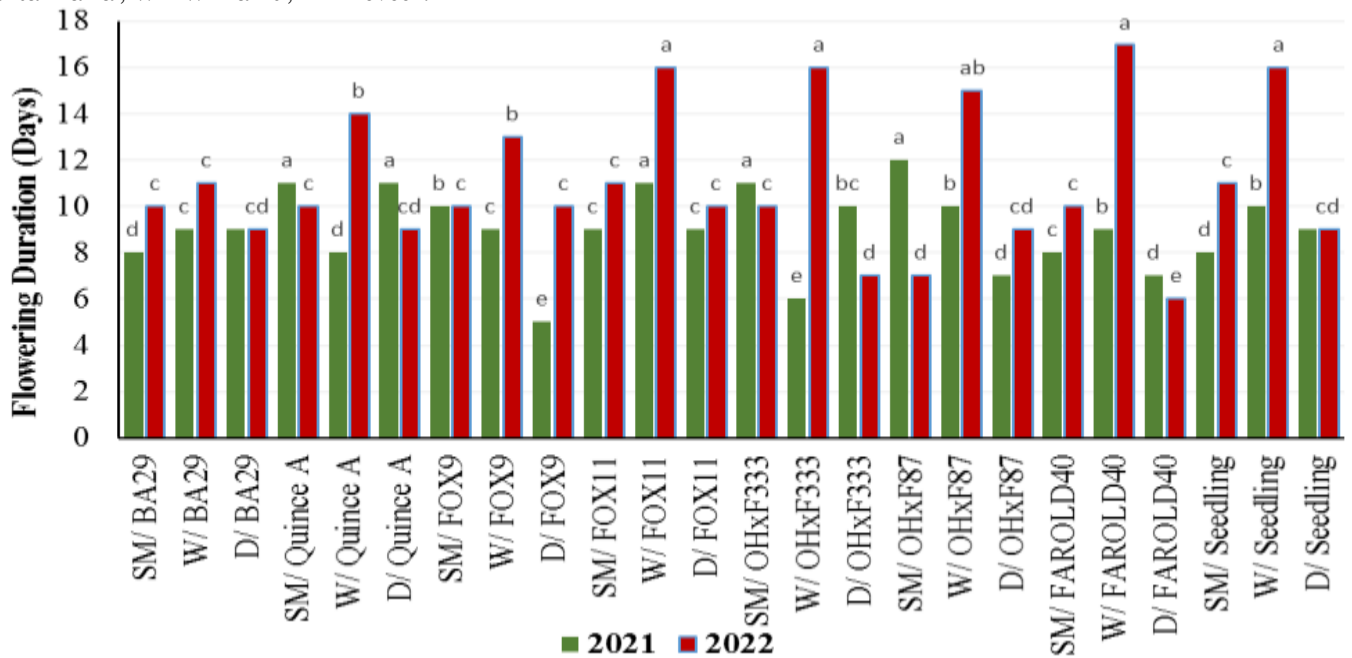


Figure 6. Flowering duration of different pear SM ('Santa Maria'), W ('Williams'), and D ('Deveci') pear cultivars combined with different rootstocks

Şekil 6. Farklı anaçlarla kombine edilen farklı armut çeşitlerinin SM ('Santa Maria'), W ('Williams') ve D ('Deveci') çiçeklenme süresi

Table 3. Active growth duration of European pear considering different rootstocks, cultivars, research years, and their combination

Çizelge 3. Farklı anaçlar, çeşitler, araştırma yılları ve bunların kombinasyonları dikkate alınarak Avrupa armudunun aktif büyüme süresi

Rootstocks (R)	Cultivars (C)	Year		Total
		2021	2022	Mean
		Mean	Mean	Mean
BA29	Santa Maria	193.1±2.30 pqr	208.0±2.32 j-m ♠	200.6±3.65 A † Φ
	Williams	197.7±2.31 opq	214.1±2.33 g-k	205.5±4.07 A
	Deveci	207.2±2.30 k-n	219.0±2.29 c-h	213.0±3.05 A
Quince A	Santa Maria	193.0±2.32 pqr	215.4±2.28 f-j	204.1±5.13 A
	Williams	197.3±2.29 opq	216.0±2.31 f-i	206.5±4.49 A
	Deveci	207.0±2.30 k-n	224.7±2.30 a-e	215.4±4.07 A
FOX9	Santa Maria	187.0±2.31 r	218.4±2.31 d-i	202.5±7.08 A
	Williams	195.2±2.32 pq	213.8±2.30 h-l	204.1±4.28 A
	Deveci	205.1±2.32 mn	220.6±2.30 b-h	212.5±3.65 A
FOX11	Santa Maria	195.0±2.30 pq	217.2±2.29 e-i	206.0±5.13 A
	Williams	196.0±2.29 pq	226.4±2.32 abc	211.3±6.86 A
	Deveci	206.0±2.32 lmn	228.4±2.33 a	217.0±5.13 A
OHxF333	Santa Maria	194.5±2.31 pqr	211.0±2.30 i-m	202.5±4.07 A
	Williams	197.7±2.32 opq	222.4±2.30 a-f	209.5±5.77 A
	Deveci	208.1±2.30 j-m	227.0±2.31 ab	217.5±4.49 A
OHxF87	Santa Maria	191.0±2.29 qr	214.5±2.32 g-k	202.4±5.34 A
	Williams	196.0±2.32 pq	227.0±2.30 ab	211.6±7.08 A
	Deveci	206.6±2.33 lmn	217.3±2.32 e-i	211.5±2.86 A
FAROLD40	Santa Maria	192.0±2.31 qr	218.0±2.33 d-i	205.3±5.99 A
	Williams	200.0±2.30 nop	220.0±2.30 b-h	210.0±4.70 A
	Deveci	207.4±2.30 l-n	221.5±2.29 a-g	214.2±3.45 A
Seedling	Santa Maria	191.0±2.31 qr	221.2±2.29 a-g	206.0±6.86 A
	Williams	197.3±2.32 opq	225.4±2.30 a-d	211.0±6.42 A
	Deveci	204.0±2.31 mno	226.0±2.32 abc	215.3±5.13 A
Pooled Standard Error (±)		2.309		1.041
Significance		0.022		0.283
Y				
Years (Y)		198.4±0.82 B	219.5±0.74 A †† Φ	
Pooled Standard Error (±)		1.041		
Significance		0.001		
		2021	2022	Total Mean
Rootstocks	BA29	199.0±2.38 c	213.6±1.96 b ♠	206.3±2.32 B † Φ
	Quince A	199.0±2.38 c	218.3±1.83 ab	208.7±2.66 AB
	FOX9	195.7±2.84 c	217.0±1.55 ab	206.3±3.02 B
	FOX11	199.0±2.10 c	223.6±2.04 ab	211.3±3.36 A
	OHxF333	199.7±2.42 c	220.0±2.62 ab	209.8±3.01 A
	OHxF87	197.7±2.88 c	219.3±2.27 ab	208.5±3.09 AB
	FAROLD40	199.6±2.45 c	219.7±1.23 ab	209.7±2.76 A
	Seedling	197.3±2.20 c	224.0±1.38 a	210.6±3.47 A
	Pooled Standard Error (±)		1.333	
Significance		0.002		0.001
		2021	2022	Total Mean
Cultivars	Santa Maria	192.0±0.83 e	215.2±1.06 b ♠	203.6±1.82 C † Φ
	Williams	196.8±0.73 d	220.4±1.27 a	208.7±1.86 B
	Deveci	206.2±0.72 c	222.7±1.04 a	214.5±1.35 A
Pooled Standard Error (±)		0.816		1.041
Significance		0.001		0.001

†: Means with different letters in the same column are significant. ††: Means with different letters in the same row are significant. Φ: Rootstock x Cultivar combined effect, year main effect, rootstock main effect and cultivar main effect are specified with capital letters. ♠: The RootstockxCultivarxYear combined effect, Rootstocks x Year combined effect, and Cultivar x Year combined effect are specified with small letters. N=144 (8 rootstocks * 3 cultivars * 2 years* 3 replications = 144).

The main effects of research years, rootstocks and cultivars, the factor two combination effects, and the factor three combination effects on the dormancy duration (DD) are given in Table 4.

Table 4. Dormancy duration of European pear considering different rootstocks, cultivars, research years, and their combination

Çizelge 4. Farklı anaçlar, çeşitler, araştırma yılları ve bunların kombinasyonları dikkate alındığında Avrupa armudunun dinlenme süresi

Rootstocks (R)	Cultivars (C)	Year		Total
		2021	2022	Mean
		Mean	Mean	
BA29	Santa Maria	167.0±2.30 a	152.4±2.29 a ♠	159.7±3.65 A † Φ
	Williams	163.0±2.30 a	146.0±2.30 a	154.5±4.07 A
	Deveci	153.0±2.30 a	141.0±2.29 a	147.0±3.05 A
Quince A	Santa Maria	167.0±2.31 a	145.0±2.29 a	156.0±5.13 A
	Williams	163.4±2.30 a	144.7±2.30 a	154.1±4.46 A
	Deveci	153.0±2.32 a	136.0±2.30 a	144.5±4.07 A
FOX9	Santa Maria	173.6±2.31 a	142.0±2.30 a	157.8±7.08 A
	Williams	165.0±2.30 a	147.0±2.31 a	156.0±4.28 A
	Deveci	155.0±2.29 a	140.0±2.29 a	147.5±3.65 A
FOX11	Santa Maria	165.3±2.30 a	143.0±2.30 a	154.1±5.13 A
	Williams	164.0±2.29 a	134.0±2.29 a	149.0±6.86 A
	Deveci	154.0±2.29 a	132.0±2.30 a	143.0±5.13 A
OHxF333	Santa Maria	166.0±2.30 a	149.0±2.31 a	157.5±4.07 A
	Williams	163.0±2.30 a	138.0±2.30 a	150.5±5.77 A
	Deveci	152.0±2.31 a	133.0±2.31 a	142.5±4.49 A
OHxF87	Santa Maria	169.0±2.30 a	146.0±2.30 a	157.5±5.34 A
	Williams	164.0±2.29 a	133.0±2.29 a	148.5±7.08 A
	Deveci	154.0±2.31 a	143.0±2.31 a	148.5±2.86 A
FAROLD40	Santa Maria	168.0±2.32 a	142.0±2.31 a	155.0±5.99 A
	Williams	160.0±2.30 a	140.0±2.29 a	150.0±4.70 A
	Deveci	153.0±2.30 a	139.0±2.30 a	146.0±3.45 A
Seedling	Santa Maria	169.0±2.31 a	139.0±2.30 a	154.0±6.86 A
	Williams	163.0±2.32 a	135.0±2.29 a	149.0±6.42 A
	Deveci	156.0±2.29 a	134.0±2.31 a	145.0±5.13 A
	Pooled Standard Error (±)		2.887	2.041
	Significance		0.219	0.695
			Y	
Years (Y)		161.6±0.82 A	140.5±0.74 B †† Φ	
	Pooled Standard Error (±)		0.589	
	Significance		0.001	
		2021	2022	Total Mean
Rootstocks	BA29	161.0±2.38 a	146.3±1.96 b ♠	153.7±2.32 A † Φ
	Quince A	161.1±2.38 a	141.7±1.83 bc	151.3±2.72 AB
	FOX9	164.3±2.84 a	143.0±1.55 bc	153.7±3.06 A
	FOX11	161.0±2.10 a	136.3±2.04 c	148.7±3.31 B
	OHxF333	160.3±2.42 a	140.0±2.62 bc	150.2±3.01 AB
	OHxF87	162.1±2.48 a	140.7±2.57 bc	151.5±3.09 AB
	FAROLD40	160.3±2.45 a	140.3±1.23 bc	150.3±2.76 AB
	Seedling	162.7±2.20 a	136.0±1.38 c	149.3±3.47 B
	Pooled Standard Error (±)		1.667	1.041
	Significance		0.031	0.023
		2021	2022	Total Mean
Cultivars	Santa Maria	168.0±0.83 a	144.7±1.06 d ♠	156.4±1.82 A † Φ
	Williams	163.1±0.73 b	139.6±1.27 e	151.3±1.86 B
	Deveci	153.8±0.72 c	137.3±1.44 e	145.5±1.35 C
	Pooled Standard Error (±)		1.041	0.722
	Significance		0.001	0.001

†: Means with different letters in the same column are significant. ††: Means with different letters in the same row are significant. Φ: Rootstock x Cultivar combined effect, year main effect, rootstock main effect and cultivar main effect are specified with capital letters. ♠: The Rootstock x Cultivar x Year combined effect, Rootstocks x Year combined effect, and Cultivar x Year combined effect are specified with small letters. N=144 (8 rootstocks * 3 cultivars * 2 years* 3 replications = 144).

Except for the combined impact of research year x rootstock x cultivars (Y x R x C) and rootstock x cultivars (R x C), which were recorded as insignificant, all the other main effects and their combination effects were acquired as significant. Regarding the main impact of research year (Y) on the DD, the obtained results range from 140.54 - 161.63 days. In the study, the DD was determined as the lowest (140.54 days) in the research year of 2022 and the highest (161.63 days) in the research year of 2021 (Table 4). Considering the main effect of rootstocks (R) on the DD, the obtained results varied between 148.67 - 153.67 days. The DD was found to be the lowest (148.67 days) on the FOX11 rootstock, while the highest (153.67 days) on the BA29 and FOX9 rootstocks (Table 4). The main effect of cultivars (C) on the DD is ranging 145.50 - 156.38 days. The DD was acquired the lowest (145.50 days) in the 'Deveci' while the highest (156.38 days) in the 'Santa Maria' cultivar (Table 4).

DISCUSSIONS

The phenological observations obtained during the investigation revealed notable variations based on the years (Pio et al., 2023) and certain differences based on rootstocks and cultivars (Kurt et al., 2022). The difference between the years was due to the climatic differences in the research years (Kurt et al., 2022; Pio et al., 2023). The research determined that the temperature values in April and after that, when the buds burst and the active vegetative growth began, were higher in 2022 compared to 2021 (Figure 1). Due to that, the phenological stages started earlier in 2022; on the contrary, the active growth period ended earlier in 2021 (20 November) than the research year of 2022 (29 November). From the 24 combinations in 2021, it was observed that the 'Deveci' cultivar grafted on BA29 showed earlier phenological stages compared to other combinations. In 2022, the same cultivar, namely 'Deveci', illustrated earlier phenological phases on different rootstocks. No obvious differences were observed between rootstocks regarding harvest maturity date, especially in 2021, but the rootstocks showed distinct variation with the similar cultivar combination. The differences between cultivars were noticeable, considering the harvest maturity date (around 70 days between 'Santa Maria' and 'Deveci'). It was observed that the cultivar with the earliest fruit harvest was 'Santa Maria' and the latest was 'Deveci'. The different genetic make-up of the trees brings on this circumstance.

It was noted in earlier studies on related topics that the phenological variations between cultivars were mainly caused by genetic variations as well as the climate in which trees are grown (Dondini and Sansavini, 2012; Osmanoğlu et al., 2013; Öztürk et

al., 2016; Ozturk et al., 2022). In hot and dry weather, all the flowers on the tree open quickly; in cool and rainy weather, flowering continues on the same tree for 2–10 days (Kurt et al., 2022). On the contrary, Pio et al. (2023) stated that under subtropical climate situations, pear trees without the use of irrigation had a very long flowering duration as compared to the irrigated trees. This can cause an extension of the harvest duration as well. Our research observed that the temperature (Figure 1) and humidity (Figure 2) values at the end of April and May, when flowering occurs, were higher in 2022 than in the research year of 2021. The flowering season was shortened in 2022 due to the higher temperature and relative humidity. It has been noted that the phenological indicators we observed in the research are consistent with the findings of earlier investigations. Considering the 24 treatment combinations of the present research, it took 9–10 days for the buds to pass from dormancy (bud burst) to the full bloom stage in 2021 and 8–11 days in 2022. While considering the cultivars, it took approximately 11 days for 'Santa Maria', 14 days for 'Williams', and 8 days for the 'Deveci' cultivar. This means that the 'Deveci' cultivar's flowering habit is more synchronized than other cultivars that were used in the study. Similar results were reported by Pio et al. (2023), who stated that some cultivars flowering habits are more synchronized while they compared various cultivars's flowering periods. The prolonged period from bud burst to full flowering can decrease fruiting, probably because of competition for nutrient elements between the vegetative growth and flowering buds. So, this period should be taken strictly into consideration to avoid a breakdown in the normal fruiting of the trees (Oliveira et al., 2017). Considering the phenological stages of nine pear cultivars ('William Bartlett', 'Fertility', 'Chinese Sandy Pear', 'Clapp's Favourite', 'Max Red Bartlett', 'Kings Pear', 'Beurre de Amanalis', 'Carmen' and 'Abate Fetel') in the temperate climatic condition of India, all the cultivars were reported to perform significant differences in their phenological stages and flowering performance. The flowering pattern of cultivars revealed that 'Chinese Sandy Pear' and 'Kings Pear' were the first to come into flower, followed by 'Clapp's Favorite' and 'Beurre de Amanalis', whereas 'William Bartlett', 'Max Red Bartlett', 'Fertility', 'Carmen', and 'Abate Fetel' were observed to be late bloomers. The flowering duration reported was longest (15 days) in 'Fertility' followed by 14.67 and 14.22 days in 'William Bartlett' (14.67 days), 'Max Red Bartlett' (14.22 days), and the shortest (11.45 days) in 'Chinese Sandy Pear' (Mumtaz et al., 2020). Similarly, our study observed differences in the flowering behavior between the various rootstock and cultivar combinations that were used in the study. In pear trees, understanding the

flowering time is an important criterion due to the need to synchronize flowering with pollinating cultivars (Pio et al., 2023), as most pear cultivars have gametophytic self-incompatibility, causing the trees to reject their own pollen (Bisi et al., 2019; 2021). Therefore, they depend on cross-pollination, and the use of two to three pear cultivars with a coincident flowering period is strictly recommended for pear orchards (Tatari et al., 2017). Phenological stages of pear trees, including flowering, are influenced by many internal and external factors, like light intensity, hormone concentration, plant age (Cong et al., 2023), cultivars (Kumar et al., 2023), rootstocks (Kurt et al., 2022), and temperature (Fadon et al., 2023), especially temperature in the previous growing season as well as during the dormancy period of trees (Martinez-Nicolas et al., 2016; Fernandez et al., 2021). Similarly, in our study, the phenological stages and dormancy period were significantly affected by different pear cultivars, rootstocks, and climatic situations in the two consequent research years.

CONCLUSION

Due to the short duration of productive growth stages ranging from flower formation to fruit harvest, the 'Santa Maria' pear cultivar in combination with all rootstocks was found to be the best for Samsun ecological conditions (temperate humid). Also, the 'Williams' cultivar in combination with all rootstocks observed ideal in the second position. However, the 'Deveci' cultivar, in combination with all rootstocks, needs very long productive growth from flower formation to fruit harvest, which is negatively affected by biotic and abiotic stresses. While the 'Deveci' cultivar in combination with the FOX9 and OHxF87 rootstocks observed better combinations than others due to the shorter productive growth period, Briefly, the AGD and DD of fruit trees should be understood to manage fruit orchards effectively and scientifically. Finally, combining cultivars with rootstocks that exhibit lower AGD in temperate, humid climates is suggested since this will be more effective at reducing the negative impacts of stress factors.

ACKNOWLEDGMENTS

We appreciate the support provided for this project (PYO.ZRT.1904.022.026) by the Ondokuz Mayıs University Scientific Research Projects Office (OMUBAP).

Conflict of Interest

Regarding this work's research, writing, and/or publication, the authors affirm that there are no interest concerns.

Contribution of Authorship

ZAF: Gathered the information, analysed the data, and wrote the manuscript. AÖ: conceptualized and designed the study and checked and corrected the final draft.

REFERENCES

- Atreya, P. N., Dhakal, R., & Shrestha, J. (2021). Evaluation of phenological traits of pear varieties in warm temperate region of Nepal. *Agricultural Science*, 4(2), 142-153.
- Bisi, R. B., Pio, R., Farias, D. H., Locatelli, G., Barbosa, C. M. A., & Pereira, W. A. (2019). Molecular characterization of the s-alleles and compatibility among hybrid pear tree cultivars for subtropical regions. *Hortscience*, 54, 2104-2110. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14261-19>
- Bisi, R. B., Pio, R., Locatelli, G., Farias, D. H., & Botelho, F. B. S. (2021). General and specific combining ability in the selection of polliniser cultivars of hybrid pear trees (*Pyrus communis* x *P. pyrifolia*). *Scientia Horti*, 277, 109797. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109797>
- Cong, L., Ling, H., Liu, S., Wang, A., Zhai, R., Yang, C., & Wang, Z., Xu, L. (2023). 'Yunnan' quince rootstock promoted flower bud formation of 'Abbé Fetel' pear by altering hormone levels and PbAGL9 expression, *Journal of Plant Physiology*, 282, 153924. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2023.153924>
- Drepper, B., Gobin, A., Remy, S., & Van Orshoven, J. (2020). Comparing apple and pear phenology and model performance: what seven decades of observations reveal. *Agronomy*, 10(1), 73. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010073>
- Dondini, L., & Sansavini, S. (2012). *European Pear. In: Fruit Breeding*. Editors: Badanes, M.L., Byrne, D.H., New York: Springer.
- Fernandez, E., Krefting, P., Kunz, A., Do, H., Fadon, E., & Luedeling, E. (2021). Boosting statistical delineation of chill and heat periods in temperate fruit trees through multi-environment observations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 310, 108652. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108652>
- Fadon, E., Espiau, M. T., Errea, P., Alonso Segura, J. M., & Rodrigo, J. (2023). Agroclimatic requirements of traditional european pear (*Pyrus communis* L.) cultivars from Australia, Europe, and North America. *Agronomy*, 13(2), 518. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020518>
- Hepaksoy, S. (2019). Meyvecilikte Anaç Kullanımı: Armut Anaçları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 12(2), 69-74.
- Kurt, T., Öztürk, A. & Faizi, Z. A. (2022). Determination of Phenological and Morphological Characteristics of Some Standard Pear Cultivars

- on Different Quince Clonal Rootstocks. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), 782-801. <https://doi.org/10.31466/kfbd.1153780>
- Kumar, A., Kumar, A., Kumar, V., Tiwari, B., Singh, S., & Pandey, V. (2023). Evaluation of different elite pear (*Pyrus communis* L.) varieties for north western plain zone of Uttar Pradesh, India. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(6), 484-492.
- Mumtaz, S., Ganai, N. A., Bhat, K. M., Hamid, M., Ahad, S., Ashraf, S., & Majid, I. (2020). Investigation on Phenological Stages, Blooming Behavior, and Pollen Functional Ability of Different Pear Genotypes under Kashmir Conditions. *International Journal of Chemical Studies*, 8(4), 3121-3126. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i4al.10130>
- Martinez-Nicolas, J. J., Legua, P., Melgarejo, P., Martínez, R., & Hernández, F. (2016). Phenological growth stages of 'Nashi' tree (*Pyrus pyrifolia*): codification and description according to the BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, 168(2), 255-263. <https://doi.org/10.1111/aab.12261>
- Oliveira, I. V. D. M., Lopes, P. R. C., & Silva-Matos, R. R. S. D. (2017). Phenological Characterization of Pear Trees (*Pyrus Communis* L.) 'Princesinha' under Semi-Arid Conditions in the Northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(3): 1-6. <https://doi.org/10.1590/0100-29452017598>
- Osmanoğlu, A., Şimşek, M., & Şanlı, A. (2013). Bazı Standart Armut Çeşitlerinin Bingöl Ekolojisindeki Performansı Üzerinde Bir Araştırma. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 23(3), 222-228.
- Öztürk, A., Demirsoy, L., & Demirel, G. (2016). Seçilmiş Bazı Armut Genotiplerinin Samsun Ekolojisindeki Fenolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Bahçe*, 45(1), 1084-1089.
- Ozturk, A., Faizi, Z. A., & Kurt, T. (2022). Performance of Some Standard Quince Varieties under Ecological Conditions of Bafra, Samsun. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 32(2), 320-330. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.1058908>
- Öztürk, A., & Faizi, Z. A. (2022). Quality Performance of Some Local Pear Cultivars on BA29 Rootstock under High-Density Planting. *International Journal of Agriculture and Wildlife Science*, 8(3), 440-449. <https://doi.org/10.24180/ijaws.1179193>
- Pasa, M.S., Fachinello, J.C., Rosa Júnior, H.F., Franceschi, E., Schmitz, J.D., & Souza, A.L.K. (2015) Performance of 'Rocha' and 'Santa Maria' Pear as Affected by Planting Density. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50, 126-131.
- Pio, R., Farias, D. H., Peche, P. M., Bisi, R. B., Fazenda, L. H. V., & Silva, A. D. (2023). Production stability of pear cultivars for cultivation in the subtropical altitude climate. *Bragantia*, 82, e20230167. <https://doi.org/10.1590/1678-4499-2023-0167>
- Reeves, L. A., Garratt, M. P., Fountain, M. T., & Senapathi, D. (2022). Climate-Induced Phenological Shifts in Pears– A Crop of Economic Importance in the UK. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 338, 108109. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108109>
- Tatari, M., Ghasemi, A., Mousavi, A., & Bahrami, H. (2017). Study on pollination and selection of the most suitable pollinizers for commercial pear cultivars (*Pyrus communis* L.) in Iran. *Journal of Horticultural Research*, 25, 49-57. <https://doi.org/10.1515/johr-2017-0021>

Farklı Gölgeleme Uygulamalarının Domates Bitkisinde Verim, Kalite ve Antioksidan Açısından Tepkisi

Adnan KARTAL¹, Yelderem AKHOUNDNEJAD², Hayriye Yıldız DAŞGAN³, Baki TEMUR⁴, Lale ERSOY⁵
^{1,4}Şırnak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şırnak, ²Şırnak Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Şırnak, ³Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Adana, ⁵Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Malatya

¹ <https://orcid.org/0000-0003-2234-6267>, ² <https://orcid.org/0000-0002-1435-864X>, ³ <https://orcid.org/0000-0001-5928-1060>

⁴ <https://orcid.org/0000-0001-5500-6635>, ⁵ <https://orcid.org/0000-0002-0215-704X>

✉: Sorumlu Yazar e-posta: y_akhondnejad@hotmail.com

ÖZET

Çalışmada farklı (%40, %55, %75 ve %95) gölgeleme seviyelerinin domates (Kamenta F₁) bitkisinde verim ve kalite üzerindeki etkisi incelenmiştir. Deneme 2020 yılı (Nisan-Ağustos) yetiştirme mevsiminde gerçekleştirilmiştir. Denemede domates bitkisinde yaprak sıcaklığı, klorofil içeriği, yaprak oransal su içeriği, yeşil aksamda makro ve mikro besin element konsantrasyonu, domates meyve suyunda suda çözünebilir kuru madde ve ph içeriği, yeşil aksamda toplam fenolik ve flavonoid miktarı, meyve verimi ve meyve sayısına bakılmıştır. Çalışma sonucunda kontrol (gölgesiz) uygulaması altındaki bitkilerde yaprak sıcaklığında artış olmuştur. Gölgeleme uygulamaları yaprak oransal su içeriğinde, klorofil miktarında ve meyve verimi artışında etkili olmuştur. Meyve veriminde gölgeleme uygulamasının diğer uygulamalara göre %55 daha etkili olduğu görülmüştür. Sonuç olarak uygulanan gölgeleme uygulamalarının Kamenta F₁ domates çeşidinde meyve verimini ve kalitesini olumlu etkilediği sonucuna varılmıştır.

Bahçe Bitkileri

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 30.12.2022

Kabul Tarihi : 25.08.2023

Anahtar Kelimeler

Antioksidan

Domates

Gölgeleme

Fenolik

Flavonoid

The Response of Different Shading Applications in Terms of Yield, Quality and Antioxidant in Tomato Plant

ABSTRACT

In the study, the effects of different 40%, 55%, 75% and 95% shading levels on yield and quality of tomato (Kamenta F₁) plant were investigated. The experiment was carried out in the growing season of 2020 (April-August). In the experiment, leaf temperature, chlorophyll content, leaf relative water content, macro and micro nutrient concentration in green parts, water-soluble dry matter and pH content in tomato juice, total phenolic and flavonoid content in green parts, fruit yield and number of fruits were examined in the experiment. As a result of the study, there was an increase in leaf temperature in plants under control (without shading) application. Shading applications were effective in the relative water content of the leaves, the amount of chlorophyll and the increase in fruit yield. It has been observed that 55% shading application is more effective in fruit yield than other applications. As a result, it was concluded that the shading applications applied positively affected the fruit yield and quality of Kamenta F₁ tomato variety.

Horticulture

Research Article

Article History

Received : 30.12.2022

Accepted : 25.08.2023

Keywords

Antioxidant

Tomato

Shading

Phenolic

Flavonoid

Atf İçin: Kartal, A., Akhondnejad, Y., Daşkan, HY., Temur, B., & Ersoy, L. (2024). Farklı Gölgeleme Uygulamalarının Domates Bitkisinde Verim, Kalite ve Antioksidan Açısından Tepkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.* 27(3), 578-585. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1226771.

To Cite: Kartal, A., Akhondnejad, Y., Daşkan, HY., Temur, B., & Ersoy, L. (2024). *The Response of Different Shading Applications in terms of Yield, Quality and Antioxidant in Tomato Plant*. *KSU J. Agric Nat.* 27(3), 578-585. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1226771.

GİRİŞ

Domates (*Solanum lycopersicum* L.) Solanaceae

familyasına ait olup patatesten (*Solanum tuberosum* L.) sonra en fazla yetiştirilen önemli sebzelerdendir

(Quinet ve ark., 2019). Günümüzde tüm dünyada yetiştiriciliği yapılan domatesin üretimi ve tüketimi artarak devam etmektedir (Gerszberg ve ark., 2015). Farklı şekillerde kullanımından dolayı domatesin önemi çokça artmaktadır (Ertürk & Çirka, 2015). Çoğu sebzeler insan sağlığı için gereklidir bunlardan biri olan domates dünyada ve Türkiye’de hem taze ve hem de işlenmiş olarak farklı şekillerde tüketilmektedir (Sönmez & Ellialtıoğlu, 2014). TÜİK verilerine göre Türkiye’de 2021 yılında sofralık 8.580.522 ton ve salçalık 4.514.736 ton olmak üzere toplamda 13.095.258 ton domates üretimi olmuştur (Anonim, 2021). Domates yetiştiriciliği Türkiye’de hızla artış göstermekte ve hem örtü altında ve hem de açıkta yetiştirilmesi yapılmaktadır (Belgüzar ve ark., 2019). Nitekim, Türkiye; Çin, Hindistan, ABD’den sonra dünyanın en büyük dördüncü domates üreticisi ülkesidir ve Türkiye’de domates üretimi, toplam sebze üretiminin yaklaşık dörtte birini oluşturmaktadır (Aksoy & Kaymak, 2016; Aksoy & Kaymak, 2021). Dünyanın en popüler sebzelerinden olan domates likopen, fenolikler, organik asitler, vitaminler ve diğer birçok faydalı bileşen açısından çokça zengindir (Giovanelli & Paradiso, 2002). Dünya çapında en çok tüketilen sebzelerden olan domates birçok önemli antioksidanın ana kaynağıdır (Rivero ve ark., 2022). Daha önceden yapılan araştırmalara göre domates ve domates ürünleri bireyleri çeşitli hastalıklara karşı koruduğu tespit edilmiştir (Agarwal & Rao, 2000). Domateste çokça bulunan ve insan sağlığı açısından çok yararlı olan likopen insanları kanser ve kalp hastalıklarına karşı koruma sağlar (Waheed ve ark., 2020). Domates ve domates ürünlerinde önemli miktarda karotenoidler dahil olmak üzere fenolik, flavonoid, vitaminler ve çok sayıda mineral element bulunmaktadır (Pinela ve ark., 2016).

Tarımsal üretim iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden en çok etkilenen sektörlerin başında gelmektedir (Daşgan ve ark., 2021). Aşırı sıcaklıkların son zamanlarda daha sık ve daha yoğun olmakla birlikte daha uzun süreceği de belirtilmektedir (Meehl ve ark., 2007). Çevresel etmenlerden olan sıcaklık, güneş radyasyonu ve kuraklık domates ürün verimini etkilemektedir (Pek ve ark., 2008). Abiyotik stres faktörleri bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde doğrudan etkileri olmasından dolayı yüksek ve düşük sıcaklık bitkilerde ürün verim ve kalitesini düşürmektedir (Ferrante & Mariani, 2018). Sıcaklık domates bitkisinde hasat öncesi meyve gelişimi ve birçok önemli biyolojik sürecin oluşmasında etkili olmaktadır (Tadesse ve ark., 2015). Yürüttükleri çalışmalarında gölgelemenin domates meyvelerinde likopen içeriğini arttırdığını bildirmişlerdir (Hernandez ve ark., 2019). Yüksek ışık yoğunluğu domates meyvelerinde görünüm ve gelişim

bozukluklarına yol açmaktadır (Dorais ve ark., 2001; Özer, 2017). Yüksek sıcaklıklar domates dahil olmak üzere çeşitli bitkilerde birçok morfolojik ve fizyolojik süreçlerin olumsuz etkilenmesinde aktif rol oynar (Kırbay & Özer, 2015; El-Mansy ve ark., 2021). Gölgeleme bitkilerde ürün veriminin artmasında ve su tüketiminin azalmasında etkili olan yöntemlerdendir (Ahemd ve ark., 2016). Gölgeleme uygulamasının kontrole (gölgesiz) göre marul bitkisinde bitki büyüme indekslerini ilk hasatta artırmıştır (Li ve ark., 2017). Domateste %40 gölgelendirme uygulaması verimi artırarak meyvelerde oluşan çatlama ve güneş yanıklıklarını ortadan kaldırmıştır (Ilic ve ark., 2012). Benzer şekilde, %50 gölgelendirme kapasitesindeki file kullanımı domates ve acı biber bitkilerinde meyve verimini artırmıştır (Masabni ve ark., 2016). Belirtilen bu nedenlerle, bu araştırma, farklı gölgelendirme uygulamalarının domateste verim, kalite ve antioksidan kapasite üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL ve METOD

Çalışmada bitki materyali olarak Kamenta F1 sanayi domates çeşidi kullanılmıştır. Araştırma Şırnak İdil ilçesi Çığır köyünde gerçekleştirilmiştir. Gölgeleme olarak %40, %55, %75 ve %95 gölgelendirme fileleri kullanılmıştır (Şekil 1). Kontrol uygulamasında gölgelendirme filesi kullanılmamıştır. Gölgeleme uygulamalarının yerden (topraktan) yükseklik mesafesi 2.5-3 m olacak şekilde düzenlenmiştir. Tüm uygulamalar altındaki fideler dikimleri 16 Nisan tarihinde gerçekleştirilmiştir. Dikimden 30 gün sonra gölgelendirme uygulamaları kullanılmıştır. Sıra aralıkları fidelerde sıra üzeri 50 cm ve sıra arası 120 cm olarak düzenlenmiştir. Deneme Tesadüf blokları deseni 3 tekrarlı ve tekrarda 10 bitki olacak şekilde tasarlanmıştır.

Denemede yapraklardaki klorofil miktarı spad metre ile sabah (9:00-10:00) saatlerinde, yaprak sıcaklığı infrared termometre (°C cinsinden) ile sabah (08:00-10:00) saatlerinde, domates meyve suyunda çözünebilir kuru madde (SÇKM) refraktometre ile, domates meyve suyunda pH içeriği pH metre ile meyve verimi (gram bitki⁻¹) uygulamalardaki tüm meyveler alınarak hassas terazide tartılarak, meyve (adet bitki⁻¹) sayısı tüm meyveler sayılarak, yapraklarda fenolik (mg g⁻¹) madde miktarı Spanos ve Wrolstad (1990) ile, yapraklarda flavonoid (mg g⁻¹) içeriği Quettier ve ark. (2000) ile yapraklardaki makro kalsiyum (Ca), potasyum (K), azot (A) ve magnezyum (Mg) mikro elementler çinko (Zn), demir (Fe) ve bakır (Cu) içerik miktarları için denemeden alınan yaprak örnekleri etüv ortamında 70 °C’ de 48 saat boyunca kurutulmuştur. Ardından kurutulmuş örnekler 200 mg olarak 500-550 °C’ de 8 saat süre ile kül fırında yakılmıştır. Yaprak örneklerinin üzerine %3.3 HCl ile

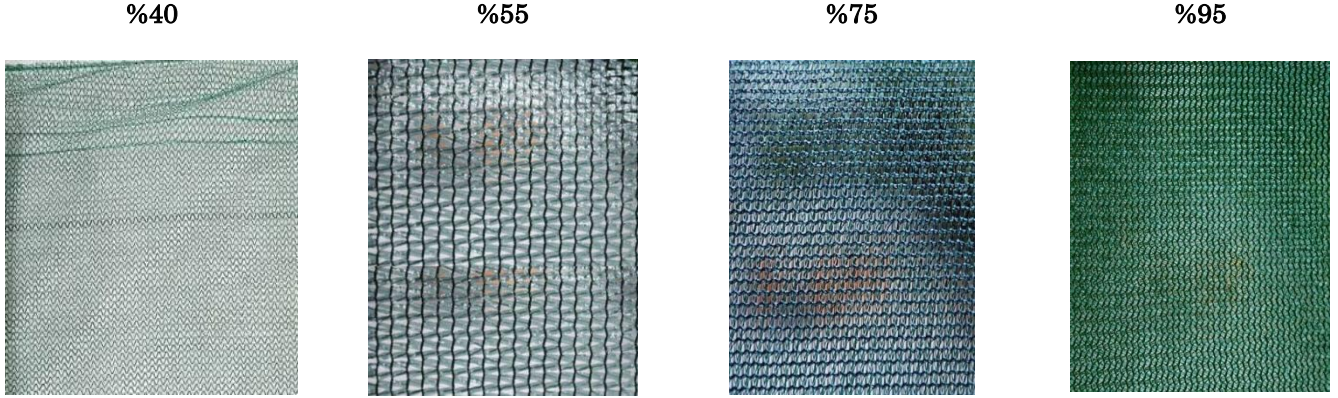
saf su koyularak atomik absorpsiyon spektrometrede okumaları yapılmıştır (Jones, 1983). Azot tayini de Khejdahl yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Yaprak oransal su içeriği (Sanche ve ark.,2003; Türkan ve ark., 2005) aşağıdaki formül ile belirlenmiştir.

$$\text{Oransal Su İçeriği (\%)} = \frac{(TA - KA)}{(TGA - KA)} \times 100$$

TA: Taze ağırlık

KA: Kuru ağırlık

TGA: Turgor ağırlığı



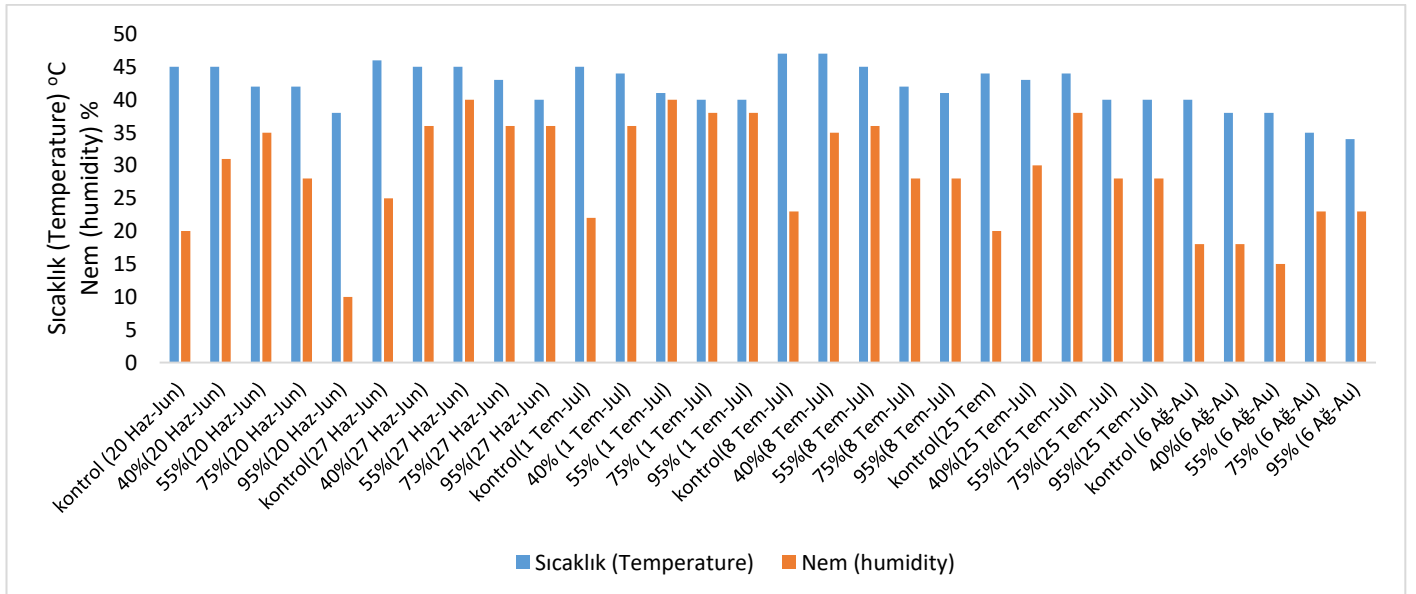
Şekil 1. Kullanılan gölgeleme fileleri

Figure 1. Shading nets used

İklim Verileri

Deneme süresi boyunca iklim verileri tüm uygulamalarda kaydedilmiştir. Deneme zamanında ortalama sıcaklık değerleri ve hava oransal nem

değerleri kayıt altına alınmıştır. Gölgeleme uygulamalarının sıcaklık ve nem değerleri dijital termometre yardımı ile kaydedilerek belirlenmiştir.



Şekil 2. Deneme süresi boyunca alınan sıcaklık ve hava oransal nem verileri

Figure 2. Temperature and air relative humidity data taken during the trial period

İstatistik Analizler

Veri istatistik analizi deneme sonunda (jmp 13) paket programı kullanılarak ve ortalamalarda LSD testine göre yapılarak hesaplanmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Farklı gölgelendirme uygulamalarının domates

yaprak sıcaklığına ve klorofil içeriğine etkisi Çizelge 1'de verilmiştir. Uygulamaların yaprak sıcaklığına etkisi istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Denemede en düşük yaprak sıcaklık değeri kontrole göre %16.68 azalışla %95 (24.42°C) gölgeleme uygulaması altında bulunmuştur. En yüksek yaprak sıcaklık değeri ise Kontrol (29.31°C) uygulamasından elde edilmiştir. Ortam sıcaklığının artışı stomaların

açılıp kapanmasını olumsuz olarak etkilediği ve özellikle gölgeleme ile stoma iletkenliğinin arttığı bildirilmektedir (Özer, 2017; Leonelli & Wang, 2022). Stoma iletkenliği (açılıp kapanma hızı) artışı terlemenin artışı destekleyerek yaprak sıcaklığını azaltmaktadır (Taiz & Zeiger, 2008). Domateste bitkilerin aşırı sıcaklığa maruz kaldıklarında yaprak sıcaklıklarında artma olduğu bilinmektedir (Akhoundnejad & Daşgan, 2018). Nitekim, domatesin üst yapraklarında yüksek ışık yoğunluğunda sıcaklık artışı daha yüksek olmaktadır (Kim ve ark., 2019). Domates bitkilerinde yaprak klorofil (SPAD) miktarında en etkili uygulama %40 (%61.30) gölgeleme uygulaması olmuştur. Kontrol (%49.25) uygulamasının diğer uygulamalara kıyasla klorofil miktarında fazla etkisi olmamıştır. %55, %75 ve %95 gölgeleme altındaki bitkilerde çıkan sonuçlar arasında istatistiksel olarak bir fark görülmemiştir (Çizelge 1). Benzer, sonuçların elde edildiği çalışmalarda en yüksek yaprak klorofil içeriği %50 gölgelemenin olduğu domates bitkilerinde elde edilmiştir (Özer, 2017). Bitkiler aşırı sıcaklığa maruz kaldığında klorofil miktarında azalma görülmektedir (Aybak, 2002; Taiz & Zaiger, 2008). Yüksek ışık yoğunluğu ve yüksek sıcaklık domates bitkisinde klorofil içeriğinde azalmaya neden olmuştur (Zhou ve ark., 2020). Yaprak oransal su içeriğinde uygulamalar arasında farklılıklar görülmüştür. %55 (%86.30) gölgeleme uygulaması altındaki bitkilerde diğer uygulamalara göre daha yüksek çıkmıştır. Kontrol (%63.99) uygulaması altındaki domates bitkilerinde çıkan sonuçların fazla bir önemi olmamıştır. Tüm gölgeleme uygulamaları kontrol uygulamasıyla karşılaştırıldığında yaprak oransal su içeriklerinde

artış olmuştur (Çizelge 1). En fazla artış oranı %55 gölgeleme altındaki uygulamada görülmüş olup artış oranı %34.86 düzeyinde olmuştur. Genel olarak bitkiler aşırı sıcaklığa maruz kaldığında yaprak içeriğindeki su miktarında azalma olmaktadır. Sıcaklığa uzun süre maruz kalan domates bitkilerinin yaprak oransal su içeriklerinde azalma meydana gelmiştir (Karkute ve ark., 2021). Farklı gölgeleme seviyeleri (%25, %50, %63 ve %75) altında yetiştirilen hıyarda da benzer sonuçlar rapor edilmiştir (Semida ve ark., 2017). Yeşil aksamda farklı gölgeleme uygulamalarının toplam fenolik ve flavonid miktarına etkisi Çizelge 1’ de verilmiştir. Toplam fenolik içerik miktarında %95 (12.41 mg g⁻¹) gölgeleme uygulaması altındaki bitkilerde kontrol uygulamasına göre %1.05’lik bir artış olduğu görülmüştür. %40, %55 ve %75 gölgeleme altındaki domates bitkilerinde kontrol uygulamasına kıyasla fenolik içerik miktarında azalma olmuştur. Toplam flavonoid konsantrasyonunda uygulamalar arasında önemli derecede farklılıklar olduğu saptanmıştır (Çizelge 1). Kontrol (81.85 mg g⁻¹) uygulaması en etkili uygulama olmuştur. %40 (74.10 mg g⁻¹), %55 (62.44 mg g⁻¹), %75 (58.98 mg g⁻¹) ve %95 (72.04 mg g⁻¹) gölgeleme uygulamaları kontrol uygulamasıyla karşılaştırıldığında hepsinde azalma olmuş olup bu azalma değerleri sırasıyla %9, %23, %27 ve %11 düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Domates bitkilerinde ışık yoğunluğu yüksek olduğunda flavonoidler bitkileri oksidatif hasara karşı korur (Guidi ve ark., 1998; Stewart ve ark., 2000). Örtü altında ve açıkta yetiştirilen domateste örtü altındaki bitkilerde toplam flavonoid miktarının daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Angmo ve ark., 2021).

Çizelge 1. Farklı gölgeleme uygulamalarının domates yaprak sıcaklığına, klorofil içeriğine, yaprak oransal su içeriğine, yapraklardaki toplam fenolik ve Flavonoid içeriğine etkisi

Table 1 . The effects of different shading applications on tomato leaf temperature, chlorophyll content, leaf proportional water content, total phenolic and flavonoid content in leaves

Uygulamalar (Applications)	Yaprak Sıcaklığı (°C) (Leaf temperature)	Klorofil Miktarı (Amount of chlorophyll)	Yaprak oransal su içeriği (%) (Leaf proportional water content)	Toplam Fenolik (mg g ⁻¹) (Total phenolic)	Toplam Flavonoid (mg g ⁻¹) (Total flavonoid)
Kontrol (Control)	29.31 ± 0.12 a	49.25 ± 0.23 b	63.99 ± 0.44 d	12.28 ± 0.03 a	81.85 ± 0.52 a
%40	26.81 ± 0.11 b	61.30 ± 0.36 a	79.18 ± 0.11 b	11.46 ± 0.09 b	74.10 ± 0.43 b
%55	25.49 ± 0.09 c	57.80 ± 0.79 ab	86.30 ± 0.89 a	10.28 ± 0.12 c	62.44 ± 0.18 d
%75	25.58 ± 0.15 c	54.75 ± 0.65 ab	80.59 ± 0.43 b	11.62 ± 0.06 b	58.98 ± 0.02 e
%95	24.42 ± 0.25 d	54.05 ± 0.71 ab	75.91 ± 0.83 c	12.41 ± 0.56 a	72.04 ± 0.12 c
LSD (LSD)	0.3030	24.47	1.092	0.052	0.500
P	<.0001*	0.1590	<.0001*	<.0001*	<.0001*

**p<0.01, *p<0.05 düzeyinde önemli.

Farklı gölgeleme uygulamalarının domates meyve suyunda suda çözünebilir kuru madde ve pH içeriğine etkisi Çizelge 2’de verilmiştir. SÇKM

içeriğinde uygulamalar arasında önemli derecede fark olduğu tespit edilmiştir. SÇKM içeriğinde kontrol (%6.49) uygulamasının en etkili uygulama olduğu

görülmüştür. Tüm gölgelendirme uygulamalarında kontrol uygulamasına göre SÇKM içerikleri daha düşük gelmiştir (Çizelge 2). Gölgelendirmenin domates meyve suyunda SÇKM içeriğinde azalmaya neden olduğu görülmüştür. Gölgelendirme altındaki bitkilerde suda çözünabilir kuru madde içeriği düşmektedir (Wada ve ark., 2006; Pek ve ark., 2012). Domates meyve suyunda pH içerik miktarlarının birbirine yakın çıktığı görülmüştür (Çizelge 2). Ph içerik miktarında %40 (%4.43) gölgelendirme altındaki bitkilerde kontrole göre %2.78'lik bir artış olmuştur. En düşük pH miktarı da %55 (%4.17) gölgelendirme altındaki bitkilerden elde edilmiştir. Domates meyve veriminde %55 (3404 gram bitki⁻¹) gölgelendirme uygulaması altındaki bitkilerde en iyi sonuçlar elde edilmiştir. %55 gölgelendirme altındaki bitkiler kontrole göre verimde %62 oranında bir artış sağlamıştır (Çizelge 2). %95 (1964 gram bitki⁻¹) gölgelendirme altındaki bitkiler verimde diğer

uygulamalara göre fazla etkili olmamıştır. Sıcaklık arttığında verimde azalmalar olmakta ancak gölgelendirme yapıldığı takdirde verimde iyileştirme görülür (Özer & Uzun, 2013). %50 gölgelendirme uygulaması altında yetiştirilen domates meyvelerinden maksimum verim elde etmişlerdir (El-Bassiony ve ark., 2014). Domates bitkisinde gölgelendirme uygulaması meyve verimini artırmıştır (El-Gizawy ve ark., 1993; Naraghi & Lotfi, 2010). Toplam meyve sayısında %40, %55 ve %75 gölgelendirme uygulamaları arasında önemli bir fark görülmemiştir. En fazla meyve sayısı kontrol (27.78 adet bitki⁻¹) uygulamasında tespit edilmiştir. Kontrol ve %95 gölgelendirme uygulamalarında meyve sayısı diğer uygulamalara göre daha fazla gelmiştir (Çizelge 2). Genel olarak bitkiler stres koşullarına maruz kaldığında türünün devamı için meyve üretmeye başlamaktadır.

Çizelge 2. Farklı gölgelendirme uygulamalarının domates meyve verimine, sayısına, meyve suyundaki SÇKM ve pH içeriğine etki sayısına etkisi

Table 2. The effect of different shading applications on tomato fruit yield, number, TSS and pH content in fruit juice

Uygulamalar (Applications)	Verim (gram bitki ⁻¹) (Yield)	Meyve Sayısı (adet bitki ⁻¹) (Number of fruits)	SÇKM (SÇKM)	pH (pH)
Kontrol (Control)	2100 ± 12.30 b	27.78 ± 1.45 a	6.49 ± 0.45 a	4.31 ± 0.02 ab
%40	2436 ± 11.78 b	24.08 ± 2.54 b	5.55 ± 0.38 b	4.43 ± 0.02 a
%55	3404 ± 10.24 a	23.82 ± 2.43 b	4.10 ± 0.19 d	4.17 ± 0.94 b
%75	2116 ± 14.30 b	22.92 ± 1.56 b	4.45 ± 0.42 c	4.39 ± 0.45 ab
%95	1964 ± 19.45 b	26.52 ± 0.98 ab	5.75 ± 0.11 b	4.41 ± 0.32 ab
LSD (LSD)	5117	1.01	0.024	0.018
P	<.0001*	0.0861	<.0001*	0.2006

**p≤0.01, *p≤0.05 düzeyinde önemli.

Yeşil aksamda farklı gölgelendirmelerin makro ve mikro besin element içeriğine etkisi Çizelge 3' te verilmiştir. Potasyum konsantrasyonunun en fazla olduğu uygulama %40 (%4.80) gölgelendirme uygulaması olmuştur. %95 (%3.33) gölgelendirme uygulaması altındaki bitkilerde K konsantrasyonu diğer uygulamalara göre daha düşük gelmiştir (Çizelge 3). Kalsiyum konsantrasyonunda, %55 (%4.10) gölgelendirme altındaki bitkilerde kontrole göre %23'lük bir artış olmuştur. %95 (%3.23) gölgelendirme altındaki bitkilerde Ca miktarına fazla bir etkisi olmamıştır. Magnezyum miktarında tüm uygulamalar arasında istatistiksel olarak bir fark görülmediği saptanmıştır. Azot içeriğinde %40 (%5.51), %55 (%6.7) ve %95 (%6.7) gölgelendirme uygulamaları kontrol (%7.7) uygulamasından daha düşük gelmiştir. %75 (%7.7) gölgelendirme altındaki bitkilerin N içerikleri kontrol (%7.7) uygulamasının N içerik değeriyle aynı gelmiştir. %75 (178.4 ppm) gölgelendirme altındaki domates bitkilerinin yeşil

aksamında demir içerik miktarında kontrol (173.6 ppm) uygulamasına göre %2.75 artış olurken, %55 (165.6 ppm) gölgelendirme altındaki bitkilerde %4.60 düzeyinde azalış olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3). %75 (38.24 ppm) gölgelendirme bitkileri yeşil aksamda bakır içeriğinin en fazla olduğu uygulama olurken, Cu miktarının en düşük olduğu uygulama ise %95 (33.68 ppm) gölgelendirme bitkilerinden elde edilmiştir. Domates yeşil aksamında çinko içeriğinin de diğer uygulamalara göre en fazla etkili olan uygulama %75 (58.25 ppm) gölgelendirme uygulaması olduğu saptanmıştır. Yeşil aksamda mikro besin element içeriklerinde %75 gölgelendirmenin daha etkili olduğu görülmüştür (Çizelge 3). Bitkiler aşırı yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında bitkilerde besin element içeriğinde düşüşler yaşanmaktadır. Stres şartları altında domates bitkisinde kalsiyum ve potasyum besin elementlerinde azalma olmaktadır (Ali & Rab, 2017; Alp & Kabay, 2017).Yaptıkları çalışmada %50 gölgelendirme domates bitkisinin

yapraklarında N, K ve Ca konsantrasyonunu önemli derecede arttırmıştır (El-Bassiony ve ark., 2014). Biber bitkilerinde gölgelendirme uygulamasıyla birlikte bitkilerin yapraklarındaki K, N, Ca ve Mg konsantrasyonlarında artış görülmüştür (Diaz-Perez,

2013). Portakal bitkisinin yapraklarında bulunan demir, bakır ve çinko mineral elementleri aşırı sıcaklıktan olumsuz etkilenmiştir (El-Naby & ark., 2020).

Çizelge 3. Farklı gölgelendirme uygulamalarının yapraklardaki makro ve mikro besin element içeriğine etkisi
Table 3. The effect of different shading applications on the macro and micro nutrient content of leaves

Uygulamalar (Applications)	K (%) (K)	Ca (%) (Ca)	Mg (%) (Mg)	N (%) (N)	Fe (ppm) (Fe)	Cu (ppm) (Cu)	Zn (ppm) (Zn)
Kontrol (Control)	4.23 ± 0.01b	3.31 ± 0.02 c	0.98 ± 0.011 a	7.70 ± 0.04 a	173.6 ± 2.3 b	35.52 ± 0.21 c	53.48 ± 0.13 c
%40	4.80 ± 0.02 a	3.39 ± 0.001 b	0.83 ± 0.002 a	5.51 ± 0.02 c	173.5 ± 1.3 b	35.13 ± 0.34 c	52.52 ± 0.01 d
%55	4.61 ± 0.05 a	4.10 ± 0.04 a	0.94 ± 0.004 a	6.70 ± 0.01 b	165.6 ± 2.9 c	36.83 ± 0.26 b	55.33 ± 0.23 b
%75	4.54 ± 0.01 ab	3.32 ± 0.06 c	0.97 ± 0.002 a	7.70 ± 0.12 a	178.4 ± 4.1 a	38.24 ± 0.61 a	58.25 ± 0.11 a
%95	3.33 ± 0.07 c	3.23 ± 0.03 c	0.83 ± 0.023 a	6.70 ± 0.23 b	172.4 ± 3.1 b	33.68 ± 0.71 d	53.48 ± 0.15 c
LSD (LSD)	0.03	0.013	2.74	0.039	1.21	0.29	0.06
P	<.0001*	<.0001*	0.4786	<.0001*	<.0001*	<.0001*	<.0001*

**p≤0.01, *p≤0.05 düzeyinde önemli.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Sıcaklık domates bitkisinin yaprak sıcaklığında ve meyve sayısında artışa neden olmuştur. Ancak bu durumda meyve sayısı stresten dolayı küçük olduğu için verimde kayıp gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık arttıkça bitkilerde yaprak oransal su içeriğinde düşüş olmuştur. %75 gölgelendirme uygulaması yapraklardaki demir, bakır ve çinko içeriğinin artmasında etkili olmuştur. Domates meyve veriminde diğer uygulamalara göre en iyi sonuçlar %55 gölgelendirme uygulamasında olduğu tespit edilmiştir. %40 gölgelendirme uygulaması yaprak klorofil içeriğinde iyileştirmeye yardımcı olmuştur. Uygulanan gölgelendirme uygulamaları Kamenta F1 domates çeşidinde incelenen parametrelerde olumlu etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Öneri olarak Şırnak/ İdil kurak bölgesinde, çiftçiler domates yetiştiriciliğinde %55 ve %75 gölgelendirme kullanarak verim açısından iyi performans gösterdiğini tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans (Adnan KARTAL) 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

Agarwal, S. & Rao, A.V. (2000). Carotenoids and chronic diseases. *Drug Metabolism and Drug Interactions*, 17, 189–210.

Ahemd, H. A., Al-Faraj, A. A., & Abdel-Ghany, A. M. (2016). Shading greenhouses to improve the microclimate, energy and water saving in hot regions: A review. *Scientia Horticulturae*, 201, 36-45. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.030>.

Aksoy, A. & Kaymak, H. Ç. (2016). Outlook on Turkish tomato sector. *Iğdır Üniv. Journal of the Institute of Science and Technology*, 4, 67-72.

Aksoy, A. & Kaymak, H. C. (2021). Competition power of Turkey's tomato export and comparison with Balkan countries. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 27, 253–258.

Akhoundnejad, Y. & Daşgan, H. Y. (2018). Physiological performance of some high temperature tolerant tomato genotypes. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 4(7), 2018.

Ali, S.G. & Rab, A. (2017). The influence of salinity and drought stress on sodium, potassium and proline content of solanum lycopersicum L. cv. Rio Grande. *Pakistan Journal of Botany*, 49(1), 1-9.

Alp, Y. & Kabay, T. (2017). Kuraklık Stresinin Yerli ve Ticari Domates Çeşitlerinde Bazı Fizyolojik Parametreler Üzerine Etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 86-96.

Angmo, P., Phuntsog, N., Namgail, D., Chourasia, O. P., & Stopdan, T. (2021). Effect of shading and high temperature amplitude in greenhouse on growth, photosynthesis, yield and phenolic contents of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 27(7), 1539-1546. <https://doi.org/10.1007%2Fs12298-021-01032-z>.

Anonim, (2021). Kaynak Tarım ve Orman Bakanlığı. <https://www.google.com/search?q=T%C3%9C%C4%>

- B0K+2021&oq=T%C3%9C%C4%B0K+2021&aqs=c
hrome..69i57j0i51219.4707j0j15&sourceid=chrome
&ie=UTF-8 . (Erişim tarihi 17.12.2022).
- Aybak, H. Ç. (2002). *Biber Yetiştiriciliği. Hasad Yayınıncılık*, İstanbul.
- Belgüzar, S., Yanar, Y., & Aysan, Y., (2019). Determination of the presence of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* on tomato seedlings used in Tokat province. *Bitki Koruma Bülteni / Plant Protection Bulletin*, 59(2), 33-37.
- Daşgan, H. Y., Dere, S., Akhoundnejad, Y., & Arpacı, B. B. (2021). Effect of high-temperature stress during plant cultivation on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit nutrient content. *Journal Of Food Quality*, 2021,15. <https://doi.org/10.1155/2021/7994417>.
- Diaz-Perez, J. C. (2013). Bell pepper (*capsicum annum* L.) crop as affected by shade level: microenvironment, plant growth, leaf gas Exchange, and leaf mineral nutrient concentration. *Horticultural Science*, 48(2), 175-182.
- Dorais, M., Papadopoulos, A. P., & Gosselin, A. (2001). Greenhouse tomato fruit quality. *Journal of The American Society for Horticultural Science*, 26, 239-319.
- El- Bassiony, A. M., Fawzy, Z. F., Riad, G. S., & Ghoname, A. A. 2014. Mitigation of high temperature stress on growth, yield and fruit quality of tomato plants by different shading level. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 4(4), 1034-1040.
- El-Gizawy, A.M., Gomaa, H. M., El-Habbasha, K. M., & Mohamed, S. S. (1993). Effect of different shading levels on tomato plants 1. growth, flowering and chemical composition. *Acta Horticulturae (ISHS)*, 323, 341-348.
- El-Mansy, A. B., El-Moneim, D. A., Alshamrani, S. M., Safhi, F. A., Abdein, M. A., & Ibrahim, A. A. (2021). Genetic diversity analysis of tomato (*solanum lycopersicum* L.) with morphological, cytological and molecular markers under heat stress. *Horticulturae*, 7(4), 65. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7040065>.
- El-Naby, S. K. M. A., Esmail, A. M. A. M., Baiea, M. H. M., El-Fattah Amin, O. A., & Mohamed, A. A. A. (2020). Mitigation of heat stress effects by using shade net on Washington navel orange tress grown in Al-Nubaria region, Egypt. *Acta Scientarium Polonorum Hortorum Cultus*, 19(3), 15-24. doi: 10.24326/asphc.2020.3.2.
- Ertürk, Y.E. & Çirka, M. (2015). Türkiye’de ve Kuzey Doğu Anadolu Bölgesi (KDAB)’nde Domates Üretimi ve Pazarlaması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(1), 84-97.
- Ferrante, A. & Mariani, L. (2018). Agronomic management for enhancing plant tolerance to abiotic stresses: high and low values of temperature, light intensity and relative humidity. *Horticulturae*, 4(3), 21. <https://doi.org/10.3390/horticulturae4030021>.
- Gerszberg, A. Hnatuszko-Konka, K., Kowalczyk, T., & Kononowicz, A. K. (2015). Tomato (*solanum lycopersicum* L.) in the service of biotechnology. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)* 120, 881-902. DOI 10.1007/s11240-014-0664-4.
- Giovanelli, G. & Paradiso, A. (2002). Stability of dried and intermediate moisture tomato pulp during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 7277-7281. DOI: 10.1021/jf02559r.
- Guidi, L., Lorefice, G., Pardossi, A., Malorgio, F., Tognoni, F., & Soldatini, G.F. (1998). Growth and photosynthesis of *Lycopersicon esculentum* L. plants as affected by nitrogen deficiency. *Biologia Plantarum*, 40, 235-244.
- Hernandez, V., Hellin, P., Fenol, J., & Flores, P. (2019). Intreaction of nitrogen and shading on tomato yield and quality. *Scientia Horticulturae*, 225, 255-259. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.05.040>.
- Ilic, Z. S., Milenkovic, L., Stanojevic, L., Cvetkovic, D., & Fallik, E. (2012). Effects of the modification of light intensity by color shade nets on yield and quality of tomato fruits. *Scientia Horticulturae*, 139(2012), 90-95. doi:10.1016/j.scienta.2012.03.009.
- Jones, Jr., J. B. (1983). *A Guide For The Hydroponic & Soilless Culture Grower*. ISBN: 0-917304-49-7. Timber Press. Oregon.
- Karkute, S. G., Ansari, W. A., Singh, A. K., Singh, P. M., Rai, N., Bahadur, A., & Singh, J. (2021). Characterization of high-temperature stress-tolerant tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes by biochemical analysis and expression profiling of heat-responsive genes. *3 Biotech*, 11(2), 45. doi: 10.1007/s13205-020-02587-6.
- Leonelli, L., & Wang, Y. (2022). Into the shadows and back into sunlight: photosynthesis in fluctuating light. *Annual Reviews of Plant Biology*, 73, 617-648.
- Kim, H. J., Lin, M. Y., & Mitchell, C. A. (2019). Light spectral and thermal properties govern biomass allocation in tomato through morphological and physiological changes. *Enviromental and Experimental Botany*, 157, 228-240. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.10.019>.
- Kırbay, E., & Özer, H. (2015). Farklı gölgeleme uygulamalarının örtüaltında organik olarak yetiştirilen hıyarın (*Cucumis sativus* L.) verim ve kalite üzerine etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 1 (1), 7-14.
- Li, T., Bi, G., Lecompte, J., Barickman, T. C., & Evans, B. B. (2017). Effect of colored shade cloth on the quality and yield of lettuce and snopdragon. *American Society for Horticultural Science*, 27 (6). <https://doi.org/10.21273/horttech03809-17>.
- Masabni, J., Sun, Y., Niu, G., & Del Valle, P. (2016).

- Shade Effect on Growth and Productivity of Tomato and Chili Pepper. *American Society for Horticultural Science*, 26(3).<https://doi.org/10.21273/horttech.26.3.344>.
- Meehl, G.A., Stocker, T.F., Collins, W.D., Gaye, A.J., Gregory, J.M., Kitoh, A., Knutti, R., Murphy, J.M., Noda, A., Raper, S. C. B., Watterson, J. G., Weaver, A. J., & Zhao, Z. (2007). *Global Climate Projections*. In S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, & H.L. Miller (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, U.K. and New York.
- Naraghi, M. & Lotfi, M. (2010). Effect of different levels of shading on yield and fruit quality of cucumber (*cucumis sativus*). *Acta Horticulturae (ISHS)*, 871, 385-388.
- Özer, H. & Uzun, S. (2013). Açıkta organik domates (*Solanum lycopersicum* L.) yetiştiriciliğinde farklı organik gübrelerin bazı verim ve kalite parametrelerine etkisi (Bildiri Kitabı-1). Türkiye V. Organik Tarım Sempozyumu, Samsun, Türkiye, 25-27 Eylül 2013, ss. 1-8.
- Özer, H. (2017). Effects of shading and organic fertilizers on tomato yield and quality. *Pakistan Journal of Botany*, 49 (5), 1849-1855.
- Pek, Z., Szuvandzsiev, P., Nemenyi, A., Helyes, I., & Lugasi, A. (2012). Changes of colour parameters and antioxidants of vine ripened tomato (*Lycopersicon esculentum* mill.) fruits affected by natural light. *Acta Horticulturae (ISHS)*, 936, 235-240.
- Pinela, J., Oliveira, M. B. P. P., & Ferreira, I. C. F. R. (2016). *Bioactive compounds of tomatoes as health promoters. In natural bioactive compounds from fruits and vegetables as health promoters part II: Bentham science publishers: Sharjah UAE, 2016; pp. 48-91.*
- Quettier-Deleu, C., Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, J., Luyck, M., Cazin, M., Cazin, J.C., Bailleul, F., & Trotin, F. (2000). Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. *Journal of Ethnopharmacology*, 72, 35-40.
- Quinet, M., Angosto, T., Yuste-Lisbona, F. J., Blanchard-Gros, R., Bigot, S., Martinez, J-P., & Lut, S. (2019). Tomato fruit development and metabolism. *Frontiers of Plant Science*, 10, 1554. doi: 10.3389/fpls.2019.01554.
- Rivero, A. G., Keutgen, A. J., & Pawelzik, E. (2022). Antioxidant properties of tomato fruit (*lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by cultivar and processing method. *Horticulturae*, 8(6), 547. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8060547>.
- Sanche, H., Lemeur, R., Van Damme, P., & Jacopsen, P. E. (2003). Ecophysiological Analysis of Drought and Salinity Stress of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*, 19(1-2), 111-119.
- Semida, W. M., Ammar, M. S., & El-Sawah, N. A. (2017). Effects of shade level and microenvironment on vegetative growth, physiological and biochemical characteristics of transplanted cucumber (*Cucumis sativus*). *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 2(4), 361-368. <https://doi.org/10.26832/24566632.2017.020421>.
- Sönmez, K. & Ellialtıoğlu, Ş. Ş. (2014). Domates, Karotenoidler ve Bunları Etkileyen Faktörler Üzerine Bir İnceleme. *Derim*, 31(2), 107-130.
- Spanos, G.A. & Wrolstad, R.E. (1990). Influence of processing and storage on the phenolic composition of Thompson seedless grape juice. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 38, 1565-1571 <http://doi:10.1021/jf00097a030>.
- Stewart, A.J., Bozonnet, S., Mullen, W., Jenkins, G. I., Lean, M.E.J., & Crozier, A. (2000). Occurrence of flavonols in tomatoes and tomato-based products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 2663-2669.
- Tadesse, T.N., Ibrahim, A.M., & Abteu, W.G. (2015). Degradation and formation of fruit color in tomato (*solanum lycopersicum* l.) in response to storage temperature. *American Journal of Food Technology*, 10(4), 147-157.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2008). *Bitki fizyolojisi. Palme Yayıncılık*, Ankara, 690sy.
- Türkan, İ., Bor, M., Özdemir, F., & Koca, H. (2005). Differential Responses Of Lipid Peroxidation And Antioxidations In The Leaves Of Drought-Tolerant *P. acutifolius* Gray And Drought Sensitive *P. vulgaris* L. Subjected To Polyethylene Glycol Mediates Water Stress. *Plant Science*, 168, 223-231.
- Wada, T., Ikeda, H., Matsushita, K., Kambara, A., Hirai, H., & Abe, K. (2006). Effects of shading in summer on yield and quality of tomatoes grown on a single truss system. *Journal of The Japanese Society for Horticultural Science*, 75(1), 51-58.
- Waheed, K., Nawaz, H., Hanif, M. A., & Rehman, R. (2020). Chapter 46- Tomato. *Plants of South Asia 2020*, 631-644. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102659-5.00046-X>.
- Wang, S. Y. (2006). Effect of pre-harvest conditions on antioxidant capacity in fruits. *Acta Horticulturae*, 712, 299-306. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.712.33>.
- Zhou, R., Yu, X., Li, X., Santos, T. M. D., Rosenqvist, E., & Ottosen, C. O. (2020). Combined high light and heat stress induced complex response in tomato with better leaf cooling after heat priming. *Plant physiology and biochemistry*, 151, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.03.011>.

On the Red Squill Powder (*Drimia maritima*) As a Botanical Rodenticide; a Preliminary Study on Wild *Rattus norvegicus* in Ankara Province

Nuri YİĞİT^{1*}, Emre BARLAS², Şükrü ESİN³, Luwieke BOSMA⁴, Derya ÇETİNTÜRK⁵

^{1,2,5}Biology Department of Faculty of Science, Ankara University, Ankara, Türkiye, ³MetaMata Anatolia Company, Şanlıurfa, Türkiye,

⁴MetaMata Research B.V., Hollanda.

¹<https://orcid.org/0000-0001-8426-2144>, ²<https://orcid.org/0000-0006-7683-1566>, ³<https://orcid.org/0000-0003-2365-4632>

⁴<https://orcid.org/0009-0007-4168-3652>, ⁵<https://orcid.org/0000-0002-1323-4311>

✉: nyigit@science.ankara.edu.tr

ABSTRACT

Rodents constitute an essential place among pest-vector animals; they also have the potential to cause economic losses and health problems. The Red squill plant, which contains scilliroside, especially in its bulbs, has been known as a rodenticide since the early 20th century. However, little research reveals the Red squill's potential as a rodenticide. For this purpose, we produced the baits, including different amounts of red squill powder with peanut butter, and we applied them on *Rattus norvegicus* in the field in Ankara province and in laboratory conditions. In field studies, it was determined that there was no feed avoidance behavior against the bait containing 25 % or below Red squill powder corresponding to 400 mg kg. In laboratory trials, it was found that if Red squill is not covered with suitable material, such as paraffin wax, it deteriorates rapidly and loses its effectiveness due to contact with air. The food contains between 15 – 25 % dried Red squill powder, corresponding to 400 mg/kg, which was found to cause 50 % and more mortality percentages, and it is suitable to apply as a rodenticide.

Zoology

Article Subject

Article History

Received : 18.09.2023

Accepted : 19.11.2023

Keywords

Rodenticide

Red squill

Scilliroside

Rattus norvegicus

Ankara province

Botanik Rodentisit Olarak Ada Soğanı Tozu (*Drimia maritima*) Üzerinde; Ankara İli'nde Yabani *Rattus norvegicus* Üzerine Bir Ön Çalışma

ÖZET

Zararlı vektör hayvanlar arasında önemli bir yer tutan kemirgenler, ekonomik kayıplara ve sağlık sorunlarına da neden olma potansiyeline sahiptir. Özellikle soğanında scilliroside içeren ada soğanı bitkisi, 20. yüzyılın başlarından beri kemirgen öldürücü etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte, ada soğanının bir kemirgen öldürücü olarak potansiyeline ışık tutan çok az araştırma bulunmaktadır. Bu amaçla fıstık ezmesi ile farklı miktarlarda ada soğanı tozu içeren yemler hazırlanarak Ankara ilinde Norveç sıçanı (*Rattus norvegicus*) üzerinde sahada ve laboratuvar koşullarında uygulanmıştır. Saha çalışmalarında % 25 ada soğanı tozu içeren yemlere karşı yemden kaçınma davranışının olmadığı belirlenmiştir. Yapılan laboratuvar denemelerinde ada soğanının parafin mumu gibi uygun bir malzeme ile kaplanmadığı takdirde hızla bozulduğu ve hava ile temasından dolayı etkinliğini kaybettiği görülmüştür. 400 mg/kg veya daha fazlasına tekabül eden %15 – 25 arasında kurutulmuş ada soğanı tozu içeren yemlerin %50 ve daha fazla ölüm oranına neden olduğu ve bitkisel rodentisit olarak kullanılabilceği saptanmıştır.

Zooloji

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 18.09.2023

Kabul Tarihi : 19.11.2023

Anahtar Kelimeler

Rodentisit

Ada soğanı

Scilliroside

Rattus norvegicus

Ankara ili

Atıf Şekli: Yiğit, N., Barlas, E., Esin, Ş., Bosma, L., & Çetintürk, D., (2024) Botanik Rodentisit Olarak Ada Soğanı Tozu (*Drimia Maritima*) Üzerinde; Ankara İli'nde Yabani *Rattus norvegicus* Üzerine Bir Ön Çalışma. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(3), 586-593. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.1358440>.

To Cite : Yiğit, N., Barlas, E., Esin, Ş., Bosma, L., & Çetintürk, D., (2024) On the Red Squill Powder (*Drimia maritima*) As a Botanical Rodenticide; a Preliminary Study on Wild *Rattus norvegicus* in Ankara Province. *KSU J. Agric Nat* 27(3), 586-593. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.1358440>.

INTRODUCTION

Since the beginning of humankind, human beings

have considered many animal species harmful and developed different methods for struggling against

them. Rodents are one of the most important groups of animals; they have the potential to cause economic losses and health problems as pest-vector. Grain production is seriously damaged by rodents in 113 countries (Meerburg et al., 2009). Some rodents reside in close proximity to human settlements and are termed synanthropic rodents (ISSG, 2017), whereas others are regarded as agricultural pests. Especially synanthropic rodents are important in the spread of zoonotic diseases such as humans bubonic plague, typhus, Weil's disease, toxoplasmosis, trichinosis, hantaviruses, babesiosis, Lyme disease, tularemia, cutaneous leishmaniosis, etc. (Buckle & Smith, 1994; Atkinson, 2000; Steppan et al., 2005; Gratz, 2006; WHO, 2006; Robins et al., 2008; Khlyap & Warshavsky, 2010; Khlyap et al., 2012; Kosoy et al., 2015; Buckle, 2012; Wilson et al., 2016).

Around 70 rodent species are distributed in Türkiye (Yiğit et al., 1998; Yiğit et al., 2006). There are mainly a few synanthropic rodent species in Türkiye such as *Mus musculus* (House Mouse), *Mus macedonicus* (Balkan house mouse), *Rattus norvegicus* (Norway rat), and *Rattus rattus* (Black rat). Other rodent species belonging to the genus *Microtus* species, known as voles, are the primary pest in agricultural areas in Türkiye. Rat species are originally native to south-eastern Asia (Buckle & Smith 1994; Steppan et al., 2005; Gratz, 2006; Robin et al., 2008; Wilson et al., 2016). According to the criteria given by McNeely et al. (2001), synanthropic rodents are called invasive alien species in Türkiye.

Biocides, which encompass rodenticides, are now categorized under the term pesticides according to Regulation (EU) No 528/2012. The management of rodent pests in agricultural and urban areas is regulated by the Ministry of Agriculture and Forestry and the Ministry of Health, respectively. Rodenticides are generally considered acute and chronic (subacute) effects under two groups. Acute-acting rodenticides cause sudden death, while chronic ones cause death after day four after ingesting the lethal dose (Buckle & Smith, 1994; Buckle et al., 1994; Pelz et al., 1995). Traditionally, the most commonly used acute-acting rodenticide is wheat prepared by zinc phosphide, known as poisonous wheat, and is commonly used in agricultural fields but banned in urban places in Türkiye. The disadvantage of acute rodenticides is that the rodent develops avoidance behavior of poisoned baits and causes secondary poisoning to other animals (Rowe et al., 1970). This poisoning occurs by direct consumption of the bait or via food chains. Especially in agricultural areas, uncontrolled use of acute rodenticides is known to cause the death of non-target animals such as birds and mammals in Türkiye.

Considering the risks created by acute rodenticides, anticoagulant rodenticides have been used, especially

in urban areas, after the 1950s. Firstly, the first-generation anticoagulant rodenticides (FGARs) were used in rodent control; after a while, the resistance to FGARs appeared in rodents, and then the second-generation anticoagulant rodenticides (SGARs) was developed, but resistance against SGARs has been detected in European and US rat populations (Buckle & Smith, 1994; Pelz et al., 2005; Pelz & Muller, 2007; Rost et al., 2009; Buckle, 2012; Runge et al., 2013). Nowadays, the researchers are focused on the third-generation anticoagulant production. In such a circumstance, this may lead to increased interest in acute rodenticides in the future.

One of the acute rodenticides is scilliroside (CAS number; 507-60-8 and European Community (EC) number; 208-077-4) and is naturally found in the bulbs of the plant named red squill (*Drimia maritima*) merits as an alternative rodenticide to zinc phosphide, an advantage of this substance is that it stimulates the vomiting reflex in accidental poisoning of human and other mammals. Also, low water solubility reduces the risk of environmental contamination (Munch et al., 1929; Buck, 1936; Crabtree, 1947; Verbiscar et al., 1986; Bozorgi et al., 2017). This substance is not approved as a rodenticide in the EU and US. The acute toxicity category is 2 in EU regulations (Oral dose of LD50 ranges from 50 to 500 mg kg). Scilliroside is known to cause death due to delayed myocardial repolarization and tachycardia. However, further research is required; the precise histopathological effects of these anticoagulant rodenticides on organs and tissues are not well understood. Studies have been primarily limited to LD50 dose investigations and have not extensively covered wild races of the Norway rat and black rat. The toxicity and efficacy of scilliroside were reported for bandicoot rat (*Bandicota bengalensis*) with different LD50 doses for males (0.8 mg kg) and females (0.5 mg kg) (Brooks and Htun, 1980). In another report on scilliroside, Lewis (2004) reported that LD50 of scilliroside is orally 430 mg kg (mg/kg or mg kg⁻¹) for laboratory rats. Also, it was stated that the scilliroside may have where acute toxicants are to be used. Red squill powder doses vary from female / male 150 – 825 mg/kg (Munch et al., 1929; Buck, 1936; Crabtree, 1947; Verbiscar et al., 1986; Bozorgi, 2017).

This study gives the results of the analysis of field and lab trials with a botanical rodenticide consisting of powder from the Red squill bulb. The study aims to determine the palatability and effectiveness of botanical rodenticides for rats. In this context, the study involves the evaluation of a plant-based rodenticide with the potential for rodent control, using wild Norway rats captured in Ankara province.

MATERIALS and METHODS

Wild Norwegian Rats

Norway rats (*Rattus norvegicus*) were caught in and around Ankara using Sherman live trap. All samples were captured with the permission of the Ethics Committee decision frame numbered 2020-11-92 and the BAP project numbered 18B0430005 of Ankara University.

Processing of Raw Material of Red Squill

MetaMeta Anatolia Company provided the bulbs of red squill used in this study. The outer covers of the bulbs were peeled, and the bulbs were divided into small pieces. They were dried at 80°C for 48 hours. Dried pieces were ground with a grinder into powder. This powder was kept in containers in the refrigerator (Munch, 1929; Verbiscar et al., 1986).

The Locations and Field Trials

Field trials were conducted in the city center of Ankara and its surrounding towns. Each night, a total of 50 Sherman traps, comprising 25 with poisonous baits and 25 with non-poisonous baits, were used. The poisonous bait was prepared by adding red squill powder to the peanut butter, while the plain bait was peanut butter only. Both baits were placed in carrots, and the carrot was piece set up in the traps. Considering the average weights of Norway rat samples previously caught from Ankara, the weights of the rats varied from 174 to 345 grams, and the average weight was around 260 grams (Yiğit et al., 1998). Thus, 100 mg of red squill powder was added to every bait in the traps during trapping (100 mg of red squill powder remains within reference dose limits of 150 – 825 mg/kg; these values correspond to 25 – 206 mg / 260 g rat).

Captured rats were transferred to the laboratory and taken in individual cages, separating those caught in the poisonous trap and those caught with plain baits. The cages of both groups of rats were given standard rat food (water and rat pellets), so rats were fed ad libitum with solid feed and had free access to water.

Choosing the Dose and Determination of Doses for Palatability

There is ongoing controversy regarding the LD50 doses for *Rattus norvegicus*, and no precise dose has been proposed, particularly for wild Norway rats. The amount of poison used in bait in the references is given both for pure scilliroside form as well as in red squill powder form; the doses of pure scilliroside range from female/male rats 1.1 – 4.3 mg/kg; red squill powder doses vary from female/male 150 – 825 mg/kg (Munch et al., 1929; Buck, 1936; Crabtree, 1947; Verbiscar et al., 1986; Bozorgi, 2017). Fresh and dried red squill powder covered with paraffin wax was

used in experiments. 400 mg/kg dose was chosen by the considering reference range of 150 – 825 mg/kg. Thus, the trials started with testing reference doses of 400 mg/kg red quill powder regardless of gender. First, all rats tested were weighed, and the food amount given to the cages was calculated to the corresponding amount of red squill in the total food. For example, a 200 g rat needs 80 mg of red squill powder. So 0.32 gr of bait (75 % Peanut – 25 % red squill powder) for group 3 corresponds to 400 mg/kg red squill powder. These baits calculated per individual were added to the ad libitum feeding, considering that the rats consumed up to 20 g of food per day. In this way, besides determining the efficacy of Red squill powder, the different ratios of the baits used to test the palatability of red squill powder due to its bitter taste;

0 % peanut – 100 % red squill powder
50 % peanut – 50 % red squill powder
75 % peanut – 25 % red squill powder
80 % peanut – 20 % red squill powder,
85 % peanut – 15 % red squill powder,
90 % peanut – 10 % red squill powder,
95 % peanut – 5 % red squill powder,
97.5 % peanut – 2.5 % red squill powder.

Dose modifications were made to determine whether the animals consumed the bait in each experimental group and their consumption rates. Also, the gastric gavage method gave Red squill powder suspended in water to directly test the efficiency of the 400 mg/kg dose.

Laboratory Observations

The rats caught in the plain traps were transferred to a laboratory and placed in separate cages. All animals were kept in constant conditions (temperature and photoperiod, ad libitum feeding) for five days for acclimatization. After that, the poisoned bait was given in different doses in the cages. In this way, the palatability and effectiveness of poisoned baits and the mortality rate were recorded.

Statistical Analysis

Test groups that applied a different amount of red squill powder were analyzed statistically by the Chi-Square test (IBM, 2013; SPSS).

RESULTS AND DISCUSSION

Percentage of Rats Captured in Sherman Traps with Poisonous and Non-Poisonous Baits

The percentage of catching in non-poisonous and poisonous traps (n: 16) is found to be 44 % in poisonous and 56 % in non-poisoned traps (Figure 1). It can be said that there was no substantial difference in the percentage of Norway rats captured in traps with the poison bait, compared to captures with non-

poison baits (Table 1). However, it was found that there was an avoidance of trapping in Norway rats. More than 10 video recordings were taken from the animals wandering around and not entering the traps, at equal numbers of poisonous and non-poisonous traps. In one case, we put four traps for three nights at the same place; the photo camera recorded that Norway rats wandered around the

traps on the first and second nights, and two animals were caught on the third night. This indicates that rats are suspicious of traps because they are neophobic and fall into the Sherman traps after acclimation. Adult Norwegian rats caught around Ankara weighed between 210 and 340 grams, with an average weight of 250 grams.

Table 1. Norway rats captured from Ankara province in field trails; measurements (mm), weights (g), and bait types (F: female, M: Male, NP: non-poisonous, P: poisonous).

Çizelge 1. Ankara ilinden tarlalarda yakalanan Norveç sıçanları; ölçüler (mm), ağırlıklar (g) ve yem türleri (K: dişi, E: Erkek, NP: zehirsiz, P: zehirli).

Nr/sex/age <i>Numara/cinsiyet/Yaş</i>	Total body length (mm) <i>Toplam vücut uzunluğu (mm)</i>	Tail length (mm) <i>Kuyruk uzunluğu (mm)</i>	Weight (gram) <i>Ağırlık (gram)</i>	Bait type <i>Yem Çeşidi</i>
1/F/juvenile <i>1/D/yavru</i>	110	60	16	NP
2/M/juvenile <i>2/E/yavru</i>	130	70	19	NP
3/F/adult <i>3/D/yetişkin</i>	364	175	245	NP
4/F/adult <i>4/D/yetişkin</i>	385	185	250	P
5/F/adult <i>5/D/yetişkin</i>	401	187	300	NP
6/M/adult <i>6/E/yetişkin</i>	415	190	340	NP
7/F/adult <i>7/D/yetişkin</i>	425	189	205	P
8/F/adult <i>8/D/yetişkin</i>	364	175	145	P
9/F/adult <i>9/D/yetişkin</i>	400	190	300	P
10/M/adult <i>10/E/yetişkin</i>	390	170	210	NP
11/F/Adult <i>11/D/yetişkin</i>	394	192	214	P
12/M/Adult <i>12/E/yetişkin</i>	425	195	305	P
13/M/juvenile <i>13/E/yavru</i>	275	115	59	NP
14/F/Adult <i>14/D/yetişkin</i>	365	175	215	NP
15/F/Adult <i>15/D/yetişkin</i>	340	162	225	NP
16/M/Adult <i>16/E/yetişkin</i>	340	165	145	P

Laboratory Trials with Red Squill Powder

The palatability test was done with red squill powder and peanut butter without paraffin wax, and it was seen that the baits containing 25 % or less red squill powder were preferred. In addition, it was determined that the effectiveness of the baits prepared without paraffin covering decreased after a while. The effectiveness of 25 % red squill powder was also confirmed by giving it to rats (n: 8) via gastric gavage.

Due to the oxidation problem of scilliroside, the baits were prepared in a wax block to cut off their contact with air. Munch (1929) noted that red squill powders stored in screw-top vials in the light for 15 months showed no chance of lethal dose. In this case, red squill powder air contact was cut off. Munch (1929) also suggested that a 10 percent squill biscuit that has been baked was as toxic a year later as the squill content would require. This report is inconsistent with the finding of this study that air contact causes

red squill powder to lose efficacy. Verbiscar et al. (1986) pointed out that the effectiveness of red squill powder would decrease with contact with moisture and air, and it was suspended in agar to be prepared as a product with high uniformity and bioavailability.

After the rats were accustomed to the cages, the trials began with poisonous bait with the bait combination given in Table 2 and the bait form seen in Figure 1. In all bait combinations, while the peanut butter and red squill ratio was changed, the paraffin wax ratio was kept at 60 %. The poisonous baits given to test groups were consumed totally on the same day, likewise for the control groups, indicating that the bait's taste is palatable to rats. The palatability test was also verified with the bait-choice test using poisonous and non-poisonous bait in the same cages and in a laboratory trial for efficacy test performed with 54 rats, 48 rats that were fed poisonous bait containing 400 mg/kg red squill powder in the laboratory died around day four except for six rats. In the pre-mortem phase (1–2 days), any change in daily activity

behavior was not monitored after eating the poisoned bait. The behavior of rats exposed to poisoned baits showed signs of sickness such as not responding to stimuli, reduced mobility, avoidance of feeding, and inability to control the body. By the 3rd–4th day, the rat became increasingly immobile, and especially on the fourth day, rats showed slight hind foot convulsion at the time of near death. The convulsion was similarly reported by Crabtree (1947) and Verbiscar et al. (1986). In this duration, adult rats exposed to poisonous bait lost weights between 15 and 98 g averaging 38 g. The weight losses of the control and experimental groups are given in Figure 2. There was no significant change in the weight loss between the control and experimental groups. This suggests that the weight loss is due to laboratory stress in wild Norwegian rats. The rats did not prefer to eat the baits containing 50 % or more red squill powder. 50 % and more deaths were recorded except for the second and third groups (Table 2).



Figure 1. Baits in the paraffin wax
Şekil 1. Parafine karıştırılmış yemler

Table 2: Dose-dependent trials and the efficacy in ad libitum feeding with the bait.

Çizelge 2: Doza bağlı denemeler ve yemle ad libitum beslemedeki etkinlik.

Groups Gruplar	Percentage of Red squill powder, peanut butter, and paraffin in the baits Yemlerdeki ada soğanı tozu, fıstık ezmesi ve parafin yüzdesi	The total individual number exposed Maruz kalan toplam birey sayısı	Total amount of red squill consumption (mg) per individual during trials Denemeler sırasında birey başına toplam ada soğanı tüketimi miktarı (mg)	Mortality rate % Ölüm oranı %
1	2.5 %, 37.5 %, 60 %	2	250 (3200 mg needs to reach 400 mg kg for 200 g rat)	100
2	5 %, 35 %, 60 %	5	878 (1600 mg needs to reach 400 mg kg for 200 g rat)	40
3	10 %, 30 %, 60 %	14	392 (800 mg needs to reach 400 mg kg for 200 g rat)	21
4	15 %, 25 %, 60 %	2	1772 (530 mg needs to reach 400 mg kg for 200 g rat)	50
5	20 %, 20 %, 60 %	23	1071 (400 mg needs to reach 400 mg kg for 200 g rat)	69
6	25 %, 15 %, 60 %	8	2196 (320 mg needs to reach 400 mg kg for 200 g rat)	63

Inconsistency was observed in the results despite the feed consumption of less than 400 mg/kg in groups 1–3 due to the small number of samples in group 1. Another reason may be that the red squill powder is oxidized or might have different amounts of scilliroside in the red squill onion. It was first reported by Crabtree (1947) that the amount of scilliroside in red squill onions varies. Also, EMEA (1999) reported that Scilliroside varies by 0.01 – 0.53 % in red squill onions. Also, Bozorgi et al. (2017) pointed out two disadvantages of scilliroside, which is

one of the miscellaneous bioactive substances in red squill onion: variation in toxic properties and relatively low toxicity.

It is shown that groups 4–6 in which the bait consumption above 400 mg/kg yielded 50 % or more mortality (Table 2). Lewis (2004) reported that LD50 of scilliroside is orally 430 mg/kg for laboratory race of Norway rats. This LD50 dose was found to be almost similar to this study's results, and a 50 % mortality rate was obtained in this study at this dose.

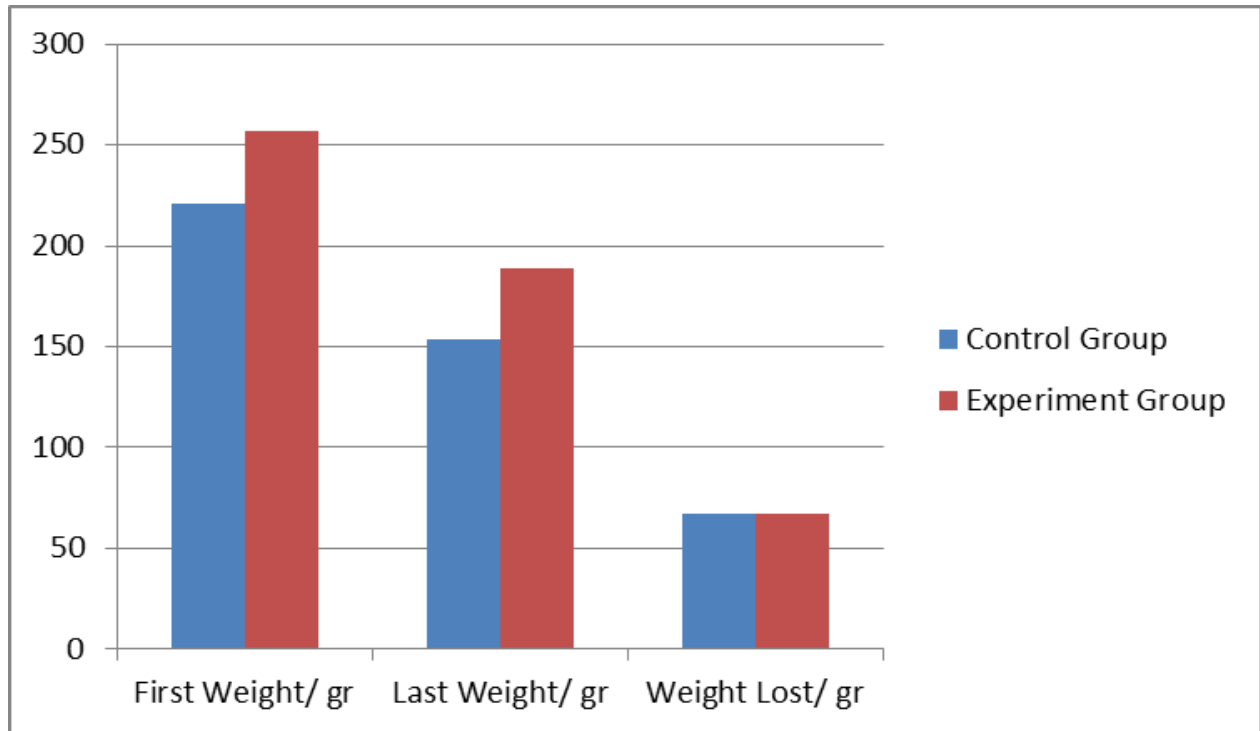


Figure 2. Changes in the weight loss between control and experimental groups
Şekil 2. Kontrol ve deney grupları arasındaki ağırlık kaybındaki değişim

Statistical Analyses

The chi-square test, which was performed considering all groups, was found to be significant ($p < 0.05$). This means that the efficacy of red squill powder varies between groups depending on the dose. However, there was no significant difference ($p > 0.05$) between groups 3–5 with a mortality rate of 50 % and above. This indicates that the doses containing 15 % – 25 % red squill powder can be used as botanical rodenticides.

Post Mortem External and Internal Examination of Rats

In the dissection performed in the post-mortem phase, no abnormal morphology other than weight loss was detected in the external morphology. According to the physical examination of the internal organs, color changes in the form of darkening were detected, especially in the liver and intestines. However,

although it is known that death is due to cardiac arrest, scilliroside is thought to affect the liver and intestines intensely. Also, no morphological difference was observed in the heart.

Unexplained deaths due to stress were frequently observed in the wild Norway rats during the trials. The fact that the wild Norway rats usually die in 4 days shows that this product can be considered a rodenticide with a subacute effect.

Oxidation Problem of Red Squill Powder and Seasonally Variable Amount of Scilliroside

As indicated by Verbiscar et al. 1986, laboratory trials of this study have also shown that this botanical rodenticide is easily oxidized and can be used practically in a protective cover such as a wax block. Maddock and Schoof (1970) reported that stabilized scilliroside is highly effective against Norway rats. In addition, Crabtree (1947), EMEA (1999), Verbiscar et

al. (1986), and Bozorgi et al. (2017) reported that the scilliroside content of red squill product varies seasonally, and the active substance (Scilliroside) in dried bulbs varies from 0.01 % to 0.53 % (EMEA, 1999). Due to this, the dose of LD50 in the laboratory trials varied from 400 mg/kg to 7500 mg/kg. This study also identified oxidation issues and efficacy differences observed in various red squill bulbs, aligning with the findings of the researchers mentioned above.

CONCLUSION

The main findings can be summarized below:

- In areas where wild Norway rats are found, the daily trapping success does not exceed 4%, regardless of whether the bait is poisonous or non-poisonous. This proves trap avoidance behavior.
- The laboratory trials also confirmed that red squill powder has a high palatability of up to 25 % in the bait when mixed with peanut butter and paraffin wax.
- Overall mortality was found to average 48 % within four days (in the range of 1–15 days) in all groups tested. For this reason, the red squill powder has a subacute effect on rats as a botanical rodenticide.
- In experiments with bait containing 15–25 % red squill powder, the mortality rate was found to be 50 % and above (25 % corresponds to 400 mg red squill powder/kg).
- It is thought that the differences in the doses consumed and the mortality rate may be due to the difference in the active substance in the red squill bulbs.
- An important advantage of red squill powder is its emetic effect, so it does not harm non-target animals other than rats. However, its bitter taste, the variable amount of active substance in red squill onions, and relatively low toxicity can be considered a disadvantage.
- Trials of this study have shown no difference in the effectiveness of dried or fresh red squill powder when isolated from the air with a suitable material such as paraffin wax.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was performed in collaboration with MetaMeta Research B.V. as part of the project titled "Bio-based rodent control product" financed and supported by the 'Netherlands Enterprise Agency'.

Researchers' Contribution Rate Statement Summary

The authors declare that they have contributed to the article as 30 % NY, 25 % EB, 15 % ŞE, 15 % LB, and 15 % DÇ.

Conflict of Interest Statement

The article's authors declare that they do not have any conflict of interest.

REFERENCES

- Atkinson, W. P. (2010). *Vector Biology, Ecology and Control*. Springer Science+Business Media B.V. New York.
- Barnett, S. A. (1963). *The rat: A study in behaviour*. Chicago, IL: Aldine Publishing Co.
- Bozorgi, M., Amin, G., Shekarchi, M. & Rahimi, R. (2017). Traditional medical uses of *Drimys* species in terms of phytochemistry, pharmacology and toxicology. *Journal of Traditional Chinese Medicine* 37(1), 124-139. [https://doi.org/10.1016/S0254-6272\(17\)30036-5](https://doi.org/10.1016/S0254-6272(17)30036-5).
- Brooks, J. E. & Htun, P. T. (1980). Laboratory evaluation of scilliroside used as a rodenticide against the lesser bandicoot rat, *Bandicota bengalensis*. *Epidemiology & Infection* 85(2), 227-234. <https://doi.org/10.1017/S0022172400063269>.
- Buck, R. E. (1936). *Chemical and Toxicological Studies on Red Squill*, University of Massachusetts Amherst. Doctoral Dissertations 1896 - February 2014. 902.
- Buckle, A. P. & Smith, R. H. (1994). *Rodent pest and Their Control*. Solidus (Bristol) Limited Press. Cambridge.
- Byers, K. A., Lee, M. J., Bidulka, J. J., Patrick, D. M. & Himsworth, C. G. (2019). Rat in a Cage: Trappability of Urban Norway Rats (*Rattus norvegicus*). *Frontiers in Ecology and Evolution* 7(68). <https://doi.org/0.3389/fevo.2019.00068>.
- Clapperton, B. K. (2006). *A review of the current knowledge of rodent behaviour in relation to control devices (Vol. 263)*. Wellington, New Zealand: Science & Technical Pub., Department of Conservation.
- Crabtree, D., G. (1947). Red Squill-Most Specific of the Raticides. *Economic Botany* 1(4), 394-401.
- EMEA "The European Agency for the Evaluation of Medicinal Products, Veterinary Medicine Evaluation Unit" (1999). *Urginea maritima*, Summary Report. EMEA 7 MRL / 603 / 99-FINAL.
- Gratz, N. (2006). *Vectors- and Rodent -borne Diseases in Europe and North America: their distribution and public health of burden*. Cambridge University Press.
- IBM Corp. Released 2013. *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0*. Armonk, NY: IBM Corp.
- ISSG (Invasive Species Specialist Group). <http://www.iucngisd.org/gisd/>, 23/01/2017.
- Khlyap, L. A. & Warshavsky, A. A. (2010). Synanthropic and Agrophilic Rodents as Invasive Alien Mammals. *Russian Journal of Biological Invasion* 4(4), 301-312. <https://doi.org/10.1134/S2075111710040089>.

- Khlyap, L. A., Bobrov, V. V. & Warshavsky, A. A. (2012). Biological Invasion on Russian Territory: Mammals. *Russian Journal of Biological Invasion* 1(2), 127-140. <https://doi.org/10.1134/S2075111710020128>.
- Kosoy, M., Khlyap, L., Cosson, J. F. & Morand, S. (2015). Aboriginal and Invasive Rats of Genus *Rattus* as Hosts of Infectious Agents. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* 15(1), 3-12. <http://doi.org/10.1089/vbz.2014.1629>.
- Lewis, R. J. Sr. (ed.), (2004). *Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials*. 11th Edition. Wiley-Interscience, Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. p.3189.
- Maddock, D. R. & Schoof, H. F. (1970). New red squill derivative: laboratory and field studies on stabilized scilliroside against Norway rats. *Pest Control* 38 (8), 32-5, 45-6.
- McNeely, J. A., Mooney, H. A., Neville, L. E., Schei, P. & Waage, J.K. (eds.) (2001). *A Global Strategy on Invasive Alien Species*. IUCN Gland, Switzerland, and Cambridge, UK. x + 50 pp.
- Meerburg, B.G., Singleton, G. R. & Kijlstra, A. (2009). Rodent-borne diseases and their risks for public health. *Critical Reviews in Microbiology* 35(3), 221-270. <https://doi.org/10.1080/10408410902989837>.
- Munch, J. C., Silver, J. & Horn, E. E. (1929). *Red Squill Powders As a Raticide*. U. S. Dept. of Agriculture, Technical Bulletin No.134.
- Pelz, H. J., Hänisch, D. & Lauenstein, G.(1995). Resistance to anticoagulant rodenticides in Germany and future strategies to control *Rattus norvegicus*. *Pest management science* 43(1). <https://doi.org/10.1002/ps.2780430110>.
- Pelz, H. J., Rost, S., Hünnerberg, M., Fregin, A., Heiberg, A. C., Baert, K., MacNicoll, A. D., Prescott, C. V., Walker, A. S., Oldenburg, J. & Müller, C. R. (2005). The Genetic Basis of Resistance to Anticoagulants in Rodents. *Genetics* 170, 1839-1847. <ps://doi.org/10.1534/genetics.104.040360>.
- Regulation (EU) No 528/2012 of The European Parliament and of The Council of 22 May (2012). The European Parliament and of The Council concerning the making available on the market and use of biocidal products
- Robins, J. H., McLenachan, P. A., Phillips, M. J., Craig, L., Ross, H. A. & Matissoo-Smith, E. (2008). Dating of Divergences within the *Rattus* Genus Phylogeny Using Whole Mitochondrial Genomes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 49, 460-466. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2008.08.001>.
- Rowe, F. P., Greaves, J. H., Redfern, R. & Martin, A. D. (1970). Rodenticides- problems and current research. *Proceedings of the 4th Vertebrate Pest Conference*, 126-128.
- Runge, M., Keyserlingk, M.V., Braune, S., Becker, D., Plenge-Bönig, A., Freise, J.F., Pelz, H.J. & Estherd, A. (2013). Distribution of Rodenticide Resistance and Zoonotic Pathogens in Norway Rats in Lower Saxony and Hamburg, Germany. *Pest Management Science*, 69, 403-408.
- Steppan, S. J., Adkins, R. M., Spinks, P. Q. & Hale, C. (2005). Multigene phylogeny of the Old World mice, Murinae, reveals distinct geographic lineages and the declining utility of mitochondrial genes compared to nuclear genes. *Molecular phylogenetics and evolution*. 37(2), 370-388. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2005.04.016>.
- Verbiscar, A. J., Banagan, T. F. & Gentry, H. S. (1986). Recent Research on Red Squill As a Rodenticide. *Proceedings of the Twelfth Vertebrate Pest Conference*, 26.
- Wilson D. E., Lacher T. E., Jr. & Mittermeier R. A. (2016). *Handbook of the Mammals of the World. Vol 6. Lagomorphs and Rodents I*. Lynx Edition, Barcelona.
- WHO (World Health Organization). (2006). Pesticides and their application for the Control of Vectors and Pests of Public Health Importance. Sixth edition.
- Yiğit, N., Çolak, E., Sözen, M. & Özkurt, Ş. (1998). The taxonomy and karyology of *Rattus norvegicus* (Berkenhout, 1769) and *Rattus rattus* (Linnaeus, 1758) (Rodentia: Muridae) in Türkiye. *Turkish Journal of Zoology*. 22(3), 203-212.
- Yiğit, N., Çolak, E., Sözen, M. & Karataş, A. (2006). *Rodent of Türkiye*. Meteksan Co. Ankara. ISBN 9944-5560-0-9.



Propilen Oksit'in Kuru Meyve Güvesi *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae)'ya karşı Metil Bromüre Alternatif Bir Fumigant Olarak Değerlendirilmesi

Yeter KÜÇÜKTOPÇU¹, Ali Arda IŞIKBER²

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Samsun, Türkiye, ²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-2104-5764>, ²<https://orcid.org/0000-0003-1213-3532>

✉: ybilgili46@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmada; MeBr'e alternatif olarak Propilen Oksit (PPO)'in *P. interpunctella*'nın hızlı kontrolü için potansiyel kullanımı araştırılmıştır. Bu amaçla, ürünlü (kabuklu fındık ve kuru incir) ve ürünsüz ortamlarda *P. interpunctella*'nın tüm biyolojik dönemlerine (yumurta, larva, pupa ve ergin) karşı tek başına 10 µl l⁻¹ PPO (normal basınç), 10 µl l⁻¹ PPO+vakum (100 mm Hg düşük basınç) ve 10 µl l⁻¹ PPO+kardondioksit (%92 CO₂ konsantrasyonu) uygulamalarının kısa maruz kalma sürelerinde (4 saat) insektisidal etkinliği değerlendirilmiştir. Ürünsüz ortamda yürütülen biyolojik testlerde, yalnızca PPO+vakum uygulamasında zararlının larva dönemi hariç diğer tüm dönemlerinde (ergin, yumurta ve pupa) %100 ve %100'e yakın ölüm oranı tespit edilirken; tek başına PPO ve PPO+CO₂ uygulamalarında ise *P. interpunctella*'nın hiçbir biyolojik döneminde %100 ölüm oranına ulaşamamıştır. Bulgular, PPO'nun vakum altında uygulandığında tek başına PPO ve PPO+CO₂ uygulamalarına kıyasla zararlıya karşı istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek biyolojik aktivite sergilediğini göstermiştir. Ayrıca, ürünlü ortamlarda *P. interpunctella*'ya karşı tüm uygulamaların ölüm oranları arasında da önemli farklılıklar gözlenmiştir. Kuru incir kullanılan ortamda yürütülen biyolojik testlerde, PPO+vakum ve PPO+CO₂ uygulamalarında *P. interpunctella*'nın tüm biyolojik dönemlerinde %54.6 ila %100 arasında ölüm oranları tespit edilirken; kabuklu fındık bulunan ortamda yapılan biyolojik testlerde ise %4.4 ile %36 arasında değişen oranlarda düşük ölüm oranları tespit edilmiştir. Sonuçlara göre *P. interpunctella*'nın tüm biyolojik dönemlerini kontrol edebilmek için kabuklu fındık bulunan ortamda kuru incire kıyasla daha yüksek PPO konsantrasyonuna ihtiyaç duyabileceği görülmüştür. Genel olarak yapılan bu çalışma, özellikle kuru incirlerde PPO+vakum uygulamasının böcek kontaminasyonunda hızlı kontrol için umut verici bir alternatif fumigant olabileceği ortaya çıkarmıştır.

Bitki Koruma

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 02.08.2023

Kabul Tarihi : 16.10.2023

Anahtar Kelimeler

Kuru meyve güvesi
Kuru incir
Fındık
Propilen oksit
Fumigant

Evaluation of Propylene Oxide as an Alternative Fumigant to Methyl Bromide against Dry Fruit Moth *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae)

ABSTRACT

In this study, the potential use of Propylene Oxide (PPO) as an alternative to MeBr for the rapid control of *P. interpunctella* was investigated. For this purpose, the insecticidal efficacy of 10 µl l⁻¹ PPO alone (normal pressure), 10 µl l⁻¹ PPO+vacuum (100 mm Hg low pressure), and 10 µl l⁻¹ PPO+carbon dioxide (92% CO₂ concentration) against all biological stages (eggs, larvae, pupae, and adults) of *P. interpunctella* was evaluated at short exposure times (4 hours) in crop (shelled hazelnuts and dried figs) and crop-free environments. In the biological tests conducted in a product-free environment, PPO+vacuum treatment alone resulted in 100% and near 100% mortality in all biological stages of *P. interpunctella* (adults, eggs, and pupae) except the larval stage, whereas PPO alone and PPO+CO₂ treatment alone did not result in 100% mortality in any biological stage of *P. interpunctella*. The

Plant Protection

Research Article

Article History

Received: 02.08.2023

Accepted: 16.10.2023

Keywords

Dried fruit moth
Dried figs
Hazelnut
Propylene oxide
Fumigant

results showed that PPO exhibited statistically significantly higher biological efficacy against the pest when applied under a vacuum compared to PPO alone and PPO+CO₂. Significant differences were also observed between the mortality rates of all treatments against *P. interpunctella* in crop environments. While the mortality rates ranged from 54.6% to 100% in bioassays with dried figs, low mortality rates ranging from 4.4% to 36% were detected in bioassays with shelled hazelnuts. Overall, this study revealed that PPO+vacuum treatment may be a promising alternative fumigant for rapid control of insect contamination, especially in dried figs.

Atf İçin : Küçüktopçu, Y., & Işıkber, A.A., (2024). Propilen Oksit'in Kuru Meyve Güvesi *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae)'ya karşı Metil Bromüre Alternatif Bir Fumigant Olarak Değerlendirilmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(3), 594-603 DOI: 10.18016/ksutarimdog.a.vi.1335859

To Cite: Küçüktopçu, Y., & Işıkber, A.A., (2024). Evaluation of Propylene Oxide as an Alternative Fumigant to Methyl Bromide against Dry Fruit Moth *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). *KSU J. Agric Nat* 27(3), 594-603. DOI: 10.18016/ksutarimdog.a.vi.1335859

GİRİŞ

Dünya fındık üretiminin yaklaşık %65-70'ini karşılayan Türkiye, dünya fındık üretiminde ve ihracatında lider ülke konumdadır (Karadeniz ve ark., 2021). Türkiye'deki fındık üretim alanı 2021 yılında 7.4 milyon dekar, toplam fındık üretimi miktarı ise 684 bin ton olarak gerçekleşmiştir (Aşkın ve ark., 2022; Bayyurt & Kocakoç, 2023). Fındık, kabuklu kuruyemiş olarak doğrudan tüketilebildiği gibi gıda sanayinde çeşitli şekillerde işlenerek kullanılan değerli bir hammadde haline getirilebilmektedir. Türkiye'nin kuru incir üretimi Türkiye'nin batı bölgesinde yetiştirilen tek bir varyeteden [*Ficus carica* Sarılop (Calimyma)] elde edilmektedir. Türkiye yaklaşık olarak 55 000 ile 60 000 ton kuru incir üretimi ile dünyada lider ülke konumundadır. Kuru incirin pazarlaması eylül sonu ile aralık ayı arasında gerçekleşirken kuru incir üretimin yaklaşık %90'ı ihracata gitmektedir (Şen ve ark., 2009). Son yıllarda kuru incir ihracatı yılın tüm aylarına yayıldığı ve her ay yaklaşık 2 000 ton kuru incir ihracatının yılın daha sonraki aylarda yapıldığı görülmektedir.

Fındık ve kuru incir sektöründe, fındığın ve kuru incirin kurutulması ve depolanması sürecinde depo zararlılarının bulaşması önemli bir sorundur (Ferizli & Emekçi, 2013). Depo zararlıları, fındık tanelerine zarar vererek ürün kalitesini düşürebilir ve kayıplara neden olabilmektedir. Depolanmış fındık zararlıları içerisinde yer alan Kuru Meyve Güvesi [*Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae)] depolanmış fındık gibi kuru meyvelerde yaygın bir zararlıdır. Bu güve türü, popülasyonlarını hızla artırarak kısa süre içerisinde ürünlerde büyük zararlar meydana getirmektedir (Jarratt ve ark., 2001). Zararlının larvaları meyvede beslenerek meyve kalitesini düşürmektedir (Küçüktopçu, 2023). Ayrıca; zararlının vücut kalıntıları, pislikleri ve salgılamış olduğu ağ ve benzeri maddeler nedeniyle de ürünün kalite ve ticari değerinde önemli oranda düşüslere neden olmaktadır (Celik ve ark., 2008; Ferizli &

Emekçi, 2013; Bilgili, 2015). Metil Bromide (MeBr) geniş spektrumlu aktivitesi, düşük maliyeti ve böcekleri hızlı bir şekilde öldürme yeteneği nedeniyle depolanmış ürün zararlılarıyla mücadelede yaygın olarak kullanılmaktadır (Fields & White, 2002). Ancak, MeBr'in ozon tabakasını inceltici etkisi nedeniyle kullanımı sınırlamalara tabi tutulmuştur (Schneider ve ark., 2003; Tütüncü & Emekçi, 2014). MeBr kullanımına getirilen kısıtlamalar ve çevresel etkileri göz önüne alındığında, MeBr'in yerini alacak alternatif yöntemlerin araştırılması giderek daha önemli hale gelmektedir (Küçüktopçu ve ark., 2023). Sert kabuklu meyve endüstrisi, hasat sonrası böcek bulaşmasını önlemek için genellikle fosfin gibi kimyasal fümigantları tercih etmektedir. Ancak; fosfinin karsinojenik etkisi (Alavanja ve ark., 1990; Garry ve ark., 1990), yanıcı oluşu (Ohtani ve ark., 1989), böcek direnci (Benhalima ve ark., 2004; Daglish ve ark., 2014; Sağlam ve ark., 2015; Gautam ve ark., 2016) ve uzun süreli maruz kalma gerekliliği (sıcaklığa bağlı olarak 4 ila 6 gün veya daha fazla) nedeniyle (Ferizli & Emekçi 2013), fosfin kullanımı karantina uygulamaları için uygun olmamaktadır (Işıkber ve ark., 2015). Bu nedenle, hızlı böcek ölümlerinin gerektiği karantina uygulamaları için yeni fümigantların geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Etere benzer bir kokuya ve 35°C kaynama noktasına sahip önemli bir organik kimyasal hammadde olan Propilen oksit (PPO); berrak, renksiz ve uçucu bir sıvı fumiganttır (Bilgili, 2015). PPO, bir fümigant olarak kullanıldığında, metil bromide göre çevresel risklerin önemli ölçüde daha düşük olduğu bilinmektedir. Meylan ve ark. (1986) PPO'nun fümigant olarak insan sağlığına ve çevreye etkilerini incelenmişler; bir fümigant olarak PPO'nun metil bromide kıyasla çevresel risklerinin epeyce düşük olduğunu, ozon tabakasını delici veya inceltici özelliği bulunmadığını, toprakta ve insan midesinde kısa sürede toksik olmayan propilen glikola dönüştüğünü bildirmişlerdir.

PPO'nun en önemli bir dezavantajı, %3-37 arasındaki havada alev alabilme özelliğine sahip olmasıdır. Bu nedenle, PPO'nun güvenli bir şekilde kullanılabilmesi için alev alma riskini azaltmak amacıyla önlemler alınması gerekmektedir. Bunlardan biri, düşük basınç altında veya karbondioksit (CO₂) ile zenginleştirilmiş bir atmosfer altında PPO gazının kullanılmasıdır. Son araştırmalar, PPO'nun fumigant potansiyelinin 100 mm Hg'lik düşük bir basınçta artış gösterdiğini (Isikber ve ark., 2006; Navarro ve ark., 2004), bu sonucun PPO'yu ürünlerin hızlı dezenfeksiyonu noktasında metil bromide alternatif hale getirebileceğini göstermektedir (Anonim, 2023). PPO'nun düşük basınç altında kısa maruz kalma süresinde depolanmış ürün zararlılarına karşı etkili olabileceği, daha önceki laboratuvar çalışmalarında kanıtlanmış olsa da literatürde ürünlü ortamda PPO'nun CO₂ ile birlikte kullanımına ilişkin sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.

Bu çalışmada, karantina uygulamalarında PPO'nun kısa uygulama sürelerinde MeBr'e alternatif bir fumigant olabilme potansiyelinin araştırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla, bu çalışmada ülkemizin tarımsal üretiminde ve ihracatında önemli bir yer tutan fındığın ve kuru meyvelerin depolanması esnasında önemli kayba neden olan *P. interpunctella*'nın tüm gelişme dönemlerine (ergin, larva, yumurta ve pupa) karşı ürünlü ve ürünlü (fındık ve kuru incir) ortamlarda PPO'nun üç farklı koşul altındaki kullanımının [tek başına PPO (normal basınç), PPO+vakum (100 mm Hg düşük basınç ortamı) ve PPO+CO₂ (%92 CO₂ ortamı) insektisidal etkinliği değerlendirilmiştir.

MATERYAL ve METOD

Biyolojik Testlerde Kullanılan Ürünler

Biyolojik testlerde, *Corylus avellana* L. ile *Corylus maxima* Mill. türlerinin melezleri olan ve %10-12 ürün nemi içeren kabuklu çakıldak fındık çeşidi ile %21±1 ürün nemi içeren güneşte kurutulmuş Sarılop (Calımyrna) (*Ficus carica* L.) kuru incir çeşidi kullanılmıştır.

Biyolojik Testlerde Kullanılan Böcek Kültürünün Kaynağı ve Yetiştirilmesi

Biyolojik testlerde *P. interpunctella*'nın tüm biyolojik dönemleri kullanılmıştır. Bu biyolojik testlerde kullanılan *P. interpunctella* kültürünün ana materyali Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Laboratuvarı'ndan temin edilmiştir. *P. interpunctella* yetiştirilmesi için kullanılan besin karışımında her 2 kg buğday kepeği için 350 g mısır unu, 350-400 ml gliserin, 450-500 ml glikoz şurubu ve 1 çay kaşığı inaktif maya bulunmaktadır. Buğday kepeği ve mısır unu, böcek bulaşma riskine karşı 3-4 gün boyunca -20 °C sıcaklıktaki derin dondurucuda

bekletilmiştir. Belirlenen oranlarda ürünler ilk önce elle iyice karıştırılmış ve ardından elde edilen karışım mikserden geçirilmiştir. *P. interpunctella* erginlerinin yumurtalarını elde etmek amacıyla erginler vakum yardımıyla kültür kavanozlarından alınarak 3 L'lik bir cam kavanoza aktarılmış ve kavanozun ağzı tülle kapatılmıştır. Bu ergin şişesi, iklimlendirme kabini içinde 1 gün boyunca bekletildikten sonra ağzına sadece yumurtaların geçebileceği bir tül yerleştirilmiştir. Şişe daha sonra ters çevrilerek yumurtaların bir kâğıt üzerine düşmesi sağlanmıştır. Kâğıt üzerinde toplanan bu yumurtalar, her bir kavanoz için 400-500 adet olacak şekilde içerisinde 350-400 g besin bulunan 3 litrelik kavanozlara eklenmiş ve kavanozların ağızları hava geçişine izin verecek genişlikte bir tülle kapatılmıştır. Daha sonra bu kültür kavanozları, 30±1°C sıcaklık ve %65±5 nispi nemdeki inkübatörde tamamen karanlık koşullarda tutularak böcek gelişimleri günlük olarak düzenli şekilde kontrol edilmiştir. Tüm araştırma periyodu boyunca bu işlemlere devam edilerek kültür devamlılığı sağlanmıştır.

Fümigant

Çalışmada kullanılan PPO fümigantı, SERVA Electrophoresis GmbH'den (Heidelberg, Almanya) firmasından >%99 saflıkta (CAS no. 75569, Kat. no. 33715) temin edilmiştir. PPO, uygulama aşamasında kullanılmak üzere gaz geçirmez şırınga (Hamilton Company, Bonaduz, İsviçre) kullanılarak 100 ml'lik cam şişeye aktarılmış ve ağzı kauçuk bir septum ile kapatılmıştır. Uygulama sırasında, belirlenen konsantrasyonda PPO'nun gaz sızdırmaz bir mikro şırınga kullanılarak cam şişeden çekilmesi sağlanmıştır.

Karbon dioksit (CO₂) Gazı

Biyolojik testlerde kullanılan CO₂, Linde Gaz (Ankara, Türkiye) firmasından <%99 saflıkta ve basınçlı çelik silindir içerisinde temin edilmiştir.

Fümigasyon Çemberi

Fümigasyon çemberi, metal kapaklı 3 L'lik cam kavanozlardan oluşmaktadır. Kavanozların kapaklarında bir giriş ve bir çıkış deliği bulunan metal rekorlar yer almaktadır. Giriş ve çıkış deliklerinin üzerine 5 cm uzunluğunda ve 0.62 cm çapında iki adet silikon hortum yerleştirilmiştir. Bu hortumlar, gazın giriş ve çıkışını sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Hortumlar metal kıskaçlar kullanılarak sıkıca bağlanmış ve gaz sızdırmaz bir ortam oluşturulmuştur. Metal kapaklar kapatıldıktan sonra, kapakların etrafına silikon sürülerek gaz sızıntısının engellenmesi sağlanmıştır. Bu sayede fümigasyon çemberi içerisinde vakum ve PPO uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Ürünsüz Ortamda Yürütülen Biyolojik Testler

Biyolojik deneylerde, *P. interpunctella*'nın 1-2 günlük erginleri, pupaları ve son dönem larvalarından (28-32 gün) 20 adet kullanılırken; *P. interpunctella*'nın 1-2 günlük yumurtaları ise 50 adet kullanılmıştır. Tüm dönemlerdeki bireyler, 50 ml'lik şişelere yerleştirilmiştir. Larvalar için, şişelere hacimlerinin 1/3'ü kadar taze besin (10 gr) eklenmiştir. Bu besin, larvaların beslenmesini sağlamak için kullanılmıştır. Şişelerdeki böceklerin kaçmasını engellemek ve PPO gazının tüplere girmesini sağlamak için, tüplerin ağızları tülle kapatılarak plastik lastikle tutturulmuştur. Bu önlem, böceklerin kontrollü bir ortamda tutulmasını sağlamak ve gaz uygulamasının etkili olmasını sağlamak için alınmıştır. Bu hazırlanan şişeler daha sonra 3 L'lik metal kapaklı cam kavanozlara (fümigasyon çemberi) yerleştirilmiştir. Bu şekilde, fümigasyon çemberi içerisinde gazın sızdırmaz ortam sağlanmıştır. Propilen oksit'in düşük basınç (vakum) ile uygulanması için, KNF marka vakum pompası (Almanya) kullanılarak 3 L'lik fümigasyon çemberinin havası alınmış ve basınç 100 mm Hg'a kadar düşürülmüştür. Fümigasyon çemberi içindeki düşük basınç seviyesi (vakum), Celesco model SE-2000 vakum basınç ölçer kullanılarak ölçülmüştür. Daha sonra, test edilecek olan PPO, 50 µl'lik Hamilton mikro şırınga kullanılarak 10 µl l⁻¹ konsantrasyonda fümigasyon çemberi içerisine enjekte edilmiştir. Propilen oksit'in yüksek CO₂ konsantrasyonu altında uygulanması için, fümigasyon çemberi içinde 60.8 mm Hg düşük basınç oluşturulmuştur. Daha sonra fümigasyon çemberi içindeki basınç normal atmosferik basınç seviyesine dönene kadar CO₂ gazı fümigasyon çemberi içinde sirküle edilmiştir. CO₂/O₂ ölçüm cihazı (CheckPoint, PBI-Dansensor, Danimarka) kullanılarak fümigasyon çemberi içerisindeki CO₂ gaz konsantrasyonunun ölçümü yapılmıştır. İstenilen %92 CO₂ seviyesine ulaşıldıktan sonra, 50 µl'lik mikro şırınga kullanılarak 10 µl l⁻¹ konsantrasyonda PPO fümigasyon çemberi içerisine enjekte edilmiştir. Propilen oksit'in tek başına (normal basınç altında) uygulamasında, *P. interpunctella*'nın tüm dönemleri fümigasyon çemberine yerleştirildikten sonra PPO'nun 10 µl l⁻¹ konsantrasyonu doğrudan fümigasyon çemberine enjekte edilmiştir.

Biyolojik testlerde, *P. interpunctella*'nın tüm dönemleri 4 saat boyunca tek başına 10 µl l⁻¹ PPO, 10 µl l⁻¹ PPO + %92 CO₂ ve 10 µl l⁻¹ PPO + 100 mm Hg vakum uygulamalarına maruz bırakılmıştır. Ayrıca, önceki deney koşullarına ek olarak, zararlının tüm dönemleri 4 saat boyunca PPO olmaksızın ayrı ayrı vakum uygulamasına (100 mm Hg düşük basınç) ve CO₂ gazı uygulamasına (%92 CO₂ konsantrasyonu) maruz bırakılmıştır. Biyolojik testler tamamlandıktan sonra, uygulama kapları; kavanozların kapakları hızlı bir şekilde kapatılmış ve 4 saat süresince tamamen karanlık, 26±1°C sıcaklık ve %65±5 nispi nem içeren

bir iklim odasında bekletilmiştir. Her bir PPO uygulaması 4 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve her uygulama için 4 adet kontrol grubu bırakılmıştır.

Ürünlü Ortamda Yürütülen Biyolojik Testler

Ürünlü ortamda yapılan biyolojik testler, ürünsüz ortamdaki testlerle aynı deneme prosedürlerini takip ederek gerçekleştirilmiştir. Tek fark, 3 L'lik metal kapaklı cam kavanozların içine 1.3 kg kuru incir veya 1.3 kg kabuklu fındık yerleştirilerek oluşturulan fümigasyon çemberlerinin kullanılmasıdır.

Verilerin Değerlendirilmesi ve Analizi

Biyolojik testler, %65±5 nispi nem ve 26±1 °C sıcaklıkta karanlık bir iklim odasında gerçekleştirilmiştir. Biyolojik test uygulamalarından sonra, yumurtalar cam şişeden çıkarılarak mikadan yapılmış küçük delikler içeren hücrelere yerleştirilmiş ve 1 hafta sonra ölü ve canlı sayımı yapılmıştır. Larvalar, pupa aşamasına geçinceye kadar; pupalar ise ergin aşamasına geçinceye kadar bekletildikten sonra ölü ve canlı sayımı yapılmıştır. Ergin bireylerde ise uygulamadan 1 gün sonra ölü ve canlı bireylerin sayımı yapılmıştır. Kontrol gruplarında ölümlerin fazla olması durumunda, veriler üzerinde Abbott formülü (Abbott, 1925) kullanılarak düzeltilmiş ölüm oranları hesaplanmış ve elde edilen bu düzeltilmiş ölüm oranlarına Arcsin transformasyonu uygulandıktan sonra SAS 9 istatistik programı (SAS, 2009) kullanılarak çift yönlü varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıklar, %5 önem düzeyinde Tukey testi kullanılarak belirlenmiştir.

BULGULAR

Ürünsüz Ortamda Propilen oksit Uygulamasına Ait Biyolojik Testler

Ürünsüz ortamda yapılan çalışma sonucunda; PPO+vakum uygulamasının *P. interpunctella* ergin ve pupa dönemlerinde %100 ölüm oranı belirlenirken, aynı uygulamada zararlının yumurta döneminde %98.3 ölüm oranı tespit edilmiştir. Ayrıca, PPO+CO₂ uygulamasının *P. interpunctella* erginlerinde %100'e yakın ölüm oranı belirlenmiştir (Çizelge 1). PPO+vakum ve PPO+CO₂ uygulamalarının tek başına PPO uygulamasına kıyasla zararlının tüm dönemlerinin üzerinde istatistiksel olarak önemli derecede daha yüksek insektisidal etkinlik gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 1). PPO+vakum ve PPO+CO₂ uygulamalarında *P. interpunctella* ergin ve larvaların ölüm oranları istatistiki olarak benzer bulunurken yumurta ve pupa dönemlerinde PPO+vakum uygulamasından elde edilen ölüm oranları PPO+CO₂ uygulamasından önemli seviyede daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 1). Tek başına PPO uygulamasında böcek dönemlerine ait ölüm oranları

arasında istatistiki olarak önemli fark bulunmazken (P=0.7855) PPO+vakum ve PPO+CO₂ uygulamalarında böcek dönemlerine ait ölüm oranları arasında istatistiki olarak önemli fark bulunmuştur (sırasıyla P<0.0001 ve P=0.0005). PPO+vakum uygulamasında ergin ve pupa ölüm oranları aynı grupta yer alırken bu iki dönemin ölüm oranları larva

ve yumurtadan elde edilen ölüm oranlarından istatistiki olarak daha yüksek bulunmuştur. PPO+CO₂ uygulamasında larva, yumurta ve pupa ölüm oranları aynı grupta yer alırken bu üç dönemin ölüm oranları erginden elde edilen ölüm oranlarından istatistiki olarak daha düşük bulunmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Farklı uygulamalara 4 saat boyunca maruz bırakılan *Plodia interpunctella*'nın yumurta, larva, pupa ve erginlerine ait düzeltilmiş ölüm oranları (%)

Table 1. Corrected mortality rates (%) of eggs, larvae, pupae, and adults of *Plodia interpunctella* exposed to different treatments for 4 hours

Uygulamalar <i>Applications</i>	Düzeltilmiş yüzde ölüm (%) ± S. hata <i>Adjusted percent mortality (%) ± S. error</i>				F ve P değeri <i>F and P value</i>
	Yumurta <i>Egg</i>	Larva <i>Larvae</i>	Pupa <i>Pupa</i>	Ergin <i>Adult</i>	
PPO	43.47±3.19	45.20±2.23	44.77±1.49	42.10±2.14	F _{3,12} =0.4
PPO	Ca	Ba	Ca	Ba*	P=0.7855
PPO+vakum	98.36±0.54	67.12±2.23	100±0	100±0	F _{3,12} =174.9
PPO+vakuum	Ab	Ac	Aa	Aa	P<0.0001
PPO+CO ₂	76.08±1.98	71.23±2.62	74.62±1.49	94.73±3.03	F _{3,12} =12.80
PPO+CO ₂	Bb	Ab	Bb	Aa	P=0.0005
Kontrol <i>Control</i>	8±0.81	12.5±1.44	16.25±1.25	5.00±2.04	Uygulamalar: F _{2,36} =361.22, P<0.0001 Dönemler: F _{3,36} =43.97, P<0.0001
F ve P değeri <i>F and P value</i>	F _{2,9} =139.1 P<0.0001	F _{2,9} =31.9 P<0.0001	F _{2,9} =1052.5 P<0.0001	F _{2,9} =66.1 P<0.0001	Uygulaması x Dönemler: F _{6,36} =25.87, P<0.0001

*Ortalamalar arasındaki farklılıklar % 5 önem seviyesinde Tukey testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütunda bulunan farklı büyük harfler ve aynı satırda bulunan farklı küçük harfler istatistiksel açıdan birbirinden farklıdır.

Dört saat boyunca tek başına %92 CO₂ ve 100 mm Hg vakum uygulamalarına maruz bırakılan *P. interpunctella*'nın ergin, larva, yumurta ve pupalarında çok düşük seviyelerde (%5 ile %20 arasında) ölüm oranları tespit edilmiştir. %92 CO₂ ve

100 mm Hg vakuma maruz bırakılan *P. interpunctella*'nın tüm dönemlerindeki ölüm oranları ile kontrol grubundaki ölüm oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklarının bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. 4 saat süre ile tek başına %92 CO₂ ve 100 mm Hg vakuma maruz bırakılan *Plodia interpunctella*'nın ergin, larva, yumurta ve pupalarına ait ölüm oranları (%)

Table 2. Mortality rates (%) of eggs, larvae, pupae, and adults of *Plodia interpunctella* exposed to 92% CO₂ and 100 mm Hg vacuum alone for 4 hours

Uygulamalar <i>Applications</i>	Yüzde ölüm (%) ± S. hata <i>Percent mortality (%) ± S. error</i>			
	Yumurta <i>Egg</i>	Larva <i>Larvae</i>	Pupa <i>Pupa</i>	Ergin <i>Adult</i>
Kontrol (<i>Control</i>)	6.5±0.5	5±0	17.5±1.44	6.25±1.25
100 mm Hg vacuum <i>100 mm Hg vacuum</i>	7.5±0.5	8.75±1.25	20±2.04	8.75±1.25
%92 CO ₂	7±0.57	7.5±1.44	18.75±1.25	7.5±1.44
F ve P değeri <i>F and P value</i>	F _{2,9} =0.90 P=0.4402	F _{2,9} =3.00 P=0.1004	F _{2,9} =0.57 P=0.5826	F _{2,9} =0.90 P=0.4402

Ürünlü Ortamda Propilen oksit Uygulamasına Ait Biyolojik Testler

Kuru incir ile yürütülen çalışmalar

PPO+vakum ve PPO+CO₂ uygulamalarına maruz bırakılan *P. interpunctella* erginlerinde %100 ölüm oranı tespit edilirken bu iki uygulamada ergin dönemine ait ölüm oranlarının tek başına PPO uygulamasının ergin dönemine ait ölüm oranından istatistiksel açıdan önemli ölçüde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. PPO+vakum uygulamasına maruz kalan *P. interpunctella* larva ve pupalarında meydana gelen ölüm oranları, tek başına PPO ve PPO+CO₂ uygulamalarında meydana gelen ölüm oranlarından önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 3). PPO+CO₂ uygulamasına maruz bırakılan *P. interpunctella* larva ve pupa dönemlerinde meydana gelen ölüm oranları ile tek başına PPO uygulamasına ait ölüm oranları istatistiksel olarak benzer bulunurken, PPO+CO₂ uygulamasına maruz bırakılan

ergin ve yumurta dönemine ait ölüm oranları PPO uygulamasına ait ölüm oranlarından istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 3). Tüm PPO uygulamasında ergin dönemi dışında hiçbir böcek dönemin %100 ölüme elde edilememiştir. Tek başına PPO, PPO+vakum ve PPO+CO₂ uygulamalarında böcek dönemlerine ait ölüm oranları arasında istatistiki olarak önemli fark bulunmuştur (P<0.0001). Tek başına PPO ve PPO+vakum uygulamalarında larva ve yumurta ölüm oranları aynı grupta yer alırken bu iki dönemin ölüm oranları ergin ve pupadan elde edilen ölüm oranlarından istatistiki olarak daha düşük bulunmuştur. PPO+CO₂ uygulamasında yumurta ve pupa ölüm oranları ayı grupta yer alırken bu iki dönemin ölüm oranları erginden elde edilen ölüm oranlarından istatistiki olarak daha düşük, ancak larvadan elde edilen ölüm oranlarından istatistiki olarak daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Kuru incir bulunan ortamda 4 saat boyunca farklı uygulamalara maruz bırakılan *Plodia interpunctella*'nın yumurta, larva, pupa ve erginlere ait düzeltilmiş ölüm oranları (%)

Table 3. Adjusted mortality rates (%) of eggs, larvae, pupae, and adults of *Plodia interpunctella* exposed to different treatments for 4 hours in the environment with dried figs

Uygulamalar Applications	Düzeltilmiş yüzde ölüm (%) ± S. hata Adjusted percent mortality (%) ± S. error				F ve P değeri F and P value
	Yumurta Egg	Larva Larvae	Pupa Pupa	Ergin Adult	
PPO	52.51±1.67	46.66±2.17	65.67±1.49	69.73±1.31	F _{3,12} =40.4
PPO	Bb	Bb	Ba	Ba*	P<0.0001
PPO+vakum PPO+vacuum	67.59±1.44	61.33±2.55	91.04±1.59	100±0	F _{3,12} =203.1
PPO+vakum	Ac	Ac	Ab	Aa	P<0.0001
PPO+CO ₂	69.83±1.11	54.66±1.53	71.64±1.49	100±0	F _{3,12} =619.2
PPO+CO ₂	Ab	BAC	Bb	Aa	P<0.0001
Kontrol Control	10.5±0.5	6.25±2.39	16.25±2.39	5.00±2.04	Uygulamalar: F _{2,36} =315.74, P<0.0001 Dönemler: F _{3,36} =550.57, P<0.0001
F ve P değeri F and P value	F _{2,9} =42.1 P<0.0001	F _{2,9} =11.7 P=0.0032	F _{2,9} =60.6 P<0.0001	F _{2,9} =1607.8 P<0.0001	Uygulamalar x Dönem: F _{6,36} =25.87, P<0.0001

*Ortalamlar arasındaki farklılıklar % 5 önem seviyesinde Tukey testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütunda bulunan farklı büyük harfler ve aynı satırda bulunan farklı küçük harfler istatistiksel açıdan birbirinden farklıdır.

Kabuklu fındık ile yürütülen çalışmalar

Yapılan çalışma sonucunda, PPO+vakum ve PPO+CO₂ uygulamalarına maruz bırakılan *P. interpunctella* ergin ve pupa dönemlerinin ölüm oranlarının istatistiksel olarak birbirlerine benzer olduğu ve bu ölüm oranlarının tek başına PPO uygulamasında elde edilen ölüm oranından istatistiksel olarak daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4). PPO+vakum uygulamasına maruz bırakılan *P. interpunctella* larvalarının ölüm oranının, PPO+CO₂ ve tek başına PPO uygulamalarında meydana gelen ölüm

oranlarından önemli derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. PPO+vakum uygulamasına maruz bırakılan *P. interpunctella* yumurtalarının ölüm oranı, PPO+CO₂ uygulamasındaki ölüm oranına kıyasla istatistiksel olarak önemli ölçüde daha düşük bulunurken, tek başına PPO uygulamasındaki ölüm oranından önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Kabuklu fındık bulunan ortamda yapılan çalışma sonucunda, 4 saat tek başına PPO uygulamasına ve PPO + %92 CO₂ ve 100 mm Hg vakum kombinasyonuna maruz bırakılan *P.*

interpunctella'nın tüm dönemlerinde %1 ile %36 arasında değişen oranlarda düşük ölüm oranları tespit edilmiştir (Çizelge 4). Tüm PPO uygulamasında hiçbir böcek dönemin %100 ölüme elde edilememiştir. Tek başına PPO, PPO+vakum ve PPO+CO₂ uygulamalarında böcek dönemlerine ait ölüm oranları arasında istatistiki olarak önemli fark bulunmuştur (sırasıyla P=0.0014, P<0.0001 ve P<0.0001).

PPO+vakum uygulamalarında larva ve yumurta ölüm oranları aynı grupta yer alırken bu iki dönemin ölüm oranları ergin elde edilen ölüm oranlarından istatistiki olarak daha düşük bulunmuştur. PPO+CO₂ uygulamasında larva ve pupa ölüm oranları ayı grupta yer alırken bu iki dönemin ölüm oranları ergin ve yumurtadan elde edilen ölüm oranlarından istatistiki olarak daha düşük, bulunmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. Kabuklu fındık bulunan ortamda 4 saat süre ile farklı uygulamalara maruz bırakılan *Plodia interpunctella*'nın yumurta, larva, pupa ve erginlere ait düzeltilmiş ölüm oranları (%)

Table 4. Corrected mortality rates (%) of eggs, larvae, pupae, and adults of *Plodia interpunctella* exposed to different treatments for 4 hours in the environment with shelled hazelnuts

Uygulamalar <i>Applications</i>	Düzeltilmiş yüzde ölüm (%) ± S. hata <i>Adjusted percent mortality (%) ± S. error</i>				F ve P değeri <i>F and P value</i>
	Yumurta <i>Egg</i>	Larva <i>Larvae</i>	Pupa <i>Pupa</i>	Ergin <i>Adult</i>	
PPO	0.54±0.31	5.63±1.40	6.77±1.48	1.00±1.00	F _{3,12} =9.9
PPO	Cb	Ca	Ba	Bb*	P=0.0014
PPO+vakum <i>PPO+vacuum</i>	4.39±0.63	19.71±1.40	18.30±1.62	28.07±1.53	F _{3,12} =65.9
PPO+vakum	Bc	Ab	Ab	Aa	P<0.0001
PPO+CO ₂ <i>PPO+CO₂</i>	33.51±1.05	12.67±1.62	12.67±1.62	36.02±0.00	F _{3,12} =72.4
PPO+CO ₂	Aa	Bb	Ab	Aa	P<0.0001
Kontrol <i>Control</i>	9±0.57	11.25±1.25	11.25±1.25	6.25±1.25	Uygulamalar: F _{2,36} =203.71, P<0.0001 Dönemler: F _{3,36} =11.83, P<0.0001
F ve P değeri <i>F and P value</i>	F _{2,9} =198.2 P<0.0001	F _{2,9} =21.9 P=0.0003	F _{2,9} =12.8 P=0.0023	F _{2,9} =108.9 P<0.0001	Uygulamalar x Dönem: F _{6,36} =39.24, P<0.0001

*Ortalamlar arasındaki farklılıklar % 5 önem seviyesinde Tukey testine göre ortaya konmuştur. Aynı sütunda bulunan farklı büyük harfler ve aynı satırda bulunan farklı küçük harfler istatistiksel açıdan birbirinden farklıdır.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Metil bromide ozon delici madde listesinde yer almasından dolayı kullanımının yasaklanması sonrası depolanmış ürün zararlılarının mücadelesinde metil bromidin yerine geçecek bazı alternatif kimyasal fümigantlar önerilmiştir (UNEP, 1995). Bunların arasında bulunan propilen oksit kısa uygulama süresinde bazı depolanmış ürün zararlılarının mücadelesinde kullanılmasına yönelik umut verici sonuçlar vermiştir (Isikber ve ark., 2002; Navarro ve ark., 2004; Isikber ve ark., 2006). Ancak çevresel koşulları, ürünün tipi ve ekipmanın performansı gibi birçok koşullar ticari fümigasyonu etkilediği bilinmektedir. Propilen oksitin depolanmış ürün zararlısı böceklerle karşı etkinliğinin ve ürün içerisindeki penetrasyon yeteneğinin bilinmesi PPO gazının gıda sanayinde ticari fümigant olarak kullanılmasında büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda bu çalışmada tek başına PPO, PPO+vakum ve PPO+CO₂ uygulamalarının ürünlü ve ürünsüz ortamda *P. interpunctella*'nın tüm biyolojik dönemlerine karşı biyolojik etkinliği araştırılmıştır.

Ürünsüz ortamda yürütülen biyolojik testlerde,

ürünsüz ortamda 10 µl l⁻¹ PPO+vakum uygulamasının *P. interpunctella*'nın ergin, yumurta ve pupalarının %100 ve %100'e yakın ölüm oranlarına neden olduğu tespit edilmiştir. 10 µl l⁻¹ PPO+CO₂ uygulaması ise sadece *P. interpunctella*'nın erginlerinde %100'e yakın ölüm oranına yol açmıştır. Tek başına PPO uygulamasında hiçbir biyolojik dönemde %100 ölüm oranına ulaşamamıştır. Kuru incir kullanılan ortamda yürütülen biyolojik testlerde, 10 µl l⁻¹ PPO+vakum uygulamasında *P. interpunctella* erginlerinin ölüm oranının %100 olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Misumi ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada PPO+vakum uygulamasında zararlı erginlerinin ölüm oranının %100 olduğunu belirtmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışma kapsamında yapılan biyolojik testlerden elde edilen sonuçlar, PPO'nun vakum veya yüksek CO₂ konsantrasyonu altında uygulandığında tek başına PPO uygulamasına kıyasla *P. interpunctella*'ya karşı daha yüksek insektisidal etkinliğe sahip olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde; Navarro ve ark. (2004), yürütmüş oldukları çalışmada; PPO'nun 100 mm Hg vakum ve %92 CO₂ ile kombinasyon halinde

kullanıldığında *T. castaneum*'un yumurta dönemi hariç diğer tüm gelişme dönemlerindeki ölüm oranlarının tek başına PPO uygulamasındaki ölüm oranlarına kıyasla önemli oranda daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Bu sonuçlar; PPO+vakum ve PPO+CO₂ kombinasyonlarının etkili bir şekilde zararlılar üzerinde biyolojik etkinlik sağladığını kanıtlamaktadır. Bir başka anlamda yapılan çalışmalar neticesinde, 100 mm Hg ve %92 CO₂in PPO'nun zararlılara karşı toksisitesi üzerine sinerjistik bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan tüm biyolojik uygulamalarda, ürünsüz ve ürünlü (kuru incir ve fındık) ortamların *P. interpunctella* üzerindeki etkinliklerinde önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmaların sonucunda, *P. interpunctella*'nın tüm biyolojik dönemlerini baskı altına alabilmek amacıyla kabuklu fındık bulunan ortamda kuru incire kıyasla daha yüksek PPO konsantrasyonuna ihtiyaç duyulduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun, kabuklu fındığın kuru incire göre daha yüksek PPO absorpsiyon oranına sahip olduğundan kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Isikber ve ark. (2006); PPO'nun yerfıstığı, badem ve ceviz gibi yağlı ürünlerde hızlı bir şekilde absorbe edildiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Zettler ve ark. (2003) araştırmalarında badem, pıkan cevizi ve ceviz gibi ürünlerin PPO'yu hızlı bir şekilde absorbe ettiğini rapor etmişlerdir. Ayrıca, Isikber ve ark. (2012) tarafından yürütülen çalışmada; kuru incirde PPO'nun daha düşük oranda absorbe edildiğini (ilk PPO konsantrasyonunun %50'si) bildirmişlerdir. Bu bulgular, ürün tipinin PPO absorpsiyonunu etkileyebileceğini ve kuru incirin diğer yağlı ürünlere göre daha az absorpsiyon gösterdiğini göstermektedir.

Bu çalışmanın sonuçları, PPO'nun 100 mm Hg düşük basınç ve %92 CO₂ ile kombinasyonunun özellikle kuru incirde böcek bulaşmalarının hızlı bir şekilde kontrol edilmesinde (karantina uygulamalarında) metil bromide potansiyel bir alternatif fümigant olarak kullanılabilirliğini göstermektedir. Ancak, bu sonuçların pratikte kullanımı için büyük ölçekli ticari denemelerin yapılması gerekmektedir. Bir başka deyişle bu çalışmanın uygulanabilirliği, bu çalışmaya ek gelecekte yapılacak olan farklı çalışmaların yapılması ile mümkün olacaktır. Bu nedenle, PPO'nun ticari kullanımı için daha fazla çalışma ve değerlendirme yapılması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, yüksek lisans tez çalışmasının verilerini içermektedir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18(2), 265-267.
- Alavanja, M.C., Blair, A., & Masters, M.N. (1990). Cancer mortality in the US flour industry. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, 82(10), 840-848. <https://doi.org/10.1093/jnci/82.10.840>.
- Anonim, (2023). Propilen oksit. https://www.atamanchemicals.com/propylene-oxide_u27184/?lang=TR. (Alınma tarihi: 17.01.24).
- Aşkın, A.K., Yiğit, Ş., Saruhan, İ., & İzzet, A. (2022). Biyolojik Preparatların *Halyomorpha halys* (Stål, 1885) (Hemiptera: Pentatomidae)'a Karşı Etkinliğinin Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(1), 100-104. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.891237>.
- Bayyurt, D., & Kocakoç, İ.D. (2023). Yapay Sinir Ağları NARX ile Türkiye Fındık Üretim Miktarı Tahmini. *Giresun Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 9(1), 15-35. <https://doi.org/10.46849/guibd.1271782>.
- Benhalima, H., Chaudhry, M., Mills, K., & Price, N. (2004). Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. *Journal of Stored Products Research*, 40(3), 241-249. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(03\)00012-2](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(03)00012-2).
- Bilgili, Y. (2015). *Propilen oksitin depolanmış ürün zararlılarının karantina uygulamalarında metil bromide alternatif fümigant olarak değerlendirilmesi (Tez no 379687)*. [Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, Kahramanmaraş, Türkiye., 74s.]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Celik, N., Sullivan, G., Ozman-Sullivan, S., & Ocal, H. (2008). Insect Pests of Stored Hazelnuts in Samsun Province, Turkey. VII International Congress on Hazelnut 845. Viterbo, Italy, 27 June 2008, pp. 515-520.
- Daglish, G.J., Nayak, M.K., & Pavic, H. (2014). Phosphine resistance in *Sitophilus oryzae* (L.) from eastern Australia: Inheritance, fitness, and prevalence. *Journal of Stored Products Research*, 59, 237-244. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2014.03.007>.
- Ferizli, A.G., & Emekçi, M. (2013). Depolanmış ürün zararlılarının kimyasal ve kimyasal olmayan yöntemlerle savaşımı. 11. Ulusal Tesiat Mühendisliği Kongresi, İzmir, Türkiye, 17-20 Nisan 2013, ss. 3-12.

- Fields, P.G., & White, N.D. (2002). Alternatives to methyl bromide treatments for stored-product and quarantine insects. *Annual Review of Entomology*, 47(1), 331-359. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145217>.
- Garry, V., Nelson, R., Griffith, J., & Harkins, M. (1990). Preparation for human study of pesticide applicators: sister chromatid exchanges and chromosome aberrations in cultured human lymphocytes exposed to selected fumigants. *Teratogenesis, carcinogenesis, and mutagenesis*, 10(1), 21-29. <https://doi.org/10.1002/tcm.1770100104>.
- Gautam, S., Opit, G., & Hosoda, E. (2016). Phosphine resistance in adult and immature life stages of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) populations in California. *Journal of Economic Entomology* (109), 2525-2533. <https://doi.org/10.1093/jee/tow221>.
- Isikber, A.A., Navarro, S., Finkelman, S., & Rindner, M. (2006). Propylene Oxide: A potential quarantine and pre-shipment fumigant for disinfestation of nuts. *Phytoparasitica*, 34, 412-419.
- Isikber, A.A., Navarro, S., Finkelman, S., Azrieli, A., Rindner, M., Dias, R. (2002). Propylene oxide as a potential alternative to methyl bromide. Proceeding of 8th International Working Conference on Stored Product Protection. CAB International, Wallingford, United Kingdom (Editörler: Credland, P.F.; Armitage, D.M.; Bell, C.H.; Cogan, P.M.; Highley, E.). York, UK, 22-26 July 2002, pp. 823-826.
- İşikber, A.A., Öztekin, M.S., Dayisoğlu, K.S., Duman, A., & Eroğlu, S. (2015). Efficacy of gaseous ozone at high concentrations against *Plodia interpunctella* (Hübner) and *Ephesia cautella* (Walker) in Almond. *Turkish Journal of Entomology*, 39(2), 187-198. <https://doi.org/10.16970/ted.76791>.
- Isikber, A.A., Oztekin, S., Dayisoğlu, K.S., & Duman, A.D. (2012). Propylene oxide as potential quarantine fumigant for insect disinfestation of dried figs. Proceedings of the 9th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products, Antalya, Turkey, 15-19 October 2012, pp: 345-352.
- Jarratt, J.H., Wallace, M.J., & Daly, G. (2001). *Pest management Principles: Industrial, Institutional, and Structural Pest Control*, Category 7-A. Mississippi State University Extension Service.
- Karadeniz, O., Erhan, A., & Abacı, N.İ. (2021). Fındık tarımında çocuk işçiliği: Giresun ili Piraziz ilçesi örneği. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 36(3), 398-407. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.908552>.
- Küçüktopcu, Y., Beyza, C., & Saruhan, İ. (2023). Bazı Bitki Ekstraktlarının *Tribolium confusum*'ün Jacquelin Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) Larva ve Ergin Dönemleri Üzerine Etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 26(3), 570-578. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.1109845>.
- Küçüktopcu, Y. (2023). Bazı bitki ekstraktları ve inert tozların *Trogoderma granarium* Everts (Col.: Dermestidae) ve *Plodia interpunctella* Hübner (Lep.: Pyralidae) üzerine etkilerinin belirlenmesi [Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Meylan, W., Papa, L., De Rosa, C., & Stara, J. (1986). The chemical of current interest propylene oxide: health and environmental effects profile. *Toxicology and Industrial Health*, 2(3), 219-260. <https://doi.org/10.1177/0748233786002003>.
- Misumi, T., Kitamura, H., Suzuki, N., Aoki, M., Shukuya, T., Tamada, K., & Tanigawa, N. (2011). Susceptibility of stored-product insect pests [Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae); granary weevil, *Sitophilus granarius*; and maize weevil, *S. zeamais* (Coleoptera: Dryophthoridae)] to propylene oxide fumigation at normal atmospheric pressure. *Res. Bull. Pl. Prot. Japan*, 47, 25-32.
- Navarro, S., Isikber, A., Finkelman, S., Rindner, M., Azrieli, A., & Dias, R. (2004). Effectiveness of short exposures of propylene oxide alone and in combination with low pressure or carbon dioxide against *Tribolium castaneum* (Herbst)(Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, 40(2), 197-205. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(02\)00097-8](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(02)00097-8).
- Ohtani, H., Horiguchi, S., Urano, Y., Iwasaka, M., Tokuhashi, K., & Kondo, S. (1989). Flammability limits of arsine and phosphine. *Combustion and Flame*, 76(3-4), 307-310. [https://doi.org/10.1016/0010-2180\(89\)90113-2](https://doi.org/10.1016/0010-2180(89)90113-2).
- Sağlam, Ö., Edde, P.A., & Phillips, T.W. (2015). Resistance of *Lasioderma serricornis* (Coleoptera: Anobiidae) to fumigation with phosphine. *Journal of Economic Entomology*, 108(5), 2489-2495. <https://doi.org/10.1093/jee/tov193>.
- SAS. (2009). SAS Ins / STAT R User's Guide, Version 9, 4th Ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Schneider, S.M., Roskopf, E.N., Leesch, J.G., Chellemi, D.O., Bull, C.T., & Mazzola, M. (2003). United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service research on alternatives to methyl bromide: pre-plant and post-harvest. *Pest management science: formerly Pesticide Science*, 59(6-7), 814-826. <https://doi.org/10.1002/ps.728>.
- Şen, F., Meyvacı, K.B., Aksoy, U., Emekci, M., & Ferizli, A.G. (2009). Effects of the post-harvest application of methyl bromide alternatives on storage pests and quality of dried fig. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33(4), 403-412.

- <https://doi.org/10.3906/tar-0809-11>.
- Tütüncü, Ş., & Emekçi, M. (2014). Kuru incir zararlısı *Carpophilus hemipterus* (L.) (Coleoptera: Nitidulidae)'un değişik yaşlı pupalarına fosfin gazının etkisi. *Journal of Agricultural Sciences*, 20(4), 399-405. <https://doi.org/10.15832/tbd.32537>.
- Zettler, J., Hartsell, P., Allred, D., Muhareb, J., Hurley, J., & Gill, R. (2003). Sorption and insect toxicity of propylene oxide in dried fruits and nuts. *Advances in stored product protection. Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored Product Protection*, York, UK, 22-26 July 2002.



A new genus record for the flora of Türkiye: *Sida* L. (*Malvaceae*)

Selin TÜNK¹, Aslı DOĞRU KOCA², Sibel UYGUR³, F. Nezihi UYGUR⁴

^{1,3,4}Çukurova University, Agricultural Faculty, Department of Plant Protection, Adana, Türkiye, ²Hacettepe University, Faculty of Science, Department of Biology, Ankara, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-4155-7011>, ²<https://orcid.org/0000-0001-7477-0225>, ³<https://orcid.org/0000-0002-0939-6350>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-9681-3799>

✉: stunk@cu.edu.tr

ABSTRACT

The genus *Sida* (*Malvaceae*) is added to Flora of Türkiye firstly here in as a new record genus. The alien weed species *Sida spinosa* L. was collected from Adana province. The species description supported by detailed photographs is given as well as a scientific name in Turkish for this species was suggested.

Plant Protection

Research Article

Article History

Received : 16.09.2023

Accepted : 27.10.2023

Keywords

Malveae

Mallows

Sida

Segetal flora

New record

Türkiye Florası İçin Yeni Bir Cins Kaydı: *Sida* L. (*Malvaceae*)

ÖZET

Bu çalışmada, *Sida* (*Malvaceae*) cinsi Türkiye florasına yeni bir kayıt olarak eklenmiştir. *Sida spinosa* L., yabancı orjinli bir yabancı ot türü olup, Adana'dan toplanmıştır. Türe ait örneğin tanımı, detaylı fotoğrafları ile önerilen Türkçe ismi makalede verilmiştir.

Bitki Koruma

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 16.09.2023

Kabul Tarihi : 27.10.2023

Anahtar Kelimeler

Malveae

Ebegümeçigiller

Sida

Yabancı ot florası

Yeni kayıt

To Cite : Tünk, S., Dogru-Koca, A., Uygur, S. & Uygur, F.N., (2024). A new genus record for the flora of Türkiye: *Sida* L. (*Malvaceae*). *KSU J. Agric Nat* 27(3), 604-608. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1361562>

Atıf Şekli: Tünk, S., Dogru-Koca, A., Uygur, S. & Uygur, F.N., (2024). Türkiye Florası İçin Yeni Bir Cins Kaydı: *Sida* L. (*Malvaceae*). *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(3), 604-608. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1361562>

INTRODUCTION

The family *Malvaceae* Juss. (Mallow family) comprises 245 genera worldwide (POWO, 2023). One of them, *Sida* L., is mainly distributed in the tropics and extends to temperate zones (Bayer & Kubitzki, 2003). Although there are 255 accepted *Sida* species worldwide, the genus is not present at Türkiye. *Sida* included many taxa that are now genera such as *Abutilon* Mill., *Malvella* Jaub. & Spach, *Meximalva* Fryxell, *Sidasodes* Fryxell and Fuertes etc. (Siedo, 1999). *Abutilon* and *Malvella* occur in Türkiye (Cullen, 1967). *Sida spinosa* L. occurs naturally in Azerbaijan, Georgia and Iran (POWO, 2023). In Iran it is only known from the port city of Minab near the Gulf of Umman and Basra (Riedl, 1976). Its limited

distribution in Iran may be due to anthropological effects. There are fourteen *Malvaceae* genera in Türkiye (Uzunhisarcıklı, 2012). There is only one genus, *Abutilon*, which has been separated from *Sida* and does not have an epicalyx similar to *Sida* (Cullen, 1967).

However, no specimens or records belonging to the genus *Sida* were found in the databases, articles and herbaria cited in Uludağ et al. (2017). The genus *Sida* L., which has never been found in Türkiye before, is collected for the first time due to *S. spinosa* species and included in the Flora of Turkey as a mallow genus (Davis, 1967). Detailed description of the genus and species is given, supported by photographs.

MATERIAL and METHOD

The fresh samples of *Sida spinosa* were collected in Adana (S. Tünk, collector number CUBK-1MAVF-2) during a weed survey in cotton fields at Adana, Mersin, Osmaniye and Hatay provinces in Türkiye in September 2021 (Figure 1). After collection, the plant samples were dried and given a collector number in order to become herbarium material. The voucher specimens were kept at the Herbarium of Hacettepe University and the Herbarium of the Plant Protection Department of Çukurova University. Leica Zoom 2000 stereomicroscope was used for morphological examination of dried specimens and was photographed under a DMSZ7P Digital Microscope.

The Flora of Turkey and East Aegean Islands Volumes 2 (Davis, 1967), 10 (Davis, 1988) and 11 (Güner et al., 2000), Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler) (Uzunhisarcıklı, 2012) and the checklists since 2012 (Özhatay et al., 2013; 2015; 2017; 2019; 2022) were checked to identify the specimens. In addition, databases such as “Bizim Bitkiler” (<http://www.bizimbitkiler.org.tr/v2/index.php>), TÜBİVES (<http://www.tubives.com/index.php>), POWO (2023), GBIF (2023) were searched. A taxonomic search was made on academic web search pages with keywords such as “*Sida*, Türkiye, *Malvaceae*”. Finally, the herbaria HUB, GAZI, ISTE, ISTO, AIBU, DUOF were checked to find a specimen identified as *Sida*.

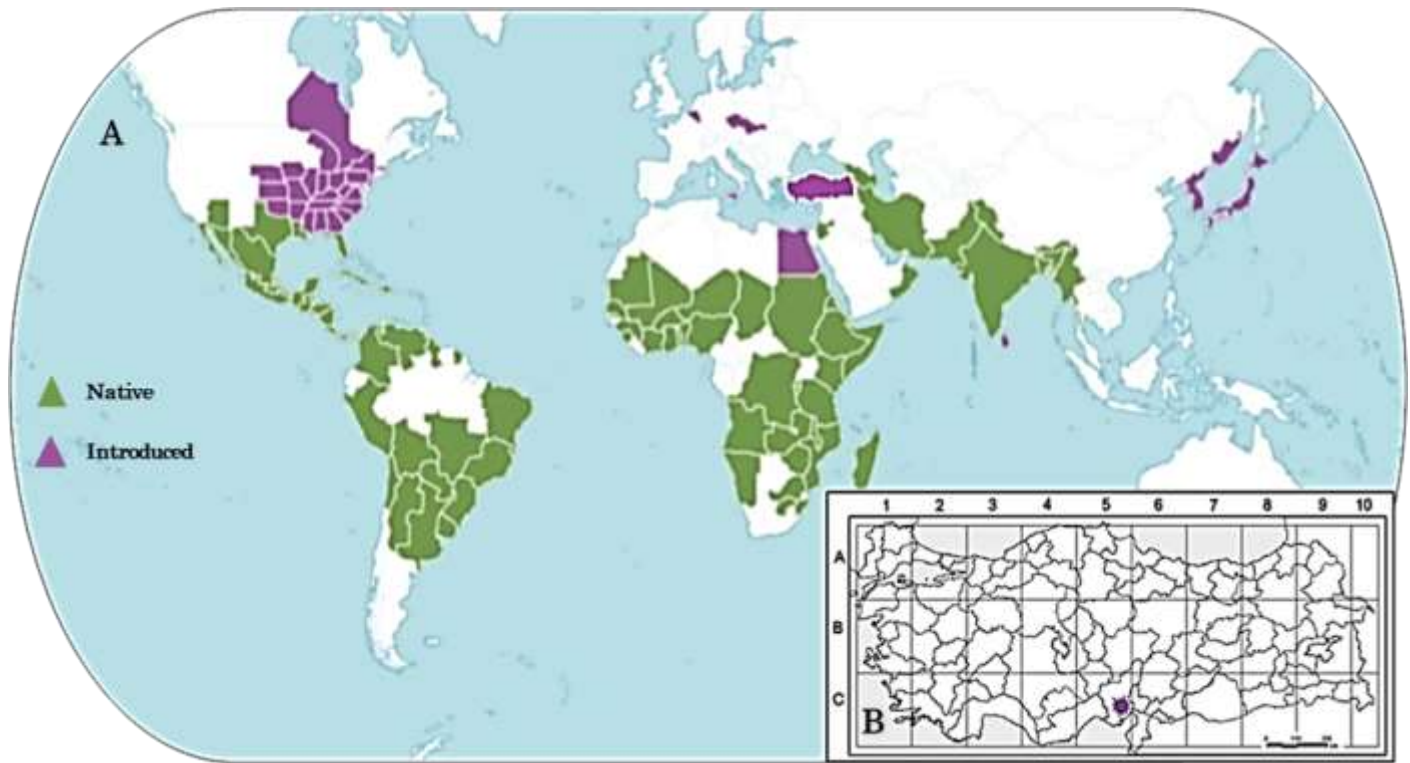


Figure 1. World distribution of prickly fanpetals (*Sida spinosa*) [modified from POWO (2023)] (A) and location in Türkiye (B).

Şekil 1. Dikenli Yelpaze Yaprak (*Sida spinosa*)' in dünya yayılışı (POWO (2023)'dan değiştirilerek] (A) ve Türkiye'de bulunduğu yer (B).

RESULTS

Sida L.

Annual or perennial herb, sub-shrub or shrub. Leaves spirally arranged, stipules persistent, lamina simple. Inflorescence axillary solitary, c. 2/3 divided, often basally 10-ribbed, lobes triangular or ovate, apex acute or acuminate. Epicalyx absent. Petals white, cream, yellow, orange, pink, red or purplish. Fruit reticulate, glabrous or hairy, lateral walls usually persistent, indehiscent below with well-differentiated dorsal wall, apically indehiscent or partially dehiscent. Mericarps 1-seeded, seeds glabrous (Fryxell & Hill 2015; Bayer & Kubitzki, 2003).

Sida is distributed in South America, southern North America, Africa, the Arabian Peninsula, southern Asia, and Australia. It includes 255 accepted species (POWO, 2023).

Sida spinosa L.

Annual or perennial, erect, alternately branched herb, hairs minutely stellate puberulent, hairs up to 0.5 mm long. Leaves alternate; stipule filiform, up to 5 mm long; petiole 0.7-15 mm, minutely stellate; lamina ovate, 10-35 × 10-30 mm, base obtuse or cordate, margin crenate-serrate, apex acute, upper surface glabrous, glabrescent or sparsely minutely puberulent,

lower surface stellate pubescent. Flowers solitary, axillary, terminal or subterminal; pedicels 5-10 mm; calyx persistent, enclosing schizocarp, angulate, 3-5 mm, lobes ovate, 3-5 × 2-3 mm, purplish bordered, short pilose hairy, apex acute; petals yellow, ca. 2.5

mm. Schizocarp nearly globose, ca. 3-5 mm in diam.; mericarps 5, 2.5-4 mm, upper part densely short pubescent, lower part reticulate-veined, apex spiny, spines ca. 1 mm. Seeds clearly 3-sided, 1.5-2 × 1-1.5 mm, glabrous, brown (Figure 2).

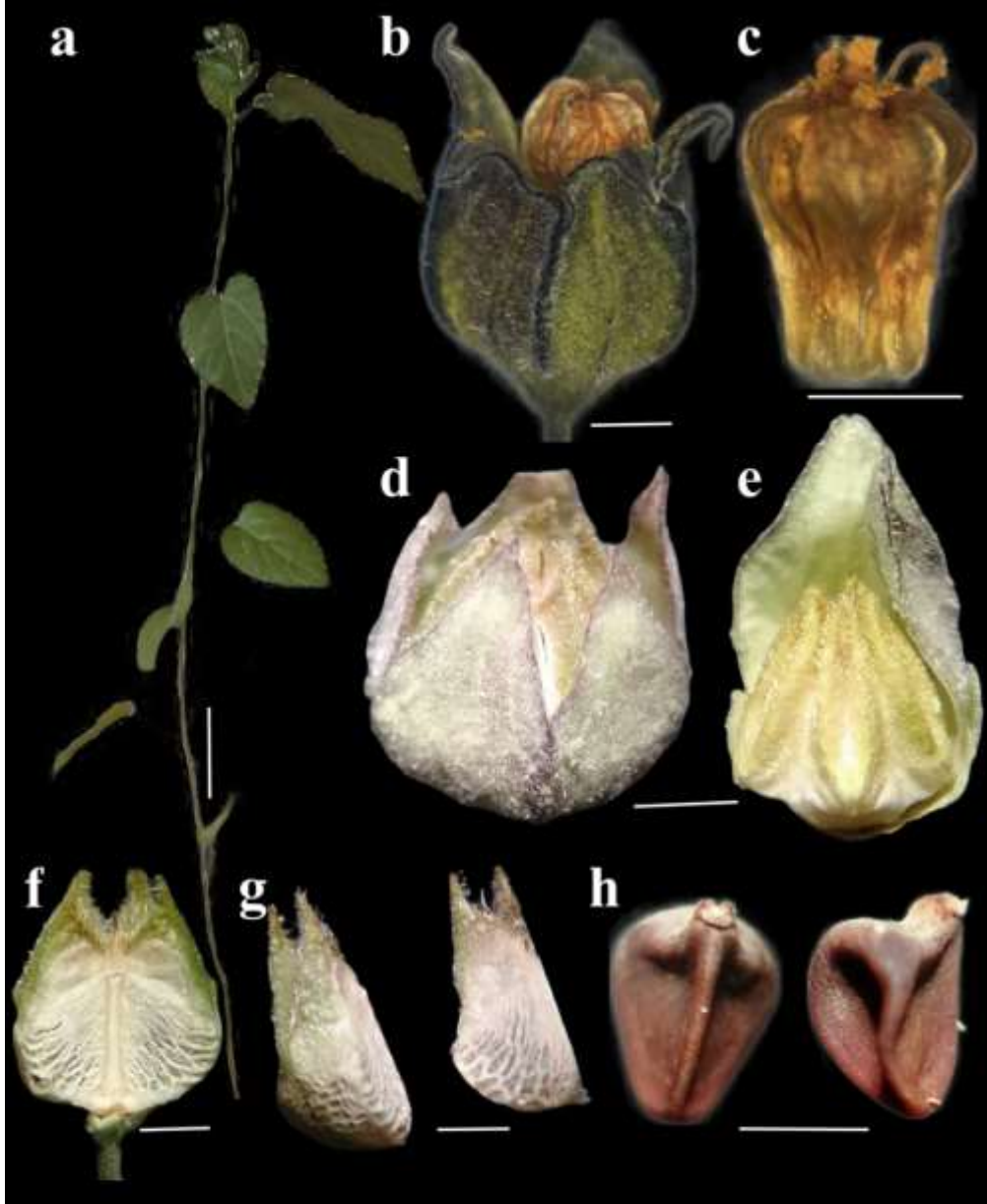


Figure 2. General appearance of *Sida spinosa* L. (S. Tünk, CUBK-1MAVF-2) (a), flower (b), corolla (c), fruit (d), Mericarps (e-g), seeds (h). Scale bars: 10 cm (a), 1 mm (b-h).

Şekil 2. *Sida spinosa* L. 'nın genel görünüşü (S. Tünk, CUBK-1MAVF-2) (a), çiçek (b), corolla (c), meyve (d), mericarp (e-g), tohum (h). Ölçek: 10 cm (a), 1 mm (b-h).

Turkish name: Dikenli Yelpaze Yaprak

Flowering/Fruiting season: July-October

Examined material: South of Türkiye, Adana, Yakapınar, cotton field, 17 ix, S. Tünk, CUBK-1MAVF-2 (Çukurova University, Agricultural Faculty, Dept. of Plant Protection Herbarium)

As a new genus record for the flora of Türkiye. *Sida* can be easily distinguished from *Abutilon* by calyx and

mericarp characteristics. The following identification key is proposed for these two genera distributed in Türkiye.

1. Epicalyx absent (Figure 2)
2. Mericarps 3-6 seeded *Abutilon*
3. 2'. Mericarps 1 seeded *Sida*
4. 1'. Epicalyx present the same as in Davis (1967:402)

Sida spinosa is clearly different from other *Sida* species by its erect habit, ovate leaves, cordate or subcordate leaf base, minute stellate hairy stem, spiny tubercles on petioles, 5 branched styles, 5 mericarps (Fryxell & Hill, 2015).

As conclusion, the number of *Malvaceae* genus increased by fifteen due to the new record of genus *Sida* in Türkiye.

DISCUSSION

Prickly sida (*Sida spinosa*) is not native to Türkiye. In summer crops in countries where it is present, this species is a problem due to its weedy characteristics. For this reason, many studies have been conducted on the biology of the plant, environmental requirements and its importance as weeds.

S. spinosa emerges in late spring and summer (Egley & Williams, 1991). It grows best under hot conditions (Teem et al., 1974). The optimal temperature range is 30-40°C, but light is not necessary for germination within that range. It germinates at depths above 5.0 cm (Baskin & Baskin, 1984; Smith et al., 1992). Less than 1% of this weed seeds remained viable after 5.5 years of burial (Egley & Chandler, 1983). It occurs most often in soils with a high P content (Korres et al., 2017). It grows better in soils with high K value than in low or medium soils (Hoveland et al., 1976). The growth of this species is significantly reduced to a pH of 5.2 and below (Teem et al., 1974; Buchanan et al., 1975). It prefers usually fertile loamy soil and poorly compacted, well-drained soils (Korres et al., 2017). It is able to maintain leaf function at higher water stress levels than other weeds and it was more efficient to use water than other C3 weeds (though not C4 weeds) (Patterson & Flint, 1983).

S. spinosa is a widespread broadleaf weed found in cotton, maize, peanut and soybean in the southern United States (Webster & Coble, 1997; Webster & Nichols, 2012). It is difficult to control these weeds in cotton (Buchanan, 1974a). It occurs all over the cotton belt of the USA and has been listed as one of the ten most troublesome weeds (Buchanan, 1974b). Seed cotton yields were not reduced in competition with *S. spinosa* for seven weeks or less after the emergence of cotton and were weed-free for the rest of the season. Cotton yields were unaffected when pure *Sida spinosa* stands were monitored for 5-6 weeks after cotton emerged and then allowed to grow uncontrolled for the rest of the season. In more severe treatments of weed competition, cotton height and the diameter of the main stem were reduced (Buchanan et al., 1977). The seed cotton yield was the most sensitive indicator of *S. spinosa* competition and the cotton yield reduced 40% at high population of this weed (Buchanan et al., 1977; 1978; 1980). The growth of prickly sida was significantly decreased in terms of the number of main stem nodes, primary, secondary and third branches,

amount of seed capsules generated and dry mass under narrow row compared with wide row. However, plant height was not affected by the management system (Molin et al., 2004).

ACKNOWLEDGEMENT

The authors kindly thank Çukurova University, Department of Scientific Research Projects Unit for supporting this project (FDK-2020-12884) financially. Also, thanks to the curators and staff of the herbaria cited.

Author's Contributions

The contribution of the authors is equal.

Statement of Conflict of Interest

The authors have declared no conflict of interest.

REFERENCES

- Baskin, J.M., & Baskin, C.C. (1984). Environmental conditions required for germination of prickly sida (*Sida spinosa*). *Weed Science*, 32(6), 786-791. <http://www.jstor.org/stable/4044041>.
- Bayer, C., & Kubitzki, K. (2003). *Malvaceae*. In: Kubitzki K., Bayer C. (Eds.) *Flowering Plants. Dicotyledons: Malvales, Capparales and Non-betalain Caryophyllales*, Vol 5, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, Germany, ISBN 3-540-42873-0, pp. 225-312.
- Buchanan, G.A. (1974a). Weeds plague cotton growers from the Carolinas to California. *Weeds Today*, 5(1), 6-7.
- Buchanan, G.A. (1974b). Weed survey-southern states. *South Weed Science Society Research Report*, 27, 215-249.
- Buchanan, G.A., Crowley, R., & McLaughlin, R. (1977). Competition of prickly sida with cotton. *Weed Science*, 25(2), 106-110. <http://www.jstor.org/stable/4042817>.
- Buchanan, G.A., Hoveland, C.S., & Harris, M.C. (1975). Response of weeds to soil pH. *Weed Science*, 23(6), 473-477. <http://www.jstor.org/stable/4042393>.
- Buchanan, G.A., Street, J.E. & Crowley, R.H. (1978). Prickly sida vs. cotton: time of competition determines effect. *Highlights Ag. Res.*, 25(2), 8.
- Buchanan, G.A., Street, J.E., & Crowley, R.H. (1980). Influence of time of planting and distance from the cotton (*Gossypium hirsutum*) row of pitted morningglory (*Ipomoea lacunose*), prickly sida (*Sida spinosa*), and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) on competitiveness with cotton. *Weed Science*, 28(5), 568-572. <http://doi.org/10.1017/S0043174500061245>.
- Cullen, J. (1967). *Abutilon*. In: Davis (Ed.), *Flora of Turkey and East Aegean Islands*, Vol. 2, Edinburgh University Press, Edinburgh.

- Davis, P.H. (1967). *Malvaceae*. In: Davis (Ed.), *Flora of Turkey and East Aegean Islands*, Vol. 2, Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Davis, P.H., Tan, K., & Mill, R.R. (1988). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol.10. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Egley, G.H., & Chandler, J.M. (1983). Longevity of weed seeds after 5.5 years in the Stoneville 50-year buried-seed study. *Weed Science*, 31(2), 264-270. <http://www.jstor.org/stable/4043807>.
- Egley, G.H., & Williams, R.D. (1991). Emergence periodicity of six summer annual weed species. *Weed Science*, 39(4), 595-600. <http://www.jstor.org/stable/4045187>.
- Fryxell, P.A., & Hill, S.R. (2015). *Sida*. In: Flora of North America Editorial Committee, eds. *Flora of North America* [Online]. Vol 6, New York and Oxford. http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=130307. Accessed [11 December 2022].
- GBIF, 2023. "Global Biodiversity Information Facility". Published on the Internet; <https://www.gbif.org/>. Retrieved 13 October 2023.
- Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., & Başer, K.H.C. (2000). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol. 11. University Press, Edinburgh.
- Hoveland, C.S., Buchanan, G.A. & Harris, M.C. (1976). Response of weeds to soil phosphorus and potassium. *Weed Science*, 24(2), 194-201. <http://doi.org/10.1017/S0043174500065747>.
- Korres, N.E., Norsworthy, J.K., Brye, K.R., Skinner, V., & Mauromoustakos, A. (2017). Relationships between soil properties and the occurrence of the most agronomically important weed species in the field margins of eastern Arkansas – implications for weed management in field margins. *Weed Research*, 57(3), 159-171. <https://doi.org/10.1111/wre.12249>.
- Molin, W.T., Hugie, J.A., & Hirase, K. (2004). Prickly sida (*Sida spinosa* L.) and spurge (*Euphorbia hysopifolia* L.) response to wide row and ultra narrow row cotton (*Gossypium hirsutum* L.) management systems. *Weed Biology and Management*, 4(4), 222-229. <https://doi.org/10.1111/j.1445-6664.2004.00145.x>.
- Özhatay, N., Kültür, Ş., & Gürdal, B. (2013). Checklist of additional taxa to the Supplement Flora of Turkey VI. *Journal of Faculty of Pharmacy Istanbul University*, 4(1), 33-82.
- Özhatay, N., Kültür, Ş., & Gürdal, B. (2015). Checklist of additional taxa to the Supplement Flora of Turkey VII. *Journal of Faculty of Pharmacy Istanbul University*, 45(1), 61-86.
- Özhatay, N., Kültür, Ş., & Gürdal, B. (2017). Checklist of additional taxa to the supplement flora of Turkey VIII. *Istanbul Journal of Pharmacy*, 47(1), 30-44. <https://doi.org/10.5152/IstanbulJPharm.2017.006>.
- Özhatay, N., Kültür, Ş., & Gürdal, B. (2019). Checklist of additional taxa to the supplement flora of Turkey IX. *Istanbul Journal of Pharmacy*, 49(2), 105-120. <http://doi.org/10.26650/IstanbulJPharm.2019.19037>.
- Özhatay, N., Kültür, Ş., & Gürdal, B. (2022). Checklist of additional taxa to the supplement of flora of Turkey X. *Istanbul Journal of Pharmacy*, 52(2), 226-249. <http://doi.org/10.26650/IstanbulJPharm.2022.1096223>
- Patterson, D.T., & Flint, E.P. (1983). Comparative water relations, photosynthesis, and growth of soybean (*Glycine max*) and seven associated weeds. *Weed Science*, 31(3), 318-323. <http://doi.org/10.1017/S0043174500069083>.
- POWO (2023). "Plants of the World Online". Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet; <http://www.plantsoftheworldonline.org/>. Retrieved 31 January 2023.
- Riedl, I. (1976). *Malvaceae*. In: Rechinger, K.H., (Ed.) *Flora Iranica*, No:120, Graz, Austria, pp. 4.
- Siedo, S.J. (1999). A taxonomic treatment of *Sida* sect. *Ellipticifoliae* (*Malvaceae*). *Lundellia*, 2, 100-127.
- Smith, C.A., Shaw, D.R., & Newsom, L.J. (1992). Arrowleaf sida (*Sida rhombifolia*) and prickly sida (*Sida spinosa*): germination and emergence. *Weed Research*, 32(2), 103-109. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1992.tb01867.x>.
- Teem, D.H., Hoveland, C.S., & Buchanan, G.A. (1974). Primary root elongation of three weed species. *Weed Science*, 22(1), 47-50. <http://www.jstor.org/stable/4042297>.
- Uludağ, A., Aksoy, N., Yazlık, A., Arslan, Z.F., Yazmış, E., Üremiş, I., Cossu, T.A., Groom, Q., Pergl, J., Pyšek, P., Brundu, G., 2017. Alien flora of Turkey: checklist, taxonomic composition and ecological attributes. *NeoBiota*, 35, 61-85. <https://doi.org/10.3897/neobiota.35.12460>.
- Uzunhisarcıklı, M.E. (2012). *Malvaceae*. In: Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babaç, M.T. (Eds.) *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*. Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul, pp. 617-621.
- Webster, T.M., & Coble, H.D. (1997). Changes in weed species composition of the Southern United States: 1974 to 1995. *Weed Technology*, 11(2), 308-317. <http://www.jstor.org/stable/3988731>.
- Webster, T.M., & Nichols, R.L. (2012). Changes in the prevalence of weed species in the major agronomic crops of the Southern United States: 1994/1995 to 2008/2009. *Weed Science*, 60(2), 145-157. <http://doi.org/10.1614/WS-D-11-00092.1>.

Hakkari/Yüksekova Havzasında Yabancı Otlar Üzerinde Saptanan Coleoptera Türleri

Mesut SIRRI¹, Cumali ÖZASLAN²

¹Siirt Üniversitesi, Kurtalan Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Siirt, Türkiye, ²Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Diyarbakır, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0001-9793-9599>, ²<https://orcid.org/0000-0002-8660-5451>

✉: m.sirri@siirt.edu.tr

ÖZET

Kimyasal ilaçların insan ve çevre sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri bilim insanlarını alternatif yabancı ot kontrol yöntemleri arayışına yöneltmiştir. Bu çalışmada zengin bir biyolojik çeşitliliğe sahip olan Hakkari/Yüksekova Havzasında yayılım gösteren yabancı otlar üzerinde beslenen doğal düşmanların (böcekler) belirlenmesi hedeflenmiştir. Sürvey çalışmaları 2020-2021 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 10 farklı familyaya dahil 19 yabancı ot türü üzerinde toplam 56 böcek türü tespit edilmiştir. Bu türlerden önemli bir kısmının (26 tür) Coleoptera takımına bağlı Curculionidae (22 tür) ve Chrysomelidae (4 tür) familyalarına ait oldukları belirlenmiştir. Bölgede Curculionidae familyasına dahil; *Lixus elegantulus* Boheman, 1843, *L. bardanae* (J.C.Fabricius, 1787), *L. scolopax*, *Larinus onopordi* (Fabricius, 1787), *L. minutus* Gyllenhal, 1835 ve *Rhabdorrhynchus anchusae* Chevrolat, 1854 türlerinin konukçu yabancı otların gelişimini ve tohum oluşumunu baskılayabildikleri saptanmıştır. Bu tür potansiyel ajanların yabancı otların biyolojik kontrolünde kullanılması için konukçu test çalışmalarına ihtiyaç vardır.

Bitki Koruma

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 20.06.2023

Kabul Tarihi : 16.10.2023

Anahtar Kelimeler

Yabancı otlar
Biyolojik mücadele
Böcekler
Hakkari/Yüksekova
Türkiye

Coleoptera Species Detected on Weeds in Hakkari/Yüksekova Basin

ABSTRACT

The adverse effects of chemical pesticides on human and environmental health have prompted scientists to seek alternative weed control methods. This study aims to identify natural enemies (insects) feeding on weeds that are prevalent in the Hakkari/Yüksekova Basin, which boasts rich biological diversity. The survey was conducted in 2020 and 2021. A total of 56 insect species were identified on 19 weed species belonging to 10 different families. A significant portion of these species (26 species) belonged to the Coleoptera order, specifically the Curculionidae (22 species) and Chrysomelidae (4 species) families. Among the Curculionidae family in the region, it was determined that *Lixus elegantulus* Boheman, 1843, *L. bardanae* (J.C.Fabricius, 1787), *L. scolopax*, *Larinus onopordi* (Fabricius, 1787), *L. minutus* Gyllenhal, 1835 and *Rhabdorrhynchus anchusae* Chevrolat, 1854 species could suppress the growth and seed formation of host weeds. Host testing studies are needed for the use of such potential agents in the biological control of weeds.

Plant Protection

Research Article

Article History

Received : 20.06.2023

Accepted : 16.10.2023

Keywords

Weeds
Biological control
Insects
Hakkari/Yüksekova
Türkiye

Atıf İçin Sirri, M., & Özasan, C. (2024). Hakkari/Yüksekova Havzasında Yabancı Otlar Üzerinde Saptanan Coleoptera Türleri. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (3), 609-621. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1317489.

To Cite: Sirri, M., & Özasan, C. (2024). (2024). Coleoptera Species Detected on Weeds in Hakkari/Yüksekova Basin. *KSU J. Agric Nat* 27 (3), 609-621. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1317489.

GİRİŞ

Her geçen yıl artan insan nüfusuna bağlı olarak gıda taleplerinin artması ve ekonomik gelişmelere paralel olarak ihtiyaçların çeşitlenmesinin bir sonucu olarak

dünya genelinde tarımsal ekosistemler üzerinde baskı artmaktadır (Önen, 2014). Artan talebi karşılaması için birim alandan daha fazla ürün elde etmek temel hedef olarak görülmekte ve bu hedefe ulaşmak için

sürekli olarak üretimde kullanılan girdiler (su, gübre, pestisit vb.) artırılmaktadır (Özer ve ark. 2001; Önen, 2010a; Roubos ve ark., 2014). Ancak bu yoğun (intensif) tarım uygulamalarıyla daha fazla ürün alınabilmesine rağmen, tarım alanlarında biyolojik çeşitliliğin azalmasına, toprak erozyonunun artmasına, kimyasal kirliliğe, sosyo-ekonomik sürdürülebilirliğin azalmasına yol açabilmektedir (Önen & Özcan, 2010; Bulut & Gökalp, 2022). Nitekim yoğun girdi kullanımına dayanan konvansiyonel tarım sistemlerinde biyolojik çeşitliliğinin başta organik tarım ve iyi tarım uygulamaları olmak üzere "çevre dostu" sistemlere göre çok daha az olduğu ve bunun önemli sebeplerinden birinin yoğun pestisit kullanımından kaynaklandığı düşünülmektedir (Önen, 2010b; Önen & Kara, 2008a; Crowder & Jabbour, 2014). Bu nedenle literatürde kimyasal mücadeleye alternatif bitki koruma stratejilerine artan bir ilgi olduğu görülmektedir (Önen, 2003; Baker ve ark., 2023).

Kültür bitkisi ile sürekli rekabet içerisinde olan ve yüksek düzeyde verim/kalite kayıplarına neden olan yabancı otlar tarımsal ekosistemde üretimi sınırlandıran en önemli bitki koruma sorunlarından birisi konumundadır (Özer ve ark., 2001). Ayrıca yabancı ot kontrolü amacıyla yapılan mekanik işlemler, herbisitler kullanımı vb. uygulamalar girdi maliyetleri içerisinde önemli bir yer tutmaktadır (Önen ve ark., 2012; Önen & Kara, 2008b). Zira küresel düzeyde kullanılan pestisit miktarının yarısından fazlasını yabancı ot mücadelesinde kullanılan herbisitler (%52) oluştururken, fungusitler ve insektisitlerin sırasıyla %23 ve %18 düzeyinde olduğu rapor edilmiştir (FAO, 2022). Ayrıca yabancı otların allelopatik ve parazit etkileri, toprak işleme ve hasadı zorlaştırmaları, zehirli ve zararlı etkileri vb. hususlarda dikkate alındığında yabancı ot mücadelesinin vazgeçilemez tarımsal işlemler arasında yer aldığı görülmektedir (Önen, 2020). Nitekim yabancı otlar nedeniyle oluşan üretim kaybı ile sebep oldukları diğer sosyo-ekonomik sorunlar sebebiyle ortaya çıkan kayıpların küresel düzeyde yıllık olarak 40 milyar doların üzerinde olduğu tahmin edilmektedir (Anonim, 2022). Bu nedenle tarımsal üretimde yabancı otları başarılı bir şekilde idare edilmeden tarımsal üretimin sürdürülebilirliği mümkün değildir (Önen, 2021).

Yabancı otlarla mücadelede başta kimyasal, mekanik, fiziksel ve biyolojik mücadele olmak üzere çok farklı yöntemlerden yararlanılmaktadır. Ancak günümüzde ortaya çıkan yeni yabancı ot sorunları da dikkate alınarak, sürdürülebilir ve başarılı yabancı ot idaresi için farklı yabancı ot stratejilerinin bir arada kullanıldığı entegre yönetim modelleri önerilmektedir (Atay ve ark., 2015). Diğer taraftan küresel ısınma ile aşırı ve bilinçsiz kullanılan tarımsal girdiler sonucu hasar gören ve fonksiyonlarını yerine getiremeyen

tarımsal ekosistemlerde sorun haline gelen istilacı yabancı otların kontrol altında tutmak ve tarımsal sürdürülebilirliği korumak amacıyla yeni yaklaşımlara ihtiyaç olduğu görülmektedir (Önen, 2015; Sırrı & Özasan, 2022). Bu bağlamda biyolojik mücadeleye daha fazla odaklanılması gereken kontrol yöntemlerinin başında geldiği belirtilmektedir (Atay ve ark., 2015; Pehlivan ve ark., 2022). Genel olarak yabancı otlarla biyolojik mücadele, potansiyel doğal düşman olabilen eklem bacaklılar (böcekler ve akarlar), bitki patojenleri (mantarlar, bakteriler, virüsler ve nematodlar), balıklar, kuşlar ve diğer hayvan türleri kullanılarak, yabancı ot popülasyon ve yoğunluğunu kontrol altına alınması veya baskılanması şeklinde tanımlanmaktadır (Uygur & Uygur, 2010).

Yabancı otlarla biyolojik mücadelenin çok uzun bir geçmişi olsa da modern anlamda yabancı otların biyolojik kontrolüne ilişkin çalışmaların yirminci yüzyıldan itibaren başladığı görülmektedir. Yabancı otların biyolojik mücadelesine ilişkin ilk somut çalışmalar Hawaii'de (1902) ve Avustralya'da (1914) sorun olan *Lantana camara* L.'ya karşı potansiyel biyolojik kontrol ajanlarının (böceklerin) araştırılması amacıyla başlamıştır (Winston ve ark., 2014). Son yıllardaki teknolojik gelişmelerin de bir sonucu olarak, ajan takibini kolaylaşması ve biyo-kontrol ajanlarının seri üretiminin (preparat veya doğal düşman salımı şeklinde) hız kazanması biyolojik mücadele uygulamalarına olan ilgiyi arttırmıştır (Bell, 2015). Yabancı otların biyolojik kontrolüne yönelik saha ve etkinlik çalışmalarının artmasına bağlı olarak yeni biyolojik kontrol ajanların sayısı da hızla artmıştır (Herrick & Kok, 2010; Güven, 2020; Pehlivan ve ark., 2022; Sırrı & Özasan, 2022; Sırrı ve ark., 2022; Winston ve ark., 2023). Nitekim 1900'lü yıllardan günümüze gelindiğinde biyolojik mücadele kapsamında 200'den fazla yabancı ot türüne karşı 500'den fazla biyolojik kontrol ajanının test edildiği görülmektedir (Day & Witt, 2019).

Türkiye, sahip olduğu konumu ve çok farklı ekosistemlere sahip olması nedeniyle biyolojik çeşitlilik açısından son derece zengindir (Önen & Özcan, 2010). Bu canlı çeşitlilik içerisinde bitki koruma etmenlerinin popülasyon yoğunluklarını dengeleyen potansiyel biyolojik kontrol ajanların çeşitliliğini de etkilemektedir. Dolayısıyla Türkiye biyolojik kontrol ajanları yönüyle önemli bir potansiyele sahiptir. Ülkemizde yabancı otların biyolojik kontrolüne yönelik ilk etkinlik çalışmaları; Lodos (1971) tarafından demir diken (*Tribulus terrestris* L.) üzerinde tespit edilen *Microlarinus* spp. (Coleoptera: Curculionidae)'nin etkinlik denemeleriyle başlamıştır. Daha sonra ise Giray & Nemli (1983) tarafından, *Orobancha* spp.'ne karşı *Phytomyza orobanchia* Kalt. (Diptera: Agromyzidae)'nin etkinlik çalışmaları ile devam

etmiştir. İlerleyen süreçte dünyada biyolojik mücadele çalışmalarının hız kazanması ve konu uzmanlarının arasındaki koordinasyonun gelişmesiyle bu tür çalışmalar ülkemizde de ivme kazanmıştır (Aslan ve ark., 1999; Aslan ve ark., 2003; Cristofaro ve ark., 2002; Kasap, 1988a; Kasap, 1988b; Uygun ve ark., 1994; Uygur, 2004; Uygur ve ark., 2004; Uygur ve ark., 2005; Uygur ve ark., 2007; Uygur ve ark., 2012; Güven, 2020; Pehlivan ve ark., 2022). Ülkemizde ki ekosistem çeşitliliği yanı sıra doğal yapısı bozulmaya ve tarımsal girdi kullanımının düşük olduğu Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgelerinde Özercan & Taşcı (2020), potansiyel biyolojik kontrol ajanları çeşitliliğinin ve popülasyonları daha yüksek olduğunda konukçuları üzerindeki etkinlikleri daha belirgin olabilmektedir (Sırrı & Özaslan 2023). Bu çerçevede zengin bir bitki florasına ev sahipliği yapan, sınırlı düzeyde pestisit ve kimyasal gübre kullanımını olan ve hala geleneksel tarım uygulamalarına devam edilen Hakkâri ili Yüksekova Havzası bozulmamış doğal yapısı ile potansiyel biyolojik kontrol ajanları için önemli bir habitat alanı olarak görülmektedir (Sırrı & Özaslan, 2022; Sırrı ve ark., 2022; Sırrı, 2022; Sırrı & Özaslan 2023). Bu bakış açısıyla; havzayı temsil edecek şekilde farklı kullanım (tarım ve tarım dışı) alanlarında yayılım gösteren yabancı otlar üzerinde beslenen Coleoptera türlerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

MATERYAL ve METOD

Çalışma alanı, etrafı yüksek dağlarla çevrili bir çöküntü ova olup 37°25'49" - 37°36'32" K enlemleri ile 44°04'21" - 44°22'56" D boylamları arasında yer almaktadır. Ovanın yükseltisi 1950-2000 metre arasında değişmekte ve yaklaşık 19.5 bin ha'dan oluşmaktadır. Bölgenin uzun yıllar (1979-2018) ortalama yıllık yağış miktarı 762 mm, ortalama yıllık buharlaşma ise 850 mm'dir. Yıllık ortalama sıcaklık 6.9 °C olup en düşük ortalama sıcaklık Ocak (-9.3 °C) ve en yüksek ortalama sıcaklık Temmuz (21.3 °C) ayında görülmektedir. Yüksekova'da yaz mevsimi çok kısa kış mevsimi ise oldukça uzundur. Son 40 yıllık iklim verilerine göre yıllık ortalama 96 gün yağışlı geçmekte olup bunun 43 gününde kar yağışı görülmektedir. Ortalama 120 gün kar ile kaplı kalan çalışma alanında kar örtüsü yaklaşık 1 m'ye ulaşabilmektedir (Anonim, 2019).

Alanda yayılım gösteren yabancı ot türleri üzerinde bulunan böcek türlerinin belirlenmesi amacıyla 2020-2021 yıllarında sürvey çalışmaları yapılmıştır. Sürvey çalışmalarından önce havza 1 x 1 km'lik gritlere ayrılmıştır. Buna göre çalışma alanını temsil edecek şekilde toplam 232 noktada incelemeler yapılmıştır. Sürvey çalışmaları ilkbahar döneminde yabancı otların çıkış ile vejetasyon döneminin sonuna kadar (mayıs ile eylül ayları arasında) 4 farklı dönemde gerçekleştirilmiş ve tarım alanları ile tarım dışı

alanlarda bulunan yabancı otlar, üzerlerinde beslenen zararlı etmenler (larvalar, ergin vb.) yönüyle taramadan geçirilmiştir. Bu amaçla her noktada tesadüfi olarak yayılış gösteren her yabancı ot türünden en az 10, en çok 20 bitki entomolojik etmenler yönüyle incelenmiştir. Yabancı otlar üzerinde beslenen zararlıların resimleri çekilmiş, sayımları yapılmış ve örnekler alınmıştır. Rastlanan ergin bireyler öldürme şişelerinde öldürülmüş ve uygun kaplarda laboratuvara getirilmiştir. Ergin öncesi dönemde bulunan zararlılar ise içerisine yeterli miktarda bitki materyali ile beraber (zararlıların beslenmesi için) plastik kaplara konularak laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen ergin öncesi zararlı örnekleri uygun koşullarda kültüre alınarak erigin çıkışları beklenmiştir. Ayrıca üzerinde zararlı tespit edilen yabancı ot türlerinden örnekler alınmış herbaryumları yapılmış ve teşhislerin yapılmasında kullanılmıştır.

Tür düzeyinde teşhis işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi için yabancı ot ve böcek örnekleri konu uzmanlarına gönderilmiştir. Çalışma alanında tespit edilen yabancı otların teşhisleri Siirt Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Mehmet FİDAN'a onaylatılmış, Curculionidae familyasına dahil böceklerin teşhisleri Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Osman SERT tarafından, Chrysomelidae familyasına dahil böceklerin teşhisi ise Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü Dr. Öğretim Üyesi Neslihan BAL tarafından yapılmıştır. Diğer familyalara ait türlerin teşhisinde ise Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü öğretim üyeleri Doç. Dr. Cevdet KAPLAN ve Doç. Dr. Mustafa Cemal ÇİFTÇİ'nin katkıları alınmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışma alanında gerçekleştirilen sürveylerde havza genelinde 10 familyaya ait 19 yabancı ot türü üzerinde doğal ajanlar saptanmıştır. Yabancı otların dahil oldukları familya ve tür sayıları Asteraceae (10 tür), Boraginaceae (1 tür), Caprifoliaceae (1 tür), Cyperaceae (1 tür), Fabaceae (1 tür), Lamiaceae (1 tür), Malvaceae (1 tür), Polygonaceae (1 tür), Orchidaceae (1 tür) ve Scrophulariaceae (1 tür) olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Bu yabancı ot türleri üzerinde (yaprak, çiçek, tohum, gövde ve köklerde) beslenen veya tespit edilen 10 familyaya ait 56 böcek türü tespit edilmiştir (Çizelge 1). Yabancı otlar üzerinde tespit edilen böcek türlerinin en fazla Coleoptera takımına bağlı Curculionidae (22 tür) ve Chrysomelidae (4 tür) familyaları ait oldukları belirlenmiştir. Dünya genelinde yabancı otların biyolojik mücadelesinde yaygın olarak kullanılan böcek türlerinin daha çok bu familyalara ait oldukları belirtilmektedir (Day & Witt, 2019; Winston ve ark.,

2023). Dolayısıyla sonuçlar bölgenin önemli bir potansiyele sahip olabileceğine işaret etmektedir. Bu çerçeveden çalışma sonuçları iki ayrı başlık altında ele alınmıştır.

Yabancı Otların Biyolojik Mücadelesinde Potansiyel Öneme Sahip Bazı Böcek Türleri

Nitekim yapılan gözlemlerde bazı böcek türlerinin konukçu yabancı otlar üzerinde yoğun şekilde beslendiği, biyolojik dönemlerini geçirdiği ve konukçularının yaprak/sürgünlerinde deformasyona ve kurumalara yol açabildikleri görülmüştür. Ayrıca konukçu yabancı otların tohum tablası, gövde ve yan dallara yumurta bırakmak için delikler açtıkları ve çıkan genç bireylerin beslenme sonucu bitkinin iletim demetlerinde/çiçek tablalarında hasar oluşturarak kurumalara neden olabildikleri saptanmıştır. Bilhassa yumurta bırakılan noktalarda (gövde, yan dal) çıkan larvaların beslenmesi sonucu konukçunun gövdesi neredeyse tamamen deforme olabilmekte, gövde, dal ve çiçek tablaları kırılabilir. Bazı böcek türleri konukçu bitkinin tohum tablasına yakın bölgelere yumurtalarını bırakması ve çıkan larvaların tohumlarla beslenmesi sonucu konukçu yabancı otun tohum popülasyonunun da azalabildiği saptanmıştır. Dolayısıyla bazı türlerin konukçu yabancı ot türlerinin popülasyon yoğunluğunun azalmasında oldukça etkili olabildiği gözlemlenmiştir. Yukarıda belirtilen çerçevede bazı yabancı ot türlerinin büyümesini, gelişmesini ve üremesini (tohum oluşturma) etkileyerek doğal yollarla türün popülasyon dinamiğini etkileyen 5 böcek türü ve etkiledikleri yabancı ot türleri aşağıda sıralanmıştır.

***Lixus elegantulus* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae)**

Konukçu yabancı ot türü: *Amaranthus retroflexus* L. (Amaranthaceae)

Dünyadaki yayılışı: Türkiye, Suriye, Macaristan, Kafkaslar, Orta ve Güney Sovyetler Birliği

Türkiye'deki yayılışı: Aydın, İzmir, Bursa, Çanakkale, Kütahya, İçel, Kırklareli, Bilecik, Ankara, Muğla, Antalya, Kayseri, Niğde, Nevşehir, Sakarya, Bilecik, Diyarbakır, Mardin, Elazığ, Erzurum, Gaziantep, Kırşehir, Uşak, Malatya, Kars, Hakkâri, Iğdır ve Van (Lodos ve ark., 2003; Pehlivan ve ark., 2005a; Erbey, 2010; Erdem, 2016).

Tespit edilen lokasyonlar: Büyük çiftlik/Yüksekova/Hakkari 37°35' 65"N/44°04' 49"E

Konukçuda oluşturduğu zararlar: Çalışma alanında böcek erginlerinin konukçu *A. retroflexus* yaprakları üzerinde beslendiği, yumurtalarını gövde ve dallarına bıraktığı ve çıkan larvaların konukçu bitkinin gövde ve dallarının iç kısımlarında beslenerek galeriler

açtığı, pupa dönemini geçirerek ergin olarak dışarı çıktıkları gözlemlenmiştir.

Dünya genelinde *Amaranthus* türleri üzerinde beslenen ve popülasyon yoğunluğunu baskılayan farklı böcek türleri bulunmaktadır. Avrupa genelinde *Amaranthus* türleri üzerinde 241 böcek türünün varlığı ortaya konulmuştur (El-Aydam & Bürki, 1997). Vogt & Cordo (1976) tarafından yapılan bir çalışmada *Amaranthus* türlerini baskılayan *Disonycha glabrata* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae) türünün etkili olduğu belirtilmiştir. Ülkemizde ise Gültekin & Korotyaev (2012) tarafından yapılan bir çalışmada *Hypolixus pica* (F., 1798) (Coleoptera: Curculionidae) türünün *A. spinosus* ve *A. viridis* türleri üzerinde beslendiği larvaların gövde ve yan dallarda galeriler oluşturduğu tespit edilmiştir. Zira farklı araştırmacılar tarafından *A. retroflexus* için *Disonycha glabrata* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae) ve *A. spinosus* için ise *Hypolixus truncatulus* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae) türünün biyolojik mücadelede biokontrol ajanı olarak kullanıldığı belirtilmiştir (Balsbaugh Jr, 1981; Waterhouse, 1994; Winston ve ark., 2023). Benzer şekilde Pehlivan ve ark. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada *H. pica* (F.) türünün farklı *Amaranthus* türleri üzerinde bulunduğunu ve özellikle türün *A. retroflexus* ve *A. palmeri* S.Watson için potansiyel biyolojik mücadele ajanı olabileceğini belirtilmişlerdir. Literatürde *Amaranthus* türleri üzerinde beslenen ve konukçunun popülasyon yoğunluğunu baskılayan diğer bazı böcek türlerinin tespit edildiği çalışmalara da rastlanmıştır (Aslan & Özbek, 1998; Aslan ve ark., 2003; Çam & Atay, 2004; Gültekin & Korotyaev, 2012; Okşar & Uygur, 2000; Tozlu ve ark., 2010). *L. elegantulus*'un genel olarak Asteraceae üzerinde bulunduğu (Avgın & Colonnelli, 2011), ancak bu çalışmada *A. retroflexus* üzerinde tespit edildiğinden dünya için ilk kayıt olma özelliğini de taşımaktadır.

***Lixus bardanae* (J.C.Fabricius, 1787) (Coleoptera: Curculionidae)**

Konukçu yabancı ot türü: *Rumex crispus* L. (Polygonaceae)

Dünyadaki yayılışı: Kafkasya, Orta Asya, Güney Avrupa, Türkiye, Fransa, Almanya, Ukrayna, İtalya Rusya Federasyonu, Avusturya, Danimarka, Polonya, İsveç, Sırbistan, Romanya, Fransa, Norveç, Litvanya, Kazakistan, Macaristan, Lüksemburg, Belçika, Estonya, İsviçre, Bulgaristan, Hollanda (Gültekin ve ark., 2004; GIBF, 2023).

Türkiye'deki yayılışı: Bayburt, Erzurum, İzmir, Kars, Hakkari, Van (Gültekin ve ark., 2004; Sırrı, 2022)

Konukçu dizisi: *Rumex* spp. (Polygonaceae) ve *Laserpitium gallicum* L. (Apiaceae)

Tespit edilen lokasyonlar: Demir Konak/Yüksekova/Hakkari, 37°31'56"N/44°22'21"E

Konukçuda oluşturduğu zararlar: *R. crispus* üzerinde tespit edilen *L. bardanae* türü erginlerinin yaprak ve gövde kısımlarında beslendiği gözlemlenmiştir. Dişilerin gövde kısmında delikler açarak yumurtalarının gövde içine bıraktığı ve çıkan larvaların ise gövde içinde beslendiği ve galeriler açtıkları saptanmıştır.

Gültekin ve ark. (2004) tarafından da *L. bardanae* türünün konukçusu olan *R. crispus*'un üzerinde farklı biyolojik dönemlerde buldukları ve kışı ergin olarak konukçusunun kök boğaz kısmına yakın 1-3 cm toprak içerisinde geçirdikleri belirtilmiştir. Ayrıca erginlerin yapraklarda beslendiği, dişilerin yumurtalarını bitki gövdelerine bıraktığı, yumurtadan çıkan genç larvaların gövde içinde beslendiği ve galeriler açtıkları rapor edilmiştir. Diğer yandan, *L. bardanae* konukçusunun vejetatif aksamında beslenmesi ve biyolojik dönemlerini geçirmesi ile belli oranda zararlar oluşturduğu, tarım alanlarında önemli ve yaygın bir yabancı ot olan *R. crispus*'un doğal mücadelesinde yararlı bir biyo-kontrol ajanı olma potansiyeline sahip olabileceği belirtilmiştir. Yapılan diğer bazı çalışmalarda ise *R. acetosella* L. üzerinde *L. salsolae* Becker türünün bulunduğu ve bu türün de benzer şekilde yapraklar üzerinde beslenerek önemli zararlar oluşturabileceği belirtilmiştir (Aydın & Kısmalı, 1990; Aslan & Özbek, 1998).

***Rhabdorrhynchus anchusae* Chevrolat, 1854 (Coleoptera: Curculionidae)**

Konukçu yabancı ot türü: *Anchusa azurea* Mill. var. *azurea* (Boraginaceae)

Dünyadaki yayılışı: Afganistan, İsrail, Kıbrıs, Ürdün, Suriye, İran, Ortadoğu, Türkiye (Fremuth, 1982; Legalov ve ark., 2010; Avgın & Colonnelli, 2011).

Türkiye'deki yayılışı: Osmaniye, Hakkari (Fremuth, 1982; Avgın & Colonnelli, 2011; Sırrı, 2022)

Tespit edilen lokasyonlar: Gürdere köyü/Yüksekova/Hakkari 37°30'41"N/44°12'60"E, Dedeler köyü/Yüksekova/Hakkari/Yüksekova/Hakkari

37°31'72"N/44°21'64"E, Karabey köyü 37°26'28"N/44°24'95"E, Çukurova köyü/Yüksekova/Hakkari 37°29'84"N/44°21'80"E, Yüksekova Merkez/ Hakkari 37°33'17"N/44°17'98"E

Konukçuda oluşturduğu zararlar: *A. azurea* üzerinde tespit edilen *R. anchusae* erginlerinin konukçunun yaprak ve gövdelerinde beslendiği ve yumurtalarını bitkinin gövdesine bıraktığı gözlemlenmiştir. Yumurtadan çıkan larvaların gövde içinde beslenerek galeriler açtığı ve köklere doğru gittikleri saptanmıştır. Gövdedeki dokuların zarar görmesi

sonucu kırılmalar olduğu ve kurumalar meydana geldiği tespit edilmiştir. Çalışmada böceğin bölgedeki farklı lokasyonlarda 10 bitkinin 6'sında biyolojik dönemler geçirdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle bölgede böceğin yoğunluğunun yüksek olduğu konukçusu olan *A. azurea* popülasyonlarının baskılanabileceği gözlemlenmiştir. Daha önceki çalışmalarda da *R. anchusae* türünün Boraginaceae familyası üzerinde beslendiği ve biyolojik dönemler geçirdiği belirtilmiştir (Halperin & Fremuth, 2003; Avgın & Colonnelli, 2011). Dolayısıyla tür en azından doğal biyolojik mücadele yönüyle desteklenmesi gereken doğal düşmanlar arasında yer almaktadır.

***Larinus onopordi* Fabricius, 1787 (Coleoptera: Curculionidae)**

Konukçu yabancı ot türleri: *Echinops spinosissimus* Turra subsp. *bithynicus* (Boiss.) Greuter, *E. pungens*, *E. sphaerocephalus*, *Cirsium* sp. (Asteraceae) (Lodos ve ark., 1978; Gültekin, 2006; Güven, 2020; Sırrı, 2022).

Dünyadaki yayılışı: Azerbaycan, Bosna Hersek, Bulgaristan, Ermenistan, Fransa, Gürcistan, İran, İspanya, İsrail, İtalya, Karadağ, Kazakistan, Kıbrıs, Lübnan, Portekiz, Rusya, Sırbistan, Suriye, Suudi Arabistan, Tacikistan, Türkiye, Türkmenistan, Ukrayna, Yunanistan (Alonso-Zarazaga ve ark., 2017; Güven, 2020).

Türkiye'deki yayılışı: Adana, Aydın, Adıyaman, Afyon, Artvin, Balıkesir, Bingöl, Bitlis, Burdur, Bursa, Çanakkale, Diyarbakır, Edirne, Elâzığ, Erzincan, Erzurum, Gaziantep, İzmir, Iğdır, Isparta, Hatay, Hakkari, Kars, Kilis, Kırıkkale, Kırklareli, Malatya, Manisa, Nevşehir, Osmaniye, Şanlıurfa, Sivas (Lodos ve ark., 1978; Gültekin, 2006; Güven, 2020, Sırrı, 2022).

Tespit edilen lokasyonlar: Örnek köyü/Yüksekova/Hakkari, 37°27'70"N/44°23'17"E, Yüreklî köyü/Yüksekova/Hakkari, 37°25'80"N/44°22'54"E

Konukçuda oluşturduğu zararlar: *L. onopordi* türü *E. spinosissimus* üzerinde tespit edilmiştir. Böceğin erginleri konukçusunun yaprak ve gövde kısımlarında beslenmesi sonucunda yapraklarda deforme ve sararmalar meydana gelirken, gövdede ve dallarda açtıkları delikler nedeniyle bükülmeler olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca topuz taban kısmında beslenmesi sonucu düşmektedir. Böcek konukçusunun özellikle topuz ve gövdesinde meydana getirdikleri kırılmalar bitkinin vejetatif gelişimini engellediği gibi tohum oluşturma potansiyelini düşürmektedir. Ayrıca yumurtalarını topuz içerisine bırakarak çıkan larvaların beslenmesi sonucu topuz içini çoğunlukla boşalttığı saptanmıştır. Daha önce yapılan farklı çalışmalarda da *L. onopordi*'nin *E. pungens* Trautv. ve *E. sphaerocephalus* L. türleri

üzerinde beslendiği ve biyolojik dönemler geçirerek bitkinin performansını düşürerek zamanından önce sararmasına neden olduğu belirtilmiştir (Gültekin, 2006; Güven, 2020). Dolayısıyla hem arazideki gözlemlerimiz hem de literatür çalışmalarının sonuçları değerlendirildiğinde *L. onopordi*'nin *Echinops* türlerinin popülasyon yoğunluğunun dengelenmesinde potansiyel bir doğal düşman olduğu sonucuna varılmıştır.

***Larinus minutus* Gyllenhal, 1835 (Coleoptera: Curculionidae)**

Konukçu yabancı ot türleri: *Centaurea iberica* Trev. ex Spreng., *Centaurea diffusa* Lam. *Carduus nutans* L., *Cirsium* sp. (Lodos ve ark., 1978; Myers ve ark., 2009; Güven, 2020; Sırrı, 2022).

Dünyadaki yayılışı: Avusturya, Azerbaycan, Bosna Hersek, Ermenistan, Rusya, Gürcistan, Hırvatistan, Bulgaristan, Slovakya, Lübnan, İsveç, Suriye, Türkiye, Nearktik Bölge, Karadağ, İsrail, Makedonya, Macaristan, Moldova, Romanya, Sırbistan, Ukrayna, İran, Kazakistan, Slovenya, Yunanistan (Alonso-Zarazaga ve ark., 2017; Güven, 2020).

Türkiye'deki yayılışı: Adıyaman, Ankara, Antalya, Ağrı, Aydın, Balıkesir, Bitlis, Burdur, Çanakkale, Çorum, Diyarbakır, Edirne, Eskişehir, Gaziantep, Hakkari, Hatay Kahramanmaraş, Kayseri, Karaman, Kırşehir, Kilis, Mardin, Mersin, Muğla, Niğde, Iğdır, Isparta, İzmir, Osmaniye, Sivas, Siirt, Şanlıurfa, Van, Yozgat (Lodos ve ark., 1978; Sert, 1995; Lodos ve ark., 2003; Pehlivan ve ark., 2005b; Güven, 2020).

Tespit edilen lokasyonlar: Karabey çevre yolu/Yüksekova/Hakkari 37°26'12"N/44°23'78"E, 37°26'92"N/44°24'95"E, Yüksekova-Şemdinli yolu/Hakkari 37°23'84"N/44°23'80"E, Aksu Köyü/Yüksekova/Hakkari 37°33'54"N/44°12'54"E

Konukçuda oluşturduğu zararlar: *L. minutus* türünün bölgede *C. iberica* üzerinde beslendiği ve biyolojik dönemler geçirdiği saptanmıştır. Böceğin erginlerinin bitki üzerinde beslendiği ve yumurtalarının tohum tablasının içine bıraktığı görülmüştür. Ayrıca çıkan larvaların tabla içinde beslenerek pupa dönemine geçtiği gözlemlenmiştir. Özellikle larva döneminde tabla içeri büyük oranda boşaltabildikleri saptanmıştır. Bölgede farklı lokasyonlarda yapılan gözlemlerde bazı örneklem noktalarında böceğe ait ergin ve larva popülasyon sayılarının oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Ülkemizde yapılan çalışmalarda böceğin farklı konukçular (*C. nutans*, *Cirsium* sp.) üzerinde beslendiği ve özellikle tohum tablalarında beslenerek konukçularının tohum popülasyonunun düşürmesinde etkili olabildikleri belirtilmiştir (Güven, 2020; Sırrı, 2022). Benzer şekilde Kanada, İngiltere ve Kolombiya'da yapılan çalışmalarda da *C. diffusa*

biyolojik mücadelesinde kullanılan *L. minutus*'un konukçusunun tohum popülasyonunu önemli ölçüde düşürüldüğü saptanmıştır. Ancak bu türün tek başına *C. diffusa* bitki yoğunluğunu azaltmak için yeterli olmadığı belirtilmiştir (Myers ve ark., 2009). Dolayısıyla tek başına biyolojik mücadele ajanı olarak iş görme potansiyeli düşük olsa dahi *L. minutus*'un desteklenmesinin bölgede *Centaurea* türlerinin baskı altında tutulması için önemli katkı sunabileceği kanaatine varılmıştır.

Yabancı Otlar Üzerinde Saptanan Diğer Böcek Türleri

Yukarıda değinen böcek türlerinin dışında farklı yabancı otlar üzerinde beslenen ve/veya belirli biyolojik dönemlerini geçiren 51 adet böcek türü de saptanmıştır (Çizelge 1). Yapılan gözlemler ve literatür taraması sonucunda bunlardan bazılarının da yabancı otların kontrolünde potansiyel doğal düşman olabileceği sonucuna varılmıştır. Bu türlerden bazıları; *Lixus scolopax* (*C. haussknechtii* /*I. helenium*), *Larinus* sp. (*C. haussknechtii*, *E. spinosissimus*), *Cassida pannonica* (*C. behen*), *Lixus* sp. (*L. serriola*) ve *Bruchidius glycyrrhizae* (*G. glabra*) türleridir. Bu doğal ajanların erginlerinin konukçularının yaprak ve gövde kısımlarında beslenerek, zarar görmelerine, kırılmalarına ve kurumalarına neden olabildikleri gözlemlenmiştir. Ayrıca bu türlerin yumurtadan çıkan larvalarının tohum popülasyonunun önemli ölçüde azaltabildikleri de saptanmıştır. Yukarıda detaylı olarak verilen türler dışında kalan ve yabancı otlar üzerinde saptanan diğer böcek türleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çalışma alanındaki yabancı otlar üzerinde beslenen doğal düşman belirlenmesine yönelik surveylerde tespit edilen Curculionidae ve Chrysomelida familyalarına ait böcek türlerinin konukçu bazı yabancı ot popülasyonlarını önemli ölçüde baskılayabildiği saptanmıştır. Nitekim hem yurt dışı hem de yurt içinde yapılan biyokontrol çalışma sonuçları bu familyalara ait entomolojik etmenlerin yabancı otların popülasyonlarını baskılamadaki başarıları ortaya konulmuş olup bu türlerin biyolojik ajan olarak kullanım potansiyelleri yüksek olduğu görülmektedir (Campobasso ve ark., 1998; Çam & Atay, 2004; Gültekin ve ark., 2004; Gültekin ve ark., 2008; Gültekin & Korotyaev, 2012; Tozlu ve ark., 2010; Uygur, 2004; Cripps ve ark., 2010; Uygur ve ark., 2012; Carson ve ark., 2014; Winston ve ark., 2023). Ülkemizde farklı illerde yapılan bazı çalışmalarda da bu familyalara dahil türlerin farklı yabancı otlar üzerinde görülebildiği ve konukçularının gelişimlerini önemli ölçüde etkileyebildikleri saptanmıştır. Nitekim daha önce küresel düzeyde yabancı otların biyolojik kontrolüne yönelik çalışmalarda kasıtlı salma yöntemi ile 90 farklı ülkede 48 familyaya ait 175 yabancı ot türüne

karşı 468 biyolojik ajan ile 1555 salınım gerçekleştirildiği belirtilmektedir. Ayrıca hedeflenen yabancı ot türlerinin biyokontrolünde kullanılan tüm

ajanların %80'inin Coleoptera, Lepidoptera ve Diptera takımlarına ait böcek türleri olduğu bildirilmektedir (Schwarzlander ve ark., 2018;

Çizelge 1. Yabancı otlar üzerinde tespit edilen diğer böcek türleri

Table 1. Other insect species detected on weeds

Böcek Tür/Türleri	Konukçu Yabancı Otlar
<i>Rhynchophorus</i> sp. (Curculionidae)	<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla subsp. <i>maritimus</i> (Cyperaceae)
<i>Ceutorhynchus</i> sp. (Curculionidae)	
<i>Malvaevora timida</i> (P. Rossi, 1792) (Curculionidae)	
<i>Trachys phlyctaenoides</i> Kolenati 1846 (Buprestidae)	<i>Phlomis armeniaca</i> Willd. (Lamiaceae)
<i>Chrysolina herbacea</i> Duftschmid, 1825 (Chrysomelidae)	
<i>Cassida pannonica</i> Suffrian, 1844 (Chrysomelidae)	
<i>Omophius caucasicus</i> Kirsh, 1869 (Tenebrionidae- Alleculinae)	
<i>Chlorophanus pollinosus</i> (Fabricius, 1792) (Curculionidae)	
<i>Dorycera</i> sp. (Ottitidae)	
<i>Phytoecia astarte</i> Ganglbauer, 1886 (Cerambycidae)	<i>Centaurea behen</i> L. (Asteraceae)
<i>Agriotes obscurus</i> (Linnaeus, 1758) (Elateridae)	<i>C. behen</i> / <i>I. helenium</i>
<i>Bangasternus orientalis</i> Capiomont, 1873 (Curculionidae)	<i>C. behen</i> / <i>C. pterocaula</i> / <i>C. iberica</i>
<i>Gymnetron tetrum</i> Fabricius, 1792 (Curculionidae)	<i>C. behen</i> / <i>C. haussknechtii</i> / <i>A. striata</i> / <i>V. lasianthum</i>
<i>Cteniopos sulphureus</i> Linnaeus, 1758 (Tenebrionidae- Alleculinae)	
<i>Hispa atra</i> Linnaeus, 1767 (Chrysomelidae)	
<i>Mylabris laevicollis</i> Marseul, 1870 (Meloidae)	
<i>Aplocnemus nigricornis</i> (Fabricius, 1792) (Dasytidae)	<i>Centaurea iberica</i> Trev. ex Spreng. (Asteraceae)
<i>Cantharis livida</i> Linnaeus, 1758 (Cantharidae)	<i>C. iberica</i> / <i>R. crispus</i>
<i>Carpocoris fuscispinus</i> (Boheman, 1850) (Pentatomidae)	
<i>Graphosoma melanoxanthum</i> Horváth, 1903 (Pentatomidae)	
<i>Dolycoris baccarum</i> (Linnaeus, 1758) (Pentatomidae)	
<i>Eurygaster integriceps</i> Puton, 1881 (Scutelleridae)	
<i>Aulacobaris fallax</i> (H. Brisout de Barneville, 1870) (Curculionidae)	
<i>Julodis andreae</i> (Olivier, 1790) (Buprestidae)	<i>Centaurea pterocaula</i> Trautv. (Asteraceae)
<i>Oxytrea cinctella</i> (Schaum, 1841) (Scarabaeidae)	<i>C. pterocaula</i> / <i>V. Lasianthum</i> / <i>Gundelia tournefortii</i> L.
<i>Lixus scolopax</i> Boheman, 1835 (Curculionidae)	<i>C. haussknechtii</i> / <i>I. helenium</i>
<i>Larinus</i> sp. (Curculionidae)	<i>Cirsium haussknechtii</i> Boiss. (Asteraceae)
<i>Pygopleurus rapuzzii</i> Keith & Uliana, 2008 (Glaphridae)	<i>Dactylorhiza umbrosa</i> (Karelin & Kirilow) Nevski var. <i>Umbrosa</i> (Orchidaceae)
<i>Lydus unicolor</i> Reitter, 1887 (Meloidae)	<i>Cephalaria setosa</i> Boiss. & Hohen. (Caprifoliaceae)
<i>Baris artemisiae</i> (G.W.F.Panzer, 1794) (Curculionidae)	<i>Alcea striata</i> (DC.) Alef.subsp. <i>striata</i> (Malvaceae)
<i>Lachnaeus crinitus</i> Boheman, 1836 (Curculionidae)	
<i>Podonta soror</i> Seidlitz, 1896 (Tenebrionidae- Alleculinae)	
<i>Agriotes obscurus</i> (Linnaeus, 1758) (Elateridae)	<i>Inula helenium</i> L. subsp. <i>vanensis</i> Grierson (Asteraceae)
<i>Aplocnemus nigricornis</i> (Fabricius, 1792) (Dasytidae)	<i>Centaurea gigantea</i> Sch.Bip. ex Boiss. (Asteraceae)
<i>Labidostomis brevipennis</i> Faldermann, 1837 (Chrysomelidae)	
<i>Cantharis livida</i> Linnaeus, 1758 (Cantharidae)	
<i>Capnodis tenebricosa</i> (Olivier, 1790) (Buprestidae)	
<i>Cercopis intermedia</i> Kirschbaum, 1868 (Homoptera)	
<i>Apion frumentarium</i> (Linnaeus, 1758) (Brentidae)	<i>Rumex crispus</i> L. (Polygonaceae)
<i>Sehirus luctuosus</i> Mulsant & Rey, 1866 (Cydniidae)	
<i>Psacasta exanthematica</i> (Scopoli, 1763) (Scutelleridae)	
<i>Odontoscelis fuliginosa</i> (Linnaeus, 1761) (Heteroptera-	<i>Anchusa azurea</i> Mill. var. <i>azurea</i> (Boraginaceae)

Scutellaridae)	
<i>Phytoecia bithynensis</i> Ganglbauer, 1884 (Cerambycidae)	
<i>Larinus</i> sp. (Curculionidae)	<i>Echinops spinosissimus</i> Turra subsp. <i>bithynicus</i> (Boiss.) Greuter (Asteraceae)
<i>Cionus</i> sp. (Curculionidae)	
<i>Gymnetron amictum</i> (Germar, 1821) (Curculionidae)	
<i>Larinus</i> sp. (Curculionidae)	<i>Verbascum lasianthum</i> Boiss. ex Benth. (Scrophulariaceae)
<i>Agapanthia kirbyi</i> (Gyllenhal, 1817) (Cerambycidae)	
<i>Glocianus punctiger</i> (C.R. Sahlberg, 1835) (Curculionidae)	<i>Scorzonera veratrifolia</i> Fenzl. (Asteraceae)
<i>Lixus</i> sp. (Curculionidae)	<i>Lactuca serriola</i> L. (Asteraceae)
<i>Bruchidius glycyrrhizae</i> (Fahraeus, 1839) (Bruchidae)	<i>Glycyrrhiza glabra</i> L. var. <i>glabra</i> (Fabaceae)

Winston ve ark., 2023). Farklı çalışmalarda özellikle *Larinus* cinsine ait larvaların konukçu yabancı otların tohum tablasında beslendikleri ve bu nedenle konukçusunun üreme kapasitesini önemli ölçüde azaltarak baskıladığını bildirmişlerdir (Zwölfer ve ark., 1971; Briese, 1989; Woodburn & Briese, 1996). Benzer şekilde *C. solstitialis* biyolojik mücadelesinde biyokontrol ajanı olarak *L. curtus* türünün kullanıldığı, erginleri yumurtalarının generatif organlara bırakarak çıkan larvaların tohumlarla beslenmesinin bitkinin popülasyon yoğunluğunu düşürdüğünü, dolayısıyla Amerika'da biyolojik ajan olarak tavsiye edildiği belirtilmiştir (Sobhian & Fornadari, 1994). Herrick & Kok (2010)'da biyolojik ajan olarak kullanılan *Rhinocyllus conicus* böceğinin farklı *Carduus* türlerinin (*C. acanthoides* ve *C. nutans*) konukçuluk test çalışmasında böceğin *C. nutans* türünü tercih ettiği ve Kuzey Amerika'nın bazı mera alanlarında bitki popülasyonunun %99 oranında bastırıldığı bildirilmiştir.

Türkiye'de de yabancı otlarla biyolojik mücadelede doğal düşmanların kullanılması ile ilgili etkinlik ve saha çalışmaları sınırlı düzeyde kalsa da yabancı otlar üzerinde beslendiği ve popülasyon yoğunluklarının düşürüldüğü ile ilgili çok sayıda tespit çalışmaları yürütülmüştür (Kasap, 1988a; Kasap, 1988b; Uygun ve ark., 1994; Aslan ve ark., 1999; Cristofaro ve ark., 2002; Aslan ve ark., 2003; Uygur, 2004; Uygur ve ark., 2004; Uygur ve ark., 2005; Uygur ve ark., 2007; Uygur ve ark., 2012). Bu çalışmalarda da özellikle Curculionidae ve Chrysomelidae familyalarına dahil türlerin yabancı otların kontrolü yönüyle önemli düzeyde etkili olabildikleri saptanmıştır. Nitekim *Onopordum* cinsine bağlı yabancı otların biyolojik mücadelesinde *L. latus* türünün kullanılması ile konukçuların baskılanarak kayda değer sonuçlar alınabileceği bildirilmiştir (Lodos ve ark., 1978; Karaat ve ark., 1986; Zengin, 1997). Çam & Atay (2004) da Tokat ilinde bazı yabancı otlar üzerinde beslenen yaprak böceklerine yönelik çalışmada Coleoptera: Chrysomelidae familyasına ait 9 böcek türünün farklı yabancı otlar üzerinde beslenerek önemli zararlar oluşturabildikleri belirtilmektedir. Uygur (2004) tarafından *C. solstitialis*'in biyolojik mücadelesine

yönelik yapılan çalışmada ise konukçu bitki üzerinde farklı familyalara ait türlerin olduğu 15 böcek türünün beslendiği belirlenmiştir. Iğdır ilinde tarım ve tarım dışı alanlarda yabancı otların biyolojik mücadelesinde potansiyel öneme sahip Curculionidae türlerinin tespitine yönelik bir çalışmada da; *Onopordum acanthium*, *Carthamus persicus*, *Cirsium congestum*, *Echinops pungens*, *Rhinocyllus conicus* ve *Peganum harmala* gibi yabancı otların kök, gövde, yaprak ve generatif organlarında beslenen 4 cinse ait 11 böcek türü (*Larinus latus*, *L. onopordi*, *L. inaequalicollis*, *L. turbinatus*, *L. iaceae*, *L. curtus*, *L. minutus*, *L. syriacus*, *Lixus cardui*, *Rhinocyllus conicus* ve *Thamnurgus pegani*) bulunduğu bildirilmiştir (Güven, 2020). Adana ilinde yapılan bir çalışmada ise bazı *Amaranthus* türleri (*A. palmeri*, *A. retroflexus* ve *A. spinosus*) üzerinde tespit edilen *Hypolixus pica* (F.) (Coleoptera: Curculionidae) türünün *A. palmeri* ve *A. retroflexus*'un biyolojik kontrolünde potansiyel doğal düşman olabileceği belirtilmiştir (Pehlivan ve ark., 2022). Ayrıca çalışma alanında Sırrı ve ark. (2022) tarafından yürütülen bir çalışmada da; *Centaurea* türleri (*C. behen*, *C. pterocaula*, *C. iberica*) üzerinde beslenen ve biyolojik dönemler geçiren Curculionidea (Coleoptera) familyasına ait *Lixus pulverulentus* Scopoli, *Larinus grisescens* Gyllenhal ve *Bangasternus orientalis* türlerinin doğal biyolojik ajan olarak bölgede etkili oldukları belirtilenmiştir. Aynı bölgede *Convolvulus arvensis*'in biyolojik mücadelesinde etkili olabilecek Chrysomelidae (Coleoptera) familyasına ait *Hypocassida subferruginea* Schrank, 1776 türü ve Bruchidae (Coleoptera) familyasına ait *Spermophagus sericeus* Geoffroy, 1785 türü tarla sarmaşığının potansiyel doğal ajanları olarak tespit edilmiştir (Sırrı & Özaskan, 2022). Uludag ve ark. (2022) Türkiye'de istila potansiyeli olan 56 süs bitkisinin potansiyel biyolojik kontrol ajanlarının küresel düzeydeki kullanımları ilgili çalışmasında doğal düşman olarak 128 böcek türünün olduğunu, bu türlerden 58'inin ülkemizde yayılım gösterdiği belirtilmiştir. Diğer bir çalışmada ise istilacı bitkiler üzerinde saptanan zararlılar olarak Hemiptera (23 tür), Thysanoptera (17 tür), Acarina (15 tür), Coleoptera (12 tür), Lepidoptera (12 tür), Diptera (10

tür), Hymenoptera (3 tür) ve Orthoptera (1 tür) familyalara ait türler olduğunu belirtmiştir (Öztemiz & Doğanlar, 2015).

Bu çalışmalar elde edilen sonuçları desteklemekte ve özellikle Coleoptera takımına bağlı Curculionidae ve Chrysomelidae familyaları dahil türlerin yabancı otların popülasyon yoğunluklarının üzerinde etkili olabildiklerini göstermektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Ülkemizin sahip olduğu coğrafik konum ve elverişli iklim sayesinde biyolojik çeşitlilik açısından çok zengin bir flora ve faunaya sahiptir. Bu çeşitlilik içerisinde bitkisel üretim alanlarında önemli bir bitki koruma sorunu olan yabancı otları da kapsamaktadır. Ancak yabancı otların kontrollünde son yıllarda yaşanan direnç problemleri, araştırmacıların doğal ve sürdürülebilirliği olan biyolojik mücadele gibi alternatif yöntemlere olan ilgisini artırmıştır. Bu amaçla zengin bir biyoçeşitliliği bulunan Hakkari Yüksekova Havzasında yabancı otların doğal kontrolüne temel oluşturabilecek sürvey çalışmasıyla yabancı otlar üzerinde beslenen veya onlara zarar veren farklı böcek grupları tespit edilmiştir. Bölgede yabancı ot popülasyonları üzerinde etkili olabilecek böcek türleri genel olarak Curculionidae ve Chrysomelidae familyalarına ait böcek türleri olduğu saptanmıştır. Hem sürvey çalışmaları hem de literatür araştırmaları yabancı otların popülasyon yoğunluklarını dengeleyen *Lixus elegantulus*, *L. bardanae*, *L. scolopax*, *Lixus* sp., *Larinus onopordi*, *L. minutus*, *Larinus* sp., *Rhabdorrhynchus anchusae*, *Cassida pannonica* ve *Bruchidius glycyrrhizae* vb. gibi yararlı böcek türlerinin bölgede desteklenerek etkinliklerinin artırılması yabancı ot popülasyonlarının doğal yollarla dengede tutulmasında önemli katkı sunabileceğini göstermektedir. Ancak bu umut verici bir durum olsada bu türlerin biyolojik kontrol ajanı olarak kullanılması için konukçu testlerinin ve kültür bitkileri üzerindeki etkinliklerinin ortaya çıkarılması için daha kapsamlı çalışmaların yapılması gerekmektedir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen veriler bu yönüyle değerlendirildiğinde, bölgede yabancı ot-doğal düşman ilişkisinin tüm yönleriyle araştırılması için daha geniş bir zaman aralığında ve detaylı sürvey çalışmalarına ihtiyaç olduğu kanaatini uyandırmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (DÜBAP) tarafından desteklenen DUBAP.21.002 nolu proje kapsamında "Yüksekova Havzasında Arazi Kullanımı ve Ekolojik Parametrelere Bağlı Olarak Yabancı Ot

Popülasyonlarının Değişimi" adlı doktora tez çalışmasından üretilmiştir.

Çalışmada tespit edilen yabancı ot türlerinin teşhislerindeki katkıları için Siirt Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümünden Doç. Dr. Mehmet FİDAN'a, Curculionidae türlerinin teşhislerindeki katkıları için Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümünden Prof. Dr. Osman SERT'e, Chrysomelidae türlerinin teşhislerindeki katkıları için Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümünden Dr. Öğr. Üye. Neslihan BAL'a ve diğer familyalara ait böcek türlerinin teşhislerindeki katkıları için Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümünden Doç. Dr. Cevdet KAPLAN ve Doç. Dr. Mustafa Cemal ÇİFTÇİ'ye 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

- Alonso-Zarazaga, M.A. & Lyal, C.H.C. (1999). *A World Catalogue of Families and Genera of Curculionoidea (Insecta: Coleoptera) (Excepting Scolytidae and Platypodidae)*, Entomopraxis, S.C.P. Edition, Barcelona, 1-315.
- Anonim, (2019). Yüksekova İklim Verileri. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Ankara. https://www.meteoblue.com/tr/hava/historyclimate/weatherarchive/Yuksekovaya_Turkiye_296173 (Erişim:10.06.2023)
- Anonim, (2022). Weed Science Society of America (WSSA). <https://wssa.net/wssa/weed/biological-control/> (Erişim: 15.03.2023).
- Aslan, İ. & Özbek, H. (1998). Erzurum, Erzincan ve Artvin illeri Clytrinae (Coleoptera, Chrysomelidae) altfamilyası türleri üzerinde faunistik ve sistematik çalışmalar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(1), 58-78.
- Aslan, İ., Gruev, B. & Özbek, H. (1999). A preliminary review of the subfamily Alticinae (Coleoptera, Chrysomelidae) in Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 23(4), 373-414.
- Aslan, İ., Özbek, H. & Konstantinov, A. (2003). Flea beetles (Coleoptera, Chrysomelidae) occurring on *Amaranthus retroflexus* L. In Erzurum Province, Turkey and their potential as biological control agents. *Proceedings-Entomological Society of Washington*, 105(2), 441-446.

- Atay, T., Asav, Ü., Önen, H. & Kara, K. (2015). *İstilacı yabancı otlarla biyolojik mücadele. Türkiye istilacı bitkiler kataloğu*, Editör Hüseyin Önen. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Ankara, 81-118. ISBN: 978-605-9175-05-0
- Avgın, S.S. & Colonnelli, E. (2011). Curculionoidea (Coleoptera) from southern Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 10(62), 13555-13597.
- Aydın, E. & Kısmalı, Ş. (1990). Ege Bölgesi Clytrinae (Coleoptera, Chrysomelidae) altfamilyası üzerine faunistik çalışmalar. *Türk Entomoloji Dergisi*, 14(1), 23- 35.
- Balsbaugh, Jr., Frye, Rd., Scholl Cg. & Anderson, Aw. (1981). Insects for weed control: status in North Dakota. *Farm Research*, 40(1), 3-7.
- Baker, B. P., Green, T. A. & Loker, A. J. (2020). Biological control and integrated pest management in organic and conventional systems. *Biological Control*, 140, 104095.
- Bell, C.E. (2015). A historical view of weed control technology. UC Weed Science, Weed control, management, ecology, and minutia. <https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=17593> (Erişim tarihi: 15.03.2023)
- Briese, D.T. (1989). A new biological control programme against thistles of genus onopordum in Australia. Proceedings of the VII International Symposium on Biological Control of Weeds, MAF. Rome, ss. 151-160.
- Bulut, S. & Gökalp, Z. (2022). Agriculture and Environment Interaction. Current Trends in Natural Sciences, 11(21), 372-380.
- Caltagirone, L.E. (1981) Landmark examples in classical biological control. *Annu Rev Entomol*, 26, 213–232.
- Campobasso, G., Sobhian, R., Knutson, L. & Terragitti, G. (1998). Host specificity of *Bangasternus orientalis* Capiomont (Coleoptera: Curculionidae) introduced into the united states for biological control of yellow starthistle (*Centaurea solstitialis* L., Asteraceae: Carduae). *Environmental entomology*, 27(6), 1525-1530.
- Carson, B.D., Bahlai, C. A. & Landis, D. A. (2014). Establishment, impacts, and current range of spotted knapweed (*Centaurea stoebe* ssp. *micranthos*) biological control insects in Michigan. *The Great Lakes Entomologist*, 47(2), 129-148.
- Cripps, M.G., Edwards, G.R., Bourdôt, G.W., Saville, D.J., Hinz, H.L. & Fowler, S.V. (2010). Effects of pasture competition and specialist herbivory on the performance of *Cirsium arvense*. *Biocontrol Science and Technology*, 20(6), 641-656.
- Cristofaro, M., Hayat, R., Gültekin, L., Tozlu, G., Zengin, H., Tronci, C., ... & Smith, L. (2002). Preliminary screening of natural enemies of Yellow starthistle, *Centaurea solstitialis* L (Asteraceae) in Eastern Anatolia. Türkiye 5. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri, Erzurum, Türkiye, 4-7 Eylül 2002, ss. 287-295.
- Crowder, D. W. & Jabbour, R. (2014). Relationships between biodiversity and biological control in agroecosystems: current status and future challenges. *Biological control*, 75, 8-17.
- Çam, H. & Atay, T. (2004). Tokat ilinde bazı yabancı otlar üzerinde beslenen yaprak böcekleri (Coleoptera, Chrysomelidae). *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2), 2-14.
- Day, M.D. & Witt, A.B. R. (2019). Weed Biological Control: Challenges and Opportunities, *Weeds – Journal of Asian-Pacific Weed Science Society*, 1(2), 34-44.
- El-Aydam, M. & Bürki, H.M. (1997). Biological control of noxious pigweeds in Europe: a literature review of the insect species associated with *Amaranthus* spp. worldwide. *Biocontrol News and Information*, 18(1), 11-20.
- Erbey, M. (2010). *Bolkar dağlarının curculionidae (Coleoptera) familyası üzerinde taksonomik ve morfolojik çalışmalar. (Tez no 268149)*, [Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Erdem, E. (2016). *Kırşehir İli Akçakent İlçesi Curculionidae (Coleoptera) Familyası Üzerinde Taksonomik ve Morfolojik Araştırmalar. (Tez no 441868)* [Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- FAO. (2022). FAOSTAT: Pesticides Use. In: FAO. Rome. Cited July 2023. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RP>. (Erişim: 02.05. 2023)
- Fremuth, J. (1982). Cleoninae aus der Türkei und den angrenzenden Gebieten (Coleoptera, Curculionidae). *Fragmenta Entomologica*, 16(2), 239-258.
- GIBF (2023). Global Biodiversity Information Facility <https://www.gbif.org/species/1224034> (Erişim: 02. 05.2023)
- Giray, H. & Nemli, Y. (1983). İzmir ilinde Orobanch'e doğal düşmanı olan *Phytomyza orobanchia* Kalt. (Diptera, Agromyzidae)'ın morfolojik karakterleri, kısaca biyolojisi ve etkinliği üzerinde araştırmalar, *Türkiye Bitki Koruma Dergisi*, 7(3), 183-192.
- Gültekin, L., Zengin, H. & Hayat, R. (2004). Life History of *Lixus bardanae* on Curly Dock (*Rumex crispus*) in Türkiye. *Phytoparasitica*, 32(1), 97-99.
- Gültekin, L. (2006). Seasonal occurrence and biology of globe thistle capitulum weevil *Larinus onopordi* (F.) (Coleoptera: Curculionidae) in Northeastern Türkiye. *Munis Entomology and Zoology*, 1(2), 191-198.
- Gültekin, L. & Korotyaev, B. A. (2012). New data on *Cosmobaris discolor* (Boheman) and *Hypolixus*

- pica* (F.) (Coleoptera: Curculionidae) associated with *Amaranthus* (L.) (Amaranthaceae), *The Coleopterists Bulletin*, 66(3), 226–232.
- Gültekin, L., Cristofaro, M., Tronci, C. & Smith, L. (2008). Natural history studies for the preliminary evaluation of *Larinus filiformis* (Coleoptera: Curculionidae) as a prospective biological control agent of yellow starthistle. *Environmental entomology*, 37(5), 1185-1199.
- Güven, M. (2020). *Iğdır ilinde yabancı otların biyolojik mücadelesinde potansiyel öneme sahip Curculionidea (Coleoptera) türlerinin belirlenmesi*. (Tez no 609403). [Yüksek Lisans Tezi, Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Halperin, J. & Fremuth, J. (2003). Contribution to the knowledge of Curculionidea (Coleoptera) and their host plants in Israel. *Zoology in the Middle East*, 29(1), 93-100.
- Herrick, N.J. & Kok, L.T. (2010). *Classical Biological Control of Weeds with Curculionidae*. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, 5, No. 028.
- Karaat, S., Göven, M.A. & Mart, C. (1986). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bazı yabancı otların zararına yaşayan böcek türleri üzerinde ilk incelemeler. Türkiye 1. Biyolojik Mücadele Kongresi Bildirileri, Adana, Türkiye, 12-14 Şubat 1986 ss. 186-194.
- Kasap, H. (1988a). A list of some Chrysomelinae (Col.: Chrysomelidae) from Turkey. (Part II). Colaphellus, Gastroidae, Phaeton, Prasocuris, Plagiodera, Melasoma, Phytodecta, Phyllodecta, Timarcha, Entomoscelis, *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 12(2), 85-95.
- Kasap, H. (1988b). A list of some chrysomelinae (Col.: Chrysomelidae) from Turkey. (Part I). Leptinotarsa, Crosita and Chrysomela (= Chrysolinae), *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 12(1), 23-31.
- Legalov, A. A., Ghahari, H. & Yu Arzhanov, G. (2010). Annotated catalogue of curculionid-beetles (Coleoptera: Anthribidae, Rhynchitidae, Attelabidae, Brentidae, Brachyceridae, Dryophthoridae and Curculionidae) of Iran. *Amurian Zoological Journal*, 2(3), 191-244.
- Lodos, N. (1971). Yabancı otlarla biyolojik savaş ve yurdumuzda *Tribulus terrestris* L. (Demir diken, pıtrak) üzerinde bulunan iki faydalı böcek türü: *Macrolarinus lareynii* ve *M. lypriformis* (Coleoptera: Curculionidae). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(2), 55-74.
- Lodos, N., Önder, F., Pehlivan, E. & Atalay, R. (1978). *Ege ve Marmara Bölgesinin zararlı böcek faunasının tesbiti üzerinde çalışmalar (Curculionidae, Scarabaeidae (Coleoptera); Pentatomidae, Lygaeidae, Miridae (Heteroptera))*. T.C. Gıda-Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Zirai Mücadele ve Zirai Karantina Genel Müdürlüğü. Ankara, 301 sy.
- Lodos, N., Önder, F., Pehlivan, E., Atalay, R., Erkin, E., Karsavuran, Y., Tezcan, S. & Aksoy, S. (2003). *Faunistic studies on curculionidae (Coleoptera) of Western Black Sea, Central Anatolia and Mediterranean Regions of Turkey*. Meta Press.İzmir, 1-83.
- Myers, J.H., Jackson, C., Quinn, H., White, S.R. & Cory, J.S. (2009). Successful biological control of diffuse knapweed, *Centaurea diffusa*, in British Columbia, Canada. *Biological Control*, 50, 66-77.
- Oksar, M. & Uygur, S. (2000). Çukurova'daki yabancı otlar ve bunların biyolojik mücadele olanakları, *Türkiye Herboloji Dergisi*, 3(1), 27-36.
- Önen, H. (2003). Bazı bitkisel ucucu yağların biyoherbisidal etkileri. *Türkiye Herboloji Dergisi*, 6(1), 39-47, 2003.
- Önen, H. & Kara, K. (2008a). Organik Tarım. Ed. Serin, Y. 2008. Yem Bitkileri ve Meraya Dayalı Hayvancılık Eğitimi. Erciyes Üniversitesi yayınları No:60, Kayseri, 472-475.
- Önen, H. & Kara, K. (2008b). Hastalık, Zararlı ve Yabancı Ot Mücadelesi. Ed.SERİN, Y. 2008. Yem Bitkileri ve Meraya Dayalı Hayvancılık Eğitimi. Erciyes Üniversitesi yayınları No:60, Kayseri, 383-421.
- Önen, H. & Özcan, S. (2010). *İklim değişikliğine bağlı olarak yabancı ot mücadelesi*. Ed. SAYILI, M. 2010. İklim Değişikliğinin Tarıma Etkileri ve Alınabilecek Önlemler. T.C. Kayseri Valiliği İl Tarım Müdürlüğü Yayın No:2, Fidan Ofset, Kayseri, 336-357.
- Önen, H. (2010a). Organik ve iyi tarım (EUREP-GAP) uygulamaları. Ed. SERİN, Y. 2010. Küresel İklim Değişimine Bağlı Sürdürülebilir Tarım, Cilt I Çiftçi Eğitimi. Erciyes Üniversitesi Yayın No:177, Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesi Yayın No:1, Fidan Ofset, Kayseri 146-169.
- Önen, H. (2010b). Küresel ısınma ve biyolojik çeşitlilik. Ed. SERİN, Y. 2010. Küresel İklim Değişimine Bağlı Sürdürülebilir Tarım, Cilt III Teknik Eleman Eğitimi. Erciyes Üniversitesi Yayın No:177, Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesi Yayın No:1, Fidan Ofset, Kayseri, 134-154.
- Önen, H., Özgöz, E. & Özer Z. (2012). Toprak işleme yöntemlerinin buğdaydayabancı otlanmaya ve verime etkileri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(1), 99-104.
- Önen H. (2014). Organik tarımda bitki koruma (herboloji). Organik tarım ders notları. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Tokat. DOI: 10.13140/RG.2.2.12870.29764

- Önen, H. (2015). *Türkiye istilacı bitkiler kataloğu. tarım ve hayvancılık bakanlığı*. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Ankara, 533 sy. ISBN: 978-605-9175-05-0
- Önen, H., Akdeniz, M., Farooq, S., Hussam M. & Özaslan, C. (2018). Weed flora of citrus orchards and factors affecting its distribution in western Mediterranean region of Turkey. *Plantadaninha*, 36, 1817-2126
- Önen, H. (2020). Endüstriyel kenevirde hastalık, zararlı ve yabancı ot mücadelesi. Harf Yayınları, Büyük Reşitpaşa Cad. Yümnü İşmerkezi No: 22/2, Fatih/İstanbul, 92 sy. ISBN 978-975-8738-45-8
- Önen, H. (2021). *Yabancı otlar ve herboloji (Yabancı Ot Bilimi)*, 2. Bölüm. "Herboloji (Yabancı Ot Bilimi): İlkeler, Kavramlar ve Uygulamalar / Weed Science: Theory and Practice" içinde Adana, 8-27. DOI: 10.13140/RG.2.2.10113.99688 (Erişim: 25.04.2022).
- Özer, Z., Kadioğlu, İ., Önen, H. & Tursun, N. (2001). *Herboloji (Yabancı Ot Bilimi)*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 20 Kitap Seri No: 10, Tokat.
- Özercan, B. & Taşci, R. (2022). Türkiye'de Pestisit Kullanımının İller, Bölgeler ve Pestisit Grupları Açısından İncelenmesi. *Ziraat Mühendisliği*, 375, 75-88.
- Öztemiz, S. & Doğanlar, M. (2015). Invasive plant pests (Insecta and Acarina) of Turkey. *Munis Entomology & Zoology*, 10(1), 144-159]
- Pehlivan, E., Karsavuran, Y. & Tezcan, S. (2005a). Contributions to the Knowledge of the Lixinae (Coleoptera: Curculionidae) from Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 29(4), 259-272.
- Pehlivan, E., Karsavuran, Y. & Tezcan, S. (2005b). Contributions to the knowledge of the Curculioninae and Phytonominae (Coleoptera: Curculionidae) from Turkey, *Türk Entomoloji Dergisi*, 29(3), 173-182.
- Pehlivan, S., Erbey, M. & Atakan, E. (2022). The weevil, *Hypolixus pica* (F.)(Coleoptera: Curculionidae) as a potential biological control agent of *Amaranthus* species (Amaranthaceae) in Adana Province, Turkey. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 13(2), 118-127.
- Roubos, C. R., Rodriguez-Saona, C. & Isaacs, R. (2014). Mitigating the effects of insecticides on arthropod biological control at field and landscape scales. *Biological control*, 75, 28-38.
- Schwarzländer, M., Hinz, H. L., Winston, R. L. & Day, M. D. (2018). Biological control of weeds: an analysis of introductions, rates of establishment and estimates of success, worldwide. *BioControl*, 63, 319-331.
- Sert, O. (1995). *İç Anadolu Bölgesi Curculionidae (Coleoptera) Familiyası Üzerinde Taksonomik Çalışmalar*. (Tez no 47147). [Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Sırrı, M. (2022). *Yüksekova Havzasında Arazi Kullanımı ve Ekolojik Parametrelere Bağlı Olarak Yabancı Ot Popülasyonlarının Değişimi*, (Tez no 744213). [Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Sırrı M. & Özaslan C. (2022). Geve Ovası'nda Tespit Edilen *Convolvulus* L. Türleri ve Bunların Potansiyel Biyolojik Kontrol Etmenleri. *Türk Journal Weed Science*, 25(1), 69-84.
- Sırrı, M., Özaslan, C., Sert, O. & Alfarraj, S. (2022). Natural enemies feeding on some *Centaurea* species in the Yüksekova basin. *Journal of King Saud University-Science*, 34(6), 102215.
- Sırrı M. & Özaslan C. (2023). Microfungi species observed on various weed species in the Yüksekova Basin, Türkiye, *Bitki Koruma Bülteni / Plant Protection Bulletin*, 63(2), 31-40.
- Sobhian, R. & Fornasari, I. (1994). Biology of *Larinus curtus* Hochhut (Coleoptera: Curculionidae), a European Weevil for Biological Control of Yellow Starthistle *Centaurea solstitialis* L. (Asteraceae), in the United. *Biological Control*, 4(4), 328-335.
- Tozlu, G., Çoruh, İ. & Gültekin, L. (2010). Türkiye'de *Amaranthus* (Amaranthaceae) türlerine karşı biyolojik mücadelede böceklerin kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(2), 169-176.
- Uludag, A., Arslan, Z. F., Kütük, H. & Jabran, K. (2022). A preliminary study on arthropods as potential biological control agents for management of alien ornamental plants in Turkey. *Acta Herbológica*, 31(1), 27-42.
- Uygun, N., Koç, N. K., Uygur, N., Karaca, İ., Uygur, S. & Küsek, M. (1994). Doğu Akdeniz Bölgesi Çayır-Meralarındaki Yabancı Ot Türleri ve Doğal Düşmanları Üzerinde Araştırmalar. Türkiye III. Biyolojik Mücadele Kongresi, Bornova/İzmir, Türkiye, 25-28 Ocak 1994, ss. 321-331.
- Uygur, S. (2004). Density of *Centaurea solstitialis* L. and its natural enemies *Ceratapion* spp. in southern Turkey. *Turkish journal of Agriculture and Forestry*, 28(5), 333-339.
- Uygur, S., Smith, L. & Uygur, F. (2007). Sarı peygamber dikenini (*Centaurea solstitialis* L.) kapitulalarına zarar veren böcek türlerinin etkinliği. II. Bitki Koruma Kongresi Bildiri Özetleri, Isparta, Türkiye, 27-29 Ağustos 2007, ss. 41.
- Uygur, S., Smith, L. & Uygur, F. (2012). The effects of seed feeding insects on seed production of yellow starthistle (*Centaurea solstitialis* L.) in Adana province in southern Turkey. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 3(2), 99-120.

- Uygur, S., Smith, L., Uygur, F. N., Cristofaro, M. & Balciunas, J. (2005). Field assessment in land of origin of host specificity, infestation rate and impact of *Ceratopion basicorne* a prospective biological control agent of yellow starthistle. *BioControl*, 50(3), 525-541.
- Uygur, S. & Uygur, F.N. (2010). Yabancı otların biyolojik mücadelesi. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 1(1), 79-95.
- Uygur, S., Smith, L., Uygur, F. N., Cristofaro, M. & Balciunas, J. (2004). Population densities of yellow starthistle (*Centaurea solstitialis*) in Turkey. *Weed Science*, 52(5), 746-753.
- Vogt, G.B. & Cordo, H. A. (1976). Recent South American field studies of prospective biocontrol agents of weeds. In Proceedings, Research Planning Conference on the Aquatic Plant Control Program, Charleston, S.C. ss. 36-55.
- Waterhouse, D.F. (1994). *Biological control of weeds: Southeast Asian prospects. Monograph No. 26.* Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia.
- Winston, R. L., Schwarzländer, M., Hinz, H. L., Day, M. D., Cock, M. J. & Julien, M. H. (2014). *Biological control of weeds: A world catalogue of agents and their target weeds.* Biological control of weeds: a world catalogue of agents and their target weeds., (Ed. 5).
- Winston, R.L., Schwarzländer, M., Hinz, H. L., Day, M. D., Cock, M. J. & Julien, M. H. (2023). *Biological Control of Weeds: A World Catalogue of Agents and Their Target Weeds.* Based on FHTET-2014-04, USDA Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team. Available online at <https://www.ibiocontrol.org/catalog/> (Erişim:13.05.2022).
- Woodburn, T.L. & Briese, D.T. (1996). The Contribution of Biological Control to the Management of Thistles. *Plant Protection Quarterly*, 11(2), 250-253.
- Zengin, H. (1997). Yabancı Otlarla Biyolojik Mücadele Yöntemleri, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(3), 496-514.
- Zwölfer, H., Frick, K.E. & Andres, L. A. (1971). A Study of the Host Plant Relationships of European Members of the Genus *Larinus* (Col: Curculionidea). *Technical Bulletin of the Commonwealth Institute for Biological Control*, 13, 97-143.

A Taxonomical and Biogeographical Analysis of the Fauna Metopiinae (*Hymenoptera: Ichneumonidae*) of Türkiye

Saliha ÇORUH¹, Janko KOLAROV²

¹Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, 25240 Erzurum, Türkiye, ²Faculty of Pedagogy, University of Plovdiv, Plovdiv, Bulgaria

¹<https://orcid.org/0000-0002-6822-6677>, ²<https://orcid.org/0000-0002-0027-4162>

✉: spekel@atauni.edu.tr

ABSTRACT

This study was carried out to determine the faunistic, ecological, zoogeographical and hosts situation of the subfamily Metopiinae (*Hymenoptera: Ichneumonidae*) in Türkiye. The samples constituting the study were collected between 1995-2022. As a result of the study, 66 species from 10 genera were identified. Literature information, before 1995, also contributed to the study. Among these species *Exochus protuberans* Kolarov & Çoruh, 2009 are endemic for Türkiye at now. For each species, details of composition and the first record of the species from Türkiye are summarised.

Plant Protection

Research Article

Article History

Received : 20.07.2023

Accepted : 21.12.2023

Keywords

Hymenoptera
Ichneumonidae
Metopiinae
Fauna
Türkiye

Türkiye Metopiinae (*Hymenoptera: Ichneumonidae*) Faunasının Taksonomik ve Biyocoğrafik Analizi

ÖZET

Bu çalışma, Türkiye'deki Metopiinae (*Hymenoptera: Ichneumonidae*) altfamilyasının faunistik, ekolojik, zoocoğrafik ve konukçu durumunu belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmayı oluşturan örnekler 1995-2022 yılları arasında toplanmıştır. Çalışma sonucunda 10 cinse ait 66 tür tespit edilmiştir. 1995 öncesi literatür bilgisi de çalışmaya dahil edilmiştir. Bu türlerden ve *Exochus protuberans* Kolarov & Çoruh, 2009 Türkiye için şimdilik endemiktir. Her bir tür için kompozisyon detayları ve türlerin Türkiye'den ilk kayıtları özetlenmiştir

Bitki Koruma

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 20.07.2023

Kabul Tarihi : 21.12.2023

Anahtar Kelimeler

Hymenoptera
Ichneumonidae
Metopiinae
Fauna
Türkiye

Atf Şekli: Türkiye Metopiinae (*Hymenoptera: Ichneumonidae*) faunasının yeni verilerle taksonomik ve biyocoğrafik analizi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (3), 622-634. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1330418>

To Cite : A taxonomical and biogeographical analysis of the fauna Metopiinae (*Hymenoptera: Ichneumonidae*) of Türkiye, with new data. *KSU J. Agric Nat* 27(3), 622-634. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1330418>

INTRODUCTION

The Hymenoptera have different ecological roles, such as pollinators, seed dispersers, and regulators of other arthropod populations, acting as predators and parasitoids (natural enemies) (Fernandes et al., 2018). Among these, Darwin wasps (*Ichneumonidae*) constitute one of the largest families, with about 25,285 valid species, distributed in 1,601 genera and 47 subfamilies (Yu et al., 2016; Klopstein et al., 2019b).

Despite their ecological importance, Darwin wasps (*Ichneumonidae*) are among the most poorly studied groups of insect. It is therefore not surprising that

their fossil record is even more poorly understood than their extant diversity (Viertler et al., 2022).

Metopiinae, one of the 47 subfamilies are a worldwide subfamily of the parasitic wasp family *Ichneumonidae* (Townes, 1971). This subfamily are koinobiont endoparasitoids of *Lepidoptera*.

Most metopiines are medium to large ichneumonids. A bulging shield-like face is diagnostic for members of this subfamily, but many members lack this character. They have a bulging face and with no groove between the face and clypeus. In most genera the upper portion of the face forms a triangular process that extends between the antennae (Townes,

1971). Many have stout, robust legs and generally have short ovipositors. Larger species may mimic aculeate wasps in coloration and by producing buzzing noises when captured (Quicke, 2014).

There are 27 extant genera and 862 species in the world (Yu et al., 2016). Up to 1995 (Kolarov, 1995) only 22 species belonging to 6 genera have been documented in Türkiye (Kohl, 1905; Fahringer, 1922; Clement, 1930; Meyer, 1936; Sedivy, 1959; Townes et al., 1965; Kasparyan, 1981; Aeschlimann, 1983, 1989; Tolkanitz, 1985, 1987; Kolarov, 1989; Öncüer, 1991; Kolarov & Beyarslan, 1993). After 1995, with the contributions which some studies (Kolarov & Özbek, 1998; Çoruh et al., 2002; Gencer, 2003; Sarıkaya & Avcı, 2005; Kolarov et al., 2009; Özdemir & Güler, 2009; Eroğlu, 2010; Kolarov & Çalmaşur, 2011; Çoruh & Özbek, 2011; Gürbüz et al., 2011; Çoruh & Kolarov, 2012; Özdan, 2014; Çoruh et al., 2014 a,b; Kolarov et al., 2014 a,b; Çoruh & Çalmaşur, 2016; Kolarov et al., 2016; Narmanlıoğlu & Çoruh, 2017; Kolarov et al., 2017; Özdan & Gürbüz, 2019; Kırac & Gürbüz, 2020; Kolarov & Çoruh, 2022 and İnciklioğlu, 2022) the numbers of Metopiinae fauna of Turkey reached to 66 species and 11 genera.

The aim of this study is to analyze to studies related to this subfamily by taxonomical and biogeographical

in Türkiye.

MATERIALS and METHODS

Adult metopiines samples were collect in the different habitats from Türkiye (Figure 1, 2) since 1995 using sweping nets, malaise and light traps by authors, other ichneumonis researchers (Dr. Hikmet Özbek, (retired), Dr. Ahmet Beyarslan (retired), Dr. Murat Yurtcan (Trakya University), Dr. Faruk Gürbüz (Süleyman Demirel University), and other collector Dr. Erol Yıldırım, Dr. Önder Çalmaşur, Dr. Göksel Tozlu (Atatürk University), Dr. İrfan Aslan (Yıldırım Beyazıt University), Coşkun Güçlü (Eskişehir Osmangazi University) and published in different publications. Furthermore, all samples that have been collect before 1995 also evaluated. The specimens were then pinned and properly labelled for identification.

The genera and species are listed in the alphabetic order according the recent Interactive Catalogue of World Ichneumonidae (Yu et al., 2016). The distributional records were also used from this catalogue. The individual information, collected months and altitudes, including the regional, locality and literature data are given with tables and graphs (Tables 1, 2 and Figures 3,4,5,6).



Figure 1. Research area.
Şekil.1. Araştırma alanı.

RESULTS

Metopiine samples that were collect in whole of Anatolia since 1995 evaluated according to different situations as faunistic evaluations, ecological evaluations, zoogeographical evaluations and evaluations of host and plant visited by adults.

Faunistic evaluations

In total 66 species belonging to 10 genus are reported for the studied regions in this study. When evaluation is made according to the number of species and individuals possessed by the existing genera we will see that, one species and three samples belong to the genus *Bremiella*, two species and 24 samples belong

to genus *Colpotrochia*, five species 8 samples belong to *Chorinaeus*, one species 65 samples belong to *Drepanoctonus*, 29 species 539 samples belong to *Exochus*, four species 11 samples belong to *Hypsicera*, 11 species 18 samples belong to *Metopius*, one species three samples belong to *Spudaeus*, 10 species 24 samples belong to *Triclistus* and two species 52 samples belong to *Trieceles* were recorded. As a results, when all genres are compared, the number of samples of the *Exochus* more dense than other genus (Figure 3a). Among the species determined, *Exochus castaniventris* (with 305 individuals), *Exochus mitratus* (80), *Trieceles tricarinatus* (51) and *Exochus suborbitalis* (37) were the most abundant in research areas (Table 1). All species collected from by insect

net and light traps, but only *Drepanoctonus tricoloratus* was collected by malasia trap in our study area.

In contrast, *C. flavipes*, *C. scrobipalpa*, *C. subcarinatus*, *Exochus bolivari*, *E. ferus*, *E. frontellus*, *E. flavomarginatus*, *E. gravipes*, *E. morionellus*, *E. semilividus*, *E. separandus*, *E. tardigradus*, *Hypsicera curvator*, *H. subtilitor*, *M. (Cultrarius) turcestanicus*,

M. (Metopius) fulvicornis, *M. (M.) septemcinctus*, *M. (Peltocarus) croceicornis*, *Metopius (P.) dirus*, *Triclistus areolatus*, *T. congener*, *T. lativentris*, *T. niger*, *T. pyrellae* and *Trieces bellulus* (with 1 individual) were rarely found in Anatolia (Table 1). The rate of speceis, collected as a single individual is 37.8%.



Figure 2. Research localities and research team.

Şekil 2. Çalışma alanından lokaliteler ve çalışma ekibi.

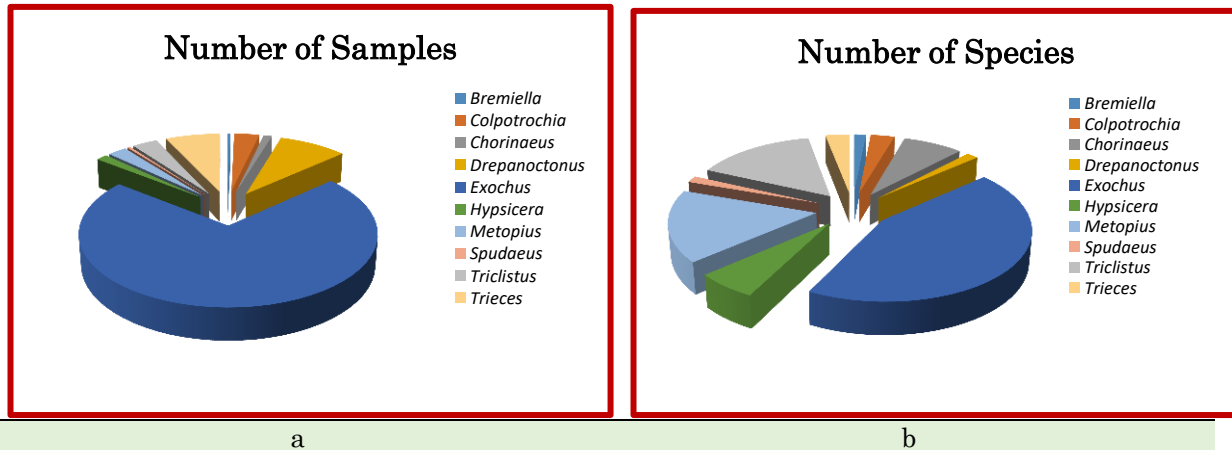


Figure 3. Distribution of species: a) according to samples, b) according to speceis.

Şekil 3. Türlerin dağılışı: a) örnek sayısına göre, b) tür sayısına göre.

Table 1. Metopiinae list of Türkiye

Çizelge 1. Türkiye'nin Metopiinae listesi

Data of collected species: Individual numbers (IN), vertical distribution (VD), seasonal dynamics (SD), geographical regions (GR), zoogeographical regions (ZR), first record of Turkey (FRT) of specimens

Names of Taxa	IN	VD	SD	GR	ZR	FRT
SUBFAMILY METOPIINAE Förster, 1869						
Genus <i>Bremiella</i> Dalla Torre, 1901						
<i>Bremiella pulchella</i> (Kriechbaumer, 1890)	3	A, G	Ap, J	EAR, MtR	E, WP	Kolarov & Özbek, 1998
Genus <i>Colpotrochia</i> Holmgren, 1856						
<i>Colpotrochia cincta</i> (Scopoli, 1763)	15	A, C, F, D	M, J, Jl, S, N	MtR, EAR, BSR	EP, E, WP	Kolarov et al., 2009
<i>Colpotrochia tricolor</i> (Aubert, 1979)	9	E, F, G, H	J, Jl	CAR, EAR, SAR	E, WP	Aubert, 1979
Genus <i>Chorinaeus</i> Holmgren, 1858						
<i>Chorinaeus cristator</i> (Gravenhorst, 1829)	2	A, D	M	MR, MtR	EP, E, WP	Kolarov et al., 2009
<i>Chorinaeus flavipes</i> Bridgman, 1881	1	E	Ap	MtR	EP, E, WP	Kolarov et al., 2009
<i>Chorinaeus funebris</i> (Gravenhorst, 1829)	3	C, F	Jl, O	CAR, EAR	EP, E, NEAR, WP	Kolarov et al., 2009
<i>Chorinaeus scrobipalpe</i> Aeschlimann, 1983	1	C	J	MtR	EP, E, WP	Özdan, 2014
<i>Chorinaeus subcarinatus</i> Holmgren, 1858	1	F	M	MtR	EP, E, NEAR, WP	Kolarov et al., 2009
Genus <i>Drepanoctonus</i> Pfankuch, 1911						
<i>Drepanoctonus tricoloratus</i> (Sedivy, 1971)	65	E, F	J, Jl, Aug, S	EAR	EP, E, WP	Kolarov et al., 2009
Genus <i>Exochus</i> Gravenhorst, 1829						
<i>Exochus albicinctus</i> Holmgren, 1873	5	G, H, C	Jl, J	EAR, MtR	EP, E, WP	Kolarov & Beyarslan, 1993
<i>Exochus alpinus</i> Zetterstedt, 1838	3	A	J, Aug	BSR	EP, E, WP	Kolarov & Çoruh, 2022
<i>Exochus bolivari</i> (Seyrig, 1927)	1	E	Jl	BSR	EP, E	Çoruh & Kolarov, 2012
<i>Exochus britannicus</i> Morley, 1911	5	D, E, F	Jl, Aug	EAR, CAR, MtR, MR	EP, E, WP	Kolarov et al., 2009
<i>Exochus castaniventris</i> Brauns, 1896	305	A, B, C, D, F, E, G	M, Jl, Aug, S, N	MR, MtR, EAR, SAR, AR	EP, E, WP	Kolarov, 1989
<i>Exochus carri</i> Schmiedeknecht, 1924	5	A	Ap	CAR	EP, E	Kolarov et al., 2009
<i>Exochus consimilis</i> Holmgren, 1858	7	A, F, G, H	J, Jl	AR, BSR, EAR	EP, E, NEAR, WP	Kolarov et al., 2009
<i>Exochus erythronotus</i> (Gravenhorst, 1829)	5	A, D, E, C	Ap, M, S	AR, CAR, EAR, MtR	E, WP	Sedivy, 1959
<i>Exochus foveolatus</i> Schmiedeknecht, 1924	4	A, D, F	Ap, J	CAR, MtR, EAR, BSR	EP, E, WP	Kolarov & Özbek, 1998
<i>Exochus ferus</i> Tolkanitz, 1993	1	E	Jl	BSR	EP, E, WP	Çoruh & Kolarov, 2012
<i>Exochus flavifacies</i> Kusigemati, 1984	5	A	J	BSR, EAR	EP	Kolarov et al., 2017
<i>Exochus frontellus</i> Holmgren, 1858	1	A	?	MtR	EP, E, WP	Yurtcan, 2013
<i>Exochus flavomarginatus</i> Holmgren, 1856	1	A	J	MR	EP, E, WP	Kolarov et al., 2009
<i>Exochus flavifrons</i> Boheman, 1863	5	B, H, C	J, Jl, S	BSR, EAR, MtR	E, WP	Çoruh & Kolarov, 2012
<i>Exochus gravipes</i> (Gravenhorst, 1820)	1	E	J	MtR	E, WP	Kolarov et al., 2009
<i>Exochus gravis</i> (Gravenhorst, 1829)	3	F	J	MtR	E, WP	Kolarov et al., 2009
<i>Exochus lictor</i> Holiday, 1838	5	D, E	May, Jl, J	BSR, EAR, MtR, AR	EP, E, NEAR, WP	Kolarov et al., 2009
<i>Exochus lineifrons</i> Thomson, 1887	6	D	J	MtR	EP, E, WP	Kolarov et al., 2009
<i>Exochus marklini</i> Holmgren, 1858	8	A, F	A, Jl	BSR, EAR, MtR, AR	E, WP	Kolarov, 1995
<i>Exochus mitratus</i> Gravenhorst, 1829	80	A, B, D, E, F, H	Ap, M, J, Jl, Aug	AR, BSR, CAR, EAR, MR, MtR,	EP, E, NEAR, WP	Kolarov & Özbek, 1993
<i>Exochus morionellus</i>	1	D	M	MtR	EP, E, WP	Kolarov et al., 2009

Holmgren, 1858							
<i>Exochus prosopius</i> Gravenhorst, 1829	9	A	J, Jl	AR, BSR	EP, E, WP		Kolarov et al., 2009
<i>Exochus protuberans</i> Kolarov & Çoruh, 2009	3	G, H, E	J, Jl	EAR	WP		Kolarov et al., 2009
<i>Exochus semilividus</i> Vollenhoven, 1875	1	A	M	MtR	EP, E, WP		Kolarov et al., 2009
<i>Exochus separandus</i> Schmiedeknecht, 1924	1	A	M	MtR	E, WP		Kolarov et al., 2009
<i>Exochus suborbitalis</i> Schmiedeknecht, 1924	37	A, D, F, H	M, J, Jl, Aug	BSR, EAR, MtR, MR	EP, E, WP		Kolarov & Beyarslan, 1993
<i>Exochus tardigradus</i> Gravenhorst, 1829	1	A	?	MR	EP, E, WP		Yurtcan, 2013
<i>Exochus thomsoni</i> Schmiedeknecht, 1924	12	A, D, G, C A, B, D, C,	M, J	BSR, EAR, MtR, MR	EP, E, WP		Çoruh & Kolarov, 2012
<i>Exochus vafer</i> Holmgren, 1873	18	E F, H	M, J, Jl, Aug	AR, EAR, MtR	EP, E, WP		Kolarov et al., 2009
Genus <i>Hypsicera</i> Latreille, 1829							
<i>Hypsicera britannica</i> Tolkanitz, 2011	?	?	?	?	E, WP		Aeschlimann, 1989
<i>Hypsicera curvator</i> (Fabricius, 1793)	1	D	J, Jl	MtR	EP, E, NEAR, WP AFR, AUR, EP, E, NEAR, NTR, OCE, ORR, WP		Kolarov et al., 2009 Kolarov & Beyarslan, 1993
<i>Hypsicera femoralis</i> (Geoffroy, 1785)	9	A, D, E, H	J, Jl, Aug	BSR, EAR, MtR, MR	EP, E, WP		Kolarov et al., 2009
<i>Hypsicera subtilitor</i> Aubert, 1969	1	A	?	MR	E, WP		Kolarov et al., 2009
Genus <i>Metopius</i> Panzer, 1806							
<i>Metopius (Ceratopius) citratus</i> (Geoffroy, 1785)	2	A, B	M, Aug	MtR, MR	EP, E, ORR, WP		Fahringer, 1922
<i>Metopius (Ceratopius)</i> <i>erythropus</i> Kriechebaumer, 1894	3	A, D	?	AR, CAR	E, WP		Clement, 1930
<i>Metopius (Cultrarius)</i> <i>turcestanicus</i> Clement, 1930	1	E	J	MtR	EP, E, WP		Kolarov et al., 2009
<i>Metopius (Metopius)</i> <i>fulvicornis</i> Mocsary, 1883	1	B	?	EAR	WP		Tolkanitz, 1985
<i>Metopius (Metopius)</i> <i>septemcinctus</i> Clément, 1930	1	D	J	EAR	WP		Kolarov & Çalmaşur, 2011
<i>Metopius (Peltastes)</i> <i>pinatorius</i> Brullé, 1846	3	E, F, H	Jl	EAR	EP, E, WP		Kolarov, 1995
<i>Metopius (Peltocarus)</i> <i>croceicornis</i> Thomson, 1887	1	A	?	MR	EP, E, WP		Clement, 1930
<i>Metopius (Peltocarus)</i> <i>dentatus</i> (Fabricius, 1779)	3	A, F, H	J, Jl	MR, EAR	EP, E, WP		Clement, 1930
<i>Metopius (Peltocarus)</i> <i>dirus</i> Mocsary, 1883	1	A	?	MR	EP, E, WP		Clement, 1930
<i>Metopius (Peltastes)</i> <i>brevispina</i> Thomson, 1887	2	D	M	Anatolia, CAR	E, WP		Kohl, 1905
<i>Metopius (Peltastes)</i> <i>leiopygus</i> Förster, 1850	?	?	?	?	EP, E, WP		Clement, 1930;
Genus <i>Spudaeus</i> Thomson, 1883							
<i>Spudaeus scaber</i> (Gravenhorst, 1829)	3	E, H	J, Aug	EAR	EP, E, NEAR, WP		Çoruh et al., 2002
Genus <i>Triclistus</i> Förster, 1869							
<i>Triclistus areolatus</i> Thomson, 1887	1	F	Jl	EAR	EP, E, WP		Kolarov et al., 2009
<i>Triclistus congener</i> (Holmgren, 1858)	1	F	Jl	EAR	E, NEAR, WP		Kolarov et al., 2017
<i>Triclistus globulipes</i> (Desvignes, 1856)	2	A, F	J, Jl	BSR, MtR	EP, E, ORR, WP		Sarıkaya & Avcı, 2004
<i>Triclistus lativentris</i> Thomson, 1887	1	H	?	BSR	E, WP		Aeschlimann, 1985
<i>Triclistus longicalcor</i> Thomson, 1887	8	C, F, G, H	J, Jl	EAR, MR	E, WP		Çoruh & Kolarov, 2012
<i>Triclistus niger</i> (Bridgman, 1883)	1	D	J	MtR	E, WP		Kolarov et al., 2009
<i>Triclistus pallipes</i> Holmgren, 1873	2	A	Ap	MR	EP, E, NEAR, ORR, WP		Kolarov et al., 2009
<i>Triclistus podagricus</i> (Gravenhorst, 1829)	5	D, F, H	J, Aug	EAR, MtR	EP, E, NEAR, WP		Kolarov & Beyarslan, 1993
<i>Triclistus pyrellae</i> Tolkanitz, 1983	1	B	M	MtR	E, WP		Kolarov et al., 2009

<i>Trichistus spiracularis</i> Thomson, 1887	2	D	Jl	MtR	EP, E, WP	Kolarov et al., 2009
Genus <i>Trieces</i> Townes, 1946						
<i>Trieces bellulus</i> Kusigemati 1984	1	C	J	MtR	EP, WP	Özdan, 2014
<i>Trieces tricarinatus</i> (Holmgren, 1858)	51	E, G, H, D	M, J, Jl, Aug	CAR, MtR, EAR	E, WP	Aeschlimann, 1983

Vertical distribution (VD) (metre): A: 0-500 m, B: 501-750 m, C: 751-1000 m, D: 1001-1250 m, E: 1251- 1500 m, F: 1501-1750 m, G: 1751-2000 m, H: 2001-2500 m. Seasonal dynamics (SD): Ap: April, M: May, J: June, Jl: July, Aug: August, S: September, O: October, N: November. Geographical regions (GR): AR: Aegean Region, BSR: Black Sea Region, CAR: Central Anatolia Region, EAR: Eastern Anatolia Region, MR: Marmara Region, MtR: Mediterranean Region, SAR: Southeastern Anatolia. Zoogeographical regions (ZR): AFR: Afrotropical Region, AUR: Australian Region, E: Europe, EP: Eastern Palaearctic, NEAR: Nearctic Region, NTR: Neotropical, OCE: Oceanic, ORR: Oriental, WP: West Palaearctic.

Table 2. Provinces and references of collected species in Turkey
Çizelge 2. Türkiye'deki türlerindeki dağılışı gösterdiği iller ve ilgili referanslar

Names of Taxa	Distributions in Turkey	Reference (s)
SUBFAMILY METOPIINAE Förster, 1869		
Genus <i>Bremiella</i> Dalla Torre, 1901		
<i>Bremiella pulchella</i> (Kriechbaumer, 1890)	Erzurum, Hatay	Kolarov & Özbek, 1998; Gürbüz et al., 2011; Çoruh et al., 2014b
Genus <i>Colpotrochia</i> Holmgren, 1856		
<i>Colpotrochia cineta</i> (Scopoli, 1763)	Artvin, Erzurum, Isparta, Ordu, Rize, Tunceli	Kolarov et al., 2009; Çoruh & Özbek, 2011; Kolarov & Çalmaşur, 2011; Çoruh & Kolarov, 2012; Çoruh et al., 2014a, b; Kolarov et al., 2014a; Kolarov & Çoruh, 2022
<i>Colpotrochia triclitor</i> (Aubert, 1979)	Erzurum, Erzincan, Nevşehir, Kars, Şanlıurfa	Aubert, 1979; Çoruh et al., 2002; Kolarov et al., 2009; Çoruh & Özbek, 2011; Kolarov & Çalmaşur, 2011; Çoruh & Kolarov, 2012; Çoruh et al., 2014b
Genus <i>Chorinaeus</i> Holmgren, 1858		
<i>Chorinaeus cristator</i> (Gravenhorst, 1829)	Edirne, Isparta	Kolarov et al., 2009; Yurtcan, 2013
<i>Chorinaeus flavipes</i> Bridgman, 1881	Isparta	Kolarov et al., 2009
<i>Chorinaeus funebris</i> (Gravenhorst, 1829)	Erzurum, Eskişehir	Kolarov et al., 2009; Eroğlu, 2011; Çoruh et al., 2014b
<i>Chorinaeus scrobipalpa</i> Aeschlimann, 1983	Isparta	Özdan, 2014; Özdan & Gürbüz, 2019
<i>Chorinaeus subcarinatus</i> Holmgren, 1858	Isparta	Kolarov et al., 2009
Genus <i>Drepanoctonus</i> Pfankuch, 1911		
<i>Drepanoctonus tricoloratus</i> (Sedivy, 1971)	Kars	Kolarov et al., 2009; Çoruh & Kolarov, 2012; Çoruh et al., 2014b; Çoruh & Çalmaşur, 2016
Genus <i>Exochus</i> Gravenhorst, 1829		
<i>Exochus albicinctus</i> Holmgren, 1873	Erzurum, Isparta	Kolarov & Beyarslan, 1993; Kolarov, 1995; Kolarov et al., 2009; Çoruh & Özbek, 2011; Çoruh & Kolarov, 2012; Çoruh et al., 2014b
<i>Exochus alpinus</i> Zetterstedt, 1838	Rize	Kolarov & Çoruh, 2022
<i>Exochus bolivari</i> Seyrig, 1927	Artvin	Çoruh & Kolarov, 2012; Çoruh et al., 2014b
<i>Exochus britannicus</i> Morley, 1911	Çanakkale, Edirne, Hatay, Kars, Konya	Kolarov et al., 2009; Çoruh & Kolarov, 2012; Yurtcan, 2013; Çoruh et al., 2014b
<i>Exochus castaniventris</i> Brauns, 1896	Adana, Afyonkarahisar, Antalya, Denizli, Edirne, Erzurum, İstanbul, Hatay, Kahramanmaraş, Kars, Konya, Manisa	Kolarov, 1989; Öncüer, 1991; Kolarov & Beyarslan, 1993; Kolarov, 1995; Özdemir & Güler, 2009; Kolarov et al., 2009; Çoruh & Özbek, 2011; Çoruh & Kolarov, 2012; Kıraç, 2012; Yurtcan, 2013; Çoruh et al., 2014b; Çulcu, 2015; Kıraç & Gürbüz, 2020
<i>Exochus carri</i> Schmedeknecht, 1924	Sinop	Kolarov et al., 2009
<i>Exochus consimilis</i> Holmgren, 1858	Erzurum, Kırklareli, Rize	Kolarov et al., 2009; Çoruh & Kolarov, 2012; Çoruh et al., 2014b
<i>Exochus erythronotus</i> (Gravenhorst, 1829)	Aydın, Isparta, Kars, Konya	Sedivy, 1959, Öncüer, 1991; Kolarov, 1995, Kolarov et al., 2009; Çoruh & Kolarov, 2012; Çoruh et al., 2014b; Özdan, 2014; Çulcu, 2015; Özdan & Gürbüz, 2019
<i>Exochus foveolatus</i> Schmedeknecht, 1924	Erzurum, Isparta, Sinop	Kolarov & Özbek, 1998; Kolarov et al., 2009; Çoruh et al., 2014b
<i>Exochus ferus</i> Tolkanitz, 1993	Rize	Çoruh & Kolarov, 2012; Çoruh et al., 2014b
<i>Exochus flavifacies</i> Kusigemati, 1984	Erzurum, Ordu, Rize	Çoruh & Kolarov, 2012; Kolarov et al., 2017
<i>Exochus flavomarginatus</i> Holmgren, 1856	Balıkesir	Kolarov et al., 2009
<i>Exochus flavifrons</i> Boheman, 1863	Erzurum, Isparta, Rize	Çoruh & Kolarov, 2012; Çoruh et al., 2014a, b; Özdan, 2014; Özdan & Gürbüz, 2019
<i>Exochus frontellus</i> Holmgren, 1858	Edirne	Yurtcan, 2013

<i>Exochus gravipes</i> (Gravenhorst, 1820)	Isparta	Kolarov et al., 2009
<i>Exochus gravis</i> (Gravenhorst, 1829)	Osmaniye	Kolarov et al., 2009
<i>Exochus licitor</i> Holiday, 1838	Çanakkale, Ege kıyıları, Osmaniye, Kars, Rize	Kolarov et al. 2009; Çoruh & Kolarov, 2012; Çoruh et al., 2014b
<i>Exochus lineifrons</i> Thomson, 1887	Osmaniye	Kolarov et al., 2009
<i>Exochus marklini</i> Holmgren, 1858	Anatolia, Adana, Erzurum, Isparta, İzmir, Osmaniye, Rize	Kolarov 1995, Öncüer 1991; Kolarov et al., 2009; Çoruh et al., 2014b
<i>Exochus mitratus</i> Gravenhorst, 1829	Ankara, Antalya, Artvin, Bayburt, Bingöl, Burdur, Denizli, Erzincan, Erzurum, Giresun, Isparta, Kars, Kırklareli, Ordu, Rize	Sedivy, 1959; Öncüer, 1991; Kolarov & Beyarslan, 1993; Kolarov, 1995; Kolarov & Özbek, 1998; Kolarov et al., 2009; Kırac, 2012; Çoruh & Kolarov, 2012; Çoruh et al., 2014a, b; Çulcu, 2015; Kolarov et al., 2016; Kolarov et al., 2017; Kırac & Gürbüz, 2020
<i>Exochus morionellus</i> Holmgren, 1858	Antalya	Kolarov et al., 2009
<i>Exochus prosopius</i> Gravenhorst, 1829	Giresun, İzmir, Rize, Trabzon	Kolarov et al., 2009; Çoruh et al., 2014a; Kolarov et al., 2017; Kolarov & Çoruh, 2022;
<i>Exochus protuberans</i> Kolarov & Çoruh, 2009	Erzurum	Kolarov et al., 2009; Çoruh & Kolarov, 2012; Çoruh et al., 2014b
<i>Exochus semilividus</i> Vollenhoven, 1875	Hatay	Kolarov et al., 2009
<i>Exochus separandus</i> Schmiedeknecht, 1924	Adana	Kolarov et al., 2009
<i>Exochus suborbitalis</i> Schmiedeknecht, 1924	Ağrı, Antalya, Ardahan, Artvin, Bayburt, Bingöl, Çanakkale, Edirne, Erzincan, Erzurum, Giresun, Isparta, Kahramanmaraş, Kars, Gaziantep, Kırklareli, Ordu, Osmaniye	Kolarov & Beyarslan, 1993; Kolarov, 1995; Kolarov & Özbek, 1998; Kolarov, 1995; Kolarov et al 2009; Çoruh & Kolarov, 2012; Yurtcan 2013; Kolarov, 2014; Çoruh et al., 2014a, b; Kolarov et al., 2016; Kolarov et al., 2017
<i>Exochus tardigradus</i> Gravenhorst, 1829	Edirne	Yurtcan, 2013
<i>Exochus thomsoni</i> Schmiedeknecht, 1924	Balıkesir, Çanakkale, Erzurum, Isparta, Rize, Tunceli	Çoruh & Kolarov 2012, Kolarov, 2014; Kolarov et al. 2014b, Çoruh et al. 2014b, Özdan 2014; Özdan & Gürbüz, 2019
<i>Exochus vafer</i> Holmgren, 1873	Denizli, Erzincan, Erzurum, Isparta, İzmir	Kolarov et al., 2009; Kolarov et al. 2017; Çoruh & Kolarov, 2012; Kırac, 2012; Çoruh et al., 2014b; Özdan, 2014; Çulcu, 2015; Özdan & Gürbüz, 2019; Kırac & Gürbüz, 2020
Genus <i>Hypsicera</i> Latreille, 1829		
<i>Hypsicera britannica</i> Tolkantz, 2011	Anatolia	Aeschlimann, 1989; Kolarov, 1995
<i>Hypsicera curvator</i> (Fabricius, 1793)	Osmaniye	Kolarov et al., 2009
<i>Hypsicera femoralis</i> (Geoffroy, 1785)	Ağrı, Antalya, Anatolia, Çanakkale, Giresun, Erzurum, Isparta, Osmaniye, Tunceli	Kolarov & Beyarslan, 1993; Kolarov, 1995; Gürbüz, 2004, 2005; Buncukçu, 2008; Gürbüz et al., 2009
<i>Hypsicera subtilitor</i> Aubert, 1969	Çanakkale	Kolarov et al., 2009; Çoruh & Kolarov, 2012; Çoruh et al., 2014a, b; Kolarov et al., 2014b; Kolarov, 2014; Çulcu, 2015; Kolarov, 2014
Genus <i>Metopius</i> Panzer, 1806		
<i>Metopius (Ceratopius) citratus</i> (Geoffroy, 1785)	Burdur, İstanbul	Fahringer, 1922; Kolarov, 1995; Kolarov et al., 2009
<i>Metopius (Ceratopius) erythropus</i> Kriebaumer, 1894	İzmir, Konya	Clement, 1930; Tolkantz, 1985; Kolarov, 1995
<i>Metopius (Cultrarius) turcestanicus</i> Clement, 1930	Isparta	Kolarov et al., 2009
<i>Metopius (Metopius) fulvicornis</i> Mocsary, 1883	Malatya	Tolkantz, 1985; Kolarov, 1995
<i>Metopius (Metopius) septemcinctus</i> Clément, 1930	Erzurum	Kolarov & Çalmaşur, 2011
<i>Metopius (Peltastes) pinatorius</i> Brullé, 1846	Anatolia, Erzurum	Tolkantz, 1985; Kolarov, 1995; Çoruh & Kolarov, 2011; Çoruh & Özbek, 2011; Çoruh & Kolarov, 2012; Çoruh et al., 2014b
<i>Metopius (Peltocarus) croceicornis</i> Thomson, 1887	Bursa	Clement, 1930; Tolkantz, 1985; Kolarov, 1995
<i>Metopius (Peltocarus) dentatus</i> (Fabricius, 1779)	Bayburt, Erzurum, İstanbul	Clement, 1930; Kolarov, 1995; Çoruh & Kolarov, 2012; Çoruh et al., 2014b
<i>Metopius (Peltocarus) dirus</i> Mocsary, 1883	Bursa	Clement, 1930; Meyer, 1936; Kolarov, 1995
<i>Metopius (Peltastes) brevispina</i> Thomson, 1887	Niğde	Kohl, 1905; Kolarov, 1995
<i>Metopius (Peltastes) leiopygus</i> Förster, 1850	Anatolia	Clement, 1930; Townes et al., 1965; Kasparyan, 1981; Tolkantz, 1985; Kolarov, 1995
Genus <i>Spudaeus</i> Thomson, 1883		
<i>Spudaeus scaber</i> (Gravenhorst, 1829)	Erzurum, Bayburt	Çoruh et al., 2002; Çoruh & Kolarov, 2012; Çoruh et al., 2014b
Genus <i>Triclistus</i> Förster, 1869		
<i>Triclistus areolatus</i> Thomson, 1887	Erzurum	Kolarov et al., 2009; Çoruh et al., 2014b
<i>Triclistus congener</i> (Holmgren, 1858)	Erzurum	Kolarov et al., 2017
<i>Triclistus globulipes</i> (Desvignes, 1856)	Isparta, Giresun	Sarıkaya & Avcı, 2005; Çoruh et al., 2014a
<i>Triclistus lativentris</i> Thomson, 1887	Gümüşhane	Aeschlimann, 1983; Kolarov, 1995
<i>Triclistus longicalcor</i> Thomson, 1887	Artvin, Edirne, Erzurum	Çoruh & Kolarov, 2012; Yurtcan, 2013; Çoruh et al., 2014b

<i>Triclistus niger</i> (Bridgman, 1883)	Isparta	Kolarov et al., 2009
<i>Triclistus pallipes</i> Holmgren, 1873	Kırklareli	Kolarov et al., 2009
<i>Triclistus podagricus</i> (Gravenhorst, 1829)	Bayburt, Isparta, Erzurum	Kolarov & Beyarslan, 1993; Kolarov, 1995; Kolarov et al., 2009; Çoruh & Kolarov, 2012; Çoruh et al., 2014b
<i>Triclistus pyrellae</i> Tolkanitz, 1983	Isparta	Kolarov et al., 2009
<i>Triclistus spiracularis</i> Thomson, 1887	Isparta	Kolarov et al., 2009
Genus <i>Trieces</i> Townes, 1946		
<i>Trieces bellulus</i> Kusigemati 1984	Isparta	Özdan, 2014; Özdan & Gürbüz, 2009
<i>Trieces tricarinatus</i> (Holmgren, 1858)	Erzurum, Gümüşhane, Mersin, Sivas	Aeschlimann, 1983; Kolarov & Beyarslan, 1993; Kolarov, 1995; Gencer, 2003; Kolarov et al., 2009; Çoruh & Kolarov, 2012; Çoruh et al., 2014b; Narmanhoğlu & Çoruh, 2017

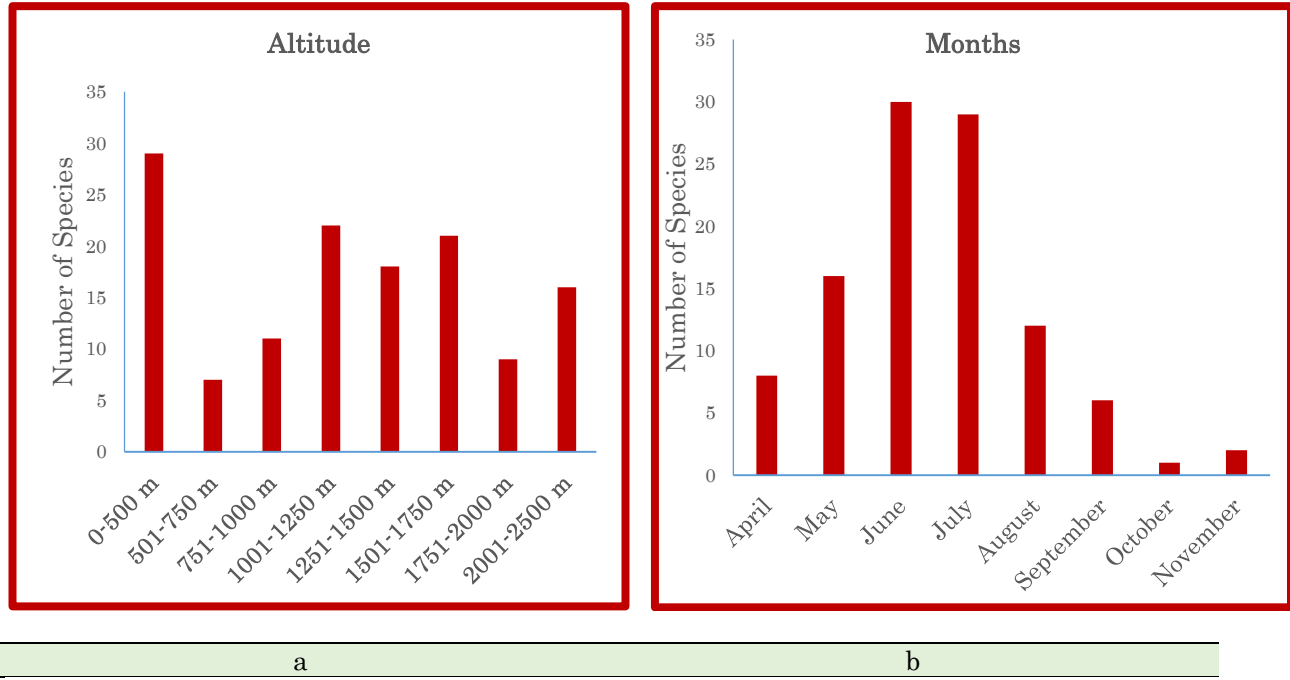


Figure 4. Distribution of species: a) according to altitude, b) according to months.
Şekil 4. Türlerin dağılışı: a) rakıma göre, b) aylara göre.

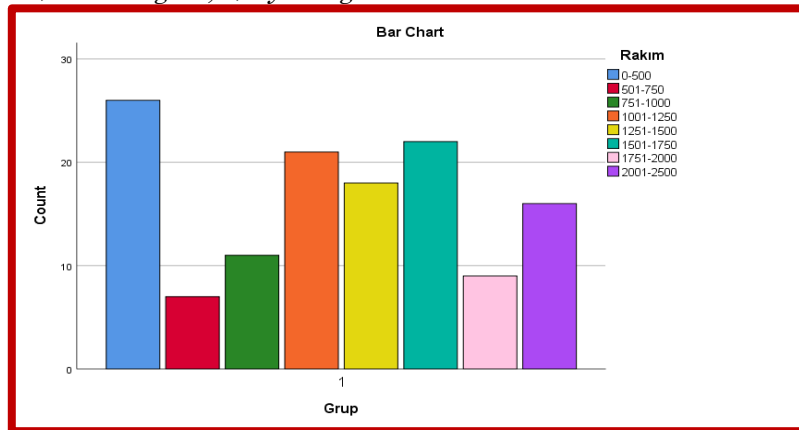


Figure 5. Difference between altitudes according to the chi-square test.
Şekil 5. Chi-square testine göre rakımlar arasındaki fark.

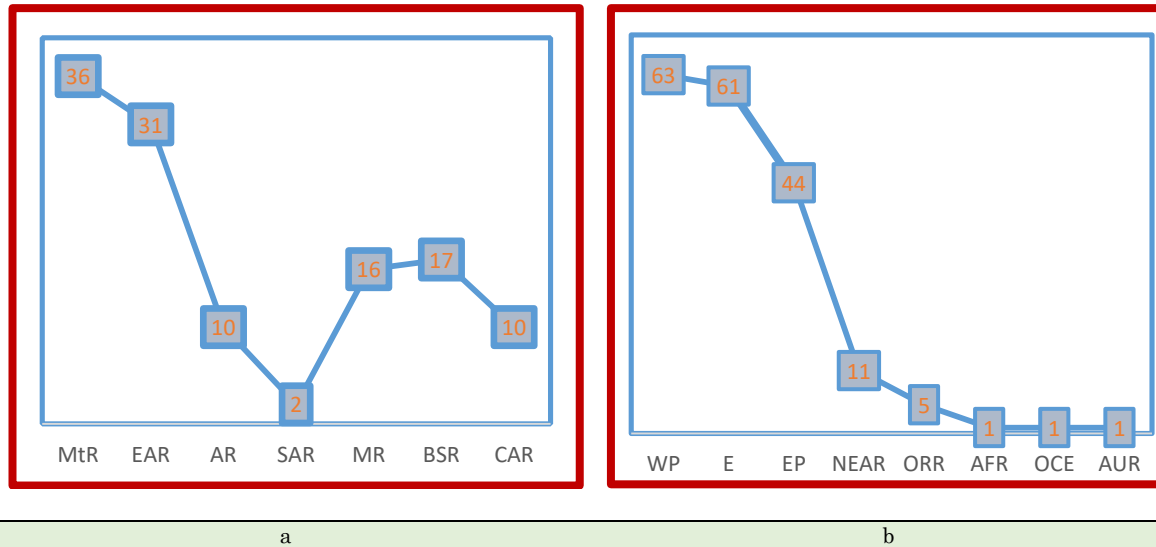


Figure 6. Distribution of species: a) according to geographic regions, b) according to zoogeographical regions.
Şekil 6. Türlerin dağılışı: a) coğrafik bölgelere göre, b) zoocoğrafik bölgelere göre.

Numbers of species belonging to genera are shown in the graph (Figures 3b). It is noted that, *Exochus castaniventris* is the most abundant species with the number of samples in Anatolia. The species is quite common in Anatolia.

Ecological evaluations:

Altitude and elevation is the same both are abiotic factors. They are vital for all living creatures. This is also true for insect. Metopiine specimens were collected from different altitudes in collection areas in this study.

Among them, 34 species collected from only one altitude. While *Exochus castaniventris* and *Exochus vafer* collected from seven different altitudes, *Exochus mitratus* collected from six different altitude. It is a fact the most species were from the range of 0-500 m, and the least species collected from the range of 501-750 m (Figure 4a). For example, While both the number of specimens and corresponding number of species reach a maximum between 400 and 600 m altitude in Switzerland (Klopstein et al., 2019a). This situation was interpreted as the fact that the majority of the places selected as the study area were in the range of 0-500 m in this study.

The months in which insects collected are very important in terms of distributions evaluations. The samples mentioned in the study were also evaluated in this respect. These species were generally collected April, May, June, July, August, September, October and November months of the years in general (Figure 4b). Our figures and table 1 support Aranda & Gracioli (2015) results that peak abundance in Hymenoptera in the Brazilian Savanna is from August to October. However, June and July had more dense populations (Table 1). As seen in table 1, 26 species were collected in a single month, *Colpoptrochia*

cineta, *Exochus castaniventris*, *Exochus mitratus*, were collected in five different months in a year. It was observed that *Exochus castaniventris*, *Exochus mitratus* unlike other species, have a very high adaptations different altitude and different climate conditions.

The altitudes where the insects were collected were subjected to the chi-square test (Table 3), and it was determined that the altitudes were proportionally different from each other (Figure 5).

Table 3. Chi-Square Tests results

Çizelge 3. Ki-kare test sonuçları

	Value	Sig.
Pearson Chi-Square	7.125	0.006*
N of Valid Cases	130	

a No statistics are computed because grup is a constant.

Zoogeographical evaluations:

The research covers seven geographic regions of Türkiye (Table 1 and Figure 1). When table 1 is detailed it becomes clear that, Mediterranean and Eastern Anatolia were the regions where samples were collected the most (36, 31); Aegean Region and Southeastern Anatolia (8, 2) were regions samples were least collected. Samples collected from the regions were not systematically collected on a regular basis. Since most of the studies were conducted in regions where samples were collected intensively, the number of samples increased, but in other regions this number was limited. The names of provinces where the samples were collected are summarized in Table 2 and Figure 7-8.

When Table 1 and 2 are elaborating as collected places, *Exochus mitratus* was collected from six regions, *Exochus mitratus* was collected from six

regions, *E. castaniventris* was collected from five regions. Besides, *Chorinaeus flavipes*, *C. scrobipalpa*, *C. subcarinatus*, *Drepanoctonus tricoloratus*, *Exochus alpinus*, *E. bolivari*, *E. carri*, *E. ferus*, *E. frontellus*, *E. flavomarginatus*, *E. gravipes*, *E. gravis*, *E. lineifrons*, *E. morionellus*, *E. protuberans*, *E. semilividus*, *E. separandus*, *E. tardigratus*, *Hypsicera curvator*, *H. subtilitor*, *Metopius (Cultrarius) turcestanicus*, *M. (Metopius) fulvicornis*, *M. (M.) septemcinctus*, *M. (Peltastes) pinatorius*, *M. (Peltocarus) croceicornis*, *M. (P.) dirus*, *Spudaeus scaber*, *Triclistus areolatus*, *T. congener*, *T. lativentris*, *T. niger*, *T. pallipes*, *T. pyrellae*, *T. spiracularis* and *Trieceus bellulus* were collected from a single region. The remaining species are distributed in two to four different regions.

The study material was also analyzed according to their distributions in the world. These metopines fauna were divided into the following zoogeographical

groups: West Palearctic 34,4%, Europe 32,7%, East Palearctic 22,5%, Nearctic 5,9% and Oriental 2.6%. Afrotopical, Australian, Oceanic and Neotropical Region have a five percent slice (Figure 6b).

According to these results, Western Palearctic and European have the highest numbers of species (Figure 7). Among this species, *Hypsicera femoralis* showed distribution in eight different regions. This species is almost cosmopolitan species, similarly, *Triclistus pallipes* showed distribution in five different regions in zoogeographical regions. Also, among them four species were distributed in only one area in zoogeographical regions. *Exochus protuberans* is endemic species for Turkey for now. At the same time, *Exochus flavifacies* was founded only in Mongolia, *Metopius (Metopius) fulvicornis* was found in Lebanon, Syria and Turkey, *Scallama triclistor* was found Iran and Turkey, *Triclistus pyrellae* was found Moldova, Poland, Turkey and Ukraine.

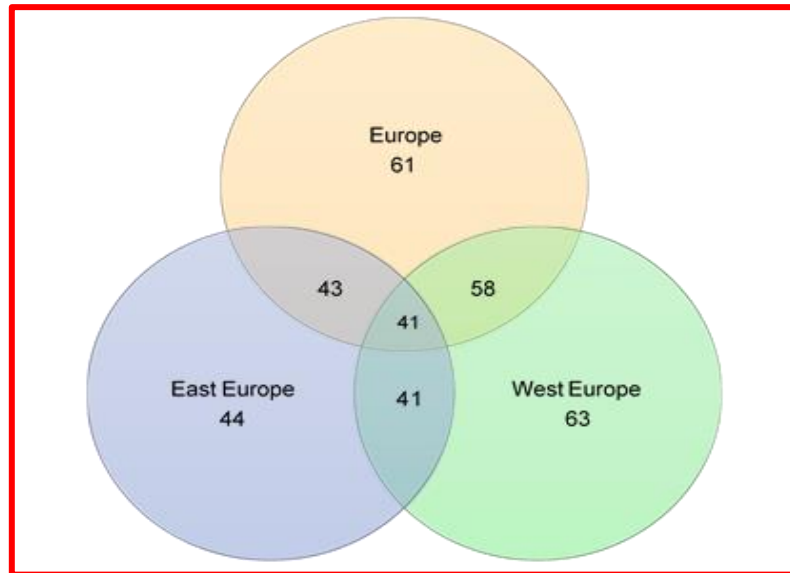


Figure 7. Venn diagram (Distribution of species according to zoogeographical regions).
Çizelge 7. Venn diyagramı (Türlerin zoocoğrafik dağılışına göre).

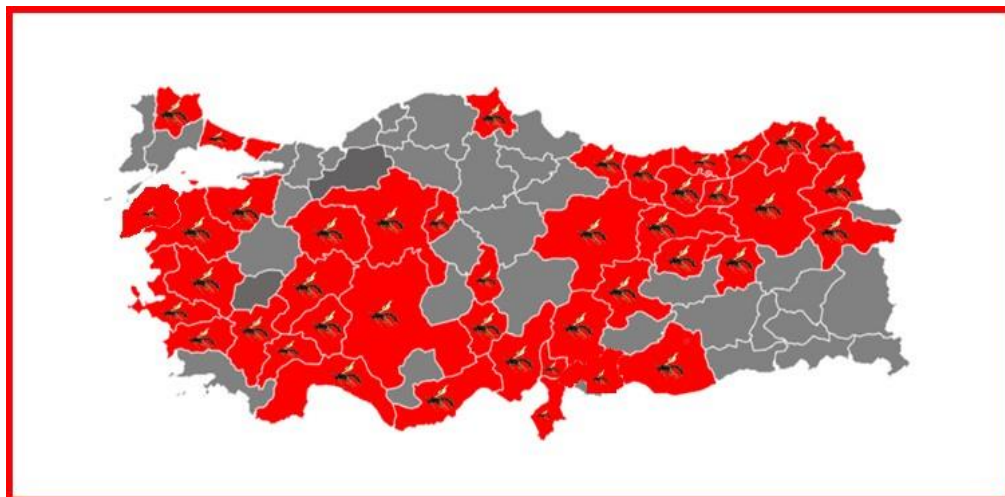


Figure 8. Distribution of species in Turkey.

Figure 8. Türkiye’de türlerin dağılışı.

Evaluations of host and plant visited by adults:

Several plant species have been recorded as associated host plants for ichneumonid species (Yu et al., 2006). Totally two metopiines species were obtained from different hosts in Turkey (Table 4). According to these results, *Triclistus globulipes* was

obtained from *Choristoneura murinana* which feed that *Abies cilicica* (Sarıkaya & Avcı, 2005). Besides *Trieces tricarinatus* was obtained from *Yponomeuta malinellus* which that feed that *Malus comminis* L. (Narmanlıoğlu & Çoruh, 2017).

Table 4. Parasitoid metopiines obtained from different hosts in Turkey
Çizelge 4. Türkiye’de farklı konaklardan elde edilen parazitoid metopiinler

Names of Taxa	Obtained from	Order/Family	Host Plant	References
<i>Triclistus globulipes</i> (Desvignes, 1856)	<i>Choristoneura murinana</i> Hbn.	Lepidoptera: Tortricidae	<i>Abies cilicica</i> Carr.	Sarıkaya & Avcı, 2005
<i>Trieces tricarinatus</i> (Holmgren, 1858)	<i>Yponomeuta malinellus</i> Zell.	Lepidoptera: Yponomeutidae	<i>Malus comminis</i> L.	Gencer, 2003; Narmanlıoğlu & Çoruh, 2017

At the end of the study, we can say the following:

- ✓ Since Türkiye, is located between three continents and has a very important topographical and climatic structure, it is home to many and different insect species.
- ✓ Due to this structure of Türkiye, it is necessary and important to examine ichneumonids in taxonomic and biogeographical aspects.
- ✓ Although the ichneumonids are a very important parasitoid group, they have not been studied sufficiently in Türkiye.
- ✓ The number of species, which was 383 in 1995, increased 3,5 times in 23 years.
- ✓ We know that there are many ichneumonids species waiting to be identified in Türkiye.
- ✓ That is why we know also we have to work hard.....

ACKNOWLEDGEMENT

The author would like to thanks following persons who kindly help in the collection of the material: Dr. Hikmet Özbek (retired), Erol Yıldırım, Önder Çalmasıur, Göksel Tozlu (University of Atatürk), İrfan Aslan (Yıldırım Beyazıt University) and Coşkun Güclü (Eskişehir Osmangazi University).

Author’s Contributions

Authors declare the contribution of the authors is equal.

Conflict of Interest Statement

There is no conflict of interest between the authors.

REFERENCES

Aeschlimann, J. P. (1983). Note sur les Metopiines Ouest-Palaerctiques avec description de deux

especies nouvelles (Hymenoptera, Ichneumonidae). *Annales de la Société Entomologique de France*, 19(1), 3-6.

Aeschlimann, J. P. (1989). Révision des espèces ouest-palaerctiques de genre *Hypsicera* Latreille (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Annales de la Société Entomologique de France*, 25(1), 33-39.

Aranda, R., & Gracioli, G. (2015). Spatial-temporal distribution of the Hymenoptera in the Brazilian Savanna and the effects of habitat heterogeneity on these patterns. *Journal of Insect Conservation*, 19(6), 1173-1187.

Aubert, J. F. (1979). Huit Ichneumonides [non] pétiolées inédites. *Bulletin de la Société Entomologique de Mulhouse Avril-Juin*, 17-22.

Buncukcu, A. (2008). Isparta İli Merkez ve Adana, Yumurtalık İlçesi-Halep Çamlığı Ichneumonidae Türlerinin Tespiti ve Kültüre Edilebilen Türlerin Biyolojilerinin Araştırılması. (Tez no 179759). [Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı].

Clement, E. (1930). Opuscula hymenopterologica III. Die Palaarktischen Metopius-Arten (Hymenoptera, Ichneumonidae). *Konowia*, 8(4), 325-437.

Çoruh, S., & Özbek, H. (2011). New and little-known some Ichneumonidae (Hymenoptera) species from Turkey with some ecological notes. *Turkish Journal of Entomology*, 35(1), 119-131.

Çoruh, S., & Kolarov, J. (2012). Ichneumonidae (Hymenoptera) from Neart-Eastern Turkey. III. *Munis Entomology & Zoology*, 7(1), 629-633.

Çoruh, S., & Çalmasıur, Ö. (2016). A new and additional records of the Ichneumonidae (Hymenoptera) from Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 40(4), 625-629.

- Çoruh, S., Özbek, H., & Kolarov, J. (2002). New and rare taxa of Ichneumonidae (Hymenoptera) from Turkey. *Journal of the Entomological Research Society*, 4(1), 1-4.
- Çoruh, S., Kolarov, J., & Çoruh, İ. (2014a). Ichneumonidae (Hymenoptera) from Anatolia. II. *Turkish Journal of Entomology*, 38(3), 279-290.
- Çoruh, S., Kolarov, J., & Özbek, H. (2014b). The fauna of Ichneumonidae (Hymenoptera) of eastern Turkey with zoogeographical remarks and host data. *Journal of Insect Biodiversity*, 2(16), 1-21.
- Eroğlu, F. (2010). Eskişehir ili Türkmen Dağı Ichneumonidae (Hymenoptera) Faunası Üzerine Bir Araştırma. (Tez no 259603). [Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı].
- Fahringer, J. (1922). Hymenopterologische Ergebnisse einer wissenschaftlichen Studienreise nach der Türkei und Kleinasien (mit Ausschluß des Amanusgebirges). *Archiv für Naturgeschichte A*, 88, 149-222.
- Fernandes, D. R. R., Santos, J. J. M., Lara, R. I. R., Silva Junior, J. C., Ferreira N. W., & Perioto, H. A. (2019). Fauna de Ichneumonidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) em áreas de Caatinga do Sudoeste da Bahia, Brasil. *EntomoBrasilis*, 12, 126-131.
- Gençer, L. (2003). The parasitoids of *Yponomeuta malinellus* Zeller (Lepidoptera: Yponomeutidae) in Sivas. *Turkish Journal of Zoology*, 27(1), 43-46.
- Gürbüz, M. F. (2004). Isparta İli Ichneumonidae (Hymenoptera) Familyası Türleri Üzerine Faunistik ve Sistemantik Çalışmalar. (Tez no 184313). [Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı].
- Gürbüz, M. F. (2005). A survey of the Ichneumonidae (Hymenoptera) of Isparta in Turkey. *Linzer Biologische Beiträge*, 37(2), 1809-1817.
- Gürbüz, M. F., Aksoylar M. Y., & Buncukçu A. (2009). A faunistic study on Ichneumonidae (Hymenoptera) in Isparta, Turkey. *Linzer Biologische Beiträge*, 41(2), 1969-1984.
- Gürbüz, M. F., Kolarov, J., Özdan, A., & Tabur, M. A. (2011). Ichneumonidae (Hymenoptera) fauna of natural protection areas in East Mediterranean Region of Turkey, Part I. *Journal Entomological Research Society*, 13(1), 23-39.
- Ineciklioğlu, H. (2022). Trakya Bölgesi Ichneumonidae (Hymenoptera) Kontrol Listesinin Oluşturulması. (Tez no 759376). [Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı].
- Kasparyan, D. R. (1981). Opredelitel Nasekomich Europeiskoy Casti U.S.S.R. *Prepontchatokriliye*, 3, 1-688.
- Kıraç, A. (2012). Honaz Dağı Milli Parkı (Denizli) ve yakın çevresinin Ichneumonidae (Hymenoptera) faunası üzerine bir araştırma. (Tez no 309697). [Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı].
- Kıraç, A., & Gürbüz, M. A. (2020). Honaz Dağı Milli Parkı Ichneumonidae (Insecta, Hymenoptera) Faunası. *Bilge International Journal of Science and Technology and Research*, 4(2), 150-159.
- Klopfstein, S., Riedel, M., & Schwarz, M. (2019a). Checklist of ichneumonid parasitoid wasps in Switzerland (Hymenoptera, Ichneumonidae): 470 species new for the country and an appraisal of the alpine diversity. *Alpine Entomology*, 3, 51-81.
- Klopfstein, S., Santos, B., Shaw, M. R., Alvarado, M., Bennett, A. M. R., Dal Pos, D., Giannotta, M., Herrera Florez, A. F., Karlsson, D., Khalaim, I. A., Lima, A. R., Mikó, I., Sääksjärvi, I. E., Shimizu, S., Spasojevic, T., Van Noort, S., & Broad, G. R. (2019b). Darwin wasps: a new name heralds renewed efforts to unravel the evolutionary history of Ichneumonidae. *Entomological Communications*, 1, ec01006.
- Kohl, F. F. (1905). Ergebnisse einer naturwissenschaftlichen Reise zum Erdschias Dagh (Kleinasien). *Annalen des Naturhistorische Museum Wien*, 20, 220-246.
- Kolarov, J. (1986). A new *Exochus* species from Turkey (Hymenoptera: Ichneumonidae: Metopiinae). *Plant Protection Bulletin*, 10(2), 69-92.
- Kolarov, J. (1989). Ichneumonidae (Hym.) from Balkan peninsula and some adjacent regions. III. Ophioninae, Anamaloninae, Metopiinae, Mesochorinae, Acaenitinae, Oxytorinae, Orthopelmatinae, Collyriinae, Orthocentrinae, Diplazontinae and Ichneumoninae. *Turkish Journal of Entomology*, 13(3), 131-140.
- Kolarov, J. (1995). A catalogue of the Turkish Ichneumonidae (Hymenoptera). *Entomofauna*, 7(16), 137-188.
- Kolarov, J. (2014). Metopiinae (Ichneumonidae: Hymenoptera) from Bulgaria and related regions. *Linzer Biologische Beiträge*, 46(2), 1343-1351.
- Kolarov, J., & Beyarslan, A. (1993). New and little known Turkish Metopiinae (Hymenoptera, Ichneumonidae). *Second National Scientific Conference of Entomology. Union of the Scientists in Bulgaria, Bulgarian Society of Entomology*, 92-94.
- Kolarov, J., & Özbek, H. (1998). New and little known Metopiinae (Hymenoptera, Ichneumonidae) from Turkey. *Linzer Biologische Beiträge*, 30(1), 127-130.
- Kolarov, J., & Çalmaşur Ö. (2011). A study of Ichneumonidae (Hymenoptera) from North

- Eastern Turkey. *Linzer Biologische Beiträge*, 43(1), 777-782.
- Kolarov, J., & Çoruh, S. (2022). New records on the Ichneumonidae fauna (Hymenoptera) of the Black Sea Coast of Turkey. *Journal of the Entomological Research Society*, 24(1), 63-74.
- Kolarov, J., Çoruh İ., & Çoruh, S. (2014a). Ichneumonidae (Hymenoptera) from Anatolia. I. *Linzer Biologische Beiträge*, 46(2), 1517-1524.
- Kolarov, J., Çoruh, S., & Çoruh, İ. (2016). Contribution to the knowledge of the Ichneumonidae (Hymenoptera) fauna of Turkey from northeastern Anatolia, Part I. *Turkish Journal of Zoology*, 40(1), 40-56.
- Kolarov, J., Çoruh, S., & Çoruh, İ. (2017). A study of Ichneumonidae (Hymenoptera) from Northeastern Anatolia III, with new records and description male of *Temelucha pseudocaudata* Kolarov, 1982. *Turkish Journal of Entomology*, 41(2), 125-146.
- Kolarov, J., Çoruh, S., Yurtcan, M., & Gürbüz, M. F. (2009). A study of Metopiinae from Turkey with description of a new species (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Zoology in the Middle East*, 46(1), 75-82.
- Kolarov, J., Yıldırım, E., Çoruh, S., & Yüksel, M. (2014b). Contribution to the knowledge of the Ichneumonidae (Hymenoptera) fauna of Turkey. *Zoology in the Middle East*, 60(2), 154-161.
- Meyer, N. F. (1933-1936). Tables systematiques des Hymenopteres parasites (fam. Ichneumonidae) de L'URSS et des pays limitrophes. *Moskva-Leningrad*.
- Narmanlıoğlu, H. K., & Çoruh, S. (2017). Parasitoids of the apple ermine moth, *Yponomeuta malinellus* Zeller, 1838 (Lepidoptera: Yponomeutidae), in the Çoruh Valley, Erzurum Province, Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 41(4), 357-365.
- Öncüer, C. (1991). Türkiye Bitki Zararlısı Böceklerinin Parazit ve Predatör Kataloğu. *Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları*, 505: 354. [In Turkish].
- Özdemir, Y., & Güler, Y. (2009). Determination of Ichneumonidae (Hymenoptera) Species of Cherry Orchards in Sultandagi Reservoir. *Bulletion of Plant Protection*, 49(3), 135-143.
- Özdan, A. (2014). Gelincik Dağı Tabiat Parkı ve Kovada Gölü Milli Parkı (Isparta) Ichneumonidae (Hymenoptera) Faunası. (Tez no 353429). [Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı].
- Özdan, A., & Gürbüz, M. F. (2019). Ichneumonidae (Hymenoptera) fauna of Kovada Lake National Park, Isparta, Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 43(3), 301-312.
- Quicke, Donald L. (2014). The Braconid and Ichneumonid parasitoid wasps: biology, systematics, evolution and ecology. *Hoboken NJ: Wiley Blackwell*.
- Sarıkaya, O., & Avcı, M. (2005). Studies on the parasitoid complex of *Choristoneura murinana* (Hbn.) (Lep.: Tortricidae) in Turkey. *Journal of Pest Science*, 78(2), 63-66.
- Sedivy, J. (1959). Wissenschaftliche Ergebnisse Der Zoologischen Expedition Des National Museums in Prag Nach Der Türkei. *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae*, 33, 107-116 [In Germany].
- Tolkanitz, V. I. (1981). Ichneumonidae, Phytodietini. *Fauna Ukraina*, 11(1), 1-148.
- Tolkanitz, V. I. (1985). Ichneumon flies of the genus *Melopius* (Hymenoptera, Ichneumonidae). *Zoology Journal*, 64(9), 1392-1406.
- Townes, H. K., Momoi, S., & Townes, M. (1965). A catalogue and reclassification of Eastern palearctic Ichneumonidae. *Memoirs of the American Entomological Institute*, 5, 1-661.
- Townes, H. K. (1971). Genera of Ichneumonidae, Part 4 (Cremastinae, Phrudinae, Tersilochinae, Ophioninae, Mesochorinae, Metopiinae, Anomalinae, Acaenitinae, Microleptinae, Orthopelmatinae, Collyriinae, Orthocentrinae, Diplazontinae). *Memoirs of the American Entomological Institute*, 17, 1-372.
- Viertler, A., Jouault, C., Spasojevic, T., & Klopstein, S. (2022). Darwin wasps (Hymenoptera, Ichneumonidae) in Lower Eocene amber from the Paris basin. *Journal of Hymenoptera Research*, 89, 19-45.
- Yu, D. S. Ki, Van Achterberg, C., & Horstmann, K. (2016). Taxapad 2016, Ichneumonoidea 2015. Database on flash-drive. www.taxapad.com, Nepean, Ontario, Canada.
- Yurtcan, M. (2013). Türkiye Metopiinae (Hymenoptera: Ichneumonidae) faunasına katkılar. *1. Ulusal Zooloji Kongresi, Nevşehir, Türkiye, 28-31 Ağustos 2013*.
- Yurtcan, M. (2017). Ichneumonidae (Hymenoptera) of Türkiye, with checklist of taxa. *Linzer Biologische Beiträge*, 49(1), 105-137.
- Yurtcan, M., & Özbek, H. (2015). An updated checklist of Ichneumonidae (Hymenoptera) from Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 39(2), 337-356.
- Yurtcan, M., & Özbek, H. (2016). The Ichneumonidae (Hymenoptera) fauna of Munzur Mountains National Park in Eastern Anatolia, Turkey. *Linzer Biologische Beiträge*, 48(1), 79-96.
- Yurtcan, M., & Özbek, H. (2018). Additional faunistic notes on Ichneumonidae (Hymenoptera) from Turkey. *Zootaxa*, 4504(3), 436-450.

Effects of Hemp Fibers on Durability and Strength Properties of Concrete to be Used in Agricultural Buildings

Ahmet Ozan AKINCI¹, Sedat KARAMAN²

¹Tokat Gaziosmanpaşa University, Graduate Education Institute, Tokat/Türkiye, ²Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, Tokat/Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0001-5464-7692>, ²<https://orcid.org/0000-0003-3986-5944>

✉: sedat.karaman@gop.edu.tr

ABSTRACT

Concrete is the most common construction material used worldwide. It is also commonly used in construction of agricultural buildings. With the rapid developments in technology, different building materials with superior properties are being researched in order to improve different properties of concrete and eliminate its disadvantaged aspects and to obtain lighter, insulated, more economical and useful construction materials. One of the applications to improve the negative properties of concrete with low tensile strength is to add various fibers into the concrete mixtures. Hemp stalks play an important role in recycling vegetable wastes. Therefore, it is highly significant to recycle or transform these materials. In this study, hemp fibers were supplemented into concrete mixtures in different ratios (1, 2.5 and 5%). Slump and unit weight tests were conducted on fresh samples and compressive strength, tensile strength, water absorption, freeze-thaw resistance, thermal conductivity and ultrasound pulse velocity tests were conducted on 28-day cured cube specimens. Slump values of the concrete samples varied between 3.50-12.00 cm, unit weights between 2262-2370 kg m⁻³ and water absorption values between 2.42-5.91%. Compared to the control concrete, maximum decrease in compressive strength (24.09%) was seen in 5% fiber-supplemented concrete samples (average 33.44 MPa). The highest splitting tensile strength (11.15%) was obtained from 1% fiber-supplemented samples. Compressive strength, specific gravity, ultrasound pulse velocity and thermal conductivity coefficients decreased, but tensile strengths and water absorption ratios increased with increasing hemp fiber ratios. As a result, by using hemp fibers in concrete production, a material with high tensile strength, suitable for cold climate conditions and low thermal conductivity was produced. Present mechanical and physical experiments revealed that hemp fiber-supplemented concretes, which are economical, sustainable, environment-friendly, recyclable and have low carbon emissions, could reliably be used in agricultural buildings and further improvements could contribute to the economy and reduce environmental pollution

Biosystem Engineering

Research Article

Article History

Received : 08.09.2023

Accepted : 09.11.2023

Anahtar Kelimeler

Agricultural buildings,
Concrete,
Hemp fiber,
Vegetable waste
Insulation material

Kenevirin Tarımsal Yapılarda Kullanılan Betonun Bazı Özelliklerine Etkisi

ÖZET

Yapı malzemeleri arasında dünyada en fazla kullanılan beton, tarımsal yapılarda da en fazla karşılaşılan malzemelerin başında gelmektedir. Gün geçtikçe artan teknolojiye hızlı gelişmelerle birlikte betonun farklı özelliklerini iyileştirerek sakıncalı yönlerini giderebilmek, daha hafif, yalıtımlı, ekonomik ve kullanışlı betonlar elde etmek amacıyla, üstünlükleri yüksek farklı yapı malzemeleri araştırılmaktadır. Organik bir atık olan kenevir bitkisinin saplarından elde edilen lifler, agregalar, bağlayıcı olarak çimento ve karışım suyu olarak musluk suyu kullanılarak kenevir lifi takviyeli beton numuneleri üretilmiştir. Çekme dayanımı düşük betonun olumsuz özelliklerini iyileştirmek için yapılan uygulamalardan biri de beton karışımına çeşitli lifler ilave etmektir.

Biyosistem Mühendisliği

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 08.09.2023

Kabul Tarihi : 09.11.2023

Keywords

Tarımsal inşaat,
Beton,
Kenevir lif,
Bitkisel atık

Bitkisel atıkların tekrar ekonomiye kazandırılmasında kenevir sapı atıkları önemli yer tutmaktadır. Bu nedenle söz konusu malzemelerin yeniden kazanımı ya da dönüştürülmesi oldukça önemlidir. Kenevir liflerinin beton üzerine etkilerini inceleyerek yapı malzemelerinde kullanılabilirliğini belirlemek, inşaat sektöründe yapı malzemesi olarak değerlendirilmesine yardımcı olmak ve ekolojik dengenin korunmasına katkıda bulunmak amacıyla yapılan bu çalışmada, beton içerisine katılan kenevir liflerinin taze ve sertleşmiş beton üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada kontrol karışımı ve lif uzunlukları 4-6 cm arasında olacak şekilde hacimce %1, %2.5, %5 oranlarında kenevir lif katkılı beton örnekleri üretilmiştir. Örneklerin slump değerleri, birim hacim ağırlığı, basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, su emme, donma-çözülme, ultrases geçiş hızı ve ısı iletkenlik katsayıları belirlenmiştir. Üretilen beton örneklerinin çökme değerleri 3.50-12.00 cm, birim ağırlıkları 2262-2370 kg m⁻³, su emme değerleri %2.42-5.91 arasında belirlenmiştir. Kontrol betonu ile kıyaslandığında örneklerin basınç dayanımlarındaki azalma en fazla %24.09 (%5 lif katkılı beton) olarak (ortalama 33.44 MPa) bulunmuştur. En yüksek yarmada çekme dayanımı %11.15 artış ile %1 katkılı örnekte belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre artan lif miktarı ile birlikte birim hacim ağırlık, basınç dayanımı, ultrases ve ısı iletkenlik katsayısı azalmış, yarmada çekme dayanımları artmıştır. Sonuç olarak çalışmada kenevir liflerinin beton üretiminde kullanılması ile çekme dayanımı yüksek, soğuk iklim koşullarına uygun, ısı iletkenliği düşük malzeme üretilmiştir. Sonuç olarak; yapılan mekanik ve fiziksel deneyler sonucunda ekonomiye katkı sağlamak ve çevre kirliliğini azaltmak amacıyla, ekonomik, sürdürülebilir, çevre dostu, geri dönüştürülebilir ve düşük karbon salınımına sahip kenevir lif katkılı betonların tarımsal yapılarda güvenle kullanımının uygun olduğu ve geliştirilerek kullanılabileceği söylenebilir.

Yalıtım malzemesi

Atıf İçin : Akıncı, AO., & Karaman, S. (2024). Kenevirin Tarımsal Yapılarda Kullanılan Betonun Bazı Özelliklerine Etkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (3), 635-643. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1357238
To Cite: Akıncı, AO., & Karaman, S. (2024). Effects of Hemp Fibers on Durability and Strength Properties of Concrete to be Used in Agricultural Buildings. *KSU J. Agric Nat* 27(3), 635-643. DOI: 10.18016/ ksutarimdog.vi.1357238

INTRODUCTION

Yield levels of agricultural products should be increased to meet the demands of ever-increasing world population. Agricultural structures including animal housings, animal shelters, warehouses, conservation structures and processing facilities used for various purposes in agricultural enterprises should be so designed and constructed as to improve animal performance, quantity and quality of resultant products. Construction materials and structural members play an important role in providing optimum environmental conditions for livestock operations.

Agricultural structures are often single or two-story buildings and constitute a significant part of the total capital in agricultural enterprises. They need to be constructed economically in accordance with their capacities, avoiding excessive load-bearing requirements. Selected materials should have adequate strength and durability, ensure safety and ideal environmental conditions and allow cost-

effective manufacturing. In the realm of building materials, there exist both naturally sourced materials and those that are artificially manufactured. It is possible to learn about production procedures as well as the physical, chemical and mechanical qualities of raw materials and to use them in the most appropriate placement within the structure by carefully selecting construction materials.

Material physico-chemical characteristics, resistance to external forces, ease of use, durability, hardness, heat conduction, ease of processing, economy and availability at the point of use play a great role in selection of construction materials (Karaman, 2007). Mechanical and durability attributes can be improved by appropriately modifying the materials that make up concrete, which has been used as a building material for thousands of years. The most practical way to ensure concrete integrity and increase physical strength is to incorporate fibrous materials into the concrete mortar (Manan & Ganapathy, 2002; Shahzad, 2011).

Fibrous concrete is made by combining cement, aggregates, water and fibers in specific proportions. It was reported in previous studies that there was a significant increase in mechanical properties of concrete and mortar, in tensile strength and load carrying capacity of fibrous concretes (Ganesh-Babu & Pavan-Kumar, 2004; Shahzad, 2011; Walker et al., 2014).

Concrete has a brittle structure, but gains flexibility with fibrous admixtures and can withstand greater loads without cracking. Fibrous concrete has a higher energy absorption capacity during fracturing than non-fibrous concrete. Addition of various fibers into traditional concrete mixtures meets stress resistance requirements, transfers deforming forces from inside-out or outside-in and increases bending strength through prevention of cracks. Furthermore, fiber supplements provide the ability to withstand impact loads without breaking. Fibers also offer some advantages such as being economical, making building members lighter, providing noise and heat insulation, reducing the risk of shrinkage cracks, increasing surface wear resistance and freeze-thaw resistance, preventing shrinkage, crumbling-dusting, flaking and rusting, increasing high alkali, ductility, fatigue, impact resistance and durability (Anonymous, 1982; Ganesh-Babu & Pavan-Kumar, 2004; Açikel et al., 2005; Kurt, 2006; Atashafraze, 2013; Cengiz, 2015; Ağaoğlu, 2018; Mujadidi, 2020; Anonim, 2022a).

Vegetable residues are abundantly available in rural areas. These residues may offer low-cost construction materials and allow farmers to construct higher-quality agricultural structures. Thus, suitable and low-cost structures can be built to improve living standards in rural areas. The qualities desired are lightness, high insulation, freezing, abrasion, high resistance to chemical effects, sufficient pressure and tensile strength, vapor diffusion resistance, resistance to water and moisture, plaster retention, process ability, longer service life, low cost and so on. Besides several benefits such as use of these residues in various areas, ensuring ecological balance, eliminating environmental problems and producing lighter and stronger concrete, agricultural residues offer significant inputs to country economy through reduction of concrete, then construction costs accordingly.

In recent years, there has been an increase in research on potential use of plant residues as building materials. Studies have been conducted to examine the effects of climate change and global warming induced by increased carbon emissions on renewable and effective systems of carbon sequestration. Use of industrial residues known as green materials can help to achieve global economic growth while also improving people' living conditions. Hemp concrete is

one of the most important of these studies.

Hemp is a recyclable, renewable and biodegradable substance; hence it is more frequently suggested in construction industry. Use of fibers produced from agricultural operations in the production of polymer composite materials is becoming more common (Candoğan et al., 2022). Previous studies have shown that walls made of hemp concrete can provide good indoor air quality and energy savings in winter (Tran Le et al., 2009; Jami et al., 2019). In recent years, interest in industrial hemp (*Cannabissativa* L.), which is a source of fibers and oilseeds that has lightness, high strength, water absorption as compared to tight structured fibers and has been used in a wide variety of fields from the past to the present, has been increasing throughout the world. Therefore, hemp has started to be cultivated in many places. High-yielding hemp can be produced at a lower cost than other industrial crops. It is an environment-friendly crop and has a wider range of applications. All these attributes distinguish it from the other industrial crops. Recovery or conversion of these materials is essential since hemp stalk wastes are crucial in returning vegetable wastes to the economy. In recent years, hemp, whose production and usage has been permitted under specific restrictions in Türkiye, has been identified as a material that can be used in concrete mixtures due to its fibrous structure.

The main objectives of this research are (i) to determine the effects of hemp fibers on concrete properties, (ii) to determine potential use of hemp fibers as a construction material, (iii) to actively contribute to preservation of ecological balance.

MATERIAL AND METHODS

Material

As a research material, stems of hemp plant, an organic waste, were used to produce hemp fiber-reinforced concrete samples with conventional aggregates, cement as a binder and tap water from Tokat municipal supply as mixing water. The study employed Portland Limestone Cement (CEM I/42.5 R) produced by Yurt Cement Industry and Trade Inc., which is widely used in the region and comply with Anonim (2012a) standard. Hems used as a fiber additive in preparation of samples were obtained from a registered hemp producer in Vezirköprü district of Samsun province. The fibers, obtained by separating the hemp bast from the fibrous stem, were naturally dried and then cut to a length of 40-60 mm. Technical fiber length of hemp fiber is 100-300 cm, processed fiber length is 65-75 cm, dry specific strength is cN/dtex, wet specific strength is 105% (dry), Elasticity Modules is 12.7 Mpa and annual fiber yield is 3000 kg ha⁻¹ (Gedik et al., 2010). For all samples, coarse and fine crushed stone aggregates sourced from Güğümlü

location within the boundaries of Tokat province were used in accordance with Anonim (2009a) standard. In the research, the samples were prepared using tap water from the municipal supply of Tokat province's central district, which met the standards for drinking water quality and was provided by the university laboratory.

Method

Experiments were conducted at Agricultural Structures Laboratory of Tokat Gaziosmanpaşa University Faculty of Agriculture and Building Laboratory of Faculty of Engineering and Architecture Department of Civil Engineering. Some preliminary experiments were conducted on concrete components to determine the structural properties of the components to be used in concrete samples and to determine optimum quantities to be used in concrete mixtures. In addition, since there is no standard set for the mixture calculations to be made for fibrous concretes, the studies on fibrous concretes were used to determine the ratios of aggregate, cement and fiber additives to be used in the mixture. As a result of the preliminary trials, hemp fiber ratios to be added were determined as 1%, 2.5% and 5% in volume. Amount of hemp fiber (with a bulk density of 1.4 g cm^{-3}) to be added to $15 \times 15 \times 15 \text{ cm}$ cube samples was then calculated as 4.72 g for 1%, 11.81 g for 2.5% and 23.62 g for 5% (Zollo, 1997). Quantities of the materials for 1 m^3 concrete were determined as 1899.26 kg

aggregate, 474.07 kg cement, 222.22 kg water for each mixing ratio. All materials were weighed and prepared separately and fiber quantities were determined as 14 kg m^{-3} , 35 kg m^{-3} and 70 kg m^{-3} . A total of 40 samples were prepared, including control samples, with three replicates of each hemp fiber ratio. Hemp fibers have quite a high water absorption capacity and such a case can lead to insufficient water content of concrete mixture and affect proper setting and hydration of concrete. Thus, hemp fibers were soaked into water until they reached a saturated state before to use them in mixtures.

The materials to be used in mixtures were weighed on a precision scale under laboratory conditions and homogeneously mixed. Then, hemp fibers kept in water were added to the mixtures and they were all blended together (Şişman & Alkaya, 2019). To prevent the clustering of fibers within the concrete and comply with the requirement for the narrowest dimension of the structural members, maximum particle size of the aggregate was chosen as 16 mm. The mixture proportions were determined based on the particle size distribution curves of the aggregates, following the concrete mix design calculations (Anonim, 2012b) (Figure 1). The proportions of coarse and fine aggregates were determined as approximately 49% and 51%, respectively, while their fineness module were calculated as 5.45% and 3.63%, respectively.

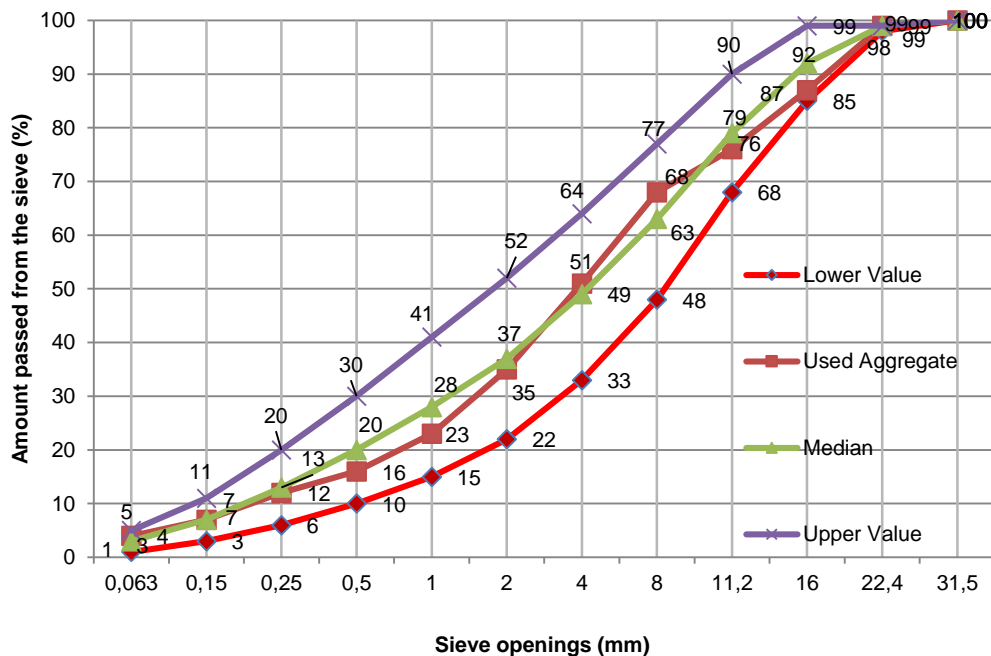


Figure 1. Mixing ratios used for concrete samples
 Şekil 1. Beton örnekleri için kullanılan karışım oranları

Slump and unit weight tests were performed on fresh concrete (Anonim, 2019a; Anonim, 2019b; Anonim, 2012c). Aggregate gradation was maintained at a

specific surface-to-volume ratio ($s \text{ v}^{-1}$ ratio) of 0.44 during concrete mixture preparation in accordance with Anonim (2018) requirements. Workability test for the prepared fresh concrete samples involved

conducting a slump test, which measured qualities such as cohesion and stability (Anonim, 2019c). To determine the unit weights of the concrete specimens, unit weight tests were performed in accordance with Anonim (2019d), Anonim (2019e) and Anonim (2022b) standards. Cube specimens were subjected to curing for 28 days. Compressive strength tests were conducted on cured specimens (Utest / UTC-4710 with 1500 kN capacity computer-controlled hydraulic compressive strength tester) in accordance with Anonim (2012c), Anonymous (2015), TS EN Anonim (2019b), Anonim (2019f) and Anonim (2020) standards. Tensile strength tests were performed in accordance with Anonim (2012c), Anonymous (2015), Anonim (2019b), TS Anonim (2019f) and Anonim (2020) standards. Frost resistance test was conducted in accordance with Ekmekyapar & Örüng (2001); water absorption with Anonymous (1997a),

Table 1. Test results for fresh and 28-day cured samples
 Çizelge 1. Taze ve sertleşmiş beton deneyi sonuçları

Concrete tests	Mixing ratios				
	Control (0%)	1%	2.5%	5%	
Slump (mm)	120± 2.89	65± 2.89	45± 2.89	35± 0.00	
Unit weight (kg m ⁻³)	2369± 6.43	2341± 6.69	2295± 9.68	2268± 3.48	
<Compressive strength (MPa)	44.05± 0.45	41.11± 0.97	40.53± 2.84	33.44± 2.01	
Tensile strength (MPa)	5.83± 0.18	6.48± 0.45	6.04± 0.45	5.66± 0.27	
Water absorption (%)	2.44± 0.03	2.81± 0.11	4.50± 0.54	5.82± 0.11	
Freezing-thaw	Compressive strength (MPa)	39.46± 2.28	38.29± 1.18	33.97± 2.43	31.88± 1.42
	Water absorption (%)	3.95± 1.17	5.00± 0.30	5.47± 0.73	6.72± 0.42
	Weight change (%)	1.52± 0.14	2.24± 0.35	1.12± 0.15	1.06± 0.46
Thermal conductivity (W m ⁻¹ K ⁻¹)	2.52	2.48	2.39	2.04	
Ultrasound pulse velocity	4.80± 0.15	4.74± 0.11	4.50± 0.01	4.49± 0.01	

Slump Test: Slump values of concrete samples varied between 3.50 - 12.00 cm. Addition of hemp fibers resulted in formation of clusters, which adversely affected the workability, a significant property of fresh concrete, leading to a decrease in workability as the fiber content increased. Therefore, workability, an essential characteristic of fresh concrete, decreased with increasing fiber ratios. It was reported in previous studies that amount of mixing water required in concrete mixtures increased with the inclusion of plant waste, such as hemp fibers (Manan & Ganapathy, 2002; Şişman & Alkaya, 2019).

Unit Weight: Unit weights of concrete samples varied between 2262 - 2370 kg m⁻³. Decreasing unit weights were seen with increasing hemp fiber ratios. Such decreasing unit weights were attributed to lower specific gravity of the fibers and the voids created. However, unit weights of produced fiber-supplemented concretes were higher than 2200 kg m⁻³, which does not classify them as light-weight concrete (Ekmekyapar & Örüng, 2001; Anonim, 2017; Anonim, 2019d). Previous studies also reported a significant decrease in unit weights with hemp fiber supplementations into concrete mixtures (Neville,

Anonymous (1997b); Anonim (2019e) and Anonim (2022b) standards, thermal conductivity (thermal conductivity heat flux technique with Thermtest HFM-100 device capable of measuring between 0.005-0.5W Mk⁻¹) with Anonim (2002), Anonymous (2003) Anonim (2003) and Anonim (2009b) standards and finally Ultrasonic Pulse Velocity tests with Anonymous (1986), Anonymous (2016) and Anonim (2021) standards.

RESULTS

Slump and unit weight tests were conducted on fresh samples and compressive strength, tensile strength, water absorption, freeze-thaw resistance, thermal conductivity and ultrasound pulse velocity tests were conducted on 28-day cured cube specimens. Test results are provided in Table 1.

2012; Jami et al., 2019).

The decrease in concrete unit weight reduces the dead load of the structure and increases heat and noise insulation properties. Due to low specific gravity of the fibers and resultant voids, unit weights of fiber-supplemented samples decreased by up to 4.26% (in samples with 5% hemp fiber additives) as compared to control samples without any fibers. Such a slight decrease in unit weight was found to be significant. Such decreases also offer some advantages, such as reduced structural loads and enhanced heat and noise insulation properties. By reducing the building loads, it provides cost savings, particularly in agricultural structures and helps minimize economic losses resulting from natural disasters. By utilizing fiber-reinforced concretes with light-weight aggregates, it is possible to achieve lighter, more cost-effective and well-insulated concretes.

Compressive Strength: Compressive strengths decreased with increasing hemp fiber ratios since hemp fibers absorbed and retained more water, resulted in low specific gravity and reduced surface smoothness. Compressive strength of the samples was found to be reduced by up to 24.09% (5% fiber-

supplemented concrete) (average 33.44 MPa) as compared to control samples. Figure 2 illustrates the relationship between compressive strength and unit weight of the samples.

Tensile Strength: The increase in fiber content resulted in positive effects on tensile strength of 1% and 2.5% hemp fiber-supplemented samples, but 5% fiber content decreased tensile strength as compared to the control group. The highest tensile strength was obtained from 1% hemp fiber-supplemented samples.

Inclusion of fibers into concrete mixtures facilitated its ductility and prevented load-induced cracks and deformations. Various factors, such as quantities, types, geometries, matrix structure of the mixture and fiber size, influence tensile strength of concrete specimens (Özyurt et al., 2006; Aslan, 2020). Fibers added to concrete suppress microcracks by localizing macrocracks and increase the apparent tensile strength of the matrix (Ganesh-Babu & Pavan-Kumar, 2004).

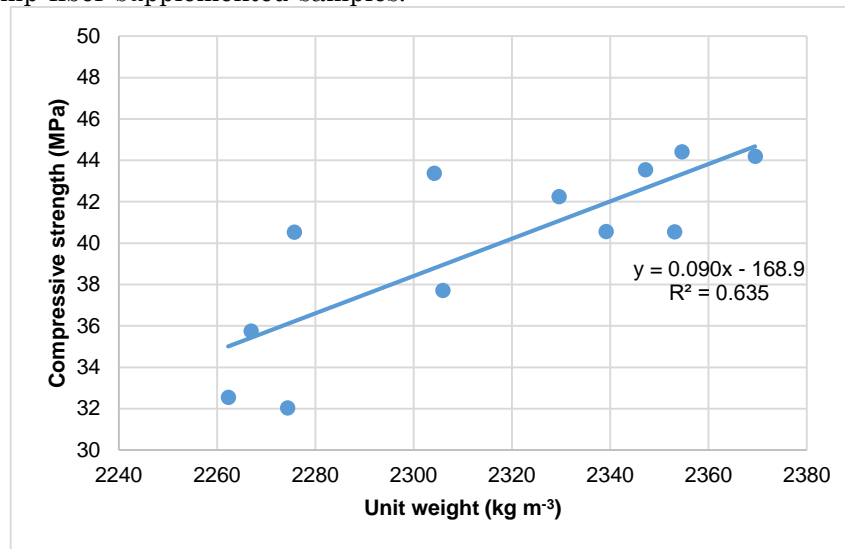


Figure 2. The relationship between compressive strength and unit weight

Şekil 2. Basınç dayanımı ve birim ağırlık ilişkisi

Water Absorption: Water absorption ratios increased with increasing hemp fiber ratios. As compared to control samples, the highest increase in water absorption was determined in 5% fiber-supplemented samples (138.53%). This can be attributed to high water absorption capacity of hemp fibers and the increase in void ratio within the concrete due to fiber-induced clustering. In this sense, a thin plaster should be applied over the hemp fiber-supplemented concrete surface to prevent water from passing through. Because the fibers used as additives absorb excess water, the amount of water used in the concrete mixtures to be prepared must be increased. Furthermore, when preparing mixtures, studies should be conducted to reduce water absorption and minimize voids formed by the use of water-impermeable additives (Figure 3).

Freeze-Thaw Resistance: Concretes produced with different proportions of hemp fibers were subjected to freeze-thaw cycles. Although 28th day compressive strength of hemp fiber-supplemented concretes exposed to freeze-thaw cycles decreased slightly as compared to samples kept under normal curing conditions, but the difference was not significant.

The compressive strength values of hardened concrete samples after freeze-thaw cycles were also compared to compressive strength values of the control samples

to determine the reductions in compressive strength. Since the compressive strength variations in all samples were less than 20%, it was determined to be resistant to freeze-thaw cycles (Ekmekyapar & Örüng, 2001; Anonim, 2019e). Weight loss values of the produced concrete samples after freeze-thaw cycles were also determined. It was observed that increase in hemp fiber content led to an increase in weight loss. The highest weight loss was determined in samples with 1% hemp fiber content. The weight loss values determined through weight measurements of hardened concrete samples before and after the freeze-thaw cycles were very small, below 0.3%. Based on minimal weight loss values, it can be concluded that the samples were not significantly affected by freeze-thaw cycles.

Visual examination of hardened concrete samples after freezing-thaw cycles revealed that objectionable deformations such as cracks, dispersion, rupture and fragmentation occurred infrequently, the samples partially maintained surface smoothness and pits and spongy surface structure did not form. It can be stated that hemp fibers added to concrete have no negative effect on freeze-thaw resistance and effects of freeze-thaw cycles on concrete properties were not significant. Hemp fibers in various mixing ratios provided sufficient frost resistance to concrete

samples.

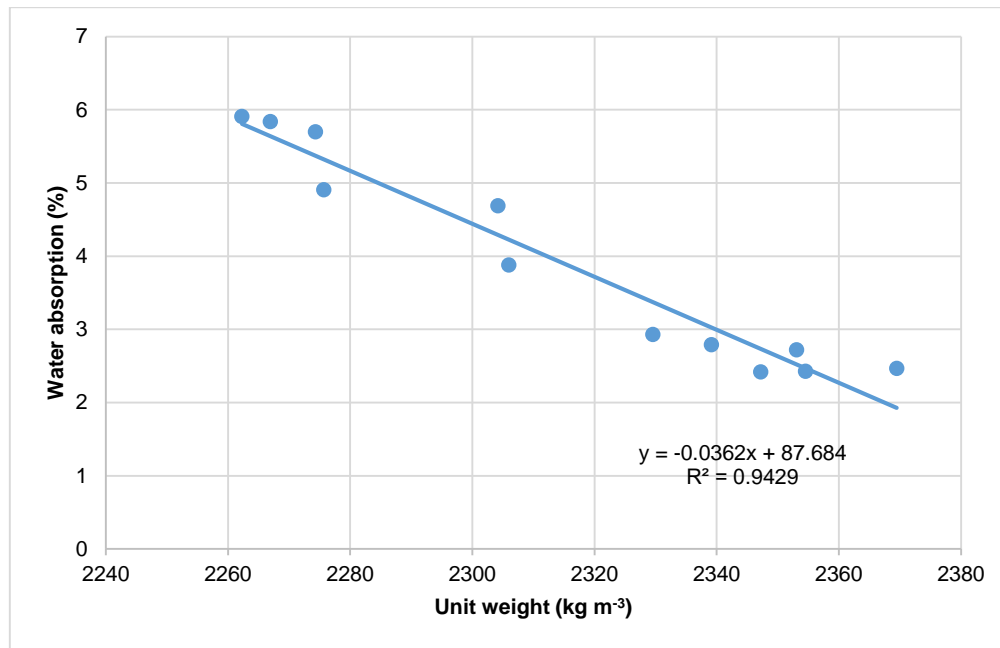


Figure 3. The relationship between water absorption and unit weight
Şekil 3. Su emme ve birim ağırlık ilişkisi

Thermal Conductivity: Thermal conductivity values of the produced concrete samples ranged from 2.0395 to 2.5162 W m⁻¹ K⁻¹. Thermal conductivity values decreased with increasing fiber ratios. The highest reduction in thermal conductivity, up to 18.95%, was observed in the samples with 5% fiber content (2.0395 W m⁻¹ K⁻¹) as compared to the control samples.

Ultrasonic Pulse Velocity: Ultrasound pulse velocity values of the concrete samples ranged from 4.49 to 4.80 km s⁻¹. Decreasing values were seen with increasing fiber ratios. As compared to control samples, the highest decrease in ultrasound pulse velocity, up to 6.46%, was observed in the samples with 5% fiber content. The voids formed as a result of clustering caused by the increase in fiber content hindered propagation of ultrasound pulses, leading to a decrease in ultra sound pulse velocity.

CONCLUSION

Present findings revealed that increasing hemp fiber ratios resulted in a material with lower unit weight, compressive strength, ultrasound pulse velocity and thermal conductivity coefficients and with a higher tensile strength and water absorption. Use of hemp fibers in concrete production yielded a material with high tensile strength, low thermal conductivity and suitable for cold climate conditions. It was concluded that fiber content could be adjusted to enhance tensile strength (up to 1%). Beyond this ratio, strength properties decreased, but insulation properties were improved. It was suggested that in single-story

agricultural structures not subjected to excessive load effects in cold climates, measures could be taken to enhance strength and durability characteristics by incorporating hemp fibers as structural elements. However, excessive fiber content led to increased voids and hindered homogeneous mixing, negatively affecting compaction and compressive strength. Presence of voids also resulted in decreased workability, increased water absorption and lower compressive strength. To prevent fiber agglomeration within the concrete, further research could explore different additives and methods. By adjusting hemp fiber content and testing various thicknesses, desired thermal conductivity coefficients could be achieved, leading to reduced heating costs and decreased use of insulation materials. Further research is recommended on environment-friendly, sustainable and locally available hemp fiber-modified insulation materials that provide high insulation properties and promote healthy living conditions in agricultural structures.

ACKNOWLEDGEMENTS

This paper was produced from the master thesis of Ahmet Ozan AKINCI

Contribution of the Authors

Authors declare the contribution of the authors is equal.

Statement of Conflict of Interest

Author has declared no conflict of interest.

REFERENCES

- Anonim, (2002). *Isı yalıtımı - Kararlı halde ısılı direncin ve ilgili özelliklerin tayini - Isı akış tayini için metotlar (TS ISO 8301)*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, (2003). *Yapı malzemeleri ve mamullerinin ısılı performansı-Mahfazalı sıcak plaka ve ısı akış sayacı metotlarıyla ısılı direncin tayini-Yüksek ve orta ısılı dirençli mamuller (TS EN 12667)*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, (2009a). *Beton agregaları (TS 706 EN 12620+A1)*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, (2009b). *Yapı malzemeleri ve mamulleri - Isılı direncin, korumalı tablalı ısıtıcı ve ısı akı ölçerin kullanıldığı metotlarla tayini - Isılı direnci orta ve düşük seviyede olan kuru ve rutubetli mamuller (TS EN 12664)*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, (2012a). *Çimento- Bölüm 1: Genel çimentolar-Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri (TS EN 197-1)*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, (2012b). *Agregaların geometrik özellikleri için deneyler bölüm 1: Tane büyüklüğü dağılımı tayini- Eleme metodu (TS EN 933-1)*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, (2012c). *Beton - Basınç deney numunelerinin hazırlanması, hızlandırılmış küre tabi tutulması ve deneyleri (TS 3323)*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, (2017). *Taşıyıcı hafif betonların karışım hesap esasları (TS 2511)*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, (2018). *Beton yapım, döküm ve bakım kuralları (Normal hava koşullarında) (TS 1247)*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, (2019a). *Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 2: Dayanım deneylerinde kullanılacak deney numunelerinin hazırlanması ve küre tabi tutulması (TS EN 12390-2)*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, (2019b). *Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanımının tayin (TS EN 12390-3)*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, (2019c). *Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 2: Çökme (slump) deneyi (TS EN 12350-2)*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, (2019d). *Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 6: Birim hacim kütlesi (TS EN 12350-6)*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, (2019e). *Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 7: Sertleşmiş betonun birim hacim kütlesinin tayini (TS EN 12390-7)*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, (2019f). *Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 4: Basınç dayanımı - Deney makinelerinin özellikleri (TS EN 12390-4)*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, (2020). *Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler bölüm 2: Parçalanma direncinin tayini için metotlar (TS EN 1097-2)*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, (2021). *Yapılarda beton deneyleri - Bölüm 4: Ultrasonik atımlı dalga hızının tayini (TS EN 12504-4)*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, (2022a). <http://halityazici-deu.com/dersler/ozel-betonlar/>, Yazıcı, H.(Alınma Tarihi: 03.12.2022).
- Anonim, (2022b). *Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler - Bölüm 6: Tane yoğunluğunun ve su emme oranının tayini (TS EN 1097-6)*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonymous, (1982). *State-of-the-report on fibre reinforced concrete, (ACI 544.1R-82)*. Concrete International: Design and Construction. 4 (5): 9-30, American Concrete Institute, Detroit, Michigan, USA.
- Anonymous, (1986). *Testing Concrete-Part 203: Recommendations for the Measurement of Velocity of Ultrasonic Pulses in Concrete*. British Standards Institution, London.
- Anonymous, (1997a). *Standard test method for density, absorption, and voids in hardened concrete*. American Society for Testing and Materials, USA.
- Anonymous, (1997b). *Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing*. Annual Book of ASTM Standards, vol. 04.02. West Conshohocken, PA.
- Anonymous, (2003). *Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus*. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pa., 15 s.
- Anonymous, (2015). *American Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. ASTM C39/C39M-01, Philadelphia.
- Anonymous, (2016). *Standard Test Method for Pulse Velocity through Concrete*; American Society for Testing and Materials: West Conshohocken, PA, USA.
- Açıkel, H., Altun, F., & Elcuman, H., (2005). Miskantus Bitkisinin Öğütülmüş Halde ve Lif Katkısı Olarak Betonun Mekanik Özelliklerine Etkisinin Deneysel İncelenmesi. Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, Antalya, 23-25 Eylül, 2005, s.244-252.
- Ağaoğlu, O. (2018). *Beton Atıklarının Agregası Olarak Kullanılması İle Üretilen Makro Lifli Betonların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi (Tez no 492590)*. [Yüksek Lisans Tezi, Konya KTO Karatay Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı]. Yüksek

- Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Aslan, S. (2020). *Cam Lif Takviyesinin Beton Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi Tez no 626182*. [Yüksek Lisans Tezi, Avrasya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Atashafrzeh, M. (2013). *Polipropilen Lif Takviyeli Betonların Yüksek Sıcaklık Etkilerinden Sonra Basınç Dayanımlarının İncelenmesi Tez no 324740*. [Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Candoğan, B. N., Yetik, A. K., Sincik, M., Demir, A. O., & Büyükcangaz, H. (2022). Determination of Diurnal Leaf Gas Exchange for Drip-Irrigated Kenaf Plant in Sub-Humid Climatic Conditions. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(5), 4557-4566
- Cengiz, A. (2015). *İnşaat Endüstrisine Yönelik Doğal elyaf Katkılı Kompozit Malzemelerin Hazırlanması Tez no 392759*. [Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Ekmekyapar, T., & Özüng. (2001). *İnşaat malzeme bilgisi*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum.
- Ganesh-Babu. K., & Pavan-Kumar. D. (2004). Behavior of Glass Fibre Reinforced Cement Composites. ICFRC International Conference on FibreComposites, High Performance *Concretes and Smart Materials*, 8-10 s., Chennai.
- Gedik, G., Avınç, O. O., & Yavaş, A. (2010). Kenevir lifinin özellikleri ve tekstil endüstrisinde kullanımıyla sağladığı avantajlar. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4, (3), s39-48.
- Jami, T., Karade, S.R., & Singh, L.P. (2019). A review of the properties of hemp concrete for green building applications. *Journal of Cleaner Production*, 239, 117852
- Karaman, S. (2007). Tarımsal yapılarda kullanılan hafif inşaat malzemeleri. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11 (1),63-69.
- Kurt, G. (2006). Lif İçeriği ve Su/Çimento Oranının Fibrobetonun Mekanik Davranışına Etkileri Tez no 223839. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Manan, M. A., & Ganapathy, C. (2002). Engineering properties of concrete with oil palm shells as coarse aggregate. *Construction Building Material*, 16, 1, 29–34.
- Mujadidi, M. Y. A. (2020). Cam Lifi Kullanımının Betonun Mekanik Özelliklerine ve Korozyon Dayanıklılığına Etkisi. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Tez no 646884, [Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı]. Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Neville, A.M. (2012). *Properties of concrete, fifth ed*. Pearson Education.
- Özyurt, N., Taşdemir, M. A., & Shah, S. P. (2006). Lif Donatılı Çimento Esaslı Kompozitlerde, Lif Dağılımının Elektriksel Bir Yöntem İle Tahribatsız Ölçümü. *İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 5, (4), 119–130.
- Shahzad, A. (2011). Hemp Fiber and its Composites – A Review. *Journal of Composite Materials* 46(8), 973–986.
- Şisman, C. B., & Alkaya, S., (2019). Usability of sunflower stems as lightweight aggregate in concrete production, *Fresenius Environmental Bulletin* 28 (12 A), 9983-9990
- Tran Le, A. D., Maalouf, C., Mai, T.H., & Wurtz, E. (2009). Study of the transient behaviour of a hemp concrete building envelope. Building., Simulation. Eleventh International IBPSA Conference, Glasgow, Scotland, July 27-30.
- Walker, R., Pavia, S., & Mitchell, R. (2014). Mechanical properties and durability ofhemp-lime concretes. *Constr. Build. Mater.* 61, 340-348.
- Zollo, R. F. (1997). Fiber-reinforced concrete: An Overview after 30 years of Development. *Cement and Concrete Composites*, 19(2), 107-122.

Batman Yöresi Modern Seracılık İşletmelerinin Isı Gereksinim Değerlerinin Hesaplanması, Isı Koruma Önlemlerinin Isı Tüketimine Etkilerinin Belirlenmesi

Sait ÜSTÜN¹

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Enformatik Bölümü, Avşar Kampüsü/Kahramanmaraş

¹<https://orcid.org/0000-0002-9978-6140>

✉:saitustun@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmada jeotermal kaynaklara sahip karasal iklimin hakim olduğu Batman ilinde kurulacak ileri teknoloji seralarında maksimum ısı gücü, üretim süresince gereksinilen ısı enerjisi ve ısı perdelerinin sızdırmazlıklarına bağlı olarak tasarruf edilebilecek ısı enerjisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çatı ve yan duvarlarda farklı örtü malzemesi ile kaplı ileri teknoloji seralarda, farklı sızdırmazlık özelliklerine sahip ısı perdeleri kullanılarak ISIGER-SERA uzman sistem yazılımı ile ısı enerjisi hesaplanmıştır. Batman ili iklim koşullarında farklı örtü malzemeleri ile kaplı seralarda maksimum ısı gücü değerleri farklılık gösterirken, ısı perdelerinin maksimum ısı gücüne etkisi belirlenmemiştir. Bunun da nedeni maksimum ısı gücüne sabahın ilk saatlerinde ısı perdelerinin açıldığı koşullarda ihtiyaç duyulmasıdır. Ancak ısı perdelerinin üretim periyodu boyunca gereksinilen ısı enerjisi tüketimine etkisi perdelerin sızdırmazlık değerlerine göre %8.4 ile %36.7 arasında değişmektedir. Batman ili için modern seralarda ısı enerjisinin maliyetinin için örtü malzemesi olarak cam malzeme ve kesinlikle ısı perdesi kullanılmalıdır. Ayrıca plastik sera yapılması durumunda, yan duvarlarda tek kat plastik kullanılmaması bunun yerine ya çift kat plastik ya da çift kat sert plastik (16 mm) kullanılması önerilmektedir.

Biyosistem Mühendisliği

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 13.09.2023

Kabul Tarihi : 19.12.2023

Anahtar Kelimeler

Sera ısıtması

Isı gereksinimi

Isı perdesi

Isı koruma

Enerji verimliliği

Calculation of Heat Requirement Values of Modern Greenhouse Enterprises in Batman Region, Determination of the Effects of Heat Protection Measures on Heat Consumption

ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the maximum heat power, the heat energy required during production, and the heat energy that can be saved depending on the sealing of the heat curtains in the high-tech greenhouses to be established in Batman Province, where the continental climate with geothermal resources is dominant. In high-tech greenhouses covered with different covering materials on the roof and side walls, heat energy was calculated with ISIGER-SERA expert system software by using heat curtains with different sealing properties. While maximum heat power values vary in greenhouses covered with different covering materials under the climate conditions of Batman Province, the effect of heat curtains on maximum heat power has not been determined. The reason for this is that maximum heat power is needed in the early hours of the morning when the heat curtains are opened. However, the effect of thermal curtains on the required heat energy consumption during the production period varies between 8.4% and 36.7%, depending on the sealing values of the curtains. In modern greenhouses in Batman Province, glass material and definitely a heat curtain should be used as cover materials to reduce the cost of heat energy. In addition, in the case of building a plastic greenhouse, it is recommended not to use a single layer of plastic on the side walls but instead to use either a double layer of plastic or a double layer of hard plastic (16 mm).

Biosystem Engineering

Research Article

Article History

Received : 13.09.2023

Accepted : 19.12.2023

Keywords

Greenhouse heating

Heat requirement

Heat screen

Heat conservation

Energy efficiency

- Atıf İçin :** Üstün S., (2024) Batman Yöresi Modern Seracılık İşletmelerinin Isı Gereksinim Değerlerinin Hesaplanması, Isı Koruma Önlemlerinin Isı Tüketimine Etkilerinin Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg 27 (3)*, 644-655. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1359654>
- To Cite:** Üstün S., (2024) Calculation of Heat Requirement Values of Modern Greenhouse Enterprises in Batman Region, Determination of the Effects of Heat Protection Measures on Heat Consumption. *KSU J. Agric Nat 27 (3)*, 644-655. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1359654>

GİRİŞ

Bölgenin iklim şartlarına bağlı olarak seralar, yılın farklı aylarında ısıtma, havalandırma, gölgeleme, soğutma gibi işlemlere ihtiyaç duyarlar. Bitkiler sıcaklık değişimine, gelişimleri ile hızlı bir şekilde cevap verirler. Serada üretilen bitkilerin 10°C – 24°C sıcaklık aralığına pozitif olarak artan bir tepki verirler (Nelson, 2002).

Seralarda en fazla üretilen ürünler, çoğunlukla yüksek ısı gereksinimi gösteren sebzelerdir (domates, biber, hıyar, kavun, yeşil fasulye, patlıcan vb.). Seralarda üretilen bu ürünler, ılıman iklim bitkileri olup ortalama 17°C-27°C'ye adapte olmuşlardır. Bu ürünler minimum 12°C'nin altında ve maksimum 32°C'nin üstündeki sıcaklık değerlerinde strese girerler (Nisen ve ark., 1988). Don gibi düşük sıcaklıklarda geri dönüşü olmayan hasarlar ortaya çıkar.

Günlük ortalama sıcaklığın 12°C'nin altına düştüğü koşullarda seralarda ısıtma yapılmalıdır. Türkiye'de seracılığın yaygın olarak yapıldığı Akdeniz ve Ege bölgelerinde, günlük ortalama sıcaklık 12°C'nin altına düştüğünden seralar Aralık, Ocak ve Şubat aylarında ısıtılmalıdır. Ancak bu bölgemizdeki günlük ortalama sıcaklık 7°C'nin üzerinde seyrettiğinden, üretici soğuk seracılığı tercih etmektedir. Isıtılmayan seralarda sıcaklığın biyolojik optimumun altına düşmesi ve buna bağlı olarak nemin yükselmesi nedeniyle ortaya çıkan hastalıklara karşı, oldukça fazla tarımsal ilaç kullanılmaktadır. İlaç kullanımı ürün kalitesini etkilediği gibi insan sağlığını da olumsuz yönde etkilemektedir. Verim ve kaliteyi olumlu yönde etkileyen ısıtma, üretim maliyetini arttırmaktadır. Isıtma giderleri sera yapısına, donanımına ve yöre iklimine bağlı olarak işletme giderlerinin % 20-60 arasında değişmektedir (Baytorun ve ark., 2017a).

Farklı zamanlarda ortaya çıkan enerji krizleri, sera üretimini ılıman iklim bölgelere kaydırmıştır. Akdeniz bölgesinde kurulan seralara göre Orta ve kuzey Avrupa ülkelerindeki seralar daha modern ve karmaşık olup tüm yıl boyunca bitkilerin arzuladıkları gelişim etmenleri olan sıcaklık, nem, ışınım ve CO₂ değerlerini optimum düzeyde tutmak zorundadırlar (Baytorun ve ark., 2016).

Uygun yatırım bedelleri ile kurulan Akdeniz bölgesindeki seralar ise bitki gelişim etmenlerini en az işletme yatırımları ile optimum düzeyde tutmaya çalışan yapılardır. Ancak yaz aylarındaki yüksek sıcaklıklar nedeniyle seraların boş bırakılması

Akdeniz bölgesinde yapılan seracılık üretim periyodunu kısaltmaktadır. Bu durum birim alandan elde edilen verimin düşmesine neden olmaktadır.

Soğuk iklim bölgelerinde üretim yapılan seralar, yılın büyük bir bölümünde ısıtılmak zorundadır. Isıtma süresi daha kısa olan ılıman iklim bölgelerinde üretim yapılan seralarda ısıtma gereksinimi kış aylarında ortaya çıkmaktadır. Akdeniz gibi ılıman ve İsrail gibi sıcak iklim bölgelerinde, ısı gereksinimine sadece kış aylarının gece saatlerinde ihtiyaç duyulmaktadır (Baytorun, 2016).

Yüksek teknolojiye sahip seralarda düzenli olarak ısıtma yapıldığı için bölgenin iklimine bağlı olarak ısıtma giderleri işletme giderleri içerisinde ilk veya işçilikten sonra ikinci sırada yer almaktadır. Düzenli olarak ısıtılan Akdeniz bölgesi seralarında ısıtma giderleri %20 - 25 ile ikinci sırayı alırken, soğuk bölgelerde birinci sırada yer alır (Baytorun ve ark., 2017a). Isı korunumu amacıyla ısı enerjisinin seraya iletilmesindeki kayıpların azaltılması için ısıtılan seralarda ısı perdelerinin kullanılması ve rüzgârdan koruma gibi bazı teknik önlemler uygulanmaktadır (Von Zabeltitz, 1986). Seracılık faaliyetleri açısından dejavantajlı bölgelerde rekabet şansını arttırmak için ısı perdesi ve diğer tasarruf önlemleri kullanılabilir (Çaylı & Temizkan, 2018).

Kış aylarında minimum düzeyde olan güneş ışınımının seraya girişini fazla etkilemesi için enerji tasarrufu amacıyla serada uygulanan yöntemlere özellikle dikkat edilmelidir. Seralarda çatı bölgesinde çift katlı örtü malzemesinin kullanılması enerji tasarrufu sağlarken seraya ulaşan ışık miktarını azaltabilmekte, aynı zamanda CO₂ ve nem sorunu yaratabilmektedir (Tantau, 2012; Baytorun, 2016). Seralarda ısı kayıplarını minimize etmek için yapılan yalıtım sonucunda, sera içindeki nem yükselmesi de dikkate alınmalıdır. Bu nedenle sera çatı bölgesinde, son yıllarda yaygın olarak tek katlı örtü malzemesi ile gece saatlerinde iyi yalıtılmış hareketli ısı perdelerinin kullanılması önerilmektedir (Baytorun, 2016). Gündüz saatlerinde ısı perdelerinin toplanması, fotosentez için gerekli ışığın (PAR) seraya ulaşması sağlanır. İlıman iklim bölgelerinde ısıtma için gerekli olan ısı enerjisinin %100'üne ve soğuk bölgelerde %70-75'ine gece saatlerinde ihtiyaç duyulduğundan, sistem iyi projelendirilip malzeme iyi seçildiğinde ısı perdeleri ile önemli düzeyde ısı tasarrufu sağlanabilir (Von Zabeltitz, 1982, Baytorun, 2016). Aynı zamanda don olayı riskini azaltmak için de ısıtma yapılmayan seralarda ısı perdeleri kullanılabilir (Teitel ve ark., 1996).

Isı perdelerinin seçiminde malzemenin, küçük yüzey alanına sahip olmasına, kolay monte edilebilmesine ve çekme gerilmesinin az olmasına dikkat edilmelidir (Meyer, 1982). Almanya iklim koşullarında yaptıkları çalışmada, farklı ısı perdelerinin sera çatı ve yan duvarlarda kullanılması durumunda çift katlı ETFE (Etilen TetraFlorEtilen) ile kaplı serada ulaşılabilen tasarruf oranları; çatıda tek kat ısı perdesi kullanılması durumunda %55, çatıda çift kat enerji perdesi ile yan duvarda stor tipi perde kullanılması durumunda %90, çatıda ısı ve gündüz perdesi yan duvarlarda stor tipi perde kullanılması durumunda %80 olduğu belirlenmiştir (Meyer ve ark., 2014).

Rath (1992) çalışmalarında alüminyum dokusu az olan ısı perdesi ile %40, alüminyum dokusu fazla olan ısı perdesi ile %50 oranında tasarruf edilebileceğini hesaplamıştır. Tek kat enerji perdesi yardımıyla seralarda %32 enerji tasarrufu sağlanabilirken, bu oranın çift kat perde ile %48'lere ve çift kat enerji perdesi ile %52'lere çıkarılabilmektedir. Serada sadece gündüz perdelerinin kullanılması durumunda gece saatlerinde ihtiyaç duyulan ısı enerjisi gereksinimini %25, gündüz saatlerinde ise %9 azaltılabildiği belirlenmiştir (Domke, 2011).

Seralarda kullanılan perdelerin ısı tasarruf oranları perdelerin sızdırmazlıklarına bağlı olarak değişmektedir (Meyer, 1984; Müller, 1987). Isı perdelerinin yan duvar ve sera cepheleriyle birleştiği yerler sızdırmaz olmalıdır. Aksi takdirde ısınan havanın yükselerek bu aralıklardan geçip çatı örtü malzemesi tarafından dış ortama taşınması ısı tasarrufunu azaltmaktadır (Çaylı ve ark., 2016; Önder & Baytorun, 2016). Aynı zamanda ısı perdesi sızdırmazlığı iyi olan seralarda rüzgar hızına bağlı olarak ortaya çıkan ısı kayıpları en düşük düzeydedir (Schmidt ve ark., 2011).

Seralarda ısı gereksinimi kullanılan ısıtma sistemlerinin tipi ve sera donanımına bağlı olarak değişmektedir (Baytorun ve ark., 2018a; Baytorun ve ark., 2018b). Isı gereksinimi hesaplamaları, serada ortaya çıkan gerçek sıcaklık ve seranın özelliğine bağlı sıcaklık yükselmesi dikkate alınarak saatlik iklim değerlerine göre yapılmalıdır (Baytorun ve ark., 2018c). Isı gereksinimi hesaplamalarında doğru sonuçlar elde edebilmek için iklim verilerinin, araştırmanın yapıldığı yerden toplanması da oldukça önemlidir (Çaylı ve ark., 2018b). Aynı zamanda sera çevre koşullarının teknolojik cihazlarla takip edilmesi ve ihtiyaç duyulan koşulların otomatik olarak sağlanması durumunda da enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Bu amaçla geliştirilen bazı düşük maliyetli donanım ve yazılım çözümleri üzerine yapılan araştırmalar da vardır (Çaylı ve ark., 2017; Çaylı & Mercanlı, 2017; Çaylı ve ark., 2018a).

Bölgenin iklim koşullarına göre inşa edilen seralarda gerekli ısı tasarruf önlemlerinin alınması, ısıtma giderlerinden kaynaklı üretim maliyetlerinin

düşürülmesi açısından önemlidir (Boyacı ve ark., 2016). Bununla birlikte seralar için seçilen ısıtma sisteminin doğru olarak projelenmesi, enerji tasarrufu ve ilk yatırım giderlerinin azaltılması açısından büyük bir öneme sahiptir (Akyüz ve ark., 2017). Ayrıca ısıtma sistemlerinde yaygın olarak kullanılan katı yakacak kazanlarında serada ihtiyaç duyulan ısı yüküne bağlı olarak yanma işleminin düzenlenmesi oldukça zor olduğundan ısı enerjisi etkin bir şekilde kullanılamaz. Bu amaçla ihtiyaç fazlası ısının sıcak su tankında (buffer) depolanması, tüketilen yakıttan elde edilen ısı enerjisinin etkin kullanımı için çözüm olarak sunulmuştur (Baytorun ve ark., 2017b).

Serada ısı kaybını artıran diğer bir faktörde dış ortamdaki rüzgâr hızıdır. Artan rüzgâr hızı, ısı perdesi kullanılan seraya kıyasla daha yüksek ısı kayıplarına neden olur. Isı perdeleri ısı kayıplarını azaltarak ısı tasarrufu sağlar (Sethi & Sharma, 2008; Çaylı & Akyüz, 2019).

Bölge iklimine bağlı olarak üretim giderlerinin %20-%60 arasında yer tutan ısıtma giderlerinin azaltılması yanında ısıtma jeotermal gibi ucuz enerji kaynaklarının kullanılması seralarda üretimi rekabet edebilir duruma getirmektedir.

Yapılan bu çalışmada jeotermal kaynaklara sahip Batman iklim koşullarında kurulacak ve düzenli olarak ısıtılacak yüksek teknoloji seralarında, farklı örtü malzemesine sahip seraların saatlik iklim değerlerinden gidilerek ısı gereksiniminin hesaplanması, ısı perdesi ile ısı tasarruf oranlarının belirlenmesi ve ortaya çıkan ısı gereksiniminin diğer sera bölgeleri ile rekabet edebilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOD

Sera Özellikleri

Isı gereksiniminin hesaplanmasında, uzunluğu 50 m, genişliği 9.6 m, yan duvar yüksekliği 4.5 m, mahya yüksekliği 6.5 m olan 10 adet bölmeden oluşan taban alanı 4800 m² olan, plastik örtü malzemeli sera şekli yay çatı, cam örtü malzemeli sera şekli gotik çatı olan blok sera kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalarda, serada sıcaklık yükselmesi 7 °C, ısı depolama katsayısı cam örtülü sera için 1, plastik örtülü sera için ise 0.5 olarak alınmıştır. Isıtma sistemi çelik borulu ısıtma sistemi seçilmiş ve borular sera tabanına yakın olarak döşendiği kabul edilmiştir. Havalandırma sıcaklığı ise 23°C olarak alınmıştır. Hesaplamalarda esas alınan farklı sera tipleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Isı Perdesi

Seralarda kullanılan ısı perdelerinin dokularında bulunan alüminyum malzemenin oranı, serada ısıma yoluyla ortaya çıkan ısı kayıplarının azaltılması

açısından büyük bir öneme sahiptir. Yapılan çalışmada enerji tasarruf oranı %50 olan ısı perdesi hesaplamalarda esas alınmıştır. Isı perdelerinin sağladığı ısı tasarrufu perdelerin sızdırmazlıklarına

bağlıdır. Yapılan çalışmada %50 tasarruf oranına sahip ısı perdesinin sızdırmazlığına bağlı olarak hesaplamalarda esas alınan düzeltme faktörleri Çizelge 2’de verilmiştir (Rath 1992).

Çizelge 1. Yapılan çalışmada esas alınan sera tipleri ve donanımları.

Table 1. Greenhouse types and equipment used in the study

Sera Tipi	Örtü Malzemesi		Isı Perdesi ve Sızdırmazlık Durumu
	Çatı	Yan Duvar	
C1 (Cam 1)	Tek katlı cam	Tek katlı cam	Yok
C2 (Cam 2)	Tek katlı cam	Tek katlı cam	Var, Kötü
C3 (Cam 3)	Tek katlı cam	Tek katlı cam	Var, Orta
C4 (Cam 4)	Tek katlı cam	Tek katlı cam	Var, İyi
P1 (Plastik 1)	Tek katlı plastik	Tek katlı plastik	Yok
P2 (Plastik 2)	Tek katlı plastik	Tek katlı plastik	Var, Kötü
P3 (Plastik 3)	Tek katlı plastik	Tek katlı plastik	Var, Orta
P4 (Plastik 4)	Tek katlı plastik	Tek katlı plastik	Var, İyi
P5 (Plastik 5)	Tek katlı plastik	Çift katlı plastik	Yok
P6 (Plastik 6)	Tek katlı plastik	Çift katlı plastik	Var, Kötü
P7 (Plastik 7)	Tek katlı plastik	Çift katlı plastik	Var, Orta
P8 (Plastik 8)	Tek katlı plastik	Çift katlı plastik	Var, İyi
P9 (Plastik 9)	Tek katlı plastik	Çift katlı sert plastik (16 mm)	Yok
P10 (Plastik 10)	Tek katlı plastik	Çift katlı sert plastik (16 mm)	Var, Kötü
P11 (Plastik 11)	Tek katlı plastik	Çift katlı sert plastik (16 mm)	Var, Orta
P12 (Plastik 12)	Tek katlı plastik	Çift katlı sert plastik (16 mm)	Var, İyi

Çizelge 2. Isı perdesinin sızdırmazlıklarına bağlı düzeltme katsayıları (Rath 1992).

Table 2. Correction coefficients depending on the sealing of the thermal curtain (Rath 1992).

Isı Perdesi Sızdırmazlığı	Düzeltilme Katsayısı
İyi	6.80
Orta	11.05
Kötü	29.43
Isı perdesi yok	0.00

Jeotermal Enerji

Batman ili yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerji potansiyeline sahiptir. Jeotermal enerji Batman-Sason-Taşlıdere’de şehir ısıtması ve

termal turizm alanlarında kullanılmaktadır. Çizelge 3’te Batman ili jeotermal kaynak potansiyeli gösterilmiştir (DİKA, 2014).

Çizelge 3. Batman ili jeotermal kaynak potansiyeli (MTA, 2005).

Table 3. Batman province geothermal resource potential (MTA, 2005).

Jeotermal alan adı	Sıcak su doğal çıkış adı	Doğal Çıkış			Sondaj			Kullanım Alanı	Kurulu Tesis
		Sıcaklık °C	Debi ltsn ⁻¹	Potansiyel MWt	Sıcaklık °C	Debi ltsn ⁻¹	Potansiyel MWt		
Sason	Taşlıdere	83	16	*	*	*	*	Kaplıca	*

Isı Gereksiniminin Hesaplanması

Saatlik ölçülmüş iklim verileri kullanılarak, seranın özelliklerine ve serada kullanılan donanıma bağlı

$$Q = \sum_{n=1}^{8760} \left((t_{in} - t_{i,OHn} - \Delta t_{spn}) \cdot U_{cs} \cdot A_c \cdot (1 - EE_{ESn}) \right) \cdot t_{si}$$

Eşitlikte;

Q : Seranın yıllık ısı gereksinimi [Wh]

t_{in} : Serada istenen sıcaklık [°C]

olarak ısı enerjisi gereksinimi, Rath (1992) tarafından DIN 4701 standartları esas alınarak geliştirilen 1 nolu eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$t_{i,OH}$: Isıtmasız serada ortaya çıkan gerçek ısı sıcaklık [°C]

Δt_{sp} : Serada depolanan ısıya bağlı ortaya çıkan sıcaklık yükselmesi [°C]

U_{cs} : Isı gereksinim katsayısı [$W m^{-2} K^{-1}$]

A_C : Sera örtü yüzey alanı [m^2]

EE_{ES} :Serada kullanılan enerji koruma önleminin tasarruf oranı [-]

n :Yılın saatleri [h]

1 nolu eşitlikteki Δt_{Sp} , gündüz saatlerinde serada depolanan enerji dikkate alınarak belirlenir. Δt_{Sp} 'nin belirlenmesinde 2 ve 3 nolu eşitlikler kullanılmıştır.

$$\Delta t_{Sp,pot} = \frac{Z_d}{\max(Z_2, \dots, 365)} * \Delta t_{Sp,max}$$

2 nolu eşitlikteki Z_d , 3 nolu eşitlik yardımı ile elde edilmiştir;

$$Z_d = \overline{t_{i,OH,Gündüzd-1}} - \overline{t_{i,OH,Gece_d}}$$

Z_d :Gündüz gece sıcaklık ortalama farkı [$^{\circ}C$]

Elde edilen verilere göre gün boyu depolanan enerjiye bağlı olarak serada ortaya çıkan sıcaklık yükselmesi (Δt_{Sp}) aşağıdaki mantıksal eşitlikler yardımı ile belirlenmiştir (Rath 1992).

$$\left. \begin{array}{l} \Delta t_{Sp,pot} \geq 25 \text{ ve } q_G > 0 \text{ ise} \\ t_i - t_{i,OH} \leq \Delta t_{Sp,pot} < 25 \text{ ve } q_G > 0 \text{ ise} \\ 0 < \Delta t_{Sp,pot} < t_i - t_{i,OH} < 25 \text{ ve } q_G > 0 \text{ ise} \end{array} \right\} \Delta t_{Sp}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Değilse} \\ \Delta t_{Sp,pot} \\ \Delta t_{Sp,pot} \\ \Delta t_{Sp,pot} \cdot (t_i - t_{i,OH} - 25) \\ \Delta t_{Sp,pot} - 25 \\ 0 \end{array} \right\} \Delta t_{Sp}$$

1 nolu eşitlikte ısıtılmayan serada ortaya çıkan sıcaklık değerinin ($t_{i,OH}$) belirlenmesi için, güneş radyasyonuna bağlı serada ulaşılan teorik sıcaklık değerinin ($t_{i,th}$) hesaplanması gereklidir. Serada teorik sıcaklık 4 nolu eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$t_{i,th} = \frac{q_G * D_G * \eta * A_G}{U_{cs} * (1 - EE_{ES}) * A_C} + t_a$$

Eşitlikte:

$t_{i,th}$:Isıtılmayan ve havalandırılmayan serada ortaya çıkan teorik sıcaklık [$^{\circ}C$]

q_G :Güneş radyasyonu [$W m^{-2}$]

D_G :Örtü malzemesinin geçirgenlik oranı [%]

t_a :Dış sıcaklık [$^{\circ}C$]

η :Serada enerji dönüşüm faktörü (duyulur/gizli) (Standart =0,7)

Serada ortaya çıkan teorik sıcaklık ve serada istenen havalandırma sıcaklığına (t_L) bağlı olarak, 1 nolu eşitlikteki ısıtılmayan serada iç sıcaklık değeri ($t_{i,OH}$), aşağıdaki mantıksal eşitlikler yardımı ile belirlenmiştir.

$$\left. \begin{array}{l} t_{i,th} \geq t_L \text{ ve } t_L \geq t_a \text{ ise} \\ t_{i,th} < t_L \text{ ve } t_{i,th} > t_a \text{ ise} \end{array} \right\} t_{i,OH} = \left\{ \begin{array}{l} t_L \\ t_{i,th} \\ t_a \end{array} \right.$$

Eşitlikte;

t_L :Havalandırma sıcaklığı [$^{\circ}C$]

$t_{i,S}$:Serada arzulan iç sıcaklık değeri [$^{\circ}C$]

Serada gerçek iç sıcaklık değeri (t_i) aşağıdaki koşullara göre belirlenmiştir.

$$\left. \begin{array}{l} t_{i,OH} \leq t_{i,S} \text{ ise} \\ \text{Değilse} \end{array} \right\} t_i = \left\{ \begin{array}{l} t_{i,S} \\ t_{i,OH} \end{array} \right.$$

Eğer serada gece gündüz farklı sıcaklık değerleri arzu ediliyorsa bu durumda iç sıcaklık değeri (t_i) aşağıdaki koşullara göre belirlenir.

$$\left. \begin{array}{l} q_G > 0 \text{ ve } t_{i,OH} \leq t_{i,S_{Gün}} \text{ ise} \\ q_G = 0 \text{ ve } t_{i,OH} \leq t_{i,S_{Gece}} \text{ ise} \\ \text{Değilse} \end{array} \right\} t_i = \left\{ \begin{array}{l} t_{i,S_{Gündüz}} \\ t_{i,S_{Gece}} \\ t_{i,OH} \end{array} \right. \quad [2]$$

Serada ısı gücü ve ısı enerjisi gereksiniminin belirlenmesinde kullanılan toplam ısı iletim katsayısı (U_{cs}), örtü malzemesinin özelliğine, sera tipine, ısıtma, sulama sistemine, rüzgâr hızına ve gökyüzünün bulutlu ve açık olmasına bağlı olarak değişim göstermektedir. Yapılan hesaplamalarda toplam ısı iletim katsayısı $4 m s^{-1}$ rüzgâr hızında tek katlı PE plastik için $7 W m^{-2}K^{-1}$, cam sera için $7.65 W m^{-2} K^{-1}$ olarak alınmış (Zabeltitz, 1986; Tantau, 1983; Meyer, 1981, 1982) ve hesaplamaların yapıldığı saatteki rüzgâr hızına bağlı olarak yeniden belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

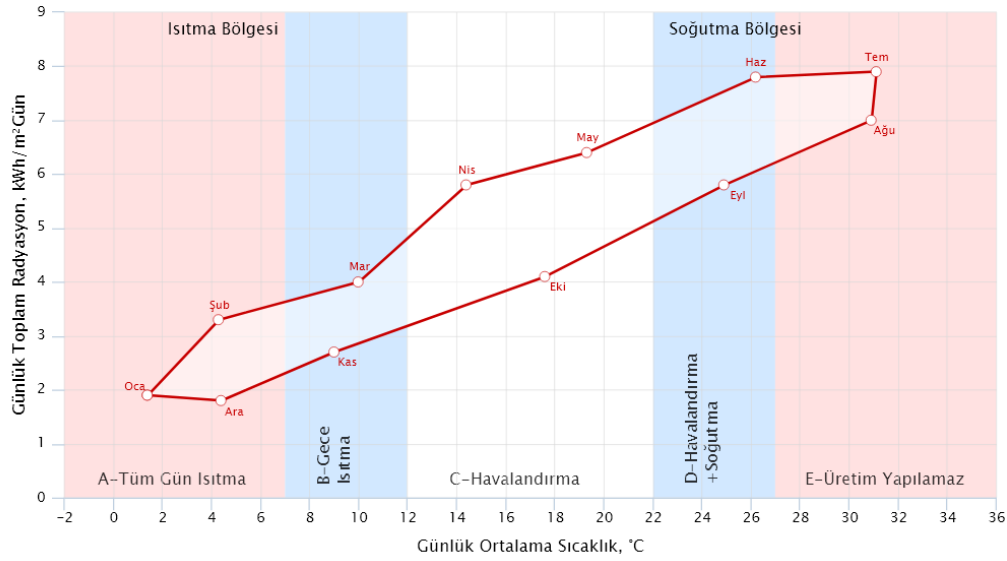
Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilen Batman ili iklim değerleri incelendiğinde aralık, ocak ve şubat aylarında hava sıcaklığının $7^{\circ}C$ 'nin altına düştüğü görülmektedir. Bu koşullarda Batmanda kurulacak seralarda Aralık-Şubat döneminde tüm gün ısıtma, Mart ve Kasım aylarında sadece gece saatlerinde ısıtma, Ekim, Nisan ve Mayıs aylarında havalandırma, Eylül ve Haziran aylarında havalandırma ve günün belirli saatlerinde soğutma yapılması gerekmektedir. Temmuz ve Ağustos aylarında ise serada ortaya çıkan yüksek sıcaklıklar nedeniyle üretim olanağı ortadan kalkmaktadır (Şekil 1).

Yapılan çalışmada, Batman ilinin saatlik iklim değerleri kullanılarak gece ve gündüz farklı sıcaklık değerleri için gerekli ısı gücü ve yıllık ısı enerjisi gereksinimi hesaplanarak çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge 4'ten görüleceği gibi farklı sıcaklık değerlerinde farklı sera tipleri için hesaplanan maksimum ısı gücü gereksinimleri değişim gösterirken, ısı perdesinin sızdırmazlık durumuna göre hesaplanan maksimum ısı gücü değerleri değişim göstermemektedir. Batman koşullarında plastik seralar için maksimum ısı gücü gereksinimi $248.9 W m^{-2}$ olarak hesaplanmıştır. Serada yan duvarların çift kat plastik örtü ile kaplanması durumunda bu değer $233.1 W m^{-2}$ olmaktadır. Tek kat camla kaplı seralarda maksimum ısı gücü gereksinimi ise $243.4 W m^{-2}$ olmaktadır. Cam serada

ısı gücünün tek kat plastikle kaplı serada ihtiyaç duyulan maksimum ısı gücünden büyük olması örtü

malzemesi yüzeyindeki sızdırmazlıkların kötü olmasından kaynaklanmaktadır.

Batman İli Uzun Yıllık Ortalama Sıcaklık ve Günlük Radyasyon Değerleri



Şekil 1. Batman ilinin uzun yıllık günlük ortalama sıcaklık ve günlük toplam güneş radyasyonu değerlerine bağlı olarak serada alınması gereken iklimlendirme önlemleri.

Figure 1. Climatization measures to be taken in the greenhouse depending on the long-year daily average temperature and daily total solar radiation values of Batman province.

Seralarda kullanılan ısı perdeleri gerekli olan maksimum ısı gücü gereksiniminde etkili değildir. Bunun da nedeni gün içinde en yüksek ısı gücü gereksinimine perdelerin açıldığı sabahın ilk saatlerinde ihtiyaç duyulmasıdır. Ancak ısı perdelerinin üretim periyodu boyunca ortaya çıkan ısı gereksinimine etkisi büyüktür. Çatısı tek kat yan duvarları çift kat plastik ile kaplı serada üretim periyodu boyunca gereksinilen ısı enerjisi 261.1 kW h m⁻² a⁻¹ (P5) olurken sızdırmazlığı iyi olan ısı perdeli serada bu değer 176.1 kW h m⁻² a⁻¹ olmaktadır (P8). Isı perdesi, plastik serada, ısı perdesinin sızdırmazlık durumu “kötü” ise %8.4, “orta” ise %21.4 ve “iyi” ise %34.3 oranında tasarruf sağlarken, cam serada ise sızdırmazlık durumu “kötü” ise %9, “orta” ise %22.8 ve “iyi” ise %36.7 oranında tasarruf sağladığı belirlenmiştir.

Seralarda yapılacak fizibilite hesaplamalarında maksimum ısı gücünün hesaplanması yanında sera kurulacak yerin iklimine bağlı yıllık ısı gereksiniminin bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Çizelge 4'ten de görüleceği gibi üretim periyodu boyunca ortaya çıkan en yüksek ısı enerjisi gereksinimi plastik serada sıcaklığın gündüz/gece 16/21 °C'de tutulduğu koşullarda 281.4 kW h m⁻² a⁻¹ (P1) olmaktadır. Serada üretim periyodu boyunca gereksinilen ısı enerjisi serada istenen sıcaklık değerlerine bağlı olarak değişmektedir. Enerji tasarrufu amacıyla gece sıcaklık değerinin düşürülmesi önemli ölçüde ısı tasarrufu

sağlayabilmektedir. Batman koşullarında gece sıcaklığının 2 °C düşürüldüğü serada ısı enerjisi gereksinimi %16 azalarak 237.5 kW h m⁻² a⁻¹ (P1) olmaktadır. Batman iklim koşullarında cam serada en yüksek ısı gereksinimi 273.1 kW h m⁻² a⁻¹ (C1) olmaktadır. Aynı şekilde cam serada gece sıcaklığı 2 °C düşürüldüğünde bu değer 230.4 kW h m⁻² a⁻¹ (C1) olmaktadır. Bu durum, cam ve plastik serada ısı enerjisi gereksinim oranında %15.6 tasarruf sağlamaktadır.

Seralarda ısı kaybı, örtü malzemesinin geçirgenliğine bağlıdır. Plastik serada yan duvarda çift kat plastik kullanılması durumunda %7.0, çift kat sert plastik (16 mm) kullanılması durumunda %9.1 oranında ısı tasarrufu sağlanabilmektedir.

Seralarda maksimum ısı gücünün belirlenmesi kurulacak ısıtma sistemlerinde kullanılacak kazan kapasitelerinin belirlenmesi için gereklidir. Ancak hesaplanan maksimum ısı gücü değerlerine yılın kaç saatinde ihtiyaç duyulduğunun bilinmesi ısıtma sistemlerinin kapasite tayinlerinde büyük öneme sahiptir. Yapılan çalışmada çatısı tek kat plastik ve yan duvarları çift kat PC ile kaplı orta derecede ısı perdesi yalıtımına sahip sera için hesaplanmış ısı gücü değerleri ve yılın kaç saatinde bu değerlere ihtiyaç duyulduğu Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 4. Batman ili iklim koşullarında düzenli olarak ısıtılan seralar için gerekli ısı gücü ve üretim periyodu boyunca ihtiyaç duyulan ısı enerjisi gereksinimi değerleri.

Table 4. The heat power required for regularly heated greenhouses under the climate conditions of Batman province and the heat energy requirement values needed during the production period.

Senaryo	Sıcaklık 21/16 °C		Sıcaklık 21/14 °C	
	Maksimum Isı Gücü Gereksinimi W m ⁻²	Isı Enerjisi Gereksinimi kW h m ⁻² a ⁻¹	Maksimum Isı Gücü Gereksinimi W m ⁻²	Isı Enerjisi Gereksinimi kW h m ⁻² a ⁻¹
C1		273.1	243.4	230.4
C2		248.4	242.2	209.6
C3	243.4	210.7	242.2	179.9
C4		172.9	242.2	150.3
P1		281.4	248.9	237.5
P2		257.7	247.8	217.2
P3	248.9	221.3	247.8	188.5
P4		184.8	247.8	159.8
P5		261.1	233.1	219.9
P6		240.1	232.0	201.9
P7	233.1	208.1	232.0	176.7
P8		176.1	232.0	151.4
P9		255.8	229.0	215.3
P10		235.5	227.8	197.9
P11	229.0	204.6	227.8	173.6
P12		173.7	227.8	149.2

Çizelge 5. Farklı donanımlara sahip seralarda farklı ısı gücüne ihtiyaç duyulan süreler (saat).

Table 5. The times required for different heat power in greenhouses with different equipment (hour).

Isı Gücü Gereksinimi W m ⁻²	Sıcaklık 21/16 °C		Sıcaklık 21/14 °C	
	Saat (P9)	Saat (P11)	Saat (P21)	Saat (P23)
0	3732	3728	3481	3473
10	3353	3295	3042	2972
20	3101	2951	2801	2651
30	2824	2623	2514	2295
40	2572	2279	2243	1917
50	2296	1913	1957	1572
60	2034	1575	1687	1235
70	1738	1212	1413	925
80	1481	911	1149	629
90	1200	615	906	425
100	954	411	677	301
110	731	287	472	219
120	517	183	328	155
130	347	130	237	113
140	233	90	156	79
150	156	64	107	63
160	99	51	77	51
170	61	30	44	30
180	31	16	21	15
190	16	10	11	9
200	6	5	6	5
210	3	2	3	2
220	2	1	2	1

Çizelge 5'ten de görüleceği gibi çatısı tek kat PE, yan duvarları çift kat PC ile kaplı serada (P9) sıcaklığın üretim periyodu boyunca gündüz/gece 21/16°C'de tutulmak istenmesi durumunda gereksinilen ısı gücü 220 W m⁻² olmaktadır. Ancak çizelgeden de görüleceği gibi bu ısı gücüne yılın sadece 2 saatinde ihtiyaç duyulmaktadır. Serada 160 W m⁻² ısı gücüne sahip ısıtma sisteminin kurulması durumunda yılın sadece 99 saatinde sıcaklık istenilen değerlerin altında seyredecektir. Belirtilen nedenle serada ısı gereksiniminin %80'ini karşılayacak ana kazan ve

bitkileri dona karşı koruyacak ikincil bir kazanın seçilerek ısıtma sisteminin planlanması daha sağlıklı olacaktır.

Seralarda kurulacak ısıtma sistemlerinde fosil enerji kaynaklarının kullanılması durumunda yakıt depolama kapasitesinin belirlenmesi için aylık ısı enerjisi gereksiniminin bilinmesi gereklidir. Yapılan çalışmada Batman ili iklim koşullarında farklı donanımlara sahip seraların aylık ısı enerjisi gereksinimleri Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Batman ili aylara göre ısı gereksinim değerleri (Sıcaklık 21/16 °C).

Table 6. Heat requirement values by month in Batman province (Temperature 21/16 °C).

Sera Tipi	Isı Gereksinimi, kWh m ⁻² ay ⁻¹											
	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Ekm	Kas	Ara
Sera içi sıcaklığı gündüz 21 °C, gece 16 °C												
C1	76.2	47.9	26.5	15.8	6.0	1.1	0.1	0.0	0.9	9.2	33.5	56.0
C2	69.8	43.9	23.9	14.1	5.5	1.0	0.1	0.0	0.8	8.2	30.3	50.7
C3	60.3	37.4	20.2	11.7	4.7	0.9	0.1	0.0	0.7	6.9	25.0	42.7
C4	50.8	30.9	16.5	9.3	3.9	0.8	0.1	0.0	0.6	5.7	19.7	34.7
P1	77.6	49.1	27.5	16.7	6.3	1.0	0.0	0.0	0.9	9.7	35.0	57.5
P2	71.5	45.3	25.0	15.0	5.8	1.0	0.0	0.0	0.9	8.8	31.9	52.5
P3	62.4	39.1	21.4	12.6	5.0	0.9	0.0	0.0	0.8	7.5	26.7	44.8
P4	53.3	32.8	17.8	10.3	4.2	0.7	0.0	0.0	0.7	6.3	21.6	37.1
P5	71.7	45.5	25.5	15.5	5.9	1.0	0.0	0.0	0.9	9.1	32.6	53.4
P6	66.3	42.1	23.3	14.1	5.4	0.9	0.0	0.0	0.8	8.2	29.9	49.0
P7	58.3	36.6	20.2	12.0	4.7	0.8	0.0	0.0	0.7	7.1	25.4	42.2
P8	50.3	31.2	17.0	9.9	4.0	0.7	0.0	0.0	0.6	6.0	20.9	35.4
P9	70.2	44.6	25.0	15.2	5.8	0.9	0.0	0.0	0.9	8.9	32.0	52.3
P10	64.9	41.3	22.9	13.8	5.3	0.9	0.0	0.0	0.8	8.1	29.4	48.1
P11	57.2	36.0	19.8	11.8	4.7	0.8	0.0	0.0	0.7	7.0	25.0	41.5
P12	49.5	30.7	16.8	9.8	4.0	0.7	0.0	0.0	0.6	5.9	20.7	35.0
Sera içi sıcaklığı gündüz 21 °C, gece 14 °C												
C1	69.3	42.3	20.9	11.3	3.7	0.7	0.1	0.0	0.5	5.8	26.9	48.9
C2	63.4	38.9	18.9	9.9	3.4	0.7	0.1	0.0	0.5	5.1	24.4	44.3
C3	55.2	33.5	16.2	8.4	3.1	0.6	0.1	0.0	0.4	4.5	20.3	37.6
C4	47.0	28.1	13.6	6.9	2.7	0.6	0.1	0.0	0.4	3.8	16.3	30.9
P1	70.6	43.4	21.8	12.0	3.9	0.6	0.0	0.0	0.5	6.2	28.2	50.3
P2	64.8	40.1	19.8	10.7	3.6	0.6	0.0	0.0	0.5	5.5	25.8	45.9
P3	57.0	34.9	17.2	9.1	3.2	0.5	0.0	0.0	0.4	4.8	21.8	39.4
P4	49.2	29.7	14.6	7.6	2.9	0.5	0.0	0.0	0.4	4.2	17.8	33.0
P5	65.1	40.1	20.2	11.2	3.6	0.5	0.0	0.0	0.5	5.7	26.3	46.6
P6	60.0	37.2	18.4	10.0	3.4	0.5	0.0	0.0	0.4	5.1	24.1	42.7
P7	53.2	32.7	16.1	8.6	3.0	0.5	0.0	0.0	0.4	4.5	20.6	37.0
P8	46.3	28.1	13.8	7.3	2.7	0.5	0.0	0.0	0.4	4.0	17.1	31.3
P9	63.7	39.3	19.8	11.0	3.5	0.5	0.0	0.0	0.4	5.6	25.8	45.7
P10	58.8	36.5	18.0	9.8	3.3	0.5	0.0	0.0	0.4	5.0	23.7	41.9
P11	52.1	32.1	15.8	8.5	3.0	0.5	0.0	0.0	0.4	4.5	20.3	36.4
P12	45.5	27.6	13.6	7.2	2.7	0.5	0.0	0.0	0.4	3.9	16.9	30.9

Çizelge 6'dan da görüldüğü gibi Batman ili seralarında Ocak, Şubat, Mart, Kasım ve Aralık ayları olmak üzere altı (6) ay ısıtma yapılması gerekmektedir. Batman ilinde en yüksek ısı enerjisi gereksinimi, plastik serada ocak ayında 77.6 kW h m^{-2} (P1, gece sıcaklığı $16 \text{ }^\circ\text{C}$) ve 70.6 kW h m^{-2} (P1, gece sıcaklığı $14 \text{ }^\circ\text{C}$) olarak hesaplanmıştır. Bu değer ilerleyen aylarda havaların ısınmasına bağlı olarak azalmakta, Nisan ayından sonra seralarda ısıtma gereksinimi ortadan kalkmaktadır. Isı gereksinim değerleri, cam ve plastik örtü malzemeli seralarda bir

birine yakın değerler içermektedir. Ocak ayında her iki örtü malzemeli seralarda ısı perdesi kullanılması durumundan ısı gereksinim değerinde cam serada %8.4 (C1,C2), plastik serada %7.8 (P1, P2) tasarruf sağlanmaktadır. Tasarruf oranları sera içi gece sıcaklığını $2 \text{ }^\circ\text{C}$ azaltılması durumunda cam serada %8.5 (C1, C2), plastik serada ise %8.2 (P1, P2) olarak bulunmuştur. Başka bir ifade ile $2 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık azalması cam seradaki tasarruf oranını %0.1, plastik serada ise %0.4 oranında arttırmaktadır.

Çizelge 7. Batman iklim koşullarında serada sıcaklığın gündüz/gece $21/16^\circ\text{C}$ 'de tutulduğu koşullarda gece saatleri için aylık ve yıllık toplam ısı enerjisi gereksinimi ($\text{kW h m}^{-2} \text{ a}^{-1}$)

Table 7. Under Batman climatic conditions, where the temperature is kept at $21/16^\circ\text{C}$ during the day/night in the greenhouse, the monthly and annual total heat energy requirement for night hours ($\text{kW h m}^{-2} \text{ a}^{-1}$).

Sera Tipi	Isı Gereksinimi, $\text{kW h m}^{-2} \text{ a}^{-1}$						Yıllık
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Kasım	Aralık	
Sera içi sıcaklığı gündüz $21 \text{ }^\circ\text{C}$, gece $16 \text{ }^\circ\text{C}$							
C1	50.3	34.2	19.3	12.6	28.7	42.6	187.6
C2	44.6	30.3	17.0	11.1	25.5	37.7	166.3
C3	35.1	23.8	13.3	8.8	20.2	29.7	130.9
C4	25.5	17.3	9.6	6.4	14.9	21.7	95.4
P1	52.1	35.7	20.4	13.5	30.2	44.4	196.2
P2	46.6	32.0	18.2	12.0	27.1	39.8	175.7
P3	37.5	25.7	14.6	9.7	22.0	32.0	141.5
P4	28.5	19.5	11.0	7.3	16.8	24.3	107.4
P5	48.8	33.5	19.1	12.6	28.3	41.6	183.9
P6	44.0	30.2	17.2	11.4	25.6	37.5	165.9
P7	36.0	24.7	14.0	9.3	21.1	30.7	135.9
P8	28.0	19.2	10.8	7.2	16.5	24.0	105.8
P9	47.9	32.9	18.8	12.4	27.8	40.9	180.7
P10	43.3	29.7	16.9	11.2	25.2	36.9	163.2
P11	35.6	24.4	13.9	9.2	20.8	30.4	134.3
P12	27.9	19.1	10.8	7.2	16.4	23.8	105.3
Sera içi sıcaklığı gündüz $21 \text{ }^\circ\text{C}$, gece $14 \text{ }^\circ\text{C}$							
C1	43.4	28.6	13.7	8.1	22.0	35.5	151.4
C2	38.5	25.4	12.2	7.2	19.6	31.5	134.2
C3	30.3	20.0	9.5	5.6	15.5	24.8	105.7
C4	22.0	14.5	6.9	4.1	11.4	18.1	77.1
P1	45.0	30.0	14.7	8.8	23.4	37.2	159.1
P2	40.3	26.9	13.1	7.9	21.0	33.3	142.5
P3	32.5	21.6	10.5	6.3	17.0	26.8	114.9
P4	24.6	16.4	8.0	4.8	13.0	20.4	87.2
P5	42.2	28.1	13.8	8.3	21.9	34.8	149.1
P6	38.1	25.3	12.4	7.4	19.8	31.4	134.5
P7	31.2	20.8	10.1	6.1	16.3	25.8	110.2
P8	24.3	16.2	7.9	4.7	12.8	20.1	85.9
P9	41.5	27.6	13.5	8.1	21.5	34.2	146.5
P10	37.5	24.9	12.2	7.3	19.5	30.9	132.4
P11	30.8	20.5	10.0	6.0	16.1	25.5	108.9
P12	24.1	16.1	7.8	4.7	12.7	20.0	85.5

Seralarda en yüksek ısı enerjisi gereksinimi gece saatlerinde ortaya çıkmaktadır. Günlük ortalama

sıcaklığın $7-12^\circ\text{C}$ arasında bulunması durumunda, seralarda sadece gece saatlerinde ısıtma yapmak yeterlidir (Kittas ve ark. 2013). Yapılan çalışmada

ısıtma ihtiyacının ortaya çıktığı aylar için gündüz saatlerinde ortaya çıkan ısı enerjisi gereksinimi hesaplanmıştır. Batman iklim koşullarında için gece saatleri için ısı enerjisi gereksinimi hesaplanarak çizelge 7'de, gündüz saatleri için ise çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 7'den görüldüğü gibi Ocak ayında gece saatlerinde en yüksek ısı gereksinimi plastik serada 52.1 kW h m⁻² (P1), cam serada ise 50.3 kW h m⁻² (C1) olarak belirlenmiştir. Isı perdesi kullanıldığında en yüksek ısı gereksinimi değeri cam serada 44.6 kW h m⁻² olarak Ocak ayında (C2), plastik serada ise 46.6 kW h m⁻² (P2) olarak Ocak ayında hesaplanmıştır. Gece sıcaklığının 2 °C azaltılması durumunda ise gece saatlerinde en yüksek ısı gereksinimi plastik

serada 45.0 kW h m⁻² olarak Ocak ayında (P1), cam serada ise 43.4 kW h m⁻² olarak Ocak ayında (C1) gerçekleşmiştir. Hesaplamalarda plastik sera ısı gereksinimi, cam sera ısı gereksinimine göre %3.6 daha fazla çıkmıştır.

Çizelge 8'de görüldüğü gibi ısı perdesi gündüz saatlerinde toplanmış olduğu için ısı perdeli ve ısı perdesiz durumlar için ısı gereksinim değerleri çok az farklılık göstermektedir. Gündüz saatlerinde en yüksek ısı gereksinim değeri cam ve plastik sera için 25.9 kW h m⁻² olarak Ocak ayında (C1, P1) hesaplanmıştır. Gündüz saatlerinde ısı gereksiniminde meydana gelen değişimler yan duvarda kullanılan farklı örtü malzemelerinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 8. Batman iklim koşullarında serada sıcaklığın gündüz/gece 21/16°C'de tutulduğu koşullarda gündüz saatleri için aylık ve yıllık toplam ısı enerjisi gereksinimi (kW h m⁻² a⁻¹)

Table 8. Monthly and annual total heat energy requirement for daylight hours under Batman climate conditions where the temperature in the greenhouse is kept at 21/16°C day/night (kW h m⁻² a⁻¹)

Sera Tipi	Isı Gereksinimi, kW h m ⁻² a ⁻¹						Yıllık
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Kasım	Aralık	
Sera içi sıcaklığı gündüz 21 °C, gece 16 °C							
C1	25.9	13.7	7.2	3.2	4.9	13.4	68.3
C2-C3-C4	25.3	13.6	6.9	2.9	4.8	13.0	66.5
P1	25.5	13.4	7.1	3.2	4.8	13.1	67.2
P2-P3-P4	24.9	13.3	6.8	2.9	4.8	12.8	65.5
P5	22.9	12.0	6.4	2.9	4.4	11.8	60.4
P6-P7-P8	22.3	12.0	6.2	2.7	4.3	11.4	58.9
P9	22.2	11.7	6.2	2.8	4.2	11.4	58.7
P10-P11-P12	21.6	11.6	6.0	2.6	4.2	11.1	57.1
Sera içi sıcaklığı gündüz 21 °C, gece 14 °C							
C1	25.9	13.7	7.2	3.2	4.9	13.4	68.3
C2-C3-C4	24.9	13.5	6.7	2.8	4.8	12.8	65.6
P1	25.5	13.4	7.1	3.2	4.8	13.1	67.2
P2-P3-P4	24.5	13.3	6.6	2.8	4.8	12.6	64.6
P5	22.9	12.0	6.4	2.9	4.4	11.8	60.4
P6-P7-P8	22.0	11.9	6.0	2.5	4.3	11.3	58.0
P9	22.2	11.7	6.2	2.8	4.2	11.4	58.7
P10-P11-P12	21.3	11.5	5.8	2.5	4.2	10.9	56.3

SONUÇ ve ÖNERİLER

Seralarda ısı gücü ve ısı enerjisi gereksinimi, bölge iklimine, örtü malzemesine ve enerji tasarrufu amacıyla kullanılan donanımına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Yapılan bu çalışmada, ısı perdelerinin sızdırmazlığına ve örtü malzemesinin özelliklerine bağlı olarak cam ve plastik sera için saatlik iklim değerleri kullanılarak ısı gücü ve üretim periyodu boyunca ortaya çıkan ısı enerjisi gereksinimi hesaplanmıştır.

Serada kurulacak ısıtma sisteminin kapasite tayini için gerekli olan maksimum ısı gücü ısı perdesine bağlı olarak değişim göstermemiştir. Bunun da nedeni maksimum ısı gücünün ısı perdelerinin

açıldığı sabahın ilk saatlerinde ortaya çıkmasından kaynaklanmıştır. Ancak hesaplamalar sonucunda elde edilen maksimum ısı gücüne yılın sadece birkaç saatinde ihtiyaç duyulması nedeniyle serada tek bir kazan yerine iki kazanın seçilmesi ve ana kazanın ısı gereksiniminin %80'ini, ikincil kazanın ise bitkileri dona karşı koruyacak kapasitede olmasına dikkat edilmelidir.

Üretim periyodu boyunca ortaya çıkan ısı enerjisi gereksinimi serada kullanılan ısı perdelerinin sızdırmazlığına bağlı olarak değişmektedir. Isı perdelerinin sızdırmazlığının iyi olması anlamlı oranda enerji tasarrufuna olanak sağlamaktadır.

Yapılan bu çalışmada, en yüksek ısı gereksinim

değeri plastik serada (77.6 kW h m⁻² Ocak ayı, P1) olduğu görülmüştür. Isı perdesinin kullanıldığı durumda en yüksek ısı gereksinim değeri plastik serada (71.5 kW h m⁻² Ocak ayı, P2) hesaplanmıştır. Bu sonuçlar ısı perdesinin cam serada daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir. Ayrıca ısı perdesinin sızdırmazlık durumlarında en iyi sonuç "iyi" durumunda ortaya çıkmıştır.

Sonuç olarak Batman ili için modern seralarda ısı gereksinim maliyetinin en düşük değerde olması için seralarda örtü malzemesi olarak cam malzeme kullanılması önerilmektedir. Bununla birlikte ısı gereksinim maliyetini azaltmak için serada, ısı perdesi uygulamasının yapılması kesinlikle önerilmektedir. Ayrıca plastik sera yapılması durumunda, yan duvarlarda kesinlikle tek kat plastik kullanılmaması bunun yanında ya çift kat plastik ya da çift kat sert plastik (16 mm) kullanılması önerilmektedir.

Ayrıca Batman ili için Çizelge 2'de verilen jeotermal enerji potansiyelinin seralarda kullanılması durumunda bölgede seracılık faaliyetleri rahatlıkla yapılabilecek ve bölge çiftçisinin ürettiği ürünlerle pazarda rekabet edebilmesi sağlanabilecektir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazar(lar) makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazar(lar)ı aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR

Akyüz, A., Baytorun, A. N., Çaylı, A., Üstün, S. & Önder, D. (2017). Seralarda Isıtma Sistemlerinin Projelenmesinde Gerekli Olan Isı Gücünün Belirlenmesinde Yeni Yaklaşımlar. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi* 20(3), 209-217. doi:10.18016/ksudobil.266155.

Arinze, E. A., Schoenau, G. J. & Besant, R. W. (1986). Experimental and computer performance evaluation of a movable thermal insulation for energy conservation in greenhouses. *Journal of Agricultural Engineering Research* 34, 97-113. doi:10.1016/S0021-8634(86)80003-8.

Baytorun, A. N. (2016). Seralar, Sera Tipleri, Donanımı ve İklimlendirilmesi. 1. Baskı. *Nobel Akademik Yayıncılık. Nobel kitabevi, İstanbul. 444s.*

Baytorun, A. N., Akyüz, A., Üstün, S. & Çaylı, A. (2018a). Sera Isı Gereksinimi Hesaplama Modelinin "ISIGER-SERA" Çukurova Koşullarında Test Edilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 21(5), 699-707. doi:10.18016/ksudobil.396127.

Baytorun, A. N., Akyüz, A., Üstün, S. & Çaylı, A. (2018b). Testing Greenhouse Heat Requirement Calculation Model" ISIGER-SERA" in Cukurova Conditions. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 21(5), 699-707. doi:10.18016/ksudobil.396127.

Baytorun, A. N., Üstün, S., Akyüz, A. & Çaylı, A. (2017a). Antalya İklim Koşullarında Farklı Donanımlara Sahip Seraların Isı Enerjisi Gereksiniminin Belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 5(2), 144-152.

Baytorun, A. N., Üstün, S., Akyüz, A. & Çaylı, A. (2017b). Determination of Heat Storage Tank (buffer) Capacity in Greenhouse Heating Systems. *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture* 32(2), 53-64. doi:10.21605/cukurovaummfd.358357.

Baytorun, A. N., Zaimoğlu, Z., Akyüz, A., Üstün, S. & Çaylı, A. (2018c). Comparison of Greenhouse Fuel Consumption Calculated Using Different Methods with Actual Fuel Consumption. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology (TURJAF)* 6(7), 850-857.

Baytorun, A. N., Üstün, S. & Akyüz, A. (2016). Farklı Isıtma-Derece-Gün (HDD) Değerlerine Bağlı Olarak Seralarda Isı Enerjisi Gereksiniminin Belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 31(2), 119-128.

Boyacı, S., Akyüz, A., Baytorun, A. N. & Çaylı, A. (2016). Kırşehir ilinin örtüaltı tarım potansiyelinin belirlenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi* 5(2), 142-157. doi:10.17100/nevbiltek.284738.

Çaylı, A. & Akyüz, A. (2019). The Experimental Determination of The Impact of Overall Heat Consumption Coefficient and Thermal Screens on Heat Saving in Plastic Greenhouses. *KSU Journal Of Agriculture and Nature* 22(2), 271-281. doi:10.18016/ksutarimdoga.vi.493745.

Çaylı, A., Akyüz, A., Baytorun, A. N., Boyacı, S., Üstün, S. & Kozak, F.B. (2017). Control of Greenhouse Environmental Conditions with IOT Based Monitoring and Analysis System. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 5(11) 1279-1289. doi:10.24925/turjaf.v5i11.1279-1289.1282

Çaylı, A., Akyüz, A., Baytorun, A. N., Üstün, S. & Boyacı, S. (2016). Determination of Structural Problems Causing Heat Loss with the Thermal Camera in Greenhouses. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi* 19(1), 5-14.

Çaylı, A., Akyüz, A., Baytorun, A. N., Üstün, S. & Mercanlı, A. S. (2018a). The Feasibility of a Cloud-Based Low-Cost Environmental Monitoring System Via Open Source Hardware in Greenhouses. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 21(3), 312 -

- 322.
- Çaylı, A., Akyüz, A., Kaya, E. H., Çiçekli, Y. & Yıldız, M. Ç. (2018b). A Comparison on The Spatial Variability of Some Meteorological Data: Kahramanmaraş Case Study. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi* 21(2), 175-184. doi:10.18016/ksudobil.320511.
- Çaylı, A. & Mercanlı, A. S. (2017). The Impact of Greenhouse Environmental Conditions on the Signal Strength of wi-fi Based Sensor Network. *International Journal of Advanced Research (IJAR)* 5(6), 774-781. doi:10.21474/IJAR01/4475.
- Çaylı, A. & Temizkan, Y. (2018). Determination of The Effect of Heat Saving Precautions and Cladding Materials on Heat Requirement via Expert System in The Kahramanmaraş Region Greenhouses. *KSÜ Journal Of Agriculture and Nature* 21(3), 312-322. doi:10.18016/ksudobil.321559.
- Dicle Kalkınma Ajansı (DİKA). (2014). TRC3 Bölgesi 2014-2023 Bölge Planı, Cilt I. Bölgeyi Anlamak, s.89-110.
- Domke, O. (2011). Neue Entwicklungen bei doppelagigen Energieschirmmaterialien und beim Einsatz von Tagesenergieschirmen. Fachtagung Energieeffizienz, "Energie-Innovationen im Gartenbau – Neue Ideen aus Praxis und Forschung", 9. November 2011 im Gartenbauzentrum Straelen
- Kitas, C., Katsoulas, N., Bartzanes, T. & Bakker, S. (2013). Greenhouse climate control and energy use. Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable crops. Principles for Mediterranean climate areas. FAO, Rome.
- Maden Tetkik ve Arama (MTA). (2005). Batman İli Maden ve Enerji Kaynakları, Alınan yer:http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgimerkezi/maden_potansiyel_2010/Batman_Madenler.pdf (Alınma tarihi: 09.02.2017)
- Meyer, J. (1981). Bewegliche Energieschirme. ITG Heft 10. Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft. Universität Hannover.
- Meyer, J. (1982). Bewertung von beweglichen Energieschirmen in [sic] Hinblick auf den Wärmeverbrauch von Gewächshäusern. 11.
- Meyer, J. (1984). The influence of thermal screens on energy consumption of greenhouse. *Gartenbauwissenschaft* 49, 74-80
- Meyer, J., Schockert, K., Laun, N., Schlipen, M. & Kreuzpainter, A. (2014). Niedrigenergiegewächshaus mit CO₂-neutralen Heizsystem. Zukunft Initiative Niedrigenergie Gewächshaus (ZINEG). Ansätze und Ergebnisse.
- Müller, G. (1987). Energieschirme unter Praxisbedingungen Bewertung und Optimierung im Hinblick auf Energieverbrauch und Klimaführung. Dissertation. Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft Universität Hannover.
- Nelson, P. V. (2002). Greenhouse operation and management. Sixth Edition. Prentice Hall, Upper Saddle River. New Jersey, USA 692 pp.
- Nisen, A., Grafiadellis, M., Jiménez, R., La Malfa, G., Martiez-Garcia, P. F., Monteiro, A., Verlodt, H., Villele, O., Von Zabeltitz, C., Denis, J. C., Boudoin, W. & Garnaud, J. C. (1988). Cultures protegees en climate mediterranean, FAO, Rome.
- Önder, D. & Baytorun, A. N. (2016). Akdeniz Bölgesi İklim Koşullarında Seralarda Kullanılan Isı Perdelerinin Sera İçi Sıcaklığına ve Enerji Tasarrufuna Etkilerinin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 13(03), 111-120
- Rath, T. (1992). Einsatz wissenschaftlicher Systeme zur Modellierung und Darstellung von gartenbautechnischem Fachwissen am Beispiel des hybriden Expertensystems HORTEX. Gartenbautechnische Informationen (Germany). no. 34.
- Schmidt, U., Huber, C., Dannehl, D., Rocks, T., Tantau, H. J. & Meyer, J. (2011). Effect of Special Climate Conditions in Closed Greenhouses on Coefficient of Performance and Plant Growth - Preliminary Tests for Optimizing Closed Greenhouse Control. *Acta Horti* 893, 429-436
- Sethi, V. P. & Sharma, S. K. (2008). Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications. *Solar Energy* 82(9), 832- 859. doi:10.1016/j.solener.2008.02.010
- Tantau, H. J. (1983). Heizungsanlagen im Gartenbau. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.
- Tantau, H. J. (2012). Erfahrungen aus dem ZINEG-Projekt mit dem Einsatz unterschiedlicher Energieschirme BGT kolloquium Berlin.
- Teitel, M., Peiper, U. & Zvieli, Y. (1996). Shading screens for frost protection. *Agricultural and forest meteorology* 81(3-4), 273-286.
- Verlodt, H. (1990). In protected cultivation in the mediterranean climate. Greenhouses in Cyprus. FAO Edit.
- Von Zabeltitz, C. (1982). Forschung für die Technik der Pflanzenproduktion in Gewächshäusern. *Grundlagen der Landtechnik* 32(5), 152-155.
- Von Zabeltitz, C. (1986). Gewächshäuser - Handbuch des Erwerbsgartners. Handbuch des Erwerbsgartners. Ulmer -Verlag, Stuttgart.



The Effect Of Grain Prices On Food Inflation: A Forward-Looking Evaluation Among The Russia-Ukraine Conflict

Musa TÜRKÖĞLU¹, Ayşe DURGUN^{2*}

¹SDÜ, İİBF, İktisat Bölümü, ²SDÜ, İİBF, İktisat Bölümü

¹<https://orcid.org/0000-0001-7662-9647>, ²<https://orcid.org/0000-0002-8062-7473>

✉: aysedurgun@sdu.edu.tr

ABSTRACT

The present study investigates how grain prices have been affecting food inflation in the wake of the recent pandemic and the ongoing Russia-Ukraine conflict. This study examines the effects on inflation of the limitations on exports of wheat, barley and corn products by Russia and Ukraine on the food inflation in Asia and North Africa by using cointegration test. Drawing upon monthly data from the 2000:01–2020:08 period, the study reveals that the food price index and grain prices in both Asia and North Africa are cointegrated in the long term, and that in both country groups wheat price increases in particular are triggering an increase in food prices.

Agricultural Economy

Research Article

Article History

Received : 28.04.2023

Accepted : 02.11.2023

Keywords

Grain Prices,
Food Inflation,
Johansen Co-integration Testing

Tahıl Fiyatlarının Gıda Enflasyonu Üzerindeki Etkisi: Rusya-Ukrayna Çatışmasında İleriye Yönelik Bir Değerlendirme

ÖZET

Bu çalışmada son dönemde yaşanan Pandemi ve Rusya-Ukrayna çatışması odağında hububat fiyatlarının gıda enflasyonunu nasıl etkilediği araştırılmıştır. Bu amaçla Rusya ve Ukrayna'nın en fazla ihraç ettiği buğday, arpa ve mısır ürünlerinin Asya ve Kuzey Afrika ülkelerinin gıda enflasyonu üzerindeki etkileri eşbütünlük testi ile incelenmiştir. Çalışmada 2000:01-2020:08 dönemi aylık veriler kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, hem Asya hem de Afrika ülkelerinin gıda fiyat endeksi ile hububat fiyatları uzun dönemde eşbütünlük çıkmışlardır. Özellikle buğday fiyat artışları her iki ülke grubunda da gıda fiyat artışını yukarı yönlü tetiklemektedir.

Tarım Ekonomisi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 28.04.2023

Kabul Tarihi : 02.11.2023

Anahtar kelimeler

Tahıl fiyatları
Gıda enflasyonu
Johansen Eşbütünlük Testi

Atıf İçin: Türkoğlu, M., & Durgun, A. (2024). Tahıl Fiyatlarının Gıda Enflasyonu Üzerindeki Etkisi: Rusya-Ukrayna Çatışmasında İleriye Yönelik Bir Değerlendirme . *KSU J. Agric Nat* 27 (3), 656-664. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1289252.

To Cite: Türkoğlu, M., & Durgun, A. (2024). The Effect Of Grain Prices On Food Inflation: A Forward-Looking Evaluation Amid The Russia-Ukraine Conflict, *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (3), 656-664. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1289252.

INTRODUCTION

Global economies, including those of developed nations, have entered an inflationary process that does not seem likely to regress in the near future. While there are many factors contributing to this, two in particular stand out: food prices and energy prices. The increase in food prices since 2000 has been driven by five main agricultural commodity groups, one of which is grain products, the gradual decrease in the global supply of which has forced food prices upwards. The Russia-Ukraine conflict that broke out in February 2022 has led to an increase in the price particularly of grain products. These two countries hold an important place in the global trade of some grain products, being responsible, for example, for some 30 percent of the global wheat exports, and this

situation exasperates the already insufficient grain reserves around the world, forcing prices upward.

The present study investigates the effect of grain price increases on food inflation, and looks for an answer to the question of how the recent pandemic and the Russia-Ukraine conflict will reflect on grain prices and inflation in the future. To this end, the first part of the study evaluates the effect of food prices on inflation since 2000, followed in the second part with a discussion of the effects on grain prices of the COVID-19 pandemic and the 2022 Russia-Ukraine conflict. After reviewing existing literature addressing this issue, the effect of grain prices on food inflation in Asia and North Africa is analyzed econometrically with time-series tests, and the obtained results are interpreted and suggestions are

presented in the final section.

Reflection of The Increase in Food Prices After 2000 on Inflation

Global food prices have witnessed a rise in volatility since 2000 that has been attributed to four main factors (Mittal, 2009:3): stalled agricultural production growth, decreased global grain stocks, rising energy prices and increasing demand from emerging economies.

The rise in global food prices is depicted in Figure 1, in which it can be seen that nominal food prices witnessed a sharp rise in the 1970s. After following a calmer upward trend until the 2000s, a further rapid increase was seen in 2003, and the nominal increase in food prices in 2008 and 2011 reached a 30-year high. The World Food Price Index increased by 109.3% in the 2003–2011 period (Çaşkurlu, 2011),

with strong price increases witnessed particularly in oils and fats, as well as grains. The price indices for these commodity groups in March 2008 were almost triple of those seen in the 1998–2000 period (UNCTAD, 2008).

The 2020 pandemic period created a shock in the commodity markets by affecting both supply and demand. When compared to other sectors, the agricultural commodity group was the least affected by the pandemic, with the only commodity in demand at the time being agricultural stock due to the severe limitations on outdoor mobility imposed around the world for 3–6 months. The agricultural commodity group is considered to be affected in terms of agricultural products and transportation costs used in industry and biofuels during the pandemic (Rajput et al. 2021).

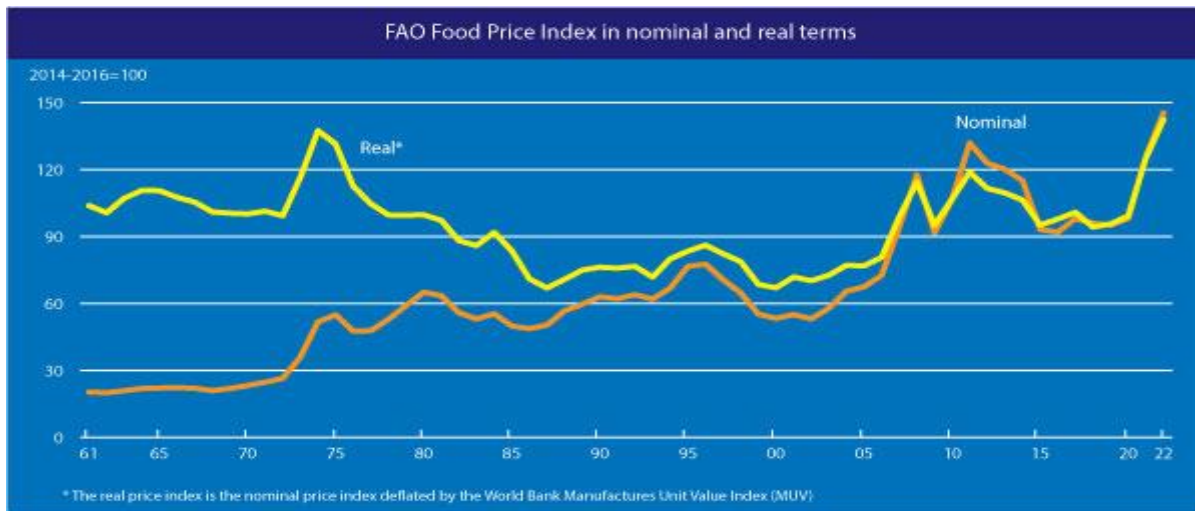


Figure 1: Nominal and Real World Food Price Index

Şekil 1: Nominal ve Reel Dünya Gıda Fiyat Endeksi

Source: FAO, <https://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/en/>, accessed on 04.28.2022

It is stated that the changes that occurred in the supply and demand of agricultural products were attributable to such factors as the increase in droughts and floods brought on by climate change, and led to an increase in food prices after 2000 (Ott, 2014). In addition to this, the doubling of the prices of the energy-intensive components of production, including fertilizers and fuel, between 2002 and 2007, increased production costs (Mittal, 2009) and caused a decrease in agricultural production. The situation was made worse by the increase in both the demand and prices of such products when grain became a source of energy with the use of agricultural products in biofuel production. High crude oil prices and new energy and agricultural policies, i.e. biofuel mandates in the United States and the European Union, have led to a partial integration of the agriculture and energy markets (Ott, 2014). After 2020, new reasons

for the rise in food prices were added to the problems, including the pandemic, sanctions between countries, problems in the supply chain and imbalance in supply-demand.

The United Nations Food and Agriculture Organization (FAO) announced in March 2022 that the food price index had reached its highest level in the last 30 years. According to FAO data, the food price index increased by 17.9 points (12.6%) to reach 159.3 in March 2022 over the February figure, while the grain price index – one of the factors contributing to the food price index – increased by an average of 170.1 points in March, by 24.9 points (17.1%) compared to February, reaching its highest level on record since 1990. The increases were blamed on the interruptions to exports brought about by the Ukraine-Russia conflict (FAO, 2022, <https://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/en/>).

An important characteristic of agricultural prices is the sharp fluctuations they experience over time when compared to non-farm prices, as in agricultural production supply cannot adapt immediately to changes in demand. Furthermore, flexibility in the demand for most agricultural products is so low that a small change in supply while demand remains constant or a small change in demand when supply remains unchanged can lead to a large change in prices (Sasmal, 2015:31).

The share of food products in the consumer's basket is larger in developing countries than in developed countries, with food expenditures in developing countries representing approximately 60–80 percent of consumer expenditures (UNCTAD, 2008), and so crises related to food products have a stronger effect on developing countries. The recent rise in food prices thus affected developing countries the most, particularly those with low-income food deficits (Maros & Martin, 2008).

World Grain Analysis and The Effects of The Ukraine-Russia Conflict

The total global grain production in 2021/22 is estimated to have reached a record level of 2.287 million tons, corresponding to an annual increase of 3%, and this increase has been attributed to an

increase in corn production. According to International Grains Council (IGC) data, a recent increase in the IGC Grains and Oilseeds Index (GOI) in March 2022 reached to the highest level in its 22-year history. It is claimed that the damage to logistics and infrastructure linked to Russia's military action in Ukraine will have immediate and potentially long-term consequences on the global trade of grain and oilseed, and the supply to such sensitive areas as Africa, the Near East and Asia (IGC, 2022a). When the conflict in the Black Sea region is taken into consideration, it has been estimated that the global grain supply will shrink by 1%, despite the increase in production. It is further claimed that total grain production will decrease by 13 million tons in 2022/23, predominantly due to decreases in the production of corn, wheat and sorghum (IGC, 2022b). World grain information is shown in Table 1, 2.

Russia and Ukraine are among the leading producers of agricultural commodities such as barley, wheat and corn in particular in the world. Russia and Ukraine together account for approximately 30% of global wheat exports, 20% of corn, mineral fertilizers and natural gas, and 11% of oil (OECD, 2022a). In 2021, they were among the world's three largest global exporters of products such as wheat and corn.

Table 1. Global Grain Figures (million tons)

Çizelge 1. Dünya Hububat Bilgileri (milyon ton)

	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22*	2022/23*
Production	2.092	2.058	2.187	2.142	2.139	2.185	2.221	2287	2275
Consumption	2.045	2.013	2.126	2.152	2.164	2.190	2.236	2281	2302
Trade	322	346	353	369	364	395	427	416	407
Stock	553	598	658	648	625	617	601	608	581

Source: IGC, https://w ww.igc.int/en/gmr_summary.aspx#

*Estimated values.

Table 2. World's Largest Wheat Exporters and Importers (Thousand tons)

Çizelge 2. Dünyanın En Büyük Buğday İhracatçıları ve İthalatçıları (Bin ton)

Exporter Countries	Export season		Importer Countries	Import season	
	2021-2022	2022-2023*		2021-2022	2022-2023*
Russia	33.000	39.000	Indonesia	11.000	11.200
EU	31.000	36.000	Egypt	12.000	11.000
Australia	27.000	25.000	Türkiye	9.300	10.000
Canada	15.500	24.000	China	9.700	9.500
USA	21.750	21.000	Algeria	7.800	7.900
Argentina	16.000	14.000	Bangladesh	7.500	7.500
Ukraine	19.000	10.000	Morocco	5.200	7.000
Kazakhstan	7.000	8.000	Nigeria	6.200	6.500
India	10.000	8.000	Philippines	6.300	6.300
Türkiye	6.500	6.750	Iran	7.200	5.500

Source: US Department of Agriculture

*Estimated figures.

The above table shows the world's largest exporters and importers of wheat for 2021, with Russia and Ukraine ranking 1st and 7th respectively. The leading importer countries are in Asia and Africa.

The conflict that broke out between Russia and Ukraine at the beginning of 2022 has raised concerns regarding the harvests of these products, meaning export quantities are uncertain. The inability to get to their fields to harvest their crops may result in decreased productivity, restricted agricultural production and, subsequently, a global supply deficit. This shortfall in supply is bringing about a rise in the prices of commodities in which the two countries have an important export share, and the magnitude of this rise will be determined by the supply elasticities of the alternative suppliers, and the relative demand elasticities of the commodities. It is expected that this situation will also trigger an increase in food and fertilizer prices attributable to the 2020 COVID-19 pandemic. According to FAO estimations, the increase in the prices of the commodities that are exported by the two countries may increase the global supply gap of food and feed prices by 8% to 22% (FAO, 2022b).

The agricultural sector is labor-intensive, and has high energy demands in developed regions, directly through its use of gas, fuel and electricity, and indirectly through the use of such agricultural chemical products as fertilizers and pesticides. When considered from this point of view, the conflict in which Russia is engaged has also triggered rises in energy prices, given its important contributions to the energy market, and these high energy prices lead to high input prices, and consequently, to increases in food prices.

The impact of the conflict differs from region to region and from country to country. In particular, the European countries with borders with Russia and Ukraine and those with close economic relations are more affected. Explanatory simulations show that global inflation may increase by close to 2½ percentage points in the first full year following the onset of conflict (OECD, 2022b), as depicted in Figure 2.

LITERATURE

The relationship thought to exist between agricultural prices, food prices and the consumer price index is also supported statistically. Since food prices have a significant share in inflation, they have been the subject of many academic studies. In addition to the studies of how food prices affect inflation, there are also studies taking oil prices and exchange rates into account, and studies evaluating food prices more specifically and clarifying the relationship between grain prices and inflation.

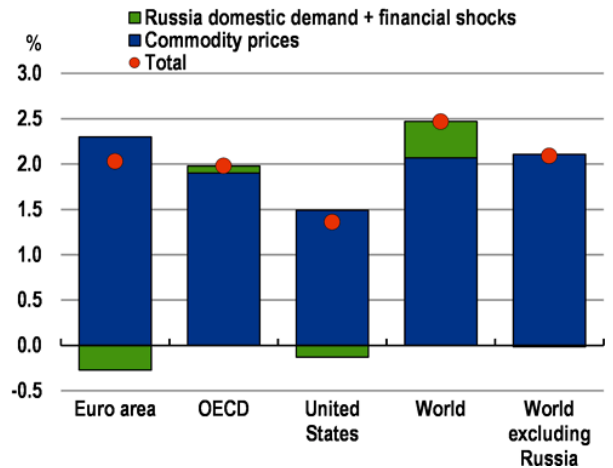


Figure 2. Impact on inflation in the first full year
Şekil 2. İlk tam yılda enflasyon üzerindeki etkisi
Source: OECD, 2022b: 7

Akçelik and Tuğer (2015) investigated the relationship between grain prices and domestic prices through a VAR analysis of the Turkish context, and noted that a 10 percent increase (decrease) in grain prices resulted in an average increase (decrease) of 0.084 points in consumer inflation.

Furceri et al. (2016) analyzed the effect of global food prices on domestic inflation on a large group of developed and developing countries, and concluded that a 10% increase in global food prices would lead to an increase in domestic inflation in developed economies by approximately 0.5 percentage points a year later. They found this effect to be greater in the period prior to 1980, as after 1980 the magnitude of the effect dropped to 0.25% and its permanence decreased, with no effect remaining one year later. They attributed this situation to the absence of significant food shocks in the 1980s and 1990s, the decrease in the share of food in the consumption basket, changes in the structure of economies (such as greater wage flexibility preventing a wage-price spiral), and the increase in the credibility of monetary policy to overcome changes in inflation expectations as a result of unexpected increases in inflation due to events such as food price shocks. They also analyzed the differences between developed and developing countries by using a second dataset, and concluded that global food price shocks have a much greater effect on the developing economies than on developed economies that they attributed to the high share of food in the consumption baskets of developing countries and the low reliability of implemented monetary policies.

Kaltaloğlu and Soytaş (2011) discussed the increase in food prices and the relationship with oil prices, and

concluded that the recent increase energy demand may have an effect on the price of food products used in energy generation and the price of oil, but reported that oil prices are not linked to food prices.

In their study, Lee and Park (2013) made a comprehensive evaluation of the transfer of global food prices and volatility to national food prices and their volatility in the 2000–2011 period. The obtained findings revealed that higher economic growth rates, the appreciation of the local currency, greater political stability and higher income levels lead to lower inflation in domestic food prices.

Tule et al. (2019) reviewed the role of agricultural commodity prices in the forecasting model of inflation in Nigeria, both theoretically and methodologically, and concluded that agricultural commodities were better able to forecast both headline and food inflation than the Random Walk theory, being the reference model for forecasting for inflation literature.

Ciner (2011) studied both simultaneous and causal connections between commodity prices and consumer inflation between 1983 and 2010, and determined a long-term causal relationship between the two.

Varlık and Yeşil Balıkçioğlu (2021) studied the effect of food prices on inflation in the fragile five countries,

adopting a dynamic and static panel data analysis approach to the assessment of the 2013–2020 period. The Fragile Five countries have determined that the transition effect from the FAO food price index to the FAO consumer price index is 22%, based on the static panel findings, and 18% according to the Arellano-Bond dynamic panel findings.

Nazlıoğlu and Soydaş (2012) studied the relationship between the prices of 24 agricultural commodities and the oil and dollar exchange rates, and carried out panel cointegration and causality tests based on monthly data from between 1980 and 2010. They reported the effect of oil prices on agricultural commodity prices to be strong, and that an increase in oil prices led to an increase in domestic agricultural commodity prices in globally integrated markets.

Jalil and Zea (2011) investigated the effect of international food-price shocks on local inflation in Brazil, Chile, Colombia, Mexico and Peru after 2000. Carrying out an impulse-response analysis using a cointegrated VAR approach, they determined that it takes between one and six quarters for international food inflation shocks to spur domestic headline inflation, depending on the country.

Table 3. Explanation of Variables

Çizelge 3. Değişkenlere Ait Açıklamalar

Abbreviation	Name of the variable	Source
Wheat	Global wheat price	Word Bank Commodity Price Data (The Pink Sheet)
Corn	Global corn price	
Barley	Global barley price	
Oil	Crude oil price	
Africa	Food price index of North African countries	FAOSTAT
Asia	Food price index of Asian countries	

MATERIALS and METHODS

Fluctuations in agricultural commodity prices were observed after 2000, and the fluctuations in grain prices spurred by the 2008 global food crisis continued into the 2020 COVID-19 pandemic and the 2022 Russia-Ukraine conflict period. This study investigates the effect of grain-price increases on food inflation, analyzing the effect of changes in the prices of selected grain products¹ on food inflation in the North African and Asian nations that are Russia and Ukraine's largest grain export markets through the adoption of a time-series approach based on monthly data from the 2001:01–2020:08 period. Price of oil, which is export product of Russia, is also included in

the model as an important cost item in agricultural production. Two separate models have been created for the Asian and North African country groups, and the logarithms of all variables have been taken and added to the model. Explanations of the variables are provided in Table 3.

In a time-series analysis, a stationarity test should first be performed. Stationarity is expressed for situations in which there is fluctuation around a fixed mean and where the variance of the fluctuation remains constant, particularly during the time (Sevüktekin and Nargeleçekenler, 2010). In time series that are not subjected to a stationarity test, a spurious regression problem may occur, confusing the relationships between variables (Granger and Newbold, 1974). The unit root test applied to the series is presented in Table 4.

In the study, an ADF unit root test was applied to test the stationarity of the variables. According to the

¹ Wheat, barley, corn, rice, rye and oats are included in the Grain group. In the present study, the most exported grain products of the two countries (barley, wheat and corn) were taken into consideration to understand the effects of the Russia-Ukraine conflict.

test results, all the variables aside from the Asian food price index contain a unit root in the level value, and so the variables are not stationary. A finding the difference process was applied to make the series stationary, and the series became stationary at the first difference I (1).

Before moving on to the cointegration analysis, a VAR model was established and tested to ascertain whether or not it satisfied the stability conditions. For this reason, the VAR model was first established and the length of the delay was determined. The optimum length of the delay is presented in Table 5.

Table 4. ADF Unit root test
Çizelge 4. ADF Birim kök testi

Variables		ADF unit root test	
No. of observations: 236		I(0)	I(1)
Wheat	t-statistics	-2.531130	-11.80522
	Prob	0.1096	0.0000*
Barley	t-statistics	-1.963361	-10.45917
	Prob	0.3030	0.0000*
Corn	t-statistics	-1.980689	-11.68983
	Prob	0.2953	0.0000*
Oil	t-statistics	-2.695147	-10.30153
	Prob	0.0765	0.0000*
Africa	t-statistics	-2.719461	-17.01066
	Prob	0.0722	0.0000*
Asia	t-statistics	-3.206628	-
	Prob	0.0208	-

Table 5: Determining the Length of Delay
Çizelge 5. Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

Delay	FPE	AIC	SC	HQ	Autocorrelation LM test result
VAR: Africa					
1	1.83e-11	-10.53484	-10.08361*	-10.35279	0.0875
2	1.38e-11*	-10.81523*	-9.987973	-10.48146*	0.2371
3	1.47e-11	-10.75204	-9.548761	-10.26655	0.2180
VAR: Asia					
1	1.76e-09	-8.807483	-8.506663*	-8.686111	0.0775
2	1.47e-09*	-8.984286*	-8.442810	-8.765817*	0.3509
3	1.56e-09	-8.928873	-8.146741	-8.613306	0.7980

As can be understood from Table 5, among the four information criteria, FPE, AIC and HQ show a length of the delay of two. The detected length of delay should provide for all known assumptions of the error term (Tari, 2011). VAR (2) was established and tested for compliance with the characteristic polynomial roots and autocorrelation stability conditions. All inverse roots were located inside the circle (Annex 1), and no autocorrelation issue was identified in the model. The results of the autocorrelation test are presented in Table 5.

Cointegration refers to the statistical presentation of the long-term relationship between economic variables. Whether or not a long-term relationship exists between two or more non-stationary variables depends on the cointegration state of the variables. A cointegration analysis is based on the assumption that there may be a long-term relationship between the series, even in non-stationary cases, and this

relationship can be in a stationary structure in which the variables are in equilibrium and act together in the long-term. The Johansen cointegration test is preferred, as there may be more than one cointegration relationship when there are more than two variables, and more than one cointegrated situation may be revealed among the variables by developing a multi-equation approach (Sevüktekin & Nargeleçekenler, 2010). Studies conducted to date have shown that the Johansen cointegration technique provides stronger results than other methods in cases where there are more than two variables in the model (Gonzalo, 1994).

The results of the Johansen cointegration test applied to the series are presented in Table 6, revealing a cointegration relationship between the variables in both models. Lütkepol et al. (2000) reported the powers of the Eigenvalue and Trace tests to be close to each other, although in some cases the Trace test is

superior, indicating the existence of a long-term relationship between variables.

The cointegration vector data are presented in Table 7. There are two different interpretations of the long-

term equation. While the coefficients obtained from the equation are interpreted in some studies, only the sign of the coefficients is interpreted in others (Juselius, 1999).

Table 6. Johansen Co-Integration Test Results

Çizelge 6. Johansen Eş Bütünleşme Test Sonuçları

	Trace statistic	Prob	Max-Eigen Statistic	Prob
Africa				
r=0*	77.21627	0.0479*	38.11834	0.0194*
r ≤ 1	39.09793	0.5161	15.44527	0.7848
Asia				
r=0*	64.41064	0.0046*	37.04369	0.0033*
r ≤ 1	27.36696	0.2707	13.99012	0.4629
r=0*	Trace statistic Critical value	76.97277	Max-Eigen Statistic Critical value	34.80587
r ≤ 1		54.07904		28.58808

The * sign indicates that it is significant at level 5%.

Table 7. Normalized Co-integration Coefficients

Çizelge 7. Normalize Edilmiş Eşbütünleşme Katsayıları

	Barley (-1)	Wheat (-1)	Corn (-1)	Oil (-1)	VECM
Africa (-1)	-11.85367 (17.5050) [-0.67716]	-144.7113 (23.9359) [-6.04579]*	85.77981 (22.1979) [3.86433]*	30.10903 (10.2975) [2.92391]*	-0.001874 (0.00089) [-2.10148]**
Asia (-1)	-0.866121 (0.98852) [-0.87618]	-10.02924 (1.34086) [-7.47973]*	6.026312 (1.25633) [4.79676]*	1.394536 (0.57949) [2.40648]**	-0.033371 (0.01472) [-2.26682]**

Note: Values in brackets give standard deviations, and the values in square brackets give t statistical values. * indicates significance at a 1% level. ** sign indicates significance at a 5% level.

The long run equation can be written as:

$$\text{Africa} = 11.85 \text{ Barley} + 144.71 \text{ Wheat} - 85.77 \text{ Corn} - 30.10 \text{ Oil}$$

$$\text{Asia} = 0.86 \text{ Barley} + 10.02 \text{ Wheat} - 6.02 \text{ Corn} - 1.39 \text{ Oil}$$

Considering the normalized long-term equations:

-The African food price index is effected positively by wheat and barley prices, and negatively by corn and oil prices. The sign of the barley and wheat coefficients was consistent with expectations, and the coefficient of wheat was found to be statistically significant. Although the coefficient of corn and oil prices was found to be significant, the sign was opposite to what was expected. The variable that most affects the African food price index was found to be wheat price.

-The Asian food price index is effected positively by wheat and barley prices, and negatively by corn and oil prices. The sign of the barley and wheat coefficients was consistent with expectations and the coefficient of wheat was found to be statistically significant. Although the coefficient of corn and oil prices was found to be significant, the sign was opposite to what was expected. The variable that

most affects the Asian food price index was found to be wheat price.

After a long-term analysis, error correction models were estimated with the dependent variables being the food indexes of Asia and Africa, in order to assess the short-term dynamics among the variables. The presence of deviations from the long-term equilibrium and how deviations converge to the means in each period are being investigated. The VECM (Vector Error Correction Model) estimation results are presented in Table 7.

For the VECM model to be significant, the coefficient of the error term should be negative and statistically significant. The statistical significance of the coefficient indicates the presence of deviations, while its negative sign indicates the operation of the error correction mechanism and the convergence of deviations towards the long-term value. The value of the coefficient indicates the rate at which short-term imbalances can be corrected after a certain period (Tari, 2011:435). The ECT(-1) coefficient is found to be -0.0018 for the food price index of Africa and -0.0333 for the food price index of Asia. The error term coefficients are found to be both negative and statistically significant as desired. This situation

indicates that the error correction mechanism is operating in our model and deviations are converging towards equilibrium.

CONCLUSION

The present study assesses the effect of grain prices, which have contributed significantly to the increase in food prices in recent times, on food inflation. It further seeks an answer to the question of how the recent pandemic and the Russia-Ukraine conflict will be reflected in grain prices and inflation. To this end, the influence of three grain products exported by Russia and Ukraine on food inflation in Asia and North Africa were examined with a cointegration test, making use of monthly data for the 2000:01–2020:08 period. Russia and Ukraine's contributions to the global grain sector consist primarily of barley, wheat and corn, leading to their selection as the focus of the present study. The scope of the study was restricted to North African and Asian countries due primarily to their import of grain from the two countries, making them the countries that will be most affected by disruptions in the supply chain.

The application of the Johansen cointegration test revealed grain products and the food price index of the countries to be cointegrated in the long-term. When the obtained results are evaluated, wheat prices can be seen to have a positive effect on food inflation in Asian and North African countries. Consequently, increases in wheat prices increase food inflation in the country groups, and the grain product that mostly drives food inflation is wheat. While increases in barley prices have a positive effect on food inflation in the countries, the difference is not statistically significant. Increases in corn prices, in contrast, have a negative effect on food inflation in the country groups, which can be attributed to the fact that the countries covered in the analysis import wheat rather than corn from Russia and Ukraine. Furthermore, the increases in oil prices have a negative effect on food inflation in the country groups, and this statistically significant result can be attributed the low dependence of Asian and African countries on oil and the limited oil trade with Russia.

Under the effects of the Ukraine-Russia conflict, imports of basic food products have decreased and energy prices have increased, with a knock-on effect on other costs and prices. While some countries have sought to obtain similar products from different countries, the higher transportation costs of alternative suppliers and the different quality of the obtained products expedite the increase in food prices. Food prices have risen as an effect of the pandemic, and as a result of the Russia-Ukraine conflict. The increase in the prices of products such as wheat, barley and corn, which have already reached a certain level, is a greater issue in low-income countries where

the share of food in consumption expenditures is high. Based on the results of the empirical analysis, it can be said that food price increases will continue in the future in line with the rising prices of grain. To address the issue, Türkiye is involved in a grain corridor project in a bid to secure the transportation of grain products to the required regions. This project that will mitigate the supply issue to a certain extent, and can be expected to have a positive effect on food prices.

Acknowledgement

This study was presented as a summary paper at the 5th International Conference on Social Science Research held in Budva, Montenegro on 7-9 September 2022.

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

- Akçelik F. & Tuğer, B. (2015). Uluslararası hububat fiyatlarının yurt içi fiyatlara yansimasi. *TCMB Ekonomi Notları*, Sayı: 2015-05.
- Ciner, C. (2011). Commodity prices and inflation: Testing in the frequency domain. *Research in International Business and Finance*, 25(3), 229–237
- FAO. (2022a). <https://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/en/>, (Date of access: 29.04.2022).
- FAO. (2022b). Information Note, The importance of Ukraine and the Russian Federation for global agricultural markets and the risks associated with the current conflict, Executive Summary, <https://www.fao.org/3/cb9236en/cb9236en.pdf>, (Date of access: 02.04.2022).
- Furceria, D., Loungani, P., Simon J. & Wachterd, S. M. (2016). Global food prices and domestic inflation: some cross-country evidence. *Oxford Economic Papers*, 68(3), 665–687, doi: 10.1093/oenp/gpw016
- Gonzalo, J. (1994). Five Alternative Methods of Estimating Long-run Equilibrium Relationships. *Journal of Econometrics*, 60, 203–234
- Granger, C.W & Newbold, J. P. (1974). Spurious regressions in econometrics. *Journal of Econometrics*, 2.
- IGC. (2022a). Declaration, 6 April 2022, https://www.igc.int/en/downloads/2022/Council-Declaration_06-04-2022.pdf
- IGC. (2022b). Grain Market Report, https://www.igc.int/en/gmr_summary.aspx. (Date of access

- 28.05.2022).
- Jalil, M. & Zea. E. T. (2011). Pass-through of International Food Prices to Domestic Inflation During and After the Great Recession: Evidence from a Set of Latin American Economies. *Desarrollo y sociedad primer semestre de*, 135-179.
- Juselius, K. (1999). Models and relations in economics and econometrics, *Journal of Economic Methodology*, (6), 259-290.
- Kaltalioglu M. & Soytas U. (2011). Volatility spillover from Oil to Food and Agricultural Raw Material Markets. *Modern Economy*, 2011, 2, 71-76 doi:10.4236/me.2011.22011
- Lee H. & Park, Cyn-Y. (2013). International transmission of food prices and volatilities: A panel analysis. *ADB Economics Working Paper Series, no:373*, Asian Development Bank
- Lütkepohl, H., saikkonen, P. & Trenkler, C. (2000). Maximum eigenvalue versus trace tests for the cointegrating rank of a VAR process. *SFB 373 discussion paper, no:83*.
- Maros, I. & Martin, W. (2008). Implications of higher global food prices for poverty in low-income countries. *Policy Research Working Paper, Report No. WPS 4594*. The World Bank, Washington, DC.
- Mittal, A. (2009). The 2008 food price crisis: Rethinking food security policies, G-24 discussion paper series. *United Nations Conference on trade and development*, No. 56, United Nations
- Nazhoğlu, Ş. & Soytas, U. (2012). Oil price, agricultural commodity prices, and the dollar: A panel cointegration and causality analysis. *Energy Economics* 34, 1098–1104.
- OECD. (2022a). OECD economic outlook, volume 2022 Issue 1: Preliminary version, No. 111, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/62d0ca31-en>.
- OECD. (2022b). OECD economic outlook, interim report march 2022: Economic and Social Impacts and policy implications of the war in Ukraine, *OECD Publishing*, Paris, <https://doi.org/10.1787/4181d61b-en>.
- Ott, H. (2014). Volatility in cereal prices: Intra-versus inter-annual volatility. *Journal of Agricultural Economics*, 65(3), 557–578 doi: 10.1111/1477-9552.12073
- Rajput, H., Changotra R., Rajput P., Gautam, S., Anjani, R. K. Gollakota, · Amarpreet Singh A., (2021). A shock like no other: Coronavirus rattles commodity markets. *Environment, Development and Sustainability* 23, 6564–6575 <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00934-4>
- Sasmal, J. (2015). Food price inflation in India: The growing economy with sluggish agriculture. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science* 20 ,30–40.
- Sevüktekin M. & M. Nargeleçekenler. (2010). Ekonometrik Zaman Serileri Analizi. Ankara. Nobel Yayın Dağıtım.
- Çaşkurlu, S. (2011). Küresel gıda krizi: üçüncü gıda rejimi, küresel sermaye ve gelişmekte olan ülkeler. *Ekonomik Yaklaşım*, 23, Özel Sayı,161-194.
- Tarı, R. (2011). *Ekonometri*. Umuttepe Yayınları, Kocaeli.
- Tule, M. K., Salisu, A. A. & Chiemeke, C.C. (2019). Can agricultural commodity prices predict Nigeria's inflation? *Journal of Commodity Markets*,16, 1-21.
- UNCTAD. (2008). The least developed countries report 2008. *United Nations publication*. New York and Geneva.
- Varlık N. & Yeşil Balıkcıoğlu, E. (2021). Kırılgan beşlide gıda fiyatlarının enflasyona geçiş etkisi, *Akademik Hassasiyetler*, 8(16), 23-39.



Analysis of Coconut Production Trends Under Three Policy Phases in Nigeria

Essien Akpan ANTIA-OBONG^{1✉}, Wisdom Christopher ENO², Akaninyene Patrick OBOT³

^{1,2} Department of Agricultural Economics & Extension, Akwa Ibom State University, PMB 1167, Uyo, Akwa Ibom State, Nigeria.

³ Department of Agricultural Economics & Extension, Nnamdi Azikiwe University, PMB 5025, Awka, Anambra State, Nigeria.

¹<https://orcid.org/0000-0002-9580-8605>, ²<https://orcid.org/0009-0005-6767-6886>, ³<https://orcid.org/0000-0001-8775-4064>

✉: essienantiaobong@aksu.edu.ng

ABSTRACT

Coconut is an important crop with numerous economic uses. However, it is not clear how coconut production has performed overtime considering policy inconsistencies within the Nigerian agricultural space. The study therefore measures growth rates, patterns of growth, sources of production growth and instability from a policy standpoint centered on the Structural Adjustment Programme (SAP). Data used for the study covers 1961 – 2017, broken into three sub-periods. The findings reveal slow and stagnant pace of growth across the Pre-SAP, SAP, post-SAP periods. To this end, in a bid to reverse this trend, the study recommends investment in the coconut sector from government and private sector as well as providing favourable long-term land leases. There is a further need to address research and innovation in the coconut ecosystem, support input suppliers, strengthen marketing and transportation opportunities, and provide training on maintenance and protection of coconut from diseases and adverse environmental conditions. In addition, there is need to manage post-harvest losses through proper bagging and packaging which ultimately will enhance processing coconut into a variety of consumer products. These initiatives should accelerate the growth performance of coconut considering the immense benefit coconut offers.

Agricultural Economy

Research Article

Article History

Received :20.06.2023

Accepted :16.10.2023

Keywords

Coconut

Decomposition

Growth rate

Growth pattern

Instability

To Cite: Antia-Obong, EA., Eno, WC., & Obot, AP (2024). Analysis of Coconut Production Trends under Three Policy Phases in Nigeria. *KSU J. Agric Nat* 27(3), 665-673. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1309549.

INTRODUCTION

Coconut is a perennial crop that is mostly grown in tropical regions. According to FAO (2021) the largest producer of Coconut in the world by 2019 was Indonesia and on the African continent, Tanzania ranked 1st position, followed by Ghana, Mozambique and Nigeria. Global coconut products were valued at \$12 billion in 2018 and the market was expected to grow at a compound annual growth rate of 13.6 % valued at \$31 billion by 2026 (Research & Markets, 2019). This increase is driven by the food, health and cosmetic attributes of coconut that is in high demand by industries producing coconut water, coconut flour, coconut milk, coconut oil and coconut chips amongst others. Also, coconut has been finding new markets in baby soaps and creams as an enhancer for dry skin and eczema because of its soothing properties (Iftikhar, 2020). Thus, coconut products are perceived as natural alternatives for the health and lifestyle conscious consumers; and these segments of consumers continue to grow globally as more awareness is created on natural alternatives to chemically processed foods, drinks and body lotions.

According to Voice of Nigeria (2021), the Nigerian coconut market could be worth over \$6 billion and the possibility of harnessing more value from the crop can easily be achieved due to the many economic uses derived from the crop. However, coconut potential is still not fully tapped, considering that virtually all parts of the crop are of economic value. Furthermore, compared with rice and oil palm, coconut producers receive little attention from government (Izuaka, 2020). In addition, despite the increasing importance of coconut, there is no research institute that is majorly dedicated to coconut which is not the case for oil palm, cereals and rubber that have dedicated research institutes. At best, coconut is grouped into a general research pool with no clear attention given to the crop; as such there is still no clear policy direction on coconut development in Nigeria.

These challenges require a refocus on coconut considering the huge market potential the crop provides. To this end, there is need to understand the trends (changes) in coconut production from a policy standpoint since these insights are likely to show

production patterns and help direct policy to where improvements can be made.

Growth rate, patterns of growth, sources of production growth and instability are indicators used to capture trends. Accordingly, growth rates are an important means of assessing the production performance of an agricultural commodity or commodities within the geographical boundaries of a country or region over a period of time (Kalidas, *et al.*, 2020). This performance can occur at a positive (increasing) or negative (decreasing) rate; it therefore serves as a pointer to the general 'production health' of the commodity in question. However,, the growth rate alone does not indicate the pattern or pace of growth. Sadiq, *et al.*, (2020) note that the pace of growth can take any of the following patterns: acceleration (rapid growth), deceleration (slow growth) and stagnation (inertia). Acceleration implies positive and statistically significant growth, while deceleration means negative and statistically significant growth. Conversely, stagnation can be either negative or positive but no statistically significant growth.

Furthermore, production growth due to the yield effect is desirable instead of the effect of area, since production is achieved by using less land. In addition, instability in production is a pointer to price fluctuations, which causes inconsistent and undesirable returns to farmers. Therefore, a stable production environment is a desirable outcome.

The prevailing policy environment at the time more often than not drives these outcomes, since changes in growth rates do not just happen by chance. Therefore, in the context of this study, the agricultural policy environment in Nigeria is used as a measure to capture the performance of coconut in a bid to identify policy periods that enhanced positive outcomes in coconut production, area and yield.

The Pre-Structural adjustment programme [hereafter referred to as SAP], SAP and Post-SAP periods are used as basis for delineating the policy periods. While these policy periods appear to be distinct, they overlap, as it is impossible for a policy regime to not stretch beyond the defined demarcations set out in the study. Nevertheless, these demarcations overwhelmingly capture policies that dominate a period which justifies the use of Pre-SAP, SAP and Post-SAP.

For the Pre-SAP period which covers a space of 25 years (1961-1985) saw the independence of Nigeria from British rule and was also a period that agriculture was the main stay of the Nigerian economy as exports of cash crops formed the bulk of foreign exchange earnings. This period witnessed a civil war between 1967-1970, the attendant difficulties of importing due to a war further led to

stronger emphasis on agriculture. However, by the mid to late 1970's the oil industry started displacing agriculture as the major foreign exchange earner and with this came the gradual neglect of the agricultural sector. Notwithstanding, the pre-SAP period witnessed agricultural reforms particularly the direct involvement of government in agriculture through price and non-price mechanisms; such as the use of marketing boards responsible for fixing guaranteed minimum prices that ensured ready markets for farmers. Furthermore, the imposition of trade barriers (tariffs, ban, and quota) discouraged imports, which ultimately encouraged domestic agricultural production (Edeme, *et al.*, 2020). Extensive use of input subsidies was prevalent during the period and this further cemented government involvement in the sector.

The SAP policies generally covered the years 1986-1998 and were broadly centred on deliberately integrating Nigeria into the global capitalist world. To accomplish this, it entailed liberalizing the economy through the removal of trade restrictions and the promotion of open borders for trade. In addition, price control was removed, by so doing, government withdrew from the price controlling mechanism to allow market forces operate. Furthermore, SAP policies emphasized removal of input subsidies in a bid to align with the ideals of a free market economy.

The post-SAP period heralded the present democratic dispensation and is a mix of both pre-SAP and SAP policies and was aimed at sieving the best from both policy periods. Accordingly, import protection on most agricultural products was reintroduced. SAP policies also welcomed government intervention in agriculture in the area of input subsidies, single digit interest on government backed credit schemes such as anchor borrower's schemes; these measures offer some level of protection as well as competitiveness to farmers.

At present, it is not clear how coconut production has performed overall and in each policy period because the varied policy measures are likely to influence the growth and development of coconut. From a policy standpoint, Antia-Obong (2019) acknowledges that growth and development rarely occur by chance, but are often driven by policies aimed at achieving increasing growth and development overtime. By implication, agricultural policies are intended to influence positive growth in production; however this is not always the case.

Accordingly, the general objective of the study is to examine the trends in coconut area, production and yield in a bid to identify the periods where coconut yield and production experienced increasing and accelerated growth alongside periods with stable and expanding yield contribution to production. By so doing, policy periods that support these measures can

be recommended. The study therefore has the following specific objectives:

To determine the growth rates in coconut area, production and yield in the pre-SAP, SAP, post-SAP and pooled periods.

To determine the growth pattern in area, production and yield of coconut in the pre-SAP, SAP, post-SAP and pooled periods.

To determine the sources of production growth in the pre-SAP, SAP, post-SAP and pooled periods.

To determine the level of instability in area, production and yield of coconut in the pre-SAP, SAP, post-SAP and pooled period.

The remainder of this study is structured as follows; the next section presents the materials and methods, followed by the results section, the discussion section follows after and lastly conclusions to the study are given.

MATERIALS and METHODS

Data Source

Secondary data obtained from the Food and Agriculture Organization statistical database (FAOSTAT) was used in the study.

The dataset for this study was divided into three periods to ease comparison of policy periods and covers pre-SAP era (1961 - 1985), SAP era (1986 - 1998), post-SAP era (1999 - 2017) and the pooled period from 1961-2017 gives a holistic perspective to the study. STATA 15 statistical software was used for analysis.

Modelling Growth Rates

Growth rate is a linear measure, which does not capture effect of compounding; it is calculated over an interval or period i.e. at a point in time. The log-linear model is generally used for this purpose, the regressand takes the logarithm form and the regressor is time variable which can take values from one to infinity (Godara & Krishan 2020; Sharma *et al.*, 2017).

The log-linear model generally takes the mathematical form:

$$\text{LnYt}_{(1,2,3)} = b_0 + b_1t + e \quad (1)$$

Where LnYt_1 = Natural logarithm of Coconut production measured in tonnes

Where LnYt_2 = Natural logarithm of Coconut yield measured in hg ha⁻¹

Where LnYt_3 = Natural logarithm of Coconut area harvested measured in hectares

b_0 = estimated constant regression line

b_1 = estimated growth coefficient

t = linear time trends for each period

e = error term

Percentage growth rate is obtained as follows:

$$\text{Growth rate} = b_1 * 100 \quad (2)$$

Equation 2, gives the average instantaneous percentage growth rate over a specified period. The slope of the log-linear model measures the relative change in the dependent variable for a given absolute change in the value of the independent variable (Antia-Obong & Otung, 2019).

Compound Growth Rate

Compound growth rate is a nonlinear measure, in other words, the effect of compounding takes into account variability or volatility that have occurred overtime (Jagannath *et al.*, 2013), the compound growth rate is expressed as follows:

$$\text{CGR} = (\text{antilog } b_1 - 1) * 100 \quad (3)$$

Otherwise expressed as:

$$\text{CGR} = (e^{b_1} - 1) * 100 \quad (4)$$

Where;

CGR = Compound Growth rate of coconut.

b_1 = estimated growth coefficient or slope.

e = Euler's exponential constant, given a value of 2.71828

Modelling Patterns of Growth

Three patterns of growth, namely; acceleration, deceleration and stagnation, are explored (Kappil, *et al.*, 2021).

A log-quadratic model is fitted for this purpose as follows:

For Coconut production in tonnes, yield in hg ha⁻¹ and area harvested in ha:

$$\text{LnYt}_{(1,2,3)} = b_0 + b_1t + b_2t^2 + e \quad (5)$$

For equation (5), the quadratic time variable t^2 enables measurement of acceleration, deceleration and stagnation. Therefore, the coefficient of interest for the quadratic model is b_2 .

Accordingly,

1. Acceleration is observed, when b_2 is positive and statistically significant.
2. Deceleration is observed, when b_2 is negative and statistically significant.
3. Stagnation is observed, when b_2 is either negative or positive but not statistically significant.

Sources of Production Growth

Decomposition analysis is used to capture the sources of production growth, the procedure has been used in Ikuemonisan *et al.* (2020 and Antia-Obong & Bhattarai (2012), so does not need to be repeated here.

The equation is expressed thus;

$$P = \frac{(A_{by} * \Delta Y)}{\Delta P} * 100 + \frac{(Y_{by} * \Delta A)}{\Delta P} * 100 + \frac{(\Delta A * \Delta Y)}{\Delta P} * 100$$

(yield effect) (area effect)
 (Interaction effect)

(6)

Where;

P = Production growth

ΔP (Change in Production) = $(P_{cy} - P_{by})$

ΔY (Change in yield) = $(Y_{cy} - Y_{by})$

ΔA (Change in area) = $A_{cy} - A_{by}$

A_{by} , Y_{by} and P_{by} are the base year for area, yield and production of coconut.

A_{cy} , Y_{cy} and P_{cy} are the current year for area, yield and production of coconut.

Accordingly, the area effect, yield effect and interaction effect share percentage contribution towards production growth with each source contributing different percentage levels to production growth.

Instability in Coconut Production

The coefficient of variation (CoV) equation 7 and Cuddy Della Vella analysis (CDVa) equation 8 are used to capture instability in production, yield and area. The CoV is heavily critiqued because it tends to overestimate instability (Kumar, *et al.*, 2017; Ikuemonisan, *et al.*, 2020; Chavhan, *et al.*, 2020). As such, it is necessary to use CoV with other measures of instability, for this study, CDVa is employed because CDVa removes the problem of overestimation and by so doing, provides a more exact measure of instability (Sethi *et al.*, 2022). The CDVa de-trends the coefficient of variation (CoV) by using the adjusted R^2 obtained from the trend equation for each of the periods in area, yield and production.

The CoV and CDVa are expressed as follows:

$$CoV = \frac{\text{Standart deviation}}{\text{mean}} * 100 \tag{7}$$

$$CDV_a = Cov * \sqrt{1 - \text{Adjusted } R^2} \tag{8}$$

RESULTS and DISCUSSION

Growth Rates in Area, Yield and Production

The pre-SAP period shows that area, production and yield experienced positive growth rates and were all statistically significant at the 1 % level as observed on table 1. The result for coconut production growth rate was 0.75 points higher than yield and 0.15 points higher than area. In Nigeria, different crops have experienced positive growth rates in Pre-SAP period. For instance, Antia-Obong & Otung 2019 found positive growth rates ($\rho > 0.01$) for beer of barley production. In addition, Sadiq (2014) found area, production and yield of rice in the pre-SAP period to had positive ($\rho > 0.01$) growth rates but the pre-SAP period in that study was from 1970-1985, which is nine years short of the current pre-SAP period for this study. On the contrary, Sadiq (2014) witnessed negative growth rates in area, yield and production for groundnut in the pre-SAP period. In addition, Ibitoye *et al.* (2017) observed negative growth rate in cotton production between 1960-1985.

The SAP period shows a negative growth rate in area, while yield and production have positive ($P < 0.01$) growth rates. This means that as yield and production were increasing, area harvested was decreasing although not at a statistically significant level. This finding is at variance with studies conducted in Nigeria; wherein in the SAP period, Nmadu *et al.* (2015) found area harvested for yam had positive and significant growth rates. In the same study, cassava area and production had positive and significant growth rates with yield decreasing. This was also the case for groundnut (Sadiq *et al.* 2020), rice (Sadiq 2014) and cotton production (Ibitoye *et al.* 2017).

Table 1. Percentage growth rates and compound growth rates of area, yield and production of coconut in Nigeria from 1961-2017

Periods	Area	Yield	Production
Pre-SAP (1961-1985)	0.75*** (0.002)	0.15*** (0.000)	0.90*** (0.002)
SAP (1986-1998)	-0.46 (0.006)	4.32*** (0.007)	3.85*** (0.003)
Post-SAP (1999-2017)	0.38*** (0.001)	3.29*** (0.002)	3.68*** (0.002)
Pooled (1961-2017)	0.51*** (0.001)	1.93*** (0.001)	2.45*** (0.001)

Note: *** represents $\rho < 0.01$; figures in parentheses are standard errors.

Source: Own editing based on data

The findings for the pre-SAP period are similar in terms of having positive growth rates and being

statistically significant at the 1% level. The magnitude of the growth rates show that production was 3.61%, followed by yield at 3.29% and area at 0.38%. The gap in the growth rates showed that production was 0.37 % higher than yield and 3.23 % higher than area showing that lower positive growth rate in area translated to a high grow rate in yield and an even higher growth rate in production. In the context of studies conducted in Nigeria, Antia-Obong & Otung (2019) also found positive growth rate for beer of barley production for the post-SAP period 1999-2014. The results obtained are similar to the study done by Sadiq (2014) where in area, yield and production had positive growth rates for the period 1995-2013. However, in the case of yam and cassava, area and production showed positive growth rates with yield having declining growth rate (Nmadu *et al.*, 2015).

The entire period covering 57 years experienced increasing growth rates in area, yield and production. In other words, the only negative growth rate, which was with respect to area harvested for the SAP period did not overwhelm the positive growth rates for the pre-SAP and post-SAP periods, hence the pooled period experienced positive and statistically significant growth rate. While most studies in Nigeria (Antia-Obong *et al.*, 2019; Ibitoye *et al.*, 2017) for the entire period tend to show similar results with positive growth rates for area, yield and production. However, the study by Nmadu *et al.* (2015) on cassava in Nigeria is an exception where in the entire period covering 27 years witnessed a decline in yield growth rates and an increase in area and production growth rates which is possibly as a result of the shorter period covered in their study.

Patterns of Growth

The findings from Table 2 show that growth pattern for the pre-SAP period was stagnated which means that the rate of growth was sluggishly unnoticeable. In other words, pace of growth witnessed in area, yield and production for the pre-SAP period was at a standstill i.e. slow to the point of being negligible. Previous studies on patterns of growth on pre-SAP area, yield and production are mixed. For instance, Sadiq *et al.* (2020) found that for the pre-SAP period groundnut harvested area and production was decelerating (slow rate of growth) and yield was accelerating (fast rate of growth). While for the same period, Sadiq (2014) found area, yield and production of rice to be accelerating.

The findings show pattern of growth in area and yield to be stagnant, while production was decelerating which means that the rate of SAP era coconut production was occurring at a slow rate, whilst rate of growth for area and yield was negligible.

The deceleration in production seems to be justified in this context, since area and yield contribute to production and both experienced stagnation in pace of growth which invariably influenced pace of production growth. There was deceleration in area, yield and production for the period. In other words, growth rate was slow across area, yield and production. This finding is not consistent across post-SAP periods. In the case of rice production and yield, there was accelerated growth, while growth rate in area was slow (Sadiq, 2014). Groundnut growth rate slow for area and yield with production growth rate stagnated (Sadiq *et al.*, 2020).

Table 2. Patterns of growth for area, yield and production of coconut in Nigeria for 1961-2017 period

Periods	Area	Yield	Production
Pre-SAP (1961-1985) n=25	-0.0002 (0.0004) (Stagnation)	-0.0001 (0.0001) (Stagnation)	-0.0002 (0.0004) (Stagnation)
SAP (1986-1998) n=13	-0.0011 (0.0019) (Stagnation)	-0.0007 (0.0021) (Stagnation)	-0.0018** (0.0007) (Deceleration)
Post-SAP (1999-2017) n=19	-0.0009*** (0.0002) (Deceleration)	-0.0007** (0.0003) (Deceleration)	-0.0016*** (0.0003) (Deceleration)
Pooled (1961-2017) N=57	-0.0000 (0.0000) (Stagnation)	0.0004*** (0.0000) (Acceleration)	0.0004*** (0.0000) (Acceleration)

Note: *** represent $\rho < 0.01$, ** represent $\rho < 0.05$, figures in parentheses are standard errors.

Source: own editing based on data

For the entire period under study, growth rates in yield and production were accelerating with area stagnated. In a similar study on yam and cassava, Nmadu & Baba(2015) found that area, yield and

production growth rates of yam occurring at a slow rate, while cassava yield and production growth rates stagnated and that of area decelerated.

Decomposition of Coconut Production in Nigeria

From Table 3, the source of production growth in the pre-SAP show that area harvested contributed the most to production at 67.86 %, followed by yield at 26.08 %, the combined effect of area and yield contributed the least to coconut production for the pre-SAP period at 6.06 %. In the SAP era, a massive 91.95 % was contribution of yield to production growth, leaving area effect with 5.65 % and interaction effect with the least contribution of 2.40 % to production growth.

In the post-SAP period, the highest contribution to

production growth was made by yield with 80.09 percent, followed by area with 11.97 percent, and the least contribution was made by interaction effect with 7.93 percent. For the entire period, the effect of yield dominated with 61.4%, followed by interaction effect with 24.39% and area effect having 14.2% as the least contribution to production growth. Clearly, it is observed that for the entire 57 years of period, yield effect contributed more than double the effect of area towards entire production growth while the interaction effect of yield and area contributed less than half of the yield.

Table 3. Percentage decomposition of area, yield and their interaction towards increasing Coconut production in Nigeria

Periods	Area effect	Yield effect	Interaction effect	Total %
Pre-SAP (1961-1985) n=25	67.86	26.08	6.06	100
SAP (1986-1998) n=13	5.65	91.95	2.40	100
Post-SAP (1999-2017) n=19	11.97	80.09	7.94	100
Pooled (1961-2017) N=57	14.20	61.41	24.39	100

Source: own editing based on data

Instability in Area, Yield and Production

The Cuddy Vella Della (CDVa) instability figures in general show lower instability in the sub-periods and pooled period than that of coefficient of variation (CoV) which as already stated, CoV tend to over estimates instability index , hence the study reports results for CDVa.

In general, each period under investigation exhibited different instability across area, yield and production. From Table 4, CDVa less than 15 indicates low instability and all CDVa figures were below 15 which implies that price of coconut has been stable over time.

Table 4. Instability index for area, yield and production

Periods		Area	Yield	Production
Pre-SAP (1961-1985) n=25	CoV	9.41	1.68	10.09
	CDVa	7.86	1.33	7.96
SAP (1986-1998) n=13	CoV	7.74	19.28	14.74
	CDVa	7.89	9.30	3.71
Post-SAP (1999-2017) n=19	CoV	3.69	18.17	19.85
	CDVa	3.13	4.29	5.18
Pooled (1961-2017) N=57	CoV	10.45	36.85	44.38
	CDVa	6.77	13.71	13.38

Source: own editing based on data

This price stability is possibly due to the current state of coconut utilization in Nigeria, where in consumption is mostly direct to consumers with limited value addition or industrial application that would require large volumes enough to distort the general price level.

In the pre-SAP period, although production index was lower than 15, it was the most unstable period, followed by area and with yield being the least unstable. For the SAP period, yield was the most

unstable, followed by area and production the least unstable. The post-SAP period showed that production was the most unstable, followed by yield and area. Moreover, the pooled period indicates yield to be the most unstable, followed by production and lastly area the least unstable.

General Discussion

While the pre-SAP witnessed positive and statistically significant growth rates, unfortunately, the pattern of growth translated to stagnation. This is

instructive and brings to the fore, the importance of not only relying on growth rates in policy formulation; because it is clearly seen from the results that this may be misleading because patterns of growth expose the character of the growth process and a stagnated growth pattern more often than not reveals structural weaknesses which implies a situation of growth without development. By implication, pre-SAP policies supported increase growth whilst neglecting actual coconut development which would have in general accelerated coconut production. In other words, pre-SAP policies worthy of note such as; import restrictions through tariffs, ban, quota, the use of marketing boards by government agencies which guaranteed markets for agricultural produce as opposed to relying on the free market, amongst others only led to increasing growth rate without a corresponding increase in pace of growth.

With respect to source of output growth, area contributed the most to production; implying that the area dedicated to coconut cultivation was expanding during this period. This finding is not surprising, because during this period Nigeria emerged from independence and agriculture was the main stay of the economy coupled with the civil war of the mid 1960's led to the country looking more favourably towards agriculture of which coconut focused prominently. With the increase in area for coconut, effect of yield was somewhat elevated for this period. The combined effect of area and yield contributed the least to production; possibly due to the already pronounced stand-alone effect of area and yield on production growth.

For the same period, instability was generally low, with yield being the least unstable and this is expected considering that yield is a function of production over the area which experienced low instability. The results points to low disruption in coconut production in the sense that coconut being a perennial crop, at maturity yield tends to be stable overtime hence, low instability in yield is expected. Furthermore, at this stage of cultivation the coconuts are young and yields are optimum.

The SAP period covers 13 years and featured curtailment of government credit support to agriculture and removal of government managed marketing boards. By doing so, government intervention in agriculture was relaxed towards deliberate market liberalisation and deregulated markets where in market forces determined the trajectory of economic activities. To this end, growth rate in area decreased, whilst growth rates in yield and production increased. This result suggests that during the SAP period, expansion in area decreased, while yield and production continued to increase. Again, the perennial nature of coconut may likely explain this result, since decrease growth rate in area

did not lead to decrease in yield and production. It can be adduced that the already cultivated area continued to produce increasing yield and production without the need to increase area. According to Coconut life Cycle (2021) a typical coconut tree can take 3 to 8 years to bear fruits and can continue bearing fruits up to 100 years. This finding suggests that coconut continue to yield on already cultivated land for long periods of time due to the nature of the crop without need to expand area however, over time growth rates of yield begin to fall as the crop ages.

Not surprising, with a negative growth in area, the pace of growth with respect to area stagnated, the pace of yield growth also stagnated which indicates that a decreasing and stagnated growth in area resulted in stagnation in yield even though growth rate in yield was positive. With stagnation in both area and yield, production experienced slow pace of growth (deceleration), which means that growth rate in production was decelerating at an increasing rate of growth bearing in mind that production growth was positive.

Yield effect contributed the most to production growth with nearly entire production (92%) contributed by yield growth. This finding is instructive because it buttresses the point that coconut at maturity 'takes a life of its own' without necessarily having to increase area to boost yield. Of course, this is due to the perennial nature of coconut, therefore, it is difficult to assert if SAP policies enhanced yield or if it is a case of nature and nurture. Howbeit, since it was during the SAP period that yield contributed nearly entirely to production growth, SAP polices are ascribed to the outcome. However, the large yield effect also generated the most unstable period, as earlier noted; instability was generally (<15) as such is not a cause for concern.

The Post-SAP period witnessed on average positive growth rates in area, yield and production, but these growth patterns occurred at a slow pace (deceleration). In other words, growth rate in area, yield and production was decelerating at an increasing rate. The character of growth helps to identify strength and weaknesses in the growth process in the sense that strength in this context implies acceleration (fast pace) in growth, weakness implies deceleration in growth rate (slow pace) and stagnation implies inertia. This finding further buttresses the point that coconut growth occurred without corresponding structural developments that would fasten the growth process.

In terms of contribution to production growth, yield effect accounted for 80%; this means that productivity of coconut played a bigger role in the production of coconut than the effect of area or the interaction of both area and yield. This finding to a large extent mirrors that of SAP period however, in this case

growth in area was positive which suggests that area effect slightly increased during post-SAP period. The implication is that area expanded during the Post-SAP period. As earlier noted, instability was generally low across area, yield and production which means any changes occurring was smooth and fairly erratic during the period. The findings show that primary coconut sector thrives in a free market economy; however as with agriculture in general, government intervention is invaluable.

For the entire 57 years, growth rate was positive for area, yield and production, which means that there was increase in area, yield and production for the entire period. Interestingly, the pattern of growth showed stagnation for area, while yield and production witnessed acceleration. This finding is important because it means that as growth pattern in area was in a state of inertia, growth pattern in yield and production was moving at a fast pace. This implies that coconut in Nigeria over 57 years tended towards being efficient because area dedicated to coconut did not move as fast as the yield and production obtained from the area. In addition, yield effect contributed the most to production growth and was accompanied with low instability.

CONCLUSION

This study aimed at investigating the trends (changes) and pattern of the changes in coconut production over a 57 years of period divided into three somewhat distinct and overlapping policy phases that have a bearing on agricultural growth and development in Nigeria.

The findings for the pre-SAP period showed stagnated positive growth rates across area, yield and production growth rates. The SAP period witnessed stagnated decrease in area, stagnated increase in yield and production was decelerating at an increasing rate. The post-SAP period findings show that area, yield and production was decelerating at an increasing growth rate. The pooled period shows that whilst area witnessed stagnated positive growth rates, yield and production was accelerating at an increasing rate. Taking into account totality of situation, the pooled period shows that coconut sector is moving in a positive direction since stagnation in area was accompanied by acceleration in yield and production.

However, the same cannot be said of the sub-periods, at best the SAP period where declining area was met with increase yield and production seems to hold some promise. In addition, findings revealed that the pre-SAP period was dedicated to area expansion with yield expansion dominating the SAP, post-SAP and pooled periods. Instability was generally low in all sub-periods and the entire period, which is a pointer to a stable price regime for coconut for the period.

RECOMMENDATIONS

In general, the findings reveal structural weaknesses in coconut production. Due to the slow and stagnated pace of growth across the pre-SAP, SAP and post-SAP periods. In a bid to reverse this trend, the study recommends investment in the coconut sector from the government and private sector. Firstly, hybrid varieties of coconuts need to be replanted to secure the future of coconut farms while also providing favourable long term land lease. Furthermore, farmers need to be continuously trained and supported on new technologies. There is need to address research and innovation in the coconut ecosystem, support input suppliers, strengthen marketing and transportation opportunities and provide training on maintenance and protection of coconut from diseases and adverse environmental conditions. In addition, there is also the need to manage post-harvest losses through proper bagging and packaging which ultimately will enhance processing of coconut into a variety of consumer products. These measures will likely reverse the structural weaknesses identified in the study, which has hampered the pace of coconut production growth.

REFERENCES

- Antia-Obong, EA., Udoh, ES., Eduno, E B. & Okon, I M. (2019a). Analysis of Beer of Barley production and Trade Growth rates, Patterns of Growth and Doubling time in Nigeria. *Journal of Economic Studies*, 16(01), 39-52.
- Antia-Obong, E. A. (2019). Trends in Export and Import of Beer of Barley in Nigeria: 1961-2014. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 9(4), 1-6.
- Antia-Obong, Essien Akpan; Bhattarai, Keshab R; (2012). Growth Trends and Sources of Output Growth for Oil palm and Groundnut Production in Nigeria (1961-2007). *Trends in Agricultural Economics*, 5(3), 96-103.
- Antia-Obong, Essien Akpan; Otung, Idorenyin Antigha. (2019b). Growth Rate Analysis for domestic production and Import of Beer of Barley in Nigeria. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 08(01), 21-27.
- Chavhan, S B; Patil, K J; Jangale, Amruta S;. (2020). Decomposition analysis of Cereals production in Nagpur division. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, Sp9(2), 246-250.
- Coconut life Cycle. (2021). *Hamona.vn*. Retrieved September 7, 2021, from Coconut Life Cycle:<http://www.hamona.vn/index.php/en/home/one-coconut-a-day/item/61-coconut-life-cycle#>
- Edeme, Kojo Richardson; Aduku, Biedomo Ebikabowei; Nwokoye, Stella Ebele; Nkalu, Chigozie Nelson;. (2020). Impact of Trade

- Restrictions in European and Sub-Saharan Regions. *Review of Market Integration*, 1-16.
- Godara, Rajinder; Krishan, Bal;. (2020). An Economic Analysis: Trend & Performance of Agriculture Production in Haryana. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 5(6), 1184-1189.
- Ibitoye, S.J.; Shaibu, U.M.; Omole, B O;. (2017). Assessment of the Growth Rate of Cotton (Gossypium Spp) Production in West Africa: Evidence from Nigeria's Pre-SAP, SAP and Post-SAP periods. *Saudi Journal of Humanities and Social Sciences*, 2(2), 111-116.
- Iftikhar, N. (2020), *Parenthood*. Retrieved September 28, 2021, from Can you use Coconut oil to treat Baby Eczema: <https://www.healthline.com/health/baby/coconut-oil-for-babies-eczema>
- Ikuemonisan, Edamisan Stephen; Mafimisebi, Taiwo Ejiola; Ajibefun, Igbekele;. (2020). Cassava production in Nigeria: trends, instability and decomposition analysis (1970-2018). *Heliyon*, 1-9.
- Izuaka, M. (2020), *Premium Times*. Retrieved October 19, 2021, from How Nigeria spends billions on coconut importation: <https://www.Premiumtimesng.com/news/headlines/425530-how-nigeria-spends-billions-on-coconut-importation.html>
- Jagannath; Tayade, P M; Nandeshwar, N S; Shende, N V; Mallesh; Vinodakumar, S N;. (2013). Decomposition analysis of agricultural growth. *Ecology, Environment & Conservation*, 19(4), 1-6.
- Kalidas, K; Mahendran, K; Akila, K;. (2020). Growth, Instability and Decomposition Analysis of Coconut in India and Tamil Nadu, Western Tamil Nadu, India: A time Series Comparative Approach. *Journal of Economics, management and Trade*, 59-66.
- Kappil, Shine Raju; Aneja, Ranjan; Rani, Poonam;. (2021). Decomposing the performance metrics of coconut cultivation in the South Indian States. *Humanities & Social Sciences Communications*, 8(114), 1-8.
- Kumar, Neethu S; Joseph, Brigit; Muhammed Jaslam, P K;. (2017). Growth and Instability in Area, Production and Productivity of Cassava (Manihot esculenta) in Kerala. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations In Technology*, 4(1), 446-448.
- Nmadu, J. N., Jacob, A. T., & Baba, K. M. (2015). Growth rate and Doubling time of Yam and Cassava Production in Nigeria. *Russian Journal of Agricultural Science (RJOAS)*, 12(48), 43-48.
- Research and Markets. (2019). *Coconut products Market*. Retrieved September 3, 2021, from Coconut Products market by Type Application and Form: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2019-2026: <https://www.researchandmarkets.com/reports/4989541/coconut-products-market-by-type-application-and#:~:text=The%20global%20coconut%20products%20market,13.6%25%20during%20the%20forecast%20period.>
- Sadiq, M S; Singh, I P; Ahmad, M M; Umar, S M. (2020). Resurrecting Nigeria's groundnut pyramid. *Sri Lanka Journal of Food and Agriculture*, 6(2), 33-42.
- Sadiq, M. S. (2014). Empirical growth rate analysis of rice production in Nigeria and its implication on food security: Comparative assessment of three economic reforms Phases in Nigeria. *Journal of Agricultural Economics, Extension and Rural Development*, 1(12), 218-223.
- Sadiq, Mohammed Sanusi; Singh, Invinder Paul; Ahmad, Muhammad Makarfi;. (2021). Tracking the performance of Soyabean Production in Nigeria. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Science*, 31(1), 197-215.
- Sethi, D., Kumar, V., & Lal, H. (2022). Growth and Instability in vegetable production in Himachal Pradesh. *Himachal Journal of Agricultural Research*, 48(2), 252-257.
- Sharma, Hemant; Parihar, T B; Kapadia, Kalpana;. (2017). Growth rates and Decomposition Analysis of Onion Production in Rajasthan State of India. *Economic Affairs*, 62(1), 157-161.
- Voice of Nigeria. (2021). *AGRIC/ENVIRONMENT*. Retrieved September 28, 2021, from Nigeria Coconut Market worth over \$6 billion - Minister: <https://von.gov.ng/2021/06/11/nigeria-coconut-market-worth-over-6-billion-minister/>

Some Physical and Physicochemical Characteristics of Local Karakılıç Wheat Varieties Grown in Different Provinces of Türkiye

Kübranur ÖZKAN¹, Hülya GÜL²*

^{1,2} Süleyman Demirel University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Food Engineering, Isparta/Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-2772-2463>, ²<https://orcid.org/0000-0002-6791-817X>

✉: hulyagul@sdu.edu.tr

ABSTRACT

Türkiye, one of the first places where wheat was cultivated, is the gene source of ancient wheat varieties that have attracted great interest in recent years. In this study, Karakılıç wheat varieties (KWV) grown by local producers in different provinces of Türkiye for the production of "Karakılıç Bread" were collected. Some physical (foreign matter, hectoliter and thousand kernel weight, grain hardness, kernel size distribution and homogeneity, and colour) and physicochemical (wet and dry gluten, gluten index, falling number, zeleny sedimentation, and delayed sedimentation) characteristics of these KWV were determined and compared with a modern bread wheat variety (MBWV). The hectoliter and thousand kernel weights of KWV varied between 26.0-44.74 g and 60.43-70.80 kg hl⁻¹, respectively. It was determined that the KWV of İzmir, Çanakkale, and Konya provinces had the largest and most homogeneous grain structure, while the Antalya KWV had the lightest and the Samsun KWV had the darkest grain color. The highest wet and dry gluten values were measured in the KWV of Antalya province, followed by MBWV and Konya province KWV. Significant differences were determined between MBW and KWV in terms of sedimentation and delayed sedimentation values ($p < 0.01$). Falling numbers were observed between 499.7 and 372.0 seconds, the highest in Osmaniye and the lowest in Sakarya KWV. As a result, it has been concluded that KWV grown in different provinces of Türkiye have unique physical and physicochemical characteristics, with KWV grown in Konya province being comparatively superior to both MBWV and other KWV. The results of this study will be beneficial for the conservation, development, and sustainability of local varieties.

Food Science

Research Article

Article History

Received : 21.06.2023

Accepted : 18.10.2023

Keywords

Ancient wheat

Gene center

Local variety

Wheat quality

Türkiye'nin Farklı İllerinde Yetiştirilen Yerel Karakılıç Buğday Çeşitlerinin Bazı Fiziksel ve Fizikokimyasal Özellikleri

ÖZET

Buğdayın ilk ekildiği yerlerden biri olan Türkiye, son yıllarda büyük ilgi görmeye başlayan atalık buğday çeşitlerinin gen kaynağıdır. Bu çalışmada; Türkiye'nin farklı illerinde yerel üreticiler tarafından "Karakılıç Ekmeği" üretiminde kullanılmak üzere yetiştirilen Karakılıç buğday çeşitleri (KBC) toplanmıştır. Bu KBC'nin bazı fiziksel (yabancı madde, hektolitre ve bin tane ağırlığı, tane sertliği, iriliği ve rengi) ve fizikokimyasal (yaş ve kuru gluten, gluten indeksi, düşme sayısı, zeleny sedimentasyon ve gecikmeli sedimentasyon) özellikleri belirlenmiş ve modern bir ekmeçlik buğday çeşidi (MBÇ) ile karşılaştırılmıştır. KBC'nin hektolitre ve bin tane ağırlıkları sırasıyla 26.0-44.74 g ve 60.43-70.80 kg hl⁻¹ arasında değişmiştir. İzmir, Çanakkale ve Konya illerine ait KBC'nin en iri ve homojen tane yapısına, Antalya ili KBC'nin en açık, Samsun ili KBC'nin ise en koyu tane rengine sahip oldukları tesbit edilmiştir. En yüksek yaş ve kuru gluten değerleri Antalya KBC'de ölçülürken onu MBÇ ve Konya ili KBC takip etmiştir. Sedimentasyon ve gecikmeli sedimentasyon değerleri bakımından MBÇ ile KBC arasında önemli farklar belirlenmiştir

Gıda Bilimi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 21.06.2023

Kabul Tarihi : 18.10.2023

Anahtar Kelimeler

Atalık buğday

Gen merkezi

Yerel çeşit

Buğday kalitesi

($p < 0.01$). Düşme sayısı değerleri 499.7-372.0 saniye arasında, en yüksek Osmaniye en düşük Sakarya KKBÇ'nde tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler farklı illerde yetiştirilen yerel karakılçık buğdaylarının farklı fiziksel ve fizikokimyasal özelliklere sahip olduklarını, test edilen tüm özellikler bakımından Konya ilinde yetiştirilen karakılçık buğdayının nisbeten daha üstün olduğunu göstermiştir. Yerel çeşitlerin korunmasında, geliştirilmesinde ve sürdürülebilirliklerinin sağlanmasında elde edilen bulguların yararlı olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

To Cite : Özkan, Kübranur., & Gül, H., (2024). Some physical and physicochemical characteristics of local karakılçık wheat varieties grown in different provinces of Türkiye. *KSU J. Agric Nat* 27(3), 675-685. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1317966>

Atf Şekli: Özkan, Kübranur., & Gül, H., (2024). Türkiye'nin farklı illerinde yetiştirilen yerel karakılçık buğday çeşitlerinin bazı fiziksel ve fizikokimyasal özellikleri. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(3), 675-685. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1317966>

INTRODUCTION

Wheat, the seeds of plants in the Graminaea family, is a significant crop used for both food and animal feed. It is the second most widely grown crop globally, following maize. The most recent statistics indicates that global wheat production stands at 761 million metric tonnes, with Türkiye contributing 20.5 million metric tonnes (FAO, 2023). *Triticum aestivum*, a hexaploid species called bread wheat, accounts for approximately 95% of the world's wheat production, while *Triticum turgidum durum*, a tetraploid species called durum wheat, constitutes the remaining 5% (Shewry & Hey, 2015a; Arzani & Ashraf, 2017).

Diploid (AA; $2n = 2x = 14$) Einkorn (*Triticum monococcum* L.), the tetraploid (AABB; $2n = 4x = 28$) emmer (*T. turgidum* var. *dicoccum*), and the hexaploid (AABBDD; $2n = 6x = 42$) spelled wheat (*T. aestivum* var. *spelta*) are the ancient wheat varieties (Arzani & Ashraf, 2017). Currently, these varieties of wheat have limited usage and are cultivated only in small regions due to cultural considerations or to respond to the growing demand in health food markets (Cooper, 2015; Shewry & Hey, 2015a).

The archaeological record indicates that wheat originated in the Fertile Crescent, a geographic region encompassing Türkiye, Jordan, Palestine, Lebanon, Syria, Iraq, and Iran. Türkiye is the gene source of wild wheat varieties and is the region where wheat was first cultivated. Evidence of the domestication of Einkorn wheat, also known as siyez wheat, can be found in the southeast region of Türkiye and dates back to 9000 BC (Harlan & Zohary, 1966; Cooper 2015; Arzani & Ashraf, 2017; Atak, 2017). Cultural forms derived from their wild relatives spread all over the world from Anatolia (Karagöz, 2019).

The increasing consumer and commercial interest in ancient wheat cultivars can be attributed to their enhanced sustainability, better nutritional composition, and the commonly held belief that they offer superior health benefits (Arzani & Ashraf, 2017; Dinu et al., 2018; Mefleh et al., 2019). Acun and Gül

(2022) reported that the amount of phenolic compounds and the antioxidant activity in 10 different local Karakılçık wheat samples cultivated in Türkiye ranged from 14.62 to 2329.67 $\mu\text{g GAE g}^{-1}$ and from 0.04 to 23.92%, respectively.

Multiple studies in the literature indicate that ancient wheat varieties exhibit elevated levels of phenolics (Montevecchi et al., 2018; Balli et al., 2022), minerals such as zinc, iron, and copper (Golea et al., 2022), protein, lipids, tocotrienols, lutein, total tocol, and monounsaturated fatty acids (Hidalgo et al., 2009) when compared to modern wheat varieties. Additionally, they demonstrate a reduced rate of in vitro carbohydrate digestion, higher protein digestion, increased fibre content, better antioxidant activity, and a greater amount of resistant starch in regard to modern wheat cultivars (Čurná & Lacko-Bartošová, 2017). Sırakaya (2023) observed that emmer wheat (*Triticum dicoccum*) displayed a greater protein content in contrast with modern wheat. Conversely, there are also studies that hold a contrasting viewpoint, suggesting that there is minimal difference between modern and ancient wheat types in terms of biocomponents. In fact, certain components such dietary fibre are even lower in ancient wheat (Shewry & Hey, 2015b).

Modern or commercial wheat cultivars with improved yield and quality characteristics have been successfully developed through extensive breeding efforts over many years. Although modern wheat varieties have been beneficial in improving the technological quality of the product, there has been a growing interest in old wheat varieties in recent years. This is primarily due to their higher nutrient content, more adaptability to climate change, reduced input requirements, resistance to pests and diseases, and their suitability for organic farming (Dinu et al., 2018, Bencze et al., 2020).

Local wheat varieties that have been grown in Anatolia for centuries have been assigned several names depending on factors such as spike features,

kernel colour, awn characteristics, sowing timing, and geographical origin. Kan et al. (2015) collected a total of 1587 wheat village cultivars and identified 162 unique local cultivar names. White Wheat, Yellow Wheat, Zerun, Karakılçık, Red Wheat, Siyez, Koca Wheat, Şahman, Kirik, Topbaş, and Üveyik wheat are the cultivars that have been reported to have higher cultivation areas among these varieties. Karakılçık wheat (KW) got its name from the black colour of its awns. The morphological, phenological, agronomic, and qualitative properties of KW genotypes grown in several areas in Türkiye have been found suitable for utilisation in breeding programmes (Alkan, 2022).

Both local and wild wheat are important genetic resources that have reached to this day, despite the fact that they have been exposed to many adverse conditions over the years, including drought, floods, disease and pest infestation (Aktaş et al., 2018). Researching all attributes (including physical, chemical, nutritional, etc.) of these genetic resources and uncovering their superiority is essential for protecting genetic resources and developing new genotypes. Hence, this study involved the collection of Karakılçık wheat varieties (KWV) cultivated by local farmers across several regions of Türkiye, followed by the assessment of the physical and physicochemical characteristics of these wheat samples. Even so, a comparison was made between the traits of KWV and a modern wheat variety (MBWV, Esperya) that is currently extensively utilised in the manufacture of bread.

MATERIAL AND METHODS

Materials

During the 2021 harvest season, KWV samples were collected in various rural areas in Türkiye, including Antalya, Adana, Osmaniye, Sakarya, Samsun, Isparta, Ankara, İzmir, Konya, and Çanakkale. A village with the highest production of Karakılçık wheat (KW) was chosen from each province. Specifically, the types of KW cultivated for making "Karakılçık Bread" were collected. Local cultivation of KWV in Türkiye is restricted to a limited number of provinces and a limited number of local producers. Therefore, KWV samples were collected from the village with the highest production in each province, as well as from the farmer with the highest production within that village. KWV were collected from local producers using a representative method of sampling to accurately represent the entire quantity of wheat. The samples were then transferred to the laboratory in cloth bags and stored under dry and cool conditions. The MBWV, known as "Esperya," was acquired from the Hediye Flour Factory in Isparta (Türkiye) for the purpose of comparing the features of the MBWV and KWV. For this study, a total of 11 (n =11) wheat varieties were used as materials. These

included 10 different KWVs collected from ten different regions, as well as one MBWV.

Physical Properties

General characteristics: Following the TS (Turkish Standard) 2974 wheat standard (TSE, 2018), only a handful of wheat samples were gathered and tested for colour and smell during daylight by blowing strongly, rubbing, and smelling. Furthermore, an investigation was conducted to determine the presence of viable storage pests in the wheat samples (TSE, 2018).

Quantification of foreign materials: A 200 g sample of wheat, which represents the entire mass of the wheat, was taken. The amount of foreign matter in the sample was then measured and classified according to the TS 2974 wheat standard (TSE, 2018).

Measurement of hectoliter weight (HW): The mass of one litre of wheat was determined using a hectoliter measurement equipment, as specified in TS EN ISO 7971-3 (TSE, 2019). Subsequently, the samples were categorised in accordance with the TS 2974 wheat standard, with hectoliter weights as the basis (TSE, 2018).

Measurement of thousand kernel weight (TKW): TKW was computed on a dry matter basis after counting a total of five hundred kernels of wheat and multiplying the result by two (Uluöz, 1965).

Grain hardness measurement: After halving the wheat with the Grobecker cutting tool, cross-sectional views were examined. The relative amounts of vitreous (hard grain), floury (soft grain), and piebald (if the glassy area has any localized starch spots) wheat grains were ascertained (Elgün et al. 2002). Traditionally, vitreousness has been associated with hardness and opaqueness (flouriness) with softness (Hoseney, 1986).

Testing for kernel size distribution and homogeneity: To find out about the distribution of kernel sizes and the homogeneity of wheat samples, 100 grams of clean wheat was put through sieves with openings of 2.8 mm, 2.5 mm, and 2.2 mm for 3 minutes (Williams et al. 1986). After the sifting period concluded, the quantity of wheat left on each sieve was measured, and the ratios were calculated. Homogeneity was defined as the quantity of wheat left on two consecutive sieves exceeding 75%.

Milling of wheat samples

Once the wheat samples were cleared of any foreign materials, they were rinsed with tap water and subsequently air-dried under ambient settings for a period of 36 to 48 hours. Subsequently, the grains were ground into whole-grain flour using a laboratory-grade flour mill (Ekin Gıda, Ankara). Following the milling process, the whole grain flours

were kept at an ambient temperature for approximately one week. Subsequently, they were transferred to sealed bags and refrigerated at a temperature of +4 °C until further examination.

Analysis of colour

The colour of wheat samples and whole grain flours was assessed using a Minolta CR 410 chroma metre (MinoltaCo Ltd., Tokyo, Japan). Three measurements were taken at distinct locations, and the colour components were determined as follows: lightness L* (lightness-darkness: 100=white-0:black), a* (redness-greenness: (+) red, (-) green), and b* (yellowness-blueness: (+) yellow, (-) blue) (Peterson et al., 2001).

Analysis of the physicochemical properties

The whole grain flours obtained from milling were analyzed using physicochemical methods, which are briefly described below.

Wet and dry gluten content: The wet gluten content of wheat cultivars was measured using AACC Method 38-10.01 (AACC, 2010). This method involves physically combining a flour sample with water to form a dough ball, which is subsequently subjected to a washing process to separate starch and any soluble substances. The residual gluten was collected and then weighed to establish its wet gluten content. The wet gluten sample was transferred to the glutamatic system, where it was then dried until it reached a stable weight. Subsequently, the sample was subjected to cooling and then measured in terms of its weight as dry gluten.

Gluten index value: The gluten index was determined following the standards outlined in the AACC Method 38-12.02 (AACC, 2010). The wet gluten sample was subjected to automated centrifugation at a speed of 6000 revolutions per minute for a duration of one minute. The gluten index is a quantitative measure that determines the percentage of wet gluten that remains on the sieve after centrifugation. The gluten index was determined by multiplying the weight of the wet gluten retained on the sieve by 100 and subsequently dividing it by the weight of the total amount of wet gluten.

Zeleny sedimentation value: The Zeleny sedimentation test was carried out following the approved method defined in AACC Method 56-60.01 (AACC, 2010). In summary, a quantity of 3.2 grams of whole wheat flour was carefully placed inside a graduated cylinder with a glass stopper, which had a volume of 100 milliliters. Afterwards, the techniques outlined in the methodology were implemented, and the analyses were performed utilizing the sedimentation test equipment (Tekpa, Ankara, Türkiye). Following the time analysis, the sediment volume was quantified in milliliters using a cylinder.

Afterwards, the sedimentation value was calculated using the appropriate factor, which corresponds to a moisture content of 14%.

Delayed Zeleny sedimentation value: The delayed Zeleny sedimentation value was determined using the methods published by Greenaway et al. (1965). The conventional hydration period, typically lasting 5 minutes, was extended to 120 minutes by incubating sedimentation tubes at 30°. The Zeleny sedimentation value and the delayed Zeleny sedimentation value were compared to identify any differences. If the difference exceeds a threshold of 5 ml, it indicates that the wheat has been affected by Sunn pest damage.

The measurement of the falling number: The falling number was determined using the standardized approach specified by the AACC Method 56-81.03 (AACC, 2010), and the findings were reported in seconds. To summarize, a quantity of 7 ± 0.05 g of whole wheat flour was measured and placed into a falling number tube. A volume of 25 milliliters of water at a temperature of 22 ± 2 °C was introduced into the tube and shaken until fully mixed. The entire slurry was removed by employing a viscometer-stirrer. Afterwards, the tube and viscometer-stirrer were carefully placed inside the water bath of the falling number device, and the equipment was immediately started. After the test is finished, the duration is observed and recorded in seconds.

Statistical analysis

The data collected on the attributes of the wheat samples were analyzed using the "SPSS" statistical software (SPSS, 2019) based on the random plots experimental design with three replications. Analysis of variance was performed on the obtained data. The averages were compared using the Duncan multiple test.

RESULTS and DISCUSSION

Physical properties

It has been established that both MBWV and K WV meet the general characteristics outlined in the TS 2974 (TSE, 2018) wheat standard. The wheat samples have been shown to possess unique colour and odour characteristics and lack the presence of any live pests commonly found in warehouses. Wheat should be free of any odors other than its natural odor. The presence of a fresh wheat odor or a warehouse odor is considered a typical grain odor; however, dampness and/or mold smells serve as indications of grain that is in a disordered state. Foreign odors such as grass, gas, onion, garlic, etc. are undesirable in wheat.

Upon analysis of the wheat samples for foreign matter content, in accordance with the TS 2974 Wheat Standard (TSE, 2018), it was found that the

MBWV and KW-Osmaniye were part of the second class, KW-Çanakkale was part of the third class, and the KVV grown in other provinces was classified as low-quality bread wheat. The producer directly obtained the KVV from the field in their harvested state, which is the main reason for the elevated presence of foreign matter in all samples. To clarify, the KWS did not undergo any preliminary cleaning procedures such as sifting or wind blowing. Another potential factor is that the production of KW is conducted by regional farmers in rural and small regions. Typically, manual labor is employed for harvesting in these limited regions instead of

utilizing automated machinery for harvesting and cleaning. Manual harvesting results in a significant presence of foreign materials. Furthermore, KW is cultivated naturally with a careful approach, typically avoiding the use of pesticides. Hence, it is unavoidable that the product would experience a rise in the incidence of foreign substances, particularly those resulting from the presence of weeds.

HW, TKW, and glassy, floury, and piebald grain values of MBWV and KVV are given in Table 1. KVV are identified by the names of the provinces from where they are collected.

Table 1. Physical properties of wheat samples^a
Çizelge 1. Buğday örneklerinin fiziksel özellikleri

Sample	Hectoliter weight (kg)	Thousand kernel weight (g)	Vitreous (%)	Floury (%)	Piebald (%)
MBWV ^b	71.2 ^a ±1.05	29.37 ^{de} ±0.01	6.00 ^f ±0.00	65.33 ^a ±1.15	28.67 ^b ±1.15
KW ^c -Çanakkale	70.53 ^{ab} ±0.92	37.75 ^b ±0.76	42.67 ^b ±4.62	29.33 ^{de} ±1.15	28.00 ^b ±5.29
KW-Samsun	68.93 ^{bc} ±0.49	31.19 ^{cd} ±0.23	34.00 ^e ±3.46	30.00 ^{cd} ±6.43	36.00 ^a ±5.03
KW-Antalya	60.43 ^e ±1.39	33.00 ^c ±2.75	30.67 ^{cd} ±3.06	24.00 ^{de} ±2.00	45.33 ^a ±4.16
KW-İzmir	70.80 ^{ab} ±0.26	39.52 ^b ±0.32	42.00 ^b ±0.00	29.33 ^{de} ±3.06	28.67 ^b ±3.06
KW-Isparta	69.10 ^{bc} ±0.89	26.00 ^f ±3.12	30.00 ^{cd} ±2.00	22.00 ^{def} ±2.00	48.00 ^a ±4.16
KW-Adana	68.60 ^c ±0.72	28.53 ^{def} ±0.15	44.00 ^b ±2.00	20.00 ^{ef} ±6.93	36.00 ^a ±2.00
KW-Ankara	70.73 ^{ab} ±0.15	29.13 ^{def} ±0.26	26.00 ^d ±3.46	40.00 ^e ±7.21	34.00 ^a ±2.31
KW-Konya	68.63 ^c ±0.46	44.74 ^a ±0.25	29.33 ^{cd} ±2.31	40.00 ^e ±4.00	30.67 ^b ±2.31
KW-Osmaniye	69.00 ^{bc} ±0.44	26.72 ^{ef} ±0.23	59.33 ^a ±3.06	13.34 ^f ±3.06	27.33 ^b ±3.06
KW-Sakarya	66.53 ^d ±0.47	28.44 ^{def} ±0.28	17.33 ^e ±3.06	55.33 ^b ±3.06	27.34 ^b ±3.06

^aThe mean values in the table for the same column and shown with the different superscript letters are significantly different $p < 0.01$. ^bMBWV: Modern Berad Wheat Variety (Esperya variety), ^cKW: Karakılçık Wheat

There is no statistically significant difference ($p > 0.01$) in HW between MBWV and KW-Çanakkale, KW-İzmir, and KW-Ankara, as shown in Table 1. The HW of KVV ranged from 60.43 kg hl⁻¹ in Antalya to 70.80 kg hl⁻¹ in İzmir. The TS 2974 Wheat Standard classifies bread wheats according to their HW. Based on this criteria, bread wheat with a HW of 78.0 kg or more is classified as first class. If the HW falls between 76.0 and 77.9 kg, it is classified as second class. A HW between 73.0 and 75.9 kg is considered third class. Bread wheat with a HW of 73 kg or lower is defined as low-quality. According to the "TS 2974 Wheat Standard," both the MBWV and KVV were classed as low-quality bread wheat in terms of HW. The significant presence of foreign matter is one of the factors contributing to the low HW in all wheat cultivars. When comparing the MBWV with the KVV from various provinces, it was observed that there were variations in HW values ($p < 0.01$). This is a result that was expected. The reason for this is that HW is significantly impacted by factors such as genotypes, locales, sowing rates, and interactions between genotype and environment (Marić et al.

2008). It is worth noting that there was no statistically significant difference ($p > 0.01$) between the HWs of the MBWV and those of the Çanakkale, İzmir, and Ankara KVV. Similarly, in a study conducted in Italy, Stagnari et al. (2008) found that there was no distinction in the HW between durum wheat and ancient Khorasan wheat. However, the ancient emmer variety had a lower HW, measuring less than 78 kg hl⁻¹, compared to both durum and Khorasan wheat. Csákvári et al. (2021) revealed varieties with higher HW than the KVV and MBWV examined in this study. The HWs were measured as 81.4 kg hl⁻¹ in modern winter wheat, 75.7 kg hl⁻¹ in old/traditional winter wheat, 77.3 kg hl⁻¹ in modern einkorn, and 79.1 kg hl⁻¹ and 80.1 kg hl⁻¹ in two different ancient einkorn varieties.

KWS from the province of Konya had the highest TKW value with an average of 44.74 g, followed by İzmir with an average of 39.52 g and Çanakkale with 37.75 g. These were then followed by the Antalya sample with 33.0 g. It was found that the TKWs of the other KWS and MBW were lower. This low TKW may be due to the hot and dry climatic conditions.

Because seasonal climatic conditions are a very important factor in the grain yield and TKW of wheat, This problem can be solved by irrigation under certain conditions (Torrión & Stougaard 2017).

The samples collected from the province of Konya exhibited the highest TKW, averaging 44.74 g. This was followed by KW-İzmir with an average TKW of 39.52 g and KW-Çanakkale with an average TKW of 37.75 g. Subsequently, the KW-Antalya weighed 33.0 grams. The study revealed that the TKWs of the other KWV and the MBWV were comparatively lower. The low TKW could potentially be attributed to the dry and hot weather conditions. Seasonal climatic variables significantly affect grain yield and TKW of wheat, so irrigation can be used under certain conditions to solve this problem (Torrión & Stougaard, 2017).

The TKW of KW-Konya, which was measured to be 44.74 g, was found to be nearly equivalent to the TKW of the Emmer variety examined in Italy, with an average value of 45.05 g over a two-year period (Stagnari et al., 2008). Ertop and Atasoy (2019) found that the TKW of einkorn wheat was 27.94 g, which was lower than the TKW of durum wheat, which was 54.6 g. Our analysis revealed that the TKW of KW-Isparta was the only one that exhibited a lower value compared to MBWV.

Wheat varieties that have larger kernels also exhibit a higher TKW. According to Table 2 in the sieve study, the varieties KW-İzmir, KW-Çanakkale, and KW-Konya had the maximum quantity of wheat left on the 2.8 mm sieve, in that order. Conversely, it has been established that the KW-Isparta and KW-Osmaniye, which exhibit the lowest TKW, are characterized by their small size and heterogeneity. Furthermore, there was a significant proportion (about 16%) of these KW samples that had passed through the 2.2 mm screen. It is widely recognized that there is a direct relationship between TKW and the amount of flour produced. When the TKW and kernel size distribution and homogeneity tests are looked at together, they show that some KW samples are bigger than the MBWV, which means they will produce more flour. As previously stated, the impact of genotype-environment interactions on wheat quality is considerable. Theorem is supported by the fact that KWV grown in different provinces have different sizes, shapes, levels of homogeneity, and grain hardness, as well as different HW and TKW values.

The ratios of vitreous, floury, and piebald kernels for both MBWV and KWV are given in Table 1. According to Hosney (1986), floury grains have a soft texture and a low protein content, whereas vitreous grains typically have a hard texture and a significant amount of protein. MBWV, as a variety of bread wheat, displayed a higher ratio of floury grains

compared to KWV. The most similar result to MBWV was discovered in KW-Sakarya, which had a floury grain rate of 55%. Following this were KW-Ankara and KW-Konya, both of which had a 40% floury grain rate.

The vitreous grain rate of KW-Osmaniye is higher than that of the other samples, measured at 59.33%. The MBWV and KW-Sakarya had the lowest vitreous grain ratios, respectively. It was noticed that both MBWV and KWV had a relatively high percentage of piebald grain, which was an interesting observation. The development of grain piebald may differ from variety to variety, depending on the amount of protein present, the area of planting, and the weather conditions. It was found by Gül et al. (2012) that some bread wheat cultivars that were cultivated in the Lakes Region of Türkiye had a high piebald grain ratio. The authors were of the opinion that the climate conditions could be effective in this situation.

The mean values obtained through sieve analysis, which is used to evaluate the size and uniformity of wheat samples, are presented in Table 2. The KW-İzmir, KW-Konya, and KW-Çanakkale varieties exhibited the highest proportion of large grains (≥ 2.8 mm), whereas the KW-Adana, KW-Isparta, and KW-Osmaniye varieties had the lowest proportion. The KW-Samsun and KW-Antalya had a similar grain size distribution to that of the MBWV. The greatest amount of medium-sized grains was found in KW-Ankara, KW-Adana, and KW-Samsun, while the lowest amount was recorded in KW-İzmir, KW-Çanakkale, and KW-Konya. The MBWV, KW-Çanakkale, KW-Samsun, KW-Antalya, KW-İzmir, and KW-Konya samples were determined to be large and homogeneous, but the KW-Isparta, KW-Adana, KW-Ankara, KW-Osmaniye, and KW-Sakarya samples were found to be heterogeneous.

It is noteworthy that the grain size of the Karakılçık variety cultivated in İzmir, Çanakkale, and Konya provinces was considerably greater than that of the MBWV variety. This outcome is in line with the findings of Larsson and Bergman (2023), who reported that different soil types and growing conditions have a significant impact on grain size. Researchers also determined that ancient wheats, such as einkorn, which are generally cultivated in nutrient-poor areas, exhibited an increase in grain size compared with modern wheat types that had not been treated with fertilizer. The presence of soil moisture during the grain maturation stage, as well as the presence of drought and irrigation, have an important effect on the size of the grain (Torrión & Stougaard, 2017). Hence, the presence of water in the soil is considered a crucial determinant for the reduced grain sizes observed in Isparta, Osmaniye, and Adana KWV, as compared to other types.

Characteristics of colour in wheat samples and their whole grain flours

grain flours of the KWS and MBW can be seen in Table 3.

The colour values measured in the grains and whole

Table 2. Kernel size distribution and homogeneity of wheat samples^a

Çizelge 2. Buğday örneklerinin tane büyüklüğü dağılımı ve homojenliği

Sample	Large (≥2.8 mm)	Medium (2.5–2.8 mm)	Small (2.2–2.5 mm)	Undersize (≤2.2 mm)	Size and homogeneity
MBWV ^b	44.92 ^c ±1.38	30.50 ^{cd} ±1.18	16.13 ^e ±0.04	8.45 ^b ±0.29	Large-homogeneous
KW ^c -Çanakkale	71.46 ^b ±0.75	21.84 ^f ±0.69	5.31 ^g ±0.24	1.39 ^{de} ±0.06	Large-homogeneous
KW-Samsun	47.67 ^c ±5.18	41.33 ^a ±3.81	10.17 ^f ±2.04	0.83 ^{de} ±0.11	Large-homogeneous
KW-Antalya	46.09 ^c ±0.70	35.74 ^b ±2.24	15.54 ^e ±0.99	2.62 ^{cd} ±0.67	Large-homogeneous
KW-İzmir	85.90 ^a ±1.74	11.30 ^g ±1.53	2.32 ^g ±0.36	0.48 ^{de} ±0.25	Large-homogeneous
KW-Isparta	16.53 ^e ±0.80	27.26 ^{de} ±0.96	39.81 ^a ±1.73	16.40 ^a ±2.22	Heterogeneous
KW-Adana	20.30 ^e ±0.39	43.07 ^a ±0.66	27.42 ^c ±0.35	9.21 ^b ±0.92	Heterogeneous
KW-Ankara	29.06 ^d ±0.69	44.56 ^a ±0.43	23.94 ^d ±1.28	2.44 ^{cde} ±0.86	Heterogeneous
KW-Konya	70.27 ^b ±2.28	24.77 ^{ef} ±1.51	4.66 ^g ±0.88	0.30 ^e ±0.07	Large-homogeneous
KW-Osmaniye	16.28 ^e ±2.31	32.77 ^{bc} ±0.79	34.94 ^b ±2.94	16.01 ^a ±0.63	Heterogeneous
KW-Sakarya	31.44 ^d ±0.41	35.98 ^b ±0.44	28.32 ^c ±1.03	4.27 ^c ±0.77	Heterogeneous

^aThe mean values in the table for the same column and shown with the different superscript letters are significantly different p<0.01. ^bMBWV: Modern Berad Wheat Variety (Esperya variety), ^cKW: Karakılçık Wheat

Table 3. Colour values of wheat samples and their whole grain flours ^a

Çizelge 3. Buğday örneklerinin ve tam tane unlarının renk değerleri

Sample	Colour values of wheat grains			Colour values of whole grain flours		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
MBWV ^b	41.3 ^d ±0.1	7.4 ^{de} ±0.0	13.6 ^f ±0.0	64.9 ^f ±2.2	2.3 ^b ±0.1	10.0 ^e ±0.3
KW ^c -Çanakkale	44.5 ^b ±0.1	8.2 ^b ±0.2	16.6 ^c ±0.0	79.6 ^{bcd} ±1.7	1.7 ^d ±0.1	13.6 ^b ±1.4
KW-Samsun	36.2 ^g ±0.1	6.1 ^f ±0.2	11.7 ^h ±0.1	75.0 ^e ±0.5	1.8 ^d ±0.2	12.1 ^{cd} ±0.0
KW-Antalya	46.0 ^a ±0.7	7.5 ^{de} ±0.3	18.4 ^a ±0.3	82.7 ^a ±1.0	1.9 ^{cd} ±0.1	16.4 ^a ±0.3
KW-İzmir	45.0 ^{ab} ±0.9	7.0 ^{5e} ±0.3	17.3 ^b ±0.1	80.9 ^{ab} ±0.1	1.3 ^e ±0.0	15.7 ^a ±0.1
KW-Isparta	42.9 ^c ±0.9	7.5 ^{cde} ±0.3	15.7 ^d ±0.1	80.1 ^{bcd} ±0.7	2.2 ^{bc} ±0.2	13.1 ^{bc} ±0.1
KW-Adana	38.8 ^f ±0.6	8.7 ^a ±0.1	14.2 ^e ±0.2	78.2 ^{bcd} ±1.4	2.5 ^{ab} ±0.1	13.8 ^b ±0.1
KW-Ankara	40.8 ^{de} ±0.7	7.9 ^{bcd} ±0.0	14.5 ^e ±0.4	80.7 ^{abc} ±0.4	1.7 ^d ±0.0	11.8 ^d ±0.3
KW-Konya	44.2 ^c ±0.3	7.9 ^{bc} ±0.1	16.7 ^c ±0.1	77.8 ^d ±1.0	1.7 ^d ±0.3	13.7 ^b ±0.1
KW-Osmaniye	39.6 ^{ef} ±0.5	7.5 ^{cde} ±0.2	13.2 ^g ±0.0	79.2 ^{bcd} ±0.4	2.8 ^a ±0.1	12.9 ^{bc} ±0.2
KW-Sakarya	39.5 ^{ef} ±0.3	7.2 ^e ±0.0	14.1 ^{ef} ±0.1	77.9 ^{cd} ±0.2	1.6 ^d ±0.0	11.8 ^d ±0.2

^a The mean values in the table for the same column and shown with the different superscript letters are significantly different p<0.01., ^bMBWV: Modern Berad Wheat Variety (Esperya variety), ^cKW: Karakılçık Wheat

The variety KW-Antalya showed the highest L* value, indicating it had the lightest colour among the KW varieties. KW-İzmir and KW-Çanakkale followed in that order. The KWS acquired from Adana, Osmaniye, and Sakarya provinces were found to have a much darker colour compared to the others. However, the Samsun KW grains had the darkest colour among all the samples.

Figure 1 displays representative images of three wheat samples: the MBWV sample (Figure 1A), the lightest coloured KW from Antalya province (Figure 1B), and the darkest coloured KW from Samsun (Figure 1C) province. The KW-Ankara is the one that most closely matches the brightness value of the MBWV.

The KW-Adana had the highest measured redness value (a*), while the KW-Samsun had the lowest. In terms of the a* value, the MBWV and KWs of Antalya, İzmir, Isparta, Ankara, Osmaniye, and Sakarya were statistically placed together in the same group. Among the wheat samples studied, KW-Antalya exhibited the greatest level of brightness and was also determined to have the highest level of yellowness, as shown by its b* value (Figure 1B). The highest b* values were measured in KW-İzmir, KW-Konya, and KW-Çanakkale, respectively, after KW-Antalya. The b* values were measured in KW-İzmir, KW-Konya, and KW-Çanakkale, respectively, after KW-Antalya. It was found that KW-Samsun had the lowest b* value, as well as the lowest L* and a* values (Figure 1C).

When the color values of whole grain flours were taken into consideration, it was found that the whole grain flours with the lightest colors were KW-Antalya, KW-İzmir, and KW-Ankara. On the other hand, the samples with the darkest colors were KW-Samsun and MBWV, as shown in Table 3. The remaining samples exhibited similar levels of brightness. The increase in L* values of the whole wheat flours indicates a significant lightening of the wheat colors following the milling process. Observations revealed an increase in the L* value

and a notable decrease in the a* value throughout the milling process. The a* value of whole grain flours ranged from 2.8 to 1.3. Additionally, the b* value of KW-Antalya and KW-İzmir flours, which exhibit high levels of L* and b* in their grain colors, was found to be substantially higher. The samples presenting lower b* values compared to the others include KW-Ankara, KW-Sakarya, and KW-Samsun whole grain flours. The MBWV whole grain flour demonstrated the lowest b* value.

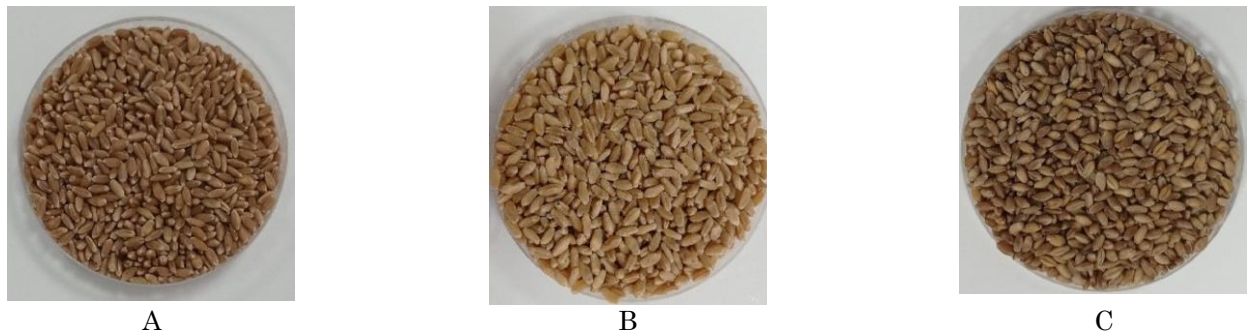


Figure 1. Representative images of three wheat samples; A:Modern Berad Wheat Variety (Esperya variety), B:Karakilçık Wheat-Antalya, C: Karakilçık Wheat-Samsun

Şekil 1. Üç farklı buğday örneğinin temsili görüntüleri; A:Modern ekmeçlik buğday örneği (Esperya) B:Antalya ile Karakilçık buğday örneği, C: Samsun iline ait Karakilçık buğday örneği

Physicochemical properties

The physicochemical study was conducted to evaluate the technological features of whole grain flours derived from KW and MBW varieties. The results of this test can be seen in Table 4. The wet gluten and dry gluten values in the MBWV flour were measured to be 45.3% and 13.2%, respectively. In samples of Karakilçık wheat, the same values were found between 22.7% and 50.4% and 6.9% and 14.8%, respectively. The KW-Antalya showed the greatest wet and dry gluten values, with the MBWV and KW-Konya following slightly behind. This was followed by Karakilçık wheat from Osmaniye, İzmir, and Samsun

provinces. The KW-Ankara and KW-Sakarya had the lowest wet and dry gluten levels. Comparatively, KW-Antalya exhibited significantly higher wet and dry gluten values in comparison to MBWV and other KWVs. There was no significant difference in these values between the MBW and the KW-Konya.

When the gluten index value, which is the indicator of gluten quality, is examined, it is determined that the MBW has the highest value, and there is no significant difference between the MBW and KW-İzmir and KW-Adana. After these three samples, KW-Antalya ranked fourth in terms of gluten index value.

Table 4. Physicochemical characteristics of whole grain flours of wheat samples^a

Çizelge 4. Buğday örneklerinin tam tane unlarının fizikokimyasal özellikleri

Sample	Wet gluten (%)	Dry gluten (%)	Gluten index (%)	Sedimentation (ml)	Delayed Zeleny sedimentation(ml)	Falling number (second)
MBWV ^b	45.3 ^b ±1.6	13.2 ^b ±0.0	96.7 ^a ±0.5	32.0 ^a ±0.0	29.0 ^a ±1.0	424.0 ^{cde} ±15.0
KW ^c -Çanakkale	28.7 ^e ±0.9	8.9 ^e ±0.1	70.6 ^{cd} ±3.2	16.0 ^e ±0.0	10.0 ^g ±0.0	408.7 ^e ±10.5
KW-Samsun	34.9 ^{cd} ±1.4	10.4 ^{cd} ±0.5	66.2 ^{cde} ±6.7	13.7 ^f ±0.5	12.0 ^f ±0.0	446.3 ^c ±18.1
KW-Antalya	50.4 ^a ±1.7	14.8 ^a ±0.4	85.4 ^b ±1.0	22.7 ^b ±0.5	24.7 ^b ±0.5	423.0 ^{cde} ±4.0
KW-İzmir	37.0 ^c ±0.6	11.2 ^c ±1.2	88.4 ^{ab} ±4.7	17.0 ^{de} ±0.0	24.7 ^b ±0.6	445.0 ^c ±10.0
KW-Isparta	32.2 ^d ±0.3	9.9 ^{de} ±0.1	61.0 ^{de} ±4.3	18.0 ^{cd} ±1.0	10.7 ^{fg} ±0.6	420.0 ^{de} ±6.0
KW-Adana	32.0 ^d ±1.9	9.7 ^{de} ±0.2	88.6 ^{ab} ±3.7	17.0 ^{de} ±0.0	19.0 ^d ±0.0	441.0 ^{cd} ±2.0
KW-Ankara	22.7 ^f ±0.7	6.6 ^f ±0.2	59.3 ^e ±5.1	16.0 ^e ±0.0	11.0 ^{fg} ±0.0	348.7 ^g ±3.5
KW-Konya	42.4 ^b ±1.6	12.7 ^b ±0.5	75.1 ^c ±3.12	18.7 ^c ±0.5	14.7 ^e ±0.6	473.7 ^b ±6.5
KW-Osmaniye	37.3 ^c ±1.3	11.0 ^c ±0.2	65.0 ^{cde} ±6.1	19.0 ^e ±0.0	11.7 ^f ±0.5	499.7 ^a ±4.5
KW-Sakarya	22.8 ^f ±1.2	6.9 ^f ±0.4	74.67 ^c ±0.8	16.7 ^e ±0.5	21.0 ^e ±0.5	372.0 ^f ±8.0

^a The mean values in the table for the same column and shown with the different superscript letters are significantly different p<0.01., ^bMBWV: Modern Berad Wheat Variety (Esperya variety), ^cKW: Karakilçık Wheat

Upon analyzing the gluten index value, which serves as an indicator of gluten quality, it is evident that MBW exhibits the greatest value. Furthermore, there is no notable distinction between MBW, KW-İzmir, and KW-Adana. KW-Antalya came in at number four in terms of the gluten index value after these three samples. As expected, the gluten index value of the KW-Ankara, which exhibited the least amount of wet and dry gluten content, was correspondingly the lowest among all the samples. However, the gluten index value of KW-Sakarya, which exhibited identical wet and dry gluten values as KW-Ankara, was determined to be better and fell within the same category as KW-Konya.

Karakılçık wheat samples had more gluten than the "Bozodi" einkorn variety (15.4%), which was studied by Csákvári et al. (2021), but less than the "Schiemann" variety (25.8%) in KW-Ankara and KW-Sakarya. The gluten content of the other Karakılçık wheat varieties, as assessed by Csákvári et al. (2021), was significantly higher than that of the modern einkorn variety (22.5%). Based on this information, it may be inferred that the locally cultivated karakılçık wheat in Türkiye shows potential as a promising variety.

In our study, we observed that the wet gluten content and gluten index values of Karakılçık wheats were greater than those of Kastamonu einkorn wheat, as reported by Ertop and Atasoy (2019) (6.75% and 42%, respectively). The dry gluten content for particular KWV and MBWV exhibited similarity to the findings of the investigation conducted by Gélinas and McKinnon (2016). In their study, Gélinas and McKinnon (2016) determined that the dry gluten content was 11.3% in tetraploid Khorasan wheat, 10.2% in emmer wheat, 10.4% in hexaploid spelt, and ranged from 9.2% to 15.7% in hexaploid modern wheat varieties. The dry gluten contents of KW-Antalya and KW-Konya were higher compared to the wheats examined in this study.

Significant differences were found between KWV and MBWV in terms of sedimentation and delayed sedimentation values, based on statistical analysis. The KW-Antalya sample, which had the highest wet and dry gluten ratios, showed a sedimentation value that closely approximated that of the MBW. The lowest sedimentation value was found in KW-Samsun. The sedimentation values of KW-Ankara and KW-Sakarya, which exhibited the lowest wet and dry gluten content, were also found to be the lowest. The TS 2974 wheat flour standard (TSE, 2018) classifies bread wheats based on their sedimentation value. A sedimentation value of 37 or more is categorized as 1st class, while a value between 31 and 36 ml is considered 2nd class. A number between 22 and 30 ml falls into the 3rd class category, while

anything below 22 ml is regarded as as low-quality wheat flour. Based on this categorization, MBWV was classified as belonging to the highest class, KW-Antalya was classified as belonging to the third class, and the other KWV were classified as belonging to the low-quality bread wheat class.

The delayed sedimentation value indicates that the KW-Antalya and KW-İzmir samples were the most similar to the MBW. If the difference between the delayed sedimentation value and the normal sedimentation value exceeds 5 ml, the presence of sun pest damage can be mentioned in these wheat samples. It may be stated that the whole wheat flour from KW-Çanakkale, KW-Isparta, and KW-Osmaniye has been affected by pest infestation. While the wet gluten values of these samples were good enough, the low gluten index values may be attributed to the damage caused by sun pests. However, due to the absence of sun pest damage, the gluten index value of the KW-Sakarya was moderate despite the low levels of wet and dry gluten.

The falling number values of the whole wheat flour samples ranged from 499.7 seconds (at KW-Osmaniye) to 372.0 seconds (at KW-Sakarya), as shown in Table 4. The TS 2974 wheat flour standard (TSE, 2018) classifies wheats as first-class bread wheat if the Hagberg falling number is at least 250 or higher. In this case, all wheat varieties—including the MBWV—were in the first class in terms of falling numbers. To ensure high-quality bread flour, it is important to have adequate amylase activity, namely about 250 ± 25 seconds. None of the tested wheat samples, including the MBW, fell within this range, indicating that their amylase activity was inadequate. To achieve a falling number of 250 ± 25 seconds during bread baking from these flours, it is advisable to incorporate amylase in appropriate quantities.

CONCLUSION

Recently, there has been a growing interest among consumers, farmers, and researchers in local and ancient wheat types. One factor contributing to this rise is the public perception that products derived from ancient wheat are both more nutritious and more flavorful. The primary factors increasing attention towards old varieties among producers are the rising demand and the good adaptation of these kinds. Ancient varieties have survived and persisted to the present day by adapting to unfavourable weather conditions over an extended period of time. In today's day, characterised by rising threats like global warming, climate change, and drought, the protection and development of wheat cultivars that possess resilience to marginal cultivating and climatic conditions have assumed greater significance. This study examines the physical and physicochemical

qualities of KVV grown by local producers in 10 different provinces in Turkey, which is known to have rich wheat genetic resources. These features are then compared to those of a MBVV called Esperya, highlighting the significance of the subject topic. Significant variations were observed among the Karakılçık wheats cultivated in various regions of Turkey. Climate and soil conditions have a big impact on the quality of Karakılçık wheat. The results of this study will contribute to future research on the preservation, utilisation in cultivar development, cultivation, and sustainability of ancient Karakılçık wheat.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study is being funded by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Süleyman Demirel University, as part of Kübranın Özkan's master's thesis, under the project number FYL-2021-8459. The authors express their gratitude to the Süleyman Demirel University Scientific Research Projects Coordination Unit for their support.

Contribution Rate Statement Summary of Researchers

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

Conflict of Interest Statement

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

REFERENCES

- AACC (2010). *Approved methods of the American association of cereal chemists*. The Association, St. Paul.
- Acun, S., & Gül, H. (2022). Antioxidant activities and total phenolic contents of karakılçık wheats grown in different regions of Türkiye (Sözlü Bildiri). 8th international Black Sea Coastline Countries Scientific Research Conference (eds P Dolashka and K Adilbekova), Sofia, Bulgaria, 29-30 August, 2022, ss.865-872.
- Aktaş, H., Özberk, F., Oral, E., Baloch, F. S., Doğan, S., Kahraman, M., & Çığ, F. (2018). Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesinin buğday genetik kaynakları bakımından potansiyeli ve sürdürülebilir olarak korunması. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi* 7(2), 47-54.
- Alkan, F. R. (2022). Yerel karakılçık makarnalık buğday (*Triticum turgidum subsp. durum (desf.) husn.*) genotiplerinin bazı morfolojik, verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi (Tez no 752736). [Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Arzani, A., & Ashraf, M. (2017). Cultivated ancient wheats (*Triticum spp.*): A potential source of health-beneficial food products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16(3), 477-488. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12262>.
- Atak, M. (2017). Buğday ve Türkiye buğday köy çeşitleri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 22(2), 71-88.
- Balli, D., Cecchi, L., Pieraccini, G., Innocenti, M., Benedettelli, S., & Mulinacci, N. (2022). What's new on total phenols and γ -oryzanol derivatives in wheat? A comparison between modern and ancient varieties. *Journal of Food Composition and Analysis* 109 (2022), 104453. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104453>.
- Bencze, S., Makádi, M., Aranyos, T. J., Földi, M., Hertelendy, P., Mikó, P., & Drexler, D. (2020). Re-introduction of ancient wheat cultivars in to organic agriculture—Emmer and einkorn cultivation experiences under marginal conditions. *Sustainability* 12(4), 1584. <https://doi.org/10.3390/su12041584>.
- Cooper, R. (2015). Re-discovering ancient wheat varieties as functional foods. *Journal of Traditional and Complementary Medicine* 5(3), 138-143. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2015.02.004>.
- Csákvári, E., Halassy, M., Enyedi, A., Gyulai, F. & Berke, J. (2021). Is einkorn wheat (*Triticum monococcum L.*) a better choice than winter wheat (*Triticum aestivum L.*)? Wheat quality estimation for sustainable agriculture using vision-based digital image analysis. *Sustainability* 13(21), 12005. <https://doi.org/10.3390/su132112005>.
- Čurná, V., & Lacko-Bartošová, M. (2017). Chemical composition and nutritional value of emmer wheat (*Triticum dicoccon schrank*): A review. *Journal of Central European Agriculture* 18(1), 117-134. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/18.1.1871>.
- Dinu, M., Whittaker, A., Pagliai, G., Benedettelli, S., & Sofi, F. (2018). Ancient wheat species and human health: Biochemical and clinical implications. *The Journal of Nutritional Biochemistry* 52(2018), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2017.09.001>.
- Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M. & Kotancılar, H. G. (2002.) *Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu*. Atatürk Üniversitesi Yayın No: 867, Ziraat Fakültesi Yayın No:335, Erzurum 245 sy.
- Ertop, M. H., & Atasoy, R. (2019). Comparison of physicochemical attributes of einkorn wheat (*Triticum monococcum*) and durum wheat (*Triticum durum*) and evaluation of morphological properties using scanning electron microscopy and image analysis. *Journal of Agricultural Sciences* 25(1), 93-99. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.539009>.

- FAO, (2023), Food and Agriculture Organization of the United Nations, <https://www.fao.org/faostat/en/#home> (Date Received 10.06.2023).
- Gélinas, P., & McKinnon, C. (2016). Gluten weight in ancient and modern wheat and the reactivity of epitopes towards R5 and G12 monoclonal antibodies. *International Journal of Food Science and Technology* 51(8), 1801-1810. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13151>.
- Golea, M. C., Şandru, M. D., & Codină, G. G. (2022). Mineral composition of flours produced from modern and ancient wheat varieties cultivated in Romania. *Ukrainian Food Journal* 11(1), 78-89. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2022-11-1-9>.
- Greenaway, W.T., Neustadt, M.H., & Zeleny, L., (1965). Communication to the editor: a test for stink bug damage in wheat. *Cereal Chemistry*, 42(6), 577-579.
- Gül, H., Acun, S., Türk, S., Öztürk, A., & Kara, B. (2012). Göller Bölgesi'nde yetiştirilen bazı buğday çeşitlerinin fiziksel özellikleri. *Derim* 29(2), 21-32.
- Harlan, J. R., & Zohary, D. (1966). Distribution of wild wheats and barley: the present distribution of wild forms may provide clues to the regions of early cereal domestication. *Science* 153(3740), 1074-1080. <https://doi.org/10.1126/science.153.3740.1074>.
- Hidalgo, A., Brandolini, A., & Ratti, S. (2009). Influence of genetic and environmental factors on selected nutritional traits of *Triticum monococcum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(14), 6342-6348. <https://doi.org/10.1021/jf901180q>.
- Hoseney, R. C. (1986). *Principles of Cereal Science and Technology*. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA.
- Kan, M., Kucukongar, M., Keser, M., Morgounov, A., Muminjanov, H., Özdemir, F., & Qualset, C. (2015). Wheat landraces in farmers' fields in Türkiye: National survey collection, and conservation, 2009-2014. FAO, Ankara, Türkiye.
- Karagöz, A. (2019). Yerel buğdayların dün, bugün, geleceği. *Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi* 8(31), 4-15.
- Larsson, M. & Bergman, J. (2023) Experimental approach to evaluate the effect of growing conditions on cereal grain size and its relevance for interpreting archaeological cereal grain assemblages. *Journal of Archaeological Science* 152(2023), 105752. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2023.105752>.
- Marić, S., Guberac, V., Petrović, S., Drezner, G., & Dvojković, K. (2008). Effects of testing environments and crop density on winter wheat hectolitre weight. *Cereal Research Communications* 36, 1391-1394.
- Mefleh, M., Conte, P., Fadda, C., Giunta, F., Piga, A., Hassoun, G., & Motzo, R. (2019). From ancient to old and modern durum wheat varieties: Interaction among cultivar traits, management, and technological quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99(5), 2059-2067. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9388>.
- Montevecchi, G., Setti, L., Olmi, L., Buti, M., Laviano, L., Antonelli, A., & Sgarbi, E. (2018). Determination of free soluble phenolic compounds in grains of ancient wheat varieties (*Triticum sp. Pl.*) by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 67(1), 201-212. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b05629>.
- Peterson, C. J., Shelton, D. R., Martin, T. J., Sears R. G., Williams, E., & Graybosch, R. A. (2001). Grain color stability and classification of hard white wheat in the US. *Euphytica* 119 (2001), 101-107. <https://doi.org/10.1023/A:1017515127628>.
- Shewry, P.R., & Hey, S. J. (2015a). The contribution of wheat to human diet and health. *Food and Energy Security* 4(3), 178-202. <https://doi.org/10.1002/fes3.64>
- Shewry, P.R., & Hey, S. J. (2015b). Do "ancient" wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components?. *Journal of Cereal Science* 65 (2015), 236-243. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.07.014>.
- Sırakaya, S., (2023). Feed value of Emmer Wheat (*Triticum dicoccum*) and by-products for ruminant animals. *KSU J. Agric Nat* 26 (1), 210-217. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogava.1030415>.
- SPSS, (2019). IBM SPSS Statistics 26.0 for Windows. SPSS Inc., Chicago, USA
- Stagnari, F., Codianni, P., & Pisante, M. (2008). Agronomic and kernel quality of ancient wheats grown in central and southern Italy. *Cereal Research Communications* 36(2), 313-326. <https://doi.org/10.1556/CRC.36.2008.2.11>.
- Torrion, J. A., & Stougaard, R. N. (2017). Impacts and limits of irrigation water management on wheat yield and quality. *Crop Science* 57(6), 3239-3251. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.12.1032>.
- TSE, (2019). Tahıllar- Yığın yoğunluğunun (kütle/hektolitre) tayini- Bölüm 3: Rutin yöntem. Türk Standardları Enstitüsü.
- TSE, TS 2974 (2018). Wheat, Türk Standardları Enstitüsü.
- Uluöz, M. (1965). *Buğday un ve ekmek analiz metotları*. Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir.
- Williams, P., El-Haramein, F.J., Nkkoul, H., & Rihavi, S. (1986). *Crop quality evaluation methods and guidelines*. ICARDA, Syria, 1-31.

Kastamonu Yöresinde Üretilen Gökmar Kozalak Pekmez ve Sıvı Şuruplarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması

Turgay ÇETİNKAYA¹, Volkan KARACAOĞLAN², Sibel BAYIL OĞUZKAN³

¹Gıda İşleme Bölümü Armutlu Meslek Yüksekokulu, Yalova Üniversitesi, 77500 Armutlu, Yalova, Türkiye, ²Farmasotik Toksikoloji Anabilim Dalı, Eczacılık Fakültesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, 67600 Kozlu, Zonguldak, Türkiye, ³Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Gaziantep Üniversitesi, Şehitkamil, 27090 Gaziantep, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-2962-1241>, ²<https://orcid.org/0000-0002-1953-7807>, ³<https://orcid.org/0000-0003-0254-6915>

✉: bayil@gantep.edu.tr

ÖZET

Pinaceae familyasına ait olan Gökmar ağacının Kastamonu Ilgaz dağlarında yetişen *Abies Nordmanniana* türü son yıllarda sağlık üzerine etkilerinden dolayı halk arasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada yöreye özgü Gökmar (abies) ağacının kozalaklarından geleneksel yöntemlerle elde edilen pekmez ve şurupların pH, asitlik derecesi, renk ve elektriksel iletkenlik gibi bazı fiziksel ve kimyasal analizleri yapıldı. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) yöntemi ile de kimyasal karakterizasyon analizleri yapıldı ve cihazın kütüphanesinde tespit edilen bileşenler yorumlandı. Spektrumların 1200–900 cm⁻¹ dalga boyu aralığında, şekerlerin eklenmesiyle birlikte yeni bantlar ortaya çıktığı gözlemlendi. Gökmar kozalak pekmezinde ilave edilen pancar şekerinin düşük sıcaklıkta uzun süre kaynatma yöntemi kullanılarak üretilmesinin poliakrilamid oluşumunu engellediği tespit edildi. Gökmar kozalak şurubunda ise 5- hidroksimetilfurufural (5-HMF) yapısal analiz sonucunda tespit edilmemiş olup yüksek sıcaklıkta üretimin gerçekleşmesi ile poliakrilamid yapıların olduğu belirlendi. Pekmez ve şurup numuneleri kendi aralarında kıyaslandığında, üretim yönteminin, üretim sıcaklık ve süresinin gıdanın içeriğinde meydana getirdiği değişiklikler bu çalışmada ilk defa ortaya konuldu.

Gıda Bilimi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 11.05.2023

Kabul Tarihi : 02.11.2023

Anahtar Kelimeler

Gökmar
Pekmez
Şurup
pH
İletkenlik

Comparison of Some Physical and Chemical Properties of Gökmar Cone Molasses and Liquid Syrups Produced in Kastamonu Region

ABSTRACT

Due to its effects on health, *Abies Nordmanniana* species of the Gökmar tree, belongs to the Pinaceae family and grows in Kastamonu Ilgaz mountains, has been widely used by the local people in recent years. The some physical and chemical analyzes of molasses and syrups obtained from the cones of the local abies tree were examined in this study. For this purpose, physical and chemical analyzes such as color, pH, acidity and electrical conductivity of molasses and syrups produced by traditional methods were performed. Chemical characterization analyzes were also performed with the Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) method, and the components detected in the device's library were interpreted. It was observed that new bands appeared with the addition of sugars in the 1200–900 cm⁻¹ wavelength range of the spectrums. It was determined that the production of beet sugar added fir cone molasses by using the method of boiling at low temperature for a long time prevented the formation of polyacrylamide. In the fir cone syrup, 5-hydroxymethylfurufural (5-HMF) was not detected according to the result of the structural analysis, and polyacrylamide structures were determined with the realization of production at high temperature. When the molasses and syrup samples were compared among themselves, the effect of production method, production temperature and time in the changes of the compenents were revealed for the first time in this study.

Food Science

Research Article

Article History

Received : 11.05.2023

Accepted : 02.11.2023

Keywords

Gökmar
Molasses
Syrup
pH
Conductivity

Atıf Şekli:	Çetinkaya T., Karacaoğlan, V., Oğuzkan, S. B., (2024) Kastamonu Yöresinde Üretilen Gökmar Kozalak Pekmez ve Sıvı Şuruplarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması. <i>KSÜ Tarım ve Doğa Derg</i> 27(3), 685-695. https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1296523
To Cite :	Çetinkaya, T., Karacaoğlan, V., Oğuzkan S.B. (2024). Comparison of Some Physical and Chemical Properties of Gökmar Cone Molasses and Liquid Syrups Produced in Kastamonu Region. <i>KSU J. Agric Nat</i> 27(3), 685-695. https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1295623

GİRİŞ

Gökmar, çamgiller (Pinaceae) familyasının *Abies* cinsinden iğne yapraklı ağaç türlerine verilen addır. Ormanlık alanlarda en fazla yayılış gösteren ağaç türü meşe (%29,42) olmakla birlikte, bunu %22,74 ile kızılçam, %18,31 ile karaçam, %8,19 ile kayın, %6,42 ile ardıç, %6,15 ile sarıçam ve %2,23 ile gökmar ağaç türleri takip etmektedir (İncemehmetoğlu, 2021; OGM, 2020). Türkiye’de Gökmar ağacı yaygınlık açısından Karadeniz Gökmarı, Uludağ Gökmarı, Kaz Dağı Gökmarı ve Toros Gökmarı şeklinde bir dağılım göstermektedir. Pekmez ülkemize yaygın olarak tüketilen geleneksel bir gıdadır. Genellikle üzüm, dut, gibi meyveler pekmez üretiminde hammadde olarak kullanılsa da Ilgaz dağlarında doğal olarak yetişen Gökmar’ın kozalakları da bölge halkı tarafından pekmez üretiminde kullanılmaktadır.

Son yıllarda, gıdaların sürdürülebilir ve sağlığa faydalı olması tercih edilen bir konu haline gelmiştir. Fonksiyonel gıda kavramı ya da gıdaların sağlık üzerine etkileri araştırma konusu olmuştur. Kozalak şurup ve pekmezlerinin öksürük, nefes darlığı, astım ve bronşit gibi hastalıkların tedavisinde fonksiyonel gıda olarak son yıllarda tercih edilmektedir (Ermiş, 1997; Yücel, 2014). Yapılan çalışmalarda ülkemizde yetişen bazı çam türlerinin kök, gövde, kozalak, dal, sürgünlerinden elde edilen ekstraktların antimikrobiyal (Eryılmaz ve ark. 2016; Kizil ve ark. 2002), yara iyileşmesi ve anti-enflamatuar aktivite (Tumen ve ark. 2010) ve bazı kanser türlerinde antikarsinojenik etki gösterdikleri belirlenmiştir (Aydın ve ark. 2013; Uçar, 2008).

Aynı zamanda doğal ve geleneksel yöntemlerle üretiminin yapıyor olması bu gıdalarla ilgili araştırma yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Gıdaların sadece besleyici özellikleri değil aynı zamanda şifalı yönlerinden faydalanılıyor olmak bu fonksiyonel gıdalara ilgiyi gün geçtikçe artırmaktadır (Işık & Çelik 2023). Ayrıca yöresel ve geleneksel yöntemlerle üretiminin yapıyor olması katkı maddelerinin kullanılmaması da bu gıdaları cazip hale getirmiştir. Fakat bu özellikler beraberinde gıdaların içeriklerinin bilinmemesi ve üretim yöntemlerinin son ürüne yapısal ne tür farklılıklar kazandırdığını bilmek önemli bir konu haline gelmiştir. Bu amaçla planlanmış olduğumuz bu çalışmada geleneksel yöntemlerle üretilen ve sağlık üzerine etkilerinden dolayı çokça tercih edilen Gökmar kozalak pekmez ve şurubunun bazı fiziksel ve kimyasal analizleri yapıldı. Analizlerin yapıldığı pekmez ve şuruptaki Hidroksimetilfurfural (HMF)

meyve suları, süt, bal, pekmez, tahıl ürünleri ve reçel (Hepsağ ve ark. 2017) gibi birçok gıdanın üretimi ve depolanması sürecinde oluşabilmektedir. HMF miktarlarının belirlenerek üretim süreçlerinin kontrolü açısından önem taşımaktadır (Batu ve ark. 2014). Bu amaçla 5-HMF miktarına sınırlama getirilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine göre balda 40 mg/kg (ppm) ‘a kadar bulunmasına izin verilmektedir.

Birçok gıdanın üretim metodları ya da depolanma süreçlerindeki farklılıklardan dolayı oluşan HMF ve poliakrilamid yapılarının varlığının tespiti önemli olduğu için yapının fonksiyonel grupları bu çalışmada değerlendirildi.

MATERYAL ve METOD

Kastamonu Ilgaz yöresinde, Gökmar kozalaklarından elde edilen pekmez ve şuruplar o bölgede yaşayan yerel köylüler tarafından aşağıdaki süreçlerde geleneksel yöntemlerle üretilip tarafımıza gönderildi.

Gökmar Kozalak Sıvı Şurubu Hazırlama

Olgun Gökmar (*Abies Nordmanniana*) kozalakları 1 litre suda 500 g olacak şekilde suda bekletilir. Daha sonra kaynatma işlemine geçilir. Su kaynamaya başladıktan sonra 4 saat kaynatılır. Geleneksel yöntemlerle üretilen Gökmar kozalak şurubu, yüksek sıcaklıkta (>120 °C) sıcaklık aralıklarında ekstra şeker ya da kil ilavesi olmadan kaynatılarak hazırlanmaktadır.

Gökmar Kozalak Pekmezi Hazırlama

Olgun Gökmar (*Abies Nordmanniana*) kozalakları 1 litre suda 500 g olacak şekilde suda bekletilir. Daha sonra kaynatma işlemine geçilir. Pekmez elde edilirken 100 L suya 50 kg şeker ilave edilerek (pancar şekeri) toplamda 10 saat renk değişimi olana kadar düşük ısıda (ort.90-100 °C) kaynatılarak hazırlanmaktadır. Şeker ilavesi yapılırken 100 L 'ye 84 g sitrik asit eklemesi şekerin kristalizasyonu önlemek ve tat vermek için yapılmaktadır.

Fiziksel Analizleri

Titration asitliği ve pH

Asitlik tayini analizi için öncelikle örneklerden 10’ar gram tartılarak üzerine 75 ml saf su eklendi. Erlene 3 damla daha önceden hazırlanan %1’lik fenolftaleyn indikatör çözeltisinden ilave edildi. Karışım 0,1 N NaOH çözeltisi ile pembe renk elde edilinceye kadar titre edilmiştir. 3 tekrarlı işlemler sonucunda, renk

değişimi görüldüğünde harcanan NaOH'nin miktarından yararlanarak numunenin asitliği mili eş

$$\text{Asitlik} \left(\text{mili Eşdeğer} \frac{\text{asit}}{\text{kg}} \text{ numune} \right) = \frac{(F \times N \times V)}{m} \times 1000$$

Gökmar pekmez ve şuruplarının pH değerleri probun örneklerin içerisine 3 kez daldırılmasıyla HANNA HI9124 (Hanna Instruments, Romanya) cihazıyla ölçüldü. İki analiz de oda sıcaklığında gerçekleştirildi.

Elektriksel İletkenlik

Elektriksel iletkenlik değerleri WTW (Almanya) portatif kondüktometre cihazı kullanılarak ölçüldü. 20ml'lik falkon tüpüne aktarılan numunelerin içerisine cihazın probu daldırıldı ve 3 tekrarlı ölçümler yapıldı.

Renk Analizleri

İki örneğin renkleri FRU Precise Renk okuyucu (WR-10, Çin) cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Parlaklığın göstergesi olan L değeri en yüksek 100 beyaz rengi, en düşük 0 siyah rengi ifade etmektedir. Pozitif a kırmızıyı, negatif a yeşili, pozitif b sarıyı, negatif b ise maviyi ifade etmektedir. Her örnek için üç ölçüm gerçekleştirilerek ortalamaları alındı.

değer asit/kg numune cinsinden aşağıdaki formül yardımı ile hesaplandı:

Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) Analizleri

FTIR analizi gıdaların kimyasal yapılarının karakterize edilmesi için yaygın olarak kullanılan spektroskopik yöntemlerden biridir (Yaman, 2019). FTIR verileri ATR cihazı ile donatılmış Perkin Elmer Spektrofotometresi ile (Lambda 25, Waltham, MA) ile 4/cm çözünürlükte elde edildi. Numuneler iletim modunda 4000–650 cm⁻¹ dalga boyu aralığında incelendi.

BULGULAR ve TARTIŞMA

pH ve Titrasyon Asitliği

pH değeri pekmezlerin lezzet ve dayanıklılığı üzerine etkili bir parametredir (Özbey ve ark. 2013). Çizelgeden de görüleceği üzere analizi yapılan örnekler arasında pH değeri açısından farklılık gözlenmiştir. Gökmar pekmez örneğinin Çizelge 1'de gösterildiği gibi pH'ı 3,87 iken şurubunki 4,82 olarak bulundu.

Çizelge 1. Sıvı şurup ve pekmez örneklerine ait fizikokimyasal sonuçlar

Table 1. Physicochemical results of liquid syrup and molasses samples

Parametreler	Numune	
	Pekmez	Sıvı Şurup
pH	3.87±0.01	4.82±0.02
Titrasyon Asitliği	23.52±0.98	11.76±0.98
Elektriksel İletkenlik (mS/cm)	0.0088±0.0002	2.28±0.0058
Renk	<i>L</i>	36.70±6.09
	<i>a</i>	15.46±3.69
	<i>b</i>	28.16±8.47

2007 yılında yayınlanan Üzüm Pekmezi Tebliği'nde, tatlı katı üzüm pekmezi için pH değeri ≤5.0–6.0 olarak, ekşi katı üzüm pekmezi için ise 3,5–5.0> olarak belirlenmiştir (Anonim, 2017). TS 3792 Üzüm Pekmezi Standardı'na göre ise bu limitler tatlı pekmez için 4,90-6,0, ekşi pekmez için 3,50-4,90 (hariç) aralığıdır. Türkbey ve ark. (2016) farklı üzüm çeşitleri ile yapılan pekmezlerle ilgili araştırmalarında pH değerlerini 3,59-5,23 arasında bulmuşlardır. Kaya ve ark. (2012)'nin çalışmasında ise üzüm pekmezi örneklerinin pH değeri 4,40 ve 5,78 arasında bulunmuştur. Çizelgede verilen değerlerin diğer çalışmaların bulgularıyla uyumlu olduğu görülmektedir. Akbulut ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada pekmez yapımında kullanılan dutun çeşidine bağlı olarak pH'da önemli farklılıklar olduğunu ve sonuçların 3,50 ile 6,01 arasında ölçüldüğünü bildirmişlerdir. Yapılan çalışmalar örneklerde ölçülen pH değerinin hasat zamanına, yetişen toprağın özelliklerine kullanılan asitlik

düzenleyici miktarına ve çeşidine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Bizim çalışmamızdaki Gökmar kozalak pekmezinin asitliğinin sıvı formundakine göre düşük olması şeker krsitalizasyonunu engellemek amacı ile kullanılan sitrik asit kaynaklıdır. Titrasyon sonucunda elde edilen asitlik değerlerinin pH ile uyumlu olduğu ve Gökmar kozalak pekmezinde şuruba göre yüksek olması eklenen sitrik asitle doğru orantılıdır.

Elektriksel İletkenlik

Çalışmamızda katı pekmez ile sıvı şurup arasında elektriksel iletkenlik değeri yönünden fark gözlemlenmiş olup bu değerlerin glikoz (pancar şekeri) eklenen pekmezde şuruba göre oldukça düşük olduğu tespit edildi. Pekmez için elektriksel iletkenlik değerleri standartlarda belirtilmemiştir (Tosun ve ark. 2012). Ancak gıdalardaki elektriksel etkileşimlerin raf ömrü, renk, tekstür ve reolojik

özellikler gibi pek çok faktörü etkileyebildiği bilinmektedir. Bal gibi ürünlerde iletkenlik değeri mineral bileşenlerine, organik asit miktarına ve protein içeriğine göre değişebilmektedir.

Yapılan çalışmalarda pekmeze eklenen şeker çeşidi ve miktarının bu değerleri etkilediği bildirilmiştir. Örneğin saf pekmez ürünlerinde %50 şeker eklenenlere göre daha yüksek elektriksel iletkenlik değeri bulunmuştur. Şurupların elektriksel iletkenlik değeri daha düşük olduğundan eklenen şurup miktarı elektriksel iletkenlik değerinin düşmesine önemli bir rol oynamaktadır (Tosun ve ark. 2012). Erbil (2020) pekmez çeşitlerinin üzerine yaptığı çalışmada yüksek şeker konsantrasyonlarda kıvam koyulaşmasıyla birlikte iyon hareketliliği azaldığını ve iletkenlik değerindeki azalmanın şeker ilavesinin göstergesi olabileceğini ifade etmiştir.

Renk

Pekmezlerde ısı işlemin süre ve sıcaklığına bağlı enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucu renk farklılıkları oluşabilmektedir. Göknar kozalak pekmezi hazırlanırken şeker ilavesi ile düşük sıcaklıkta ortalama 10 saat kaynatılması pekmezin rengini koyulaştırırken şurupta yüksek sıcaklıktaki kaynatmadan farklı bir renk oluşmasına neden olmuştur.

Pekmez üretiminde kaynatma süresinin uzun tutulması rengi etkileyen önemli faktörlerden biridir ve ısı işlem sırasında meydana gelen karamelizasyon olayı pekmezin renginin koyulaşmasına neden olabilmektedir (İncemehmetoğlu, 2021; Küçük ve ark, 2022). Nitekim kaynatma süresinin uzun tutulması ile daha kıvamlı ve daha koyu renkli pekmezlerin elde edildiği diğer araştırmacılar tarafından da açıklanmıştır (Karataş ve Şengül, 2018). Öte yandan yüksek sıcaklık uygulanan sıvı şurupta L değerinde yaklaşık %22,6'lık düşüş gözlemlenmiştir. Karakavuk (2014) tarafından, üzüm özü üretiminin 65 °C, 75 °C, 85 °C ve 100 °C'de gerçekleştirildiği çalışmada da, L değerinin sıcaklık arttıkça önemli ölçüde düştüğü belirlenmiştir. L değerinin yüksek olması kaliteli bir pekmez için istenen özelliktir. Ancak pozitif yükselen a değeri şekerlerin karamelizasyonun bir göstergesi olduğundan çok yüksek olması arzu edilmeyen bir durumdur (Özbey ve ark. 2013). Çalışmamızda katı pekmezde pozitif yönde artışın kırmızıyı temsil ettiği a değerinin 1,45'ten 15,46 yükseldiği, pozitif artışın sarıyı temsil ettiği b değerinin de 12,36'dan 28,16'ya arttığı tespit edilmiştir. Üzüm pekmezi tebliğine göre, pekmez açık kırmızı kahverengiden koyu kırmızı kahverengiye kadar değişen renklerde olabilmektedir (Anonim, 2017). Şekil 1'deki fotoğraftan da görüleceği üzere katı pekmezde karamelizasyon ile a değerinde artış gözlemlenmiş olsa da duyuşal görünüm özellikleri bu tebliğe uymaktadır.



Şekil 1. Göknar kozalak pekmezi (koyu kırmızımı) ve sıvı şuruplarının (kahverengimsi) görsel fotoğrafları. Fotografik görüntüler 3024x4032 piksel ve 72 dpi'ye sahip cep telefonu kullanılarak elde edildi

Figure 1. Visual photographs of fir cone molasses (dark reddish) and liquid syrups (brownish). Photographic images were obtained using a mobile phone with 3024x4032 pixels and 72 dpi

Pekmez ve şurubun renginin farklı olması şeker ve asit eklemeye bağlı olarak da değişebilmektedir. Pişirmenin başlangıcında sıra yüzeyinde oluşan ve kef adı verilen köpüklerin yayvan keçelerle ortamdaki alınmasıyla berrak bir pekmez görünümü sağlanmaktadır. Göknar kozalak pekmezinin renginin şurubuna göre daha parlak olması bu duruma da bağlanmaktadır.

FTIR analizleri

Gıda ürünlerinin bileşenlerinin kimyasal karakterizasyonunda önemli bir rol oynayan, geleneksel analitik yöntemlere kıyasla hızlı sonuç veren basit bir yöntem olan FTIR spektroskopisi ile iki farklı numunedeki gruplar ve içerikler kıyaslanmıştır.

Her iki numunede 3600-2800 cm⁻¹, 2200-1900 cm⁻¹, 1700-1500 cm⁻¹, 1280-1200 cm⁻¹ dalga boyu aralıklarında ortak band bölgeleri gözlemlenmiştir. Ancak yakından incelendiğinde bu bantların pik yoğunluklarında değişimler ve Çizelge 2'de gösterildiği gibi taban noktalarında kaymalar gözlemlenmektedir. Örneğin O-H veya C-H fonksiyonel gruplarını temsil eden 3600-2800 cm⁻¹ dalga boyu bandının orta noktası şurupta 3309,7 cm⁻¹ iken pekmezde 3271,4 cm⁻¹'e kaymıştır. 1638 cm⁻¹'de ise band yoğunluğu daha fazla iken bu yoğunluk pekmez numunesinde azalmış ve 1642,9 cm⁻¹'e kayarak daha geniş band aralığında ortaya çıkmıştır.

Çizelge 2. Infrared spektrumdaki fonksiyonel gruplar, taban noktalarındaki kayma ve yeni oluşan pikler
Table 2. Functional groups, shifts in base points and newly formed peaks in the infrared spectrum

Fonksiyonel Grup	Sıvı Şurup Dalga boyu (cm ⁻¹)	Pekmez Dalga boyu (cm ⁻¹)	Kaynak
-OH, Amid A -OH gerilmeleri	3309.7	3271.4	Anjos ve ark. (2015), Se ve ark. (2018), Yaman, (2019)
CH/CH ₂ gerilme vibrasyonları	2099	2103	Wiercigroch ve ark. (2017)
Karboksilik asitin C-H gerilmesi, OH gruplarına bağlı C-H gerilmeleri	-	2933.5	Anjos ve ark. (2015), Elzey ve ark. (2016), Se ve ark. (2018)
OH ₂ makaslama titreşimleri veya dış bükülmeler	1638	1642.9	Cheng ve Lin (2006)
iki endosiklik CH ₂ grubunun makaslama modu	-	1416.8	Mathlouthi ve ark. (1983)
-C-C-H/C-O-H gruplarının açısıl deformasyonu	1269	1264.9	Rizk ve ark. (2023), Yaman (2019)
C-O ve C-C simetrik uzantılarının bağlanması	-	922,6	Wiercigroch ve ark. (2017)
C-O/C-C gerilme vibrasyonları, C-O-H düzlem içi bükülmeleri	-	1102 1028.9 866.9 818.3 777.5 702	Wiercigroch ve ark. (2017)
C-C-H asimetrik, C-C-H düzlem içi bükülmeler	-	866.9	Wiercigroch ve ark. (2017)

Sonuçlara göre pekmezde şuruptan farklı olarak birçok yeni pik, kırılmalar ve omuzlar gözlemlenmektedir (Şekil 2 ve Şekil 3). Bu yeni kimyasal bağlar iki örneğin birbirinden tamamen farklı olduğunu kanıtlamakta ve göknar kozalak pekmez numunesinde farklı bileşenlerin olduğunu ispatlamaktadır. Bu farklılıklar özellikle 1200-600 cm⁻¹ parmak izi bölgesinde ortaya çıkmıştır. Daha önceki çalışmalarda 1500-800 cm⁻¹ arasındaki bölgenin şekerler ile ilgili karakteristik absorpsiyon bantlarını kapsadığı belirtilmiştir (Wang ve ark. 2010). Göknar kozalak pekmez numunesinde 1416,8, 1349,8, noktalarında yeni zayıf bantlar ve omuzlar ortaya çıkmıştır. 1268,5'ten 1264,8'e kayan pikin yoğunluğu ise güçlenmiş ve bant aralığı genişlemiştir. Çalışmalarda 1500-1200 cm⁻¹ arasındaki bantların CH₂ bağlarının deformasyonu ve -C-C-H/C-H-O gruplarının açısıl deformasyonu ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Gallardo-Velázquez ve ark. 2009; Gok ve ark. 2015; Hineno, 1977; Se ve ark. 2018).

1200-950 cm⁻¹'de ortaya çıkan birçok yeni yoğun bantların ise C-OH gruplarındaki C-O gerilmeleri ve şekerdeki C-C gerilme piklerinden kaynaklanmış olabilir (Khurana ve ark. 2008; Rizk ve ark. 2023; Se ve ark. 2018). Özellikle 1028,9'daki pik numunede glukoz olduğunu ispatlamaktadır. Çünkü daha önceki çalışmalarda benzer olarak bu bölgede glukoz 1024 cm⁻¹, 1027 cm⁻¹, 1022 cm⁻¹, ve 1029 cm⁻¹ dalga

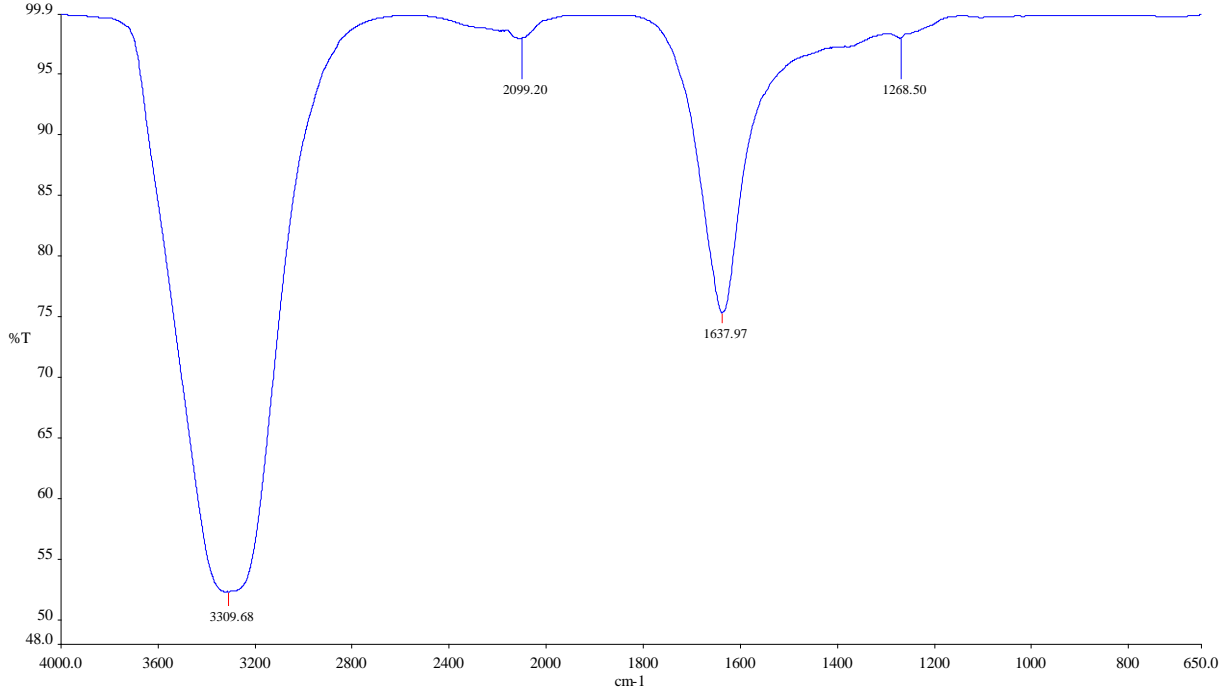
boylarında maksimum band yoğunluğu göstermiştir (Mellado-Mojica ve ark. 2016; Rizk ve ark. 2023; Se ve ark. 2018; Yaman, 2019).

CCO gruplarının deformasyon modlarının hakim olduğu 1000-800 cm⁻¹ aralığında 866,9 cm⁻¹ 818,3 cm⁻¹, 777,5 cm⁻¹ gözlenen pikler fruktoz varlığının sebebi olabilir. Çünkü yine önceki çalışmalarda da 817 cm⁻¹, 817 cm⁻¹, ve 778 cm⁻¹'deki piklerin fruktoz ilavesinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Kačuráková & Mathlouthi, 1996; Wiercigroch ve ark. 2017) Çalışmamızdaki Göknar kozalığın yapısında bulunan meyve şekeri olan fruktoz Göknar kozalığına asit ilave edilip kaynatılması esnasında pekmezin yapısına geçmiş olabilir.

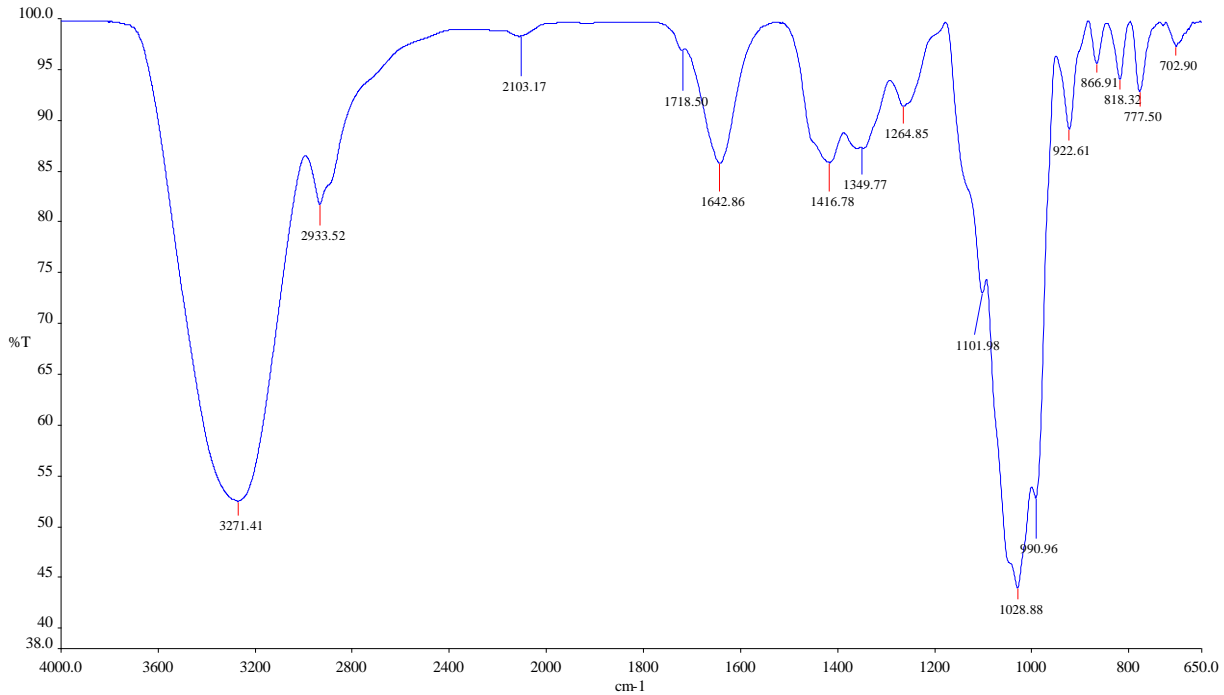
Özdemir (2004) Toros Göknarı (*A. cilicica subsp. isaurica*)'nın genel kimyasal yapısını incelediği çalışmada %79 oranında holoselüloz olduğunu bildirmiştir. Göknar pekmez örneğinde de FTIR cihazının taraması sonucu, cihaz kütüphanesinden alfa selüloz ve selüloz yapılarına benzer spektrumlar elde edildi. Göknar şurup örneklerine bakıldığında ise cihazın kütüphanesinde farklı polimerik yapılara ait bileşenler tespit edildi. Bunun sebebi sıvı şurupta ham karbonhidrat yapıları bulunurken, pekmez örneğine ısıtma uygulanması ve şeker eklemesi sebebiyle yeni yapıların (jel yapıları, biyomoleküller) oluşmasına bağlanmaktadır. Bilindiği üzere gıdaların ısıtılması sırasında, indirgen şekerler ile amino

asitler reaksiyona girerek Maillard reaksiyonu olarak bilinen gıdaların esmerleşmesine yol açan olaylar gerçekleşir. Bununla birlikte ısıtma ile esmerleşme reaksiyonundan sorumlu daha reaktif monokarbonil ve dikarbonil bileşiklerinin üretildiği bilinmektedir

(Feather, 1993). Bu nedenle yüksek sıcaklıkla birlikte reçine maddelerinin ve diğer moleküllerin pekmezin yapısına geçişi ve yeni bileşiklerin üretilmesi söz konusu olabilir.



Şekil 2. Gök nar sıvı şurup örneğinin FTIR spektrumu
Figure 2. FTIR spectrum of Gök nar liquid syrup sample



Şekil 3. Gök nar pekmez örneğinin FTIR spektrumu
Figure 3. FTIR spectrum of Gök nar cone molasses sample

HMF, gıdaların işlenişi esnasında sıcaklık ve uygulama süresi ile aynı zamanda asitlik/bazlık

değerleri ile karbohidrat yapılarından meydana gelebilen doza bağlı toksik bir kimyasaldır. Gök nar

pekmezi üretimi esnasında geleneksel yöntemler uygulandığından kullanılan pancar şekeri ve eklenen sitrik asit değerlerinin herhangi bir standardı yoktur. Yapılan bir çalışmada, farklı pişirme süresi, teçhizat ve ısıtma yapılarak açık kazanlarda geleneksel pişirme uygulanan çam pekmezlerinde HMF değerleri geniş bir aralıkta (4,54-1101,58 mg/kg) tespit edilmiştir (İncemehmetoğlu, 2021).

HMF renk esmerleşmesinde rol oynayabilen ve pekmezde önemli kalite unsurlarından bir bileşen olup, düşük pH değerinde, heksozların asidik ortamda bozulmaları ile oluşabilmektedir (Yaman, 2019). HMF ile vizkozite arasında doğrusal bir ilişki olduğu ifade edilmiştir. Cihaz kütüphanesinde HMF'ye rastlanmamış ancak, hidroksietil selüloz bileşeni tespit edilmiştir. Bu bileşen Maillard reaksiyonu sonucu yeni oluşan melanoidin benzeri ürünlerinden biri olabilir. Ertop ve ark. (2017) bazı melanoidin ürünlerinin antioksidatif etkilerinin olduğunu ifade etmiştir bu nedenle pekmezde antioksidan içeriklerinde de değişimler olmuş olabilir.

Akrilamid karbonhidrat ve protein içerikli besinlerin yüksek ateşte pişirilmesiyle (>120°C) ortaya çıkabilen monomerik ile polimerik olarak iki formu bulunan, organik bir bileşiktir. FTIR cihazının sonuçlarının kütüphanesinde monomerik forma göre kısmen daha az zararlı olan ve toksik özellik göstermeyen poliakrilamid formu tespit edilmiştir. Bu da yüksek ateşte kaynatmayla birlikte polimer yapıdaki akrilamidin oluşmuş olabileceğini göstermektedir (Sırıklı ve Kara, 2022). Göknar pekmezin FTIR sonuçlarına göre cihaz kütüphanesinde tespit edilen yapıların içerisinde herhangi bir poliakrilamid yapıya rastlanmamıştır. Mestdagh ve ark. (2008) yaptığı çalışmada sitrik asitin son ürünlerdeki akrilamid içeriğini önemli derecede azalttığını ifade etmiştir. Dolayısıyla daha düşük pH ve yüksek asitliğe sahip olan bu örnekte ortam asitliği poliakrilamid oluşumunu engellemiş olabilir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Göknar kozalak ağacından elde edilen ve yöresel olarak tüketilen pekmez ve şurupların son yıllarda tüketimi yaygınlaşmıştır. Bu nedenle bu yöreye ait ve faydalı diye lanse edilen geleneksel yöntemlerle üretilen gıdaların içerik analizlerinin yapılması önemli bir hale gelmiştir. Türkiye'de, Pinaceae familyasına ait olan iki tür Göknar ağacı olup Kastamonu İlğaz dağlarında yetişen *Abies Nordmanniana* türü bu çalışmada değerlendirildi.

Göknar kozalak pekmez ve şurubu kendi arasında fiziksel özellikleri ve kimyasal özellikleri açısından bu çalışmada araştırıldı. Viskozitesi daha yoğun olan pekmezin elektriksel iletkenliğinin düşük olmasının içerisindeki iyonların hareket sınırlılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı zamanda yapılan renk analizinde ve görsel değerlendirmede

pekmezin sıvı şuruba göre daha koyu kırmızı renkte, daha kıvamlı ve akışkan olduğu belirlenmiştir. L ve a değerlerinin düşerek rengin kızılımtırağa dönmesi, pekmezin içerdiği şekerin belli bir miktarının yanmasının göstergesidir. Daha uzun süren ısı işlemi, renk kararmasına sebep olarak kurumadde miktarının da yükselmesine ve böylece vizkozitenin artmasına sebep olmuştur.

Isıl işlem, gıdaların raf ömrünü uzatmasının yanı sıra, son ürün kalitesi üzerinde tat ve görünüş gibi önemli etkiler yaratan bir prosestir. Isıl işlem, Maillard reaksiyonu, karamelizasyon gibi bir dizi kimyasal reaksiyona bağlı olarak gıdalarda değişikliklere sebep olabilmektedir. Pekmezler meyvelerin ısı işlemi uygulanarak işlenmesi ile üretildiğinden pekmezin ortaya çıkışında meyve sırası istenilen duyu özelliklere, şeker konsantrasyonuna ve kıvama sahip olana kadar ısı işlemiyle koyulaştırılmıştır. Göknar meyvesinden daha fazla besin maddelerinin alımı, meyvenin (kozalak) suda bekletilip, kaynatılması ve sırasının konsantre edilerek pekmez haline getirilip tüketilmesiyle mümkün olabilir.

Göknar pekmezinin FTIR analizlerinde cihaz kütüphanesinde HMF'ye rastlanmamasının kullanılan ısı yönteminin düşük sıcaklıkta olması ile alakalı olabileceği düşünülmektedir. Göknar şurubunun FTIR analizine bakıldığında da yine cihaz kütüphanesinde HMF tespit edilemedi. Göknar şurupları üretim metodunda şeker ilavesi olmaması bu durumu açıklamaktadır. Tüm kaynatma işlemine maruz kalan şekerli ürünlerde HMF hem işlemin doğru uygulanıp uygulanmadığı hem de sağlık açısından uygunluğunu gösteren önemli bir parametre olduğu için bu iki fonksiyonel gıdanın kimyasal karakterizasyonunda tespit edilememiş olması oldukça önemlidir. Bu sonuçlar FTIR cihazıyla basit bir şekilde tüketiciler için ürünün içeriğinin bileşenlerinin kalitesinin belirlenmesi noktasında yol gösterici olmuştur. Bu yöntemli ileriki çalışmalarda farklı oranlarda HMF içeren ürünlerin spektrumları incelenerek kıyaslama yapılması noktasında örnek bir yöntem olacaktır.

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

Akbulut, M., Batu, A., Çoklar, H. (2007). Dut pekmezinin bazı fizikokimyasal özellikleri ve üretim teknikleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik*

- Dergisi*, 2, 25–31. , H. (2007). *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2, 25-31. ISSN: 1306-7648.
- Anjos, O., Campos, M. G., Ruiz, P. C., & Antunes, P. (2015). Application of FTIR-ATR spectroscopy to the quantification of sugar in honey. *Food Chemistry*, 169, 218–223. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2014.07.138>
- Anonim. (2012). *Türk gıda kodeksi bal tebliği. (tebliğ no: 2012/58)*. 27 Temmuz 2012 Tarih ve 28366 Sayılı Resmî Gazete, Ankara.
- Anonim. (2017). *Türk gıda kodeksi üzüm pekmezi tebliği. (tebliğ no: 2017/8)*. 30 Haziran 2017 Tarih ve 30110 Sayılı Resmî Gazete, Ankara.
- Aydin, E., Türkez, H., & Geyikoğlu, F. (2013). Antioxidative, anticancer and genotoxic properties of α -pinene on N2a neuroblastoma cells. *Biologia (Poland)*, 68(5), 1004–1009. <https://doi.org/10.2478/S11756-013-0230-2>
- Batu, A., Aydoğmuş, R. E., Bayrambaş, K., Eroğlu, A., Karakavuk, E., & Eroğlu, Z. (2014). Formation of Hydroxymethylfurfural In Foods and Its Effects On Human Health. *Electronic Journal of Food Technologies*, 9(1), 40–55. ISSN: 1306-7648.
- Cano-Sarmiento, C., Téllez-Medina, D. I., Viveros-Contreras, R., Cornejo-Mazón, M., Figueroa-Hernández, C. Y., García-Armenta, E., Alamilla-Beltrán, L., García, H. S., & Gutiérrez-López, G. F. (2018). Zeta Potential of Food Matrices. In *Food Engineering Reviews* (Vol. 10, Issue 3, pp. 113–138). Springer New York LLC. <https://doi.org/10.1007/s12393-018-9176-z>
- Cemeroğlu, B. (2010). *Gıda Analizleri*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. Nadir Kitap. Ankara, 657 sy.
- Cheng, W. T., & Lin, S. Y. (2006). Processes of dehydration and rehydration of raffinose pentahydrate investigated by thermal analysis and FT-IR/DSC microscopic system. *Carbohydrate Polymers*, 64(2), 212–217. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2005.11.024>
- Elzey, B., Pollard, D., & Fakayode, S. O. (2016). Determination of adulterated neem and flaxseed oil compositions by FTIR spectroscopy and multivariate regression analysis. *Food Control*, 68, 303–309. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2016.04.008>
- Erbil, D. (2020). *Endüstriyel Ve Geleneksel Yöntemlerle Üretilmiş Farklı Pekmez Çeşitlerinin Bazı Fizikokimyasal Ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. (Tez no 630632)*. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi
- Ermiş. (1997). Şifali bitkiler ansiklopedisi. Gün Yayıncılık. Nadir Kitap. 716 sy.
- Ertop, M. H., Beyza, S., & Sarıkaya, Ö. (2017). The Relations Between Hydroxymethylfurfural Content, Antioxidant Activity and Colorimetric Properties of Various Bakery Products. *Gıda Journal of Food*, 42(6), 834–843. <https://doi.org/10.15237/gida.GD17033>
- Eryılmaz, M., Tosun, A., & Tümen, İ. (2016). Antimicrobial Activity of Some Species from Pinaceae and Cupressaceae. *Turkish Journal of Pharmaceutical Science*, 13(1), 35–40.
- Feather, M. S. (1993). Dicarbonyl Sugar Derivatives and Their Role in the Maillard Reaction. ACS Symposium Series Vol. 543. ISBN13: 9780841227422 eISBN: 9780841213999, 127–141.
- Gallardo-Velázquez, T., Osorio-Revilla, G., Loa, M. Z. de, & Rivera-Espinoza, Y. (2009). Application of FTIR-HATR spectroscopy and multivariate analysis to the quantification of adulterants in Mexican honeys. *Food Research International*, 42(3), 313–318. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2008.11.010>
- Gok, S., Severcan, M., Goormaghtigh, E., Kandemir, I., & Severcan, F. (2015). Differentiation of Anatolian honey samples from different botanical origins by ATR-FTIR spectroscopy using multivariate analysis. *Food Chemistry*, 170, 234–240. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2014.08.040>
- Hepsağ, F., Hayoğlu, İ. (2017). Akdeniz Bölgesinde Satışı Yapılan Bazı Reçellerin HMF Miktarlarının HPLC ile Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi. *Batman University Journal of Life Sciences*, 7 (2/2), 149–160.
- Hineno, M. (1977). Infrared spectra and normal vibration of β -d-glucopyranose. *Carbohydrate Research*, 56(2), 219–227. [https://doi.org/10.1016/S0008-6215\(00\)83344-3](https://doi.org/10.1016/S0008-6215(00)83344-3)
- Işık, Sefa, Çelik, Ş. (2023). Sürülebilir Özellikte Yeni Kahvaltılık Bir Ürün: Dut Pekmezi Kreması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 26(2), 326-338.
- İncemehmetoğlu, E. (2021). *Geleneksel Çam Kozalağı Pekmezinin Fizikokimyasal, Biyoaktif ve Fonksiyonel Özelliklerinin Araştırılması. (Tez no 682085)*. [Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Kačuráková, M., & Mathlouthi, M. (1996). FTIR and laser-Raman spectra of oligosaccharides in water: characterization of the glycosidic bond. *Carbohydrate Research*, 284(2), 145–157. [https://doi.org/10.1016/0008-6215\(95\)00412-2](https://doi.org/10.1016/0008-6215(95)00412-2)
- Karakavuk. (2014). *Üzümünden 'Üzüm Özü' adında yeni bir ürün eldesi üzerine bir araştırma. (Tez no 372467)*. [Yüksek Lisans Tezi, Tunceli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Karataş, N., & Şengül, M. (2018). Dut Pekmezinin Bazı Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri ile

- Antioksidan Aktivitesi Üzerine Depolamanın Etkisi. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 5(1), 34–43.
- Kaya, C., Duygu Akaydın, M., & Esin, Y. (2012). Bazı Ticari Sıvı ve Katı Üzüm Pekmezlerinin Özellikleri. *Akademik Gıda*, 10(3), 32–39. ISSN: 1304-7582
- Khurana, H. K., Jun, S., Cho, I. K., & Li, Q. X. (2008). Rapid Determination of Sugars in Commercial Fruit Yogurts and Yogurt Drinks Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Multivariate Analysis. *Applied Engineering in Agriculture*, 24(5), 631–636. <https://doi.org/10.13031/2013.25261>
- Kizil, M., Kizil, G., Yavuz, M., & Aytakin, Ç. (2002). Antimicrobial activity of resins obtained from the roots and stems of Cedrus libani and Abies cilicia. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 38(2), 144–146. <https://doi.org/10.1023/A:1014358532581/METRICS>
- Küçük, A. Y., Duraklı Veliöğlu, S. (2022). Keçiboynuzu Özünü Adı Altında Satışa Sunulan Ürünün Bazı Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi ve Keçiboynuzu Pekmezi İle Karşılaştırılması. *The Journal of Food*, 47(5), 889–903. <https://doi.org/10.15237/GIDA.GD22033>
- Kutay Sırıklı, İ., & Hasan Hüseyin Kara. (2022). Gıda Güvenliği Riskleri Bakımından Yöresel Pişirme Yöntemleri. 3rd International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences. Konya, Türkiye, 20-23 Haziran, 2022 ss. 7.
- Mathlouthi, M., Seuvre, A. M., & Koenig, J. L. (1983). F.T.-I.R. and laser-raman spectra of d-ribose and 2-deoxy-d-erythro-pentose (“2-deoxy-d-ribose”). *Carbohydrate Research*, 122(1), 31–47. [https://doi.org/10.1016/0008-6215\(83\)88404-3](https://doi.org/10.1016/0008-6215(83)88404-3)
- Mellado-Mojica, E., Seeram, N. P., & López, M. G. (2016). Comparative analysis of maple syrups and natural sweeteners: Carbohydrates composition and classification (differentiation) by HPAEC-PAD and FTIR spectroscopy-chemometrics. *Journal of Food Composition and Analysis*, 52, 1–8. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2016.07.001>
- Mestdagh, F., Maertens, J., Cucu, T., Delporte, K., Van Peteghem, C., & De Meulenaer, B. (2008). Impact of additives to lower the formation of acrylamide in a potato model system through pH reduction and other mechanisms. *Food Chemistry*, 107(1), 26–31. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2007.07.013>
- OGM. (2020). *Orman ve Biyolojik Çeşitlilik*. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/kitaplik/yayinlar>
- Özbey, A., Öncül, N., Erdoğan, K., Yıldırım, Z., Yıldırım, M. (2013). Tokat Yöresinde Üretilen Çalma Pekmezin Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri. *Akademik Gıda*, 11(1), 46–52. ISSN: 1304-7582.
- Özdemir, H. (2004). *Anadolu Göknaar Türleri (Abies Spp.) Odunlarının Kimyasal Karakterizasyonu*. (Tez no 184837) [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Özkan, K., Türkmenoğlu, G., Fakir, H., & Sağdıç, O. (2023). Andız (Juniperus drupacea) Pekmezinin Üretimi, Çeşitli Fizikokimyasal ve Biyoaktif Özellikleri. *European Journal of Science and Technology*, 46(46), 74–81. <https://doi.org/10.31590/EJOSAT.1200090>
- Rizk, H. A., Estephan, J., Salameh, C., & Kassouf, A. (2023). Non-targeted detection of grape molasses adulteration with sugar and apple molasses by mid-infrared spectroscopy coupled to independent components analysis. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 40(1), 1-11. <https://doi.org/10.1080/19440049.2022.2135766>
- Se, K. W., Ghoshal, S. K., Wahab, R. A., Ibrahim, R. K. R., & Lani, M. N. (2018). A simple approach for rapid detection and quantification of adulterants in stingless bees (Heterotrigona itama) honey. *Food Research International*, 105, 453–460. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2017.11.012>
- Tosun, M., Keles, F., Pekmezine, D., Şeker, D., Katılarak, Ş., Hileleri, Y., & Yöntemleri, B. (2012). Testing Methods for Mulberry Pekmez Adulterated with Different Sugar Syrups. *Akademik Gıda*, 10(1), 17–23. ISSN: 1304-7582.
- Tumen, I., Hafizoglu, H., Kilic, A., Dönmez, I. E., Sivrikaya, H., & Reunanen, M. (2010). Yields and Constituents of Essential Oil from Cones of Pinaceae spp. Natively Grown in Turkey. *Molecules*, 15 (8), 5797–5806. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES15085797>
- Türkben, C., Suna, S., İzli, G., Uylaşer, V., & Demir, C. (2016). Physical and Chemical Properties of Pekmez Molasses Produced with Different Grape Cultivars. *Journal of Agricultural Sciences*, 22(3), 339–348. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001392
- Uçar, A. (2008). Geleneksel Türk Tadı: Pekmez. *Atatürk Kültür, Dil Ve Tarih Yüksek Kurumu, Uluslararası Asya Ve Kuzey Afrika Çalışmaları Kongresi*, Ankara, Türkiye, 2008, ss. 15.
- Wang, J., Kliks, M. M., Jun, S., Jackson, M., & Li, Q. X. (2010). Rapid Analysis of Glucose, Fructose, Sucrose, and Maltose in Honeys from Different Geographic Regions using Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Multivariate Analysis. *Journal of Food Science*, 75(2), C208–C214. <https://doi.org/10.1111/J.1750-3841.2009.01504.X>
- Wiercigroch, E., Szafraniec, E., Czamara, K., Pacia, M. Z., Majzner, K., Kochan, K., Kaczor, A., Baranska, M., & Malek, K. (2017). Raman and infrared spectroscopy of carbohydrates: A review. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and*

- Biomolecular Spectroscopy*, 185, 317–335.
<https://doi.org/10.1016/J.SAA.2017.05.045>
- Yaman, N. (2019). *Dut, Keçiboynuzu ve Üzüm Pekmezlerinde Glukoz Şurubu Katılarak Yapılan Tağşişin Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi ile Tespiti. Tez no 572660* [Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Yücel, E. (2012). *Türkiye’de Yetişen Tıbbi Bitkiler Tanıma Klavuzu*. Türmatsan, İstanbul, ISBN 978-975-93746-8-6.

Dökme ve Ambalajlı Baharatlık Kırmızı Biberlerin Aflatoksin Kontaminasyonunun Belirlenmesi

Ahmet Levent İNANÇ[✉]

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye

<https://orcid.org/0000-0002-7363-5096>

✉: linanc@ksu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Kahramanmaraş ilinde satışa sunulan dökme ve ambalajlı pul kırmızıbiberlerin aflatoksin açısından gıda güvenlikleri araştırılmıştır. Kırmızıbiberlerdeki aflatoksin miktarları HPLC cihazı ile belirlenmiştir. Dökme örneklerin toplam aflatoksin ve aflatoksin B₁ içerikleri sırasıyla 2.75±0.02-71.10±0.64 ve 0.26±0.01-53.01±0.57 µg kg⁻¹, ambalajlı örneklerde ise 0-42.01±0.36 ve 0-36.01±0.27 µg/kg aralıklarında bulunmuştur. Yasal sınırlar göz önünde bulundurulduğunda, dökme tipi örneklerin %42'si en çok 10 µg kg⁻¹ toplam aflatoksin sınırı ve %70'i en çok 5 µg kg⁻¹ aflatoksin B₁ sınırı içerisinde bulunduğu belirlenmiştir. Ambalajlı örneklerin ise sırasıyla %68'i ve %62'i bu sınırın içerisinde. Örneklerin toplam aflatoksin veya aflatoksin B₁ içeriklerinin en az birinin yasal sınırı aşması baz alındığında, dökme örneklerin %60'nun, ambalajlı örnekleri ise %36'nın sınır dışı olduğu tespit edilmiştir. Tüm örneklerin (dökme ve ambalajlı) aflatoksin düzey dağılımları için veriler belirli aralıklarda gruplandırılmıştır. Toplam aflatoksin içeriği bakımından yasal sınırı yaklaşık 10 katına kadar aşan grupta dökme kırmızıbiber örneklerine rastlanılmıştır. Çalışmadaki veriler, baharatlık kırmızıbiberlerin hasat, üretim veya satış aşamalarında yanlış uygulamaların yapıldığının bir göstergesidir. Satış şeklinin de önemli olduğu çalışmadan çıkarılacak diğer bir sonuçtur.

Gıda Mühendisliği

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 10.08.2023

Kabul Tarihi : 19.10.2023

Anahtar Kelimeler

Aflatoksin

Ambalajlı Gıda

Ambalajsız Gıda

HPLC

Kırmızı biber

Determination of Aflatoxin Contamination of Bulk and Packed Spice Red Peppers

ABSTRACT

In the present study, the food safety of the bulk and packed spice red peppers offered for sale in Kahramanmaraş was investigated in terms of aflatoxin. Aflatoxin amounts in the red peppers were determined by HPLC. It was determined that the total aflatoxin and aflatoxin B₁ contents of the bulk samples were 2.75±0.02-71.10±0.64 and 0.26±0.01-53.01±0.57 µg kg⁻¹, respectively, and 0-42.01±0.36 and 0-36.01±0.27 µg kg⁻¹ in the packed samples. Considering the legal limits, it was determined that 42% of the bulk type samples were within the maximum 10 µg kg⁻¹ total aflatoxin limit and 70% were within the maximum 5 µg kg⁻¹ aflatoxin B₁ limit. On the other hand, 68% and 62% of packaged products are within this limit, respectively. Since at least one of the total aflatoxin or aflatoxin B₁ contents of the samples exceeded the legal limit, it was determined that 60% of the bulk samples and 36% of the packed samples were off-limits. The present data for aflatoxin level distributions of all samples (bulk and packed) are grouped within certain ranges. It was found that bulk red pepper samples were in the group that exceeded the legal limit approximately 10 times in terms of total aflatoxin content. The data in the study is an index that incorrect applications are made during the harvest, production or sale stages of spicy red peppers. Another conclusion to be drawn from the study is that the form of packaging is also important.

Food Engineering

Research Article

Article History

Received : 10.08.2023

Accepted : 19.10.2023

Keywords

Aflatoxin

HPLC

Packed food

Unpacked food

Atıf Şekli: İnanç A.L. (2024). Dökme ve Ambalajlı Baharatlık Kırmızı Biberlerin Aflatoksin Kontaminasyonunun Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (3), 695-703. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1341076>.

To Cite : İnanç A.L. (2024). Determination of Aflatoxin Contamination of Bulk and Packed Spice Red Peppers. *KSU J. Agric Nat* . 27 (3), 695-703. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1341076>

GİRİŞ

Kırmızıbiber, Solanaceae familyasına ait olan *Capsicum annuum* L. türüne dahil tek yıllık olarak yetişen ve Türkiye’de de üretilen çok önemli tarımsal ürünlerden biridir. Türkiye’nin her bölgesinde tüketilen ve ekonomisinde önemli yeri olan bir baharat çeşididir. Dünyada en çok baharat kullanan ülkeler arasında Türkiye ilk sıralardadır. Tüketilen baharatlar içerisinde ilk sırayı kırmızıbiber almaktadır (Akbay ve ark., 2012). Ekonomik değerinin yanında, A ve C vitaminlerince oldukça zengindir (Doymaz & Pala, 2002). Ayrıca, kalsiyum, fosfor ve potasyum maddelerini de içermekte ve insan vücudundaki zararlı kimyasallara karşı mücadele etmektedir (Çuhadar, 2008). Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği’ne göre “Pul Kırmızıbiber, Capsicum (Solanaceae) cinsine giren bitkilerin tam olgunlaşmış meyvelerinin tekniğine uygun olarak sapları alındıktan sonra kurutulup, su ile tavlanylup, farklı boyutlarda öğütülerek ya da parçalanarak pul haline getirilmiş, yemeklik bitkisel sıvı yağ ve yemeklik tuz karıştırılmış hali” olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2013).

Mikotoksinler; mantarlar tarafından üretilir ve insanlar ve hayvanlar için toksik oldukları bilinmektedir. Yaygın mikotoksinler arasında aflatoksinler, okratoksinler, zearalenon, patulin, sterigmatosistin, sitrinin, ergot alkaloidleri, deoksinivalenol, fumonisinler, trikotesenler, Alternaria toksinleri, tremorjenik mikotoksinler, fusarinler, 3-nitrokloropropiyonik asit ölüm de dahil olmak üzere hem hayvanlar hem de insanlar üzerinde çeşitli sağlık riskleri bulunur (Awuchi et al., 2021). Genel olarak, mikotoksinlerin oluşumu en fazla 20-30°C’ler arasında, 3.5-5.5 pH’larda ve 0.85- 0.90 veya üzerindeki su aktivitesinde olmaktadır (Şahin & Korukluoğlu, 2000). Bugüne kadar 400 mikotoksin tanımlanmış olmasına rağmen bunlardan beş veya altı tanesi çok önemlidir (Jard et al., 2011; Anklam & Stroka, 2002; Park, 2002). Mikotoksin üreten mantarlar, bitkiyi hasat öncesi dönemde veya hasat sonrasında enfekte edebilirler. Pek çok cins mantar büyüme, gelişme ve mikotoksin üretimi için belli koşullara ihtiyaç duyar. Bu koşullar özetle; nem, sıcaklık, substrat tipi ve besinsel faktörler, atmosfer oksijen ve karbon dioksit düzeyleri, diğer mantar türlerinin varlığı, coğrafi konum, genetik şartlar olarak sıralanabilir (Steyn & Stander, 1999; Concon, 1988). Küf bulaşısı, gelişimi ve mikotoksin üretimi; işleme, depolama, nakliye veya satış yerlerinde oluşabilmektedir. Isı ve yüksek nem içeriği küf gelişiminde ani artışlara neden olabilmektedir (Omaye, 2004).

Aflatoksinler, en toksik mikotoksinler arasında yer almakta olup en önemli üreticileri *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus*’ tur (Bennet & Papa, 1988). Aflatoksin kelimesi 3 kelimenin birleşiminden oluşmaktadır, *Aspergillus* cinsi için a, *Flavus* türü için fla ve toksin zehir anlamına gelmektedir (Hossein & Gürbüz, Y., 2015). 20 farklı aflatoksin tanımlanmış olmasına rağmen (Sherif et al., 2009.), tarımsal ürünlerde en sık rastlanan aflatoksinler B₁, B₂, G₁ ve G₂’dir (Şen & Nas., 2010). Uluslararası Kanser Araştırma Vakfı (IARC) tarafından Grup I karsinojen olarak sınıflandırılmıştır (Coşkun & Ünsal, 2020). Bu gruptan en toksik ve en karsinojenik olanı aflatoksin B₁’dir (Koutsias et al., 2021). Aflatoksinler mısır, yerfıstığı, ceviz, Brezilya fıstığı, keten tohumu, karbonhidrat içeriği yüksek olan diğer gıdalar ve hatta bitki ve baharatların sık görülen bulaşılardandır (Farber et al., 1997; Steyn & Stander, 1999; Vidyasagar et al., 1997). Bileşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)’nun bildirdiğine göre dünya tarım ürünlerinin %25’i mikotoksinlerle kontamine olmuştur (Anonymous, 2021).

Bugün gelinen noktada insanları bu toksik grubun etkilerinden korumak amacıyla mikotoksinlerin gıda ve yemlerde bulunabilecek (tolere edilebilir) en yüksek miktarları yasal düzenlemelerle belirlenmekte, her ülkenin limit (sınır) değerleri farklı olsa da uluslararası ticarete belli normlara yaklaşmak için çaba sarf edilmektedir (Tunail, 2000).

Aflatoksin kontaminasyonun önlenemediği durumlarda üründen aflatoksinin uzaklaştırılması ve detoksifikasyon için fiziksel, kimyasal ve biyolojik birçok yöntem uygulanmaktadır. Fakat, uygulanan yöntemlerin hiçbiri tam olarak sağlıklı sonuç vermemektedir. Aflatoksin üründen tam olarak uzaklaştırılmamakta veya uzaklaştırılsa bile bir yan etki bırakmaktadır (Özkaya & Temiz, 2003; Arslanğray, 2015).

Mevcut çalışmada HPLC analiz yöntemi ile Kahramanmaraş’ta perakende satışa sunulmuş pul kırmızıbiberlerin aflatoksin B₁ ve toplam aflatoksin kontaminasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOD

Materyal

Kahramanmaraş ilinin farklı satış noktalarından 1 kg’lık 50 adet ambalajlı ve 1 kg 50 adet dökme baharatlık pul kırmızıbiber satın alınmıştır. Dökme biber, perakende satış yapan yerlerin 10 veya 25 kg’lık gibi torbalı ürünleri satın aldıktan sonra tezgahlarda kaba dökülen açıkta kırmızıbiberlerdir. Açıkta satılan kırmızıbiberlerde, kırmızıbiberi

tanıtıcı ambalaj, paket, doküman, bildirim, etiket gibi hiçbir yazı, bilgi, ticari marka, marka adı, resimli unsur veya işaret bulunmamaktadır. Ambalajlı kırmızıbiberlerde ise üretim bilgileri mevcuttur. Örnekler numaralandırılarak kodlanmıştır. Dökme örnekler rastgele 1-50, ambalajlı örnekler ise 51-100 arasında numaralandırılmıştır.

Yöntem

Kırmızıbiberlerdeki aflatoksin (B_1 , B_2 , G_1 , G_2) miktarlarının belirlenmesinde AOAC 999.07 (Anonymous, 2000) analiz metodu kullanılmıştır. Gıda maddelerinde aflatoksin tayini için kullanılan HPLC analiz yöntemine göre örnekler uygulanan ön işlemlerden sonra örnekleme, ekstraksiyon, ekstraktın temizlenmesi, immunoafinite ve HPLC'ye enjeksiyon işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Işıktan korumak için koyu renkli ambalajlara konarak alınan örnekler öğütülerek homojen hale getirilmiştir. Blender kabına (1000 mL) 50 g örnek 0.01 g hassasiyetle terazide tartılmıştır. Üzerine 5 g NaCl (Merck; Darmstadt, Almanya) ilave edilerek, 40 mL saf su ve 160 mL metanol (Merck; Darmstadt, Almanya) eklenmiştir. 30 dk. çalkalayıcıda karıştırılarak, cam huni kullanılarak kaba filtre kağıdından ve Whatman No:4 filtre kağıdından geçirilmiş ve sonra membran filtreden geçirilerek ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

Immunoafinite (R-Biopharm Aflaprep P07) kolonu önceden 10 mL fosfatlı tamponlanmış tuz (PBS) çözeltisi geçirilerek şartlandırılmıştır. 20 mL'lik enjektöre 2 mL ekstrakt alınmış ve üzerine 10 mL PBS ve 10 mL saf su ilave edilmiştir. Kolondan saniyede 1 damla akacak şekilde geçirilmiştir. Daha sonra 2 kez 10 mL saf su geçirilerek yıkama yapılmıştır. Akış hızı en fazla 5 mL dk⁻¹'ya ayarlanmıştır. Kolondan birkaç kez hava geçirilip su tamamen çıkarılmıştır. Tüm metanol 15 mL'lik koyu renkli vialde toplanmıştır. Saf su (1 mL) ile işlem tekrarlanmış ve su aynı vialde alınmıştır (toplam hacim 2 mL'dir). Vortekste iyice karıştırılmış ve 2 mL'lik vialde alınmıştır.

Örneklerin HPLC (Shimadzu LC-20 AT, floresan dedektör adapteli (Shimadzu RF-20A) cihazına enjeksiyonundan önce kalibrasyon eğrisi hazırlanmış ve standart solüsyonu kullanarak kontrol edilmiştir. Standart enjeksiyon sonucu kabul edilebilir bir sonuç ise örneklerin enjeksiyonu yapılmıştır. Her bir örnekten 1 defa olmak üzere 100 µL enjeksiyon yapılmıştır. Örnek (50 g) 200 mL'ye seyreltilmiş, bu karışımdan 2 mL alınmıştır. Örnek (0.5 g) 1 mL metanol ve 1 mL saf su ile seyreltilmiştir (seyreltme faktörü: 4). Cihaza seyreltme faktörü yazılarak ve çıkan pikin integrasyonu alınarak sonuç µg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Cihazın çalışma koşulları, pompa akış hızı 1 mL dk⁻¹, detektör eksitasyon dalga boyu 360 nm, emisyon dalga boyu 430 nm, Kobra Cell

akım kaynağı 100 µA şeklindedir. Karma aflatoksin standart çözeltisinden (CRM46304, Supelco) metanol içerisinde aflatoksin standart çözeltileri hazırlanarak her bir aflatoksinin beş noktalı kalibrasyon eğrileri çizilmiştir. Örneklerdeki aflatoksiner, alıkonma süreleriyle tanımlanmış ve pik alanlarının kalibrasyon eğrilerindeki alanlarla karşılaştırılmasıyla miktarları belirlenmiştir. Aflatoksin B_1 , B_2 , G_1 ve G_2 'in tutulma süreleri sırasıyla 40.0, 29.5, 23.7 ve 17.7 dk'dır. Her gaz muamelesi için üç tekrar yapılmıştır. Değişik aflatoksin konsantrasyonlarına (sırasıyla 0.025-0.5, 0.0073-0.150, 0.248-0.5 ve 0.0068-0.140 µg L⁻¹ aflatoksin B_1 , B_2 , G_1 ve G_2) sahip kalibrasyon eğrilerinden tespit (LOD) ve miktar (LOQ) limitleri belirlenmiştir. Eğrilerden, standart sapmalar sırasıyla 3,25 ve 9.95 ile çarpılıp kalibrasyon eğrisinin eğimine bölünerek LOD ve LOQ değerleri hesaplanmıştır. Aflatoksin B_1 , B_2 , G_1 ve G_2 için LOD değerleri sırasıyla 0.015, 0.015, 0.025 ve 0.04 µg L⁻¹ ve LOQ değerleri sırasıyla 0.048, 0.049, 0.076 ve 0.12 µg L⁻¹ olarak belirlenmiştir. Genişletilmiş belirsizlik k=2 (%95 güven aralığında), geri kazanım oranları; aflatoksin B_1 : %95 ve toplam aflatoksin: %92.

İstatistik Analizler

Örnek ortalamalarının arasında istatistiksel farklılıkların belirlenmesinde T-testi uygulanmıştır. Farklılıkları belirtmek için Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. İstatistiksel farklılıklar %5 önem seviyesine göre belirlenmiştir. Analizler 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Veriler SPSS Statistics 27 paket programı (IBM, ABD) kullanılarak değerlendirilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Dökme pul kırmızıbiber örneklerin toplam aflatoksin (AF_{toplam}) ve aflatoksin B_1 (AF_{B_1}) miktarları Çizelge 1'de verilmiştir. En yüksek AF_{toplam} (71.10 ± 0.64 µg kg⁻¹) 27 nolu örnekte, en düşük (2.75 ± 0.02 µg kg⁻¹) ise 30 nolu örnekte görülmüştür. Örneklerin AF_{B_1} içerikleri 0.26 ± 0.01 - 53.01 ± 0.57 µg kg⁻¹ arasında bulunmuştur. Çizelge 2'de ambalajlı pul kırmızıbiber örneklerin AF_{toplam} ve AF_{B_1} verilmiştir. Örneklerin ikisinde aflatoksin miktarı tespit edilemeyen düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu tespit edilemeyen değerler 0 kabul edilirse, örneklerin AF_{toplam} miktarları $0-42.01 \pm 0.36$ µg kg⁻¹ aralığında, AF_{B_1} miktarlarının ise $0-36.01 \pm 0.27$ µg kg⁻¹ aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'ne (Anonim, 2013) göre baharatlık kırmızıbiberlerde bulunabilecek en yüksek AF_{toplam} için 10 µg kg⁻¹ ve AF_{B_1} için 5 µg kg⁻¹ sınır değerleri baz alındığında, örneklerde tespit edilen aflatoksin değerlerin herhangi birisinin iki sınır değerden yüksek olması gıda güvenliği açısından o ürünün uygun olmayan örnek kategorisinde değerlendirilmekte veya risk kabul

edilmektedir. Bu açıdan, dökme tip örneklerin 30'unun, ambalajlı tip örneklerin 18'inin uygun olmayan örnek olduğu belirlenmiştir.

Dökme ve ambalajlı örneklerin ortalama AF_{toplam} ve AF_{B1} miktarları arasında istatistiksel olarak fark

bulunmuştur ($p<0.5$). Dökme örneğin ortalama AF_{toplam} miktarı ambalajlı örneğe göre daha yüksek bulunurken, ambalajlı örnekte ortalama AF_{B1} miktarının daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1)

Çizelge 1. Dökme ürünlerin aflatoksin kontaminasyonu*
Table 1. The aflatoxin contamination of the bulk products

Örnek	AF_{toplam}	AF_{B1}	Örnek	AF_{toplam}	AF_{B1}
1	22.96 ±0.35	4.71 ±0.03	26	17.99 ±0.14	5.53 ±0.04
2	57.86 ±0.79	43.37 ±0.47	27	71.10 ±0.64	53.01 ±0.57
3	17.34 ±0.17	0.26 ±0.01	28	9.05 ±0.09	3.87 ±0.03
4	8.96 ±0.06	3.22 ±0.02	29	5.73 ±0.05	1.00 ±0.01
5	12.48 ±0.08	3.01 ±0.03	30	2.75 ±0.02	1.15 ±0.01
6	20.76 ±0.15	5.95 ±0.03	31	7.65 ±0.06	1.58 ±0.01
7	23.05 ±0.18	4.41 ±0.03	32	6.83 ±0.05	0.48 ±0.01
8	6.82 ±0.07	1.98 ±0.01	33	19.57 ±0.16	3.87 ±0.03
9	8.02 ±0.08	4.21 ±0.03	34	3.31 ±0.03	1.98 ±0.02
10	9.79 ±0.09	4.89 ±0.03	35	18.48 ±0.14	12.31 ±0.09
11	16.48 ±0.12	7.25 ±0.06	36	5.60 ±0.03	3.67 ±0.02
12	18.68 ±0.13	3.91 ±0.02	37	20.11 ±0.14	13.63 ±0.09
13	19.44 ±0.14	3.95 ±0.03	38	36.01 ±0.28	9.51 ±0.08
14	37.38 ±0.22	14.52 ±0.09	39	11.35 ±0.10	6.21 ±0.05
15	20.13 ±0.13	9.65 ±0.09	40	18.44 ±0.15	6.11 ±0.05
16	8.17 ±0.08	2.98 ±0.03	41	9.99 ±0.09	0.36 ±0.01
17	10.35 ±0.08	1.00 ±0.01	42	3.77 ±0.02	1.42 ±0.01
18	9.01 ±0.08	1.01 ±0.01	43	6.89 ±0.05	3.04 ±0.02
19	22.62 ±0.14	2.07 ±0.02	44	1.93 ±0.01	0.34 ±0.01
20	15.38 ±0.09	1.25 ±0.01	45	2.89 ±0.02	1.11 ±0.01
21	8.72 ±0.07	0.68 ±0.01	46	14.33 ±0.09	3.89 ±0.02
22	14.27 ±0.14	1.26 ±0.01	47	17.44 ±0.14	6.35 ±0.04
23	3.62 ±0.04	0.65 ±0.01	48	26.11 ±0.17	21.9 ±0.14
24	27.11 ±0.17	3.63 ±0.02	49	17.00 ±0.10	1.22 ±0.01
25	9.31 ±0.06	7.93 ±0.05	50	11.21 ±0.09	2.88 ±0.02
Üst Sınır**	≤10	≤5			

Yönetmeliğe uygun olmayan örnek

*Veriler, üç tekerrürün ortalama değerlerini ve standart hatalarını ifade etmektedir. AF_{toplam} : toplam aflatoksin ($\mu\text{g kg}^{-1}$), AF_{B1} : aflatoksin B₁ ($\mu\text{g kg}^{-1}$)

**Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne göre (29 Aralık 2011 tarih ve 28157-3. Mükerrer sayılı Resmî Gazete)

TE: tespit edilemedi

Tüm örneklerin (dökme ve ambalajlı) aflatoksin düzey dağılımları için çizelgelerdeki veriler belirli aralıklarda gruplandırılmıştır. En yüksek değerler ölçü alınarak AF_{toplam} için $10 \mu\text{g kg}^{-1}$ birim aralığında 8 grup ve AF_{B1} için $5 \mu\text{g kg}^{-1}$ birim aralığında 11 grup oluşmuştur. Örnekler ise yüzde olarak ifade edilmiştir. Şekil 2'de AF_{toplam} ile % örnek sayısı ilişkisi gösterilmiştir.

İlk grup, hem dökme (%42) hem de ambalajlı (%68) örnek yüzdesi en fazla olan grup çıkmıştır. Daha sonra sırasıyla 2, 3 ve 4. gruplar gelmektedir. Grup 6, 7 ve 8'de ambalajlı örneklerle rastlanılmamıştır. Dökme örnekler grup 5 ve 7'de bulunmamışlardır. Grup 8'te dökme örneğin %2 düzeyinde olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Ambalajlı ürünlerin aflatoksin kontaminasyonu*

Table 2. The aflatoxin contamination of the packed products

Örnek	AF _{toplam}	AF _{B1}	Örnek	AF _{toplam}	AF _{B1}
51	1.97 ±0.02	1.69 ±0.01	76	0.53 ±0.01	0.53 ±0.01
52	0.37 ±0.01	0.37 ±0.01	77	3.5 ±0.03	3.01 ±0.03
53	0.26 ±0.01	0.26 ±0.01	78	3.98 ±0.03	3.87 ±0.03
54	14.55 ±0.12	13.22 ±0.10	79	TE	TE
55	38.44 ±0.25	31.01 ±0.20	80	35.98 ±0.38	33.45 ±0.32
56	2.27 ±0.02	1.95 ±0.01	81	1.58 ±0.01	1.58 ±0.01
57	1.41 ±0.01	1.41 ±0.01	82	0.48 ±0.01	0.48 ±0.01
58	2.01 ±0.02	1.98 ±0.02	83	1.36 ±0.01	0.87 ±0.01
59	39.33 ±0.31	34.21 ±0.24	84	TE	TE
60	7.54 ±0.05	6.89 ±0.05	85	15.22 ±0.13	12.31 ±0.09
61	1.52 ±0.01	1.52 ±0.01	86	4.01 ±0.03	3.67 ±0.02
62	4.22 ±0.03	3.91 ±0.03	87	25.44 ±0.19	20.11 ±0.14
63	5.21 ±0.04	3.95 ±0.02	88	42.01 ±0.36	36.01 ±0.27
64	4.82 ±0.03	4.52 ±0.03	89	7.58 ±0.07	6.21 ±0.05
65	28.11 ±0.17	23.65 ±0.14	90	3.11 ±0.02	2.11 ±0.02
66	12.33 ±0.08	9.98 ±0.06	91	13.41 ±0.09	9.99 ±0.06
67	25.97 ±0.17	21.00 ±0.14	92	2.03 ±0.02	1.42 ±0.01
68	20.58 ±0.14	18.01 ±0.12	93	7.36 ±0.05	6.89 ±0.05
69	1.22 ±0.01	1.01 ±0.01	94	0.34 ±0.01	0.34 ±0.01
70	1.51 ±0.01	1.25 ±0.01	95	3.11 ±0.02	2.89 ±0.02
71	0.70 ±0.01	0.68 ±0.01	96	4.87 ±0.03	3.89 ±0.03
72	1.26 ±0.01	1.26 ±0.01	97	19.22 ±0.12	17.44 ±0.10
73	4.11 ±0.03	3.62 ±0.03	98	26.35 ±0.20	26.11 ±0.20
74	28.11 ±0.2	27.11 ±0.17	99	3.14 ±0.02	1.22 ±0.01
75	10.05 ±0.08	9.31 ±0.06	10	5.01 ±0.03	2.88 ±0.02
			0		
Üst Sınır**	≤10	≤5			

Yönetmeliğe uygun olmayan örnek

*Veriler, üç tekerrürün ortalama değerlerini ve standart hatalarını ifade etmektedir. AF_{toplam}: toplam aflatoksin ($\mu\text{g kg}^{-1}$), AF_{B1}: aflatoksin B₁ ($\mu\text{g kg}^{-1}$)

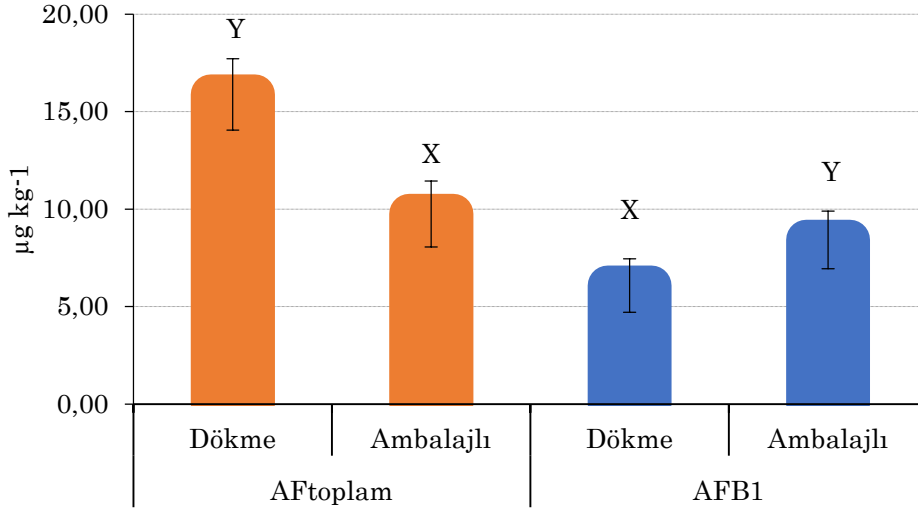
**Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne göre (29 Aralık 2011 tarih ve 28157-3. Mükerrer sayılı Resmî Gazete)

TE: tespit edilemedi

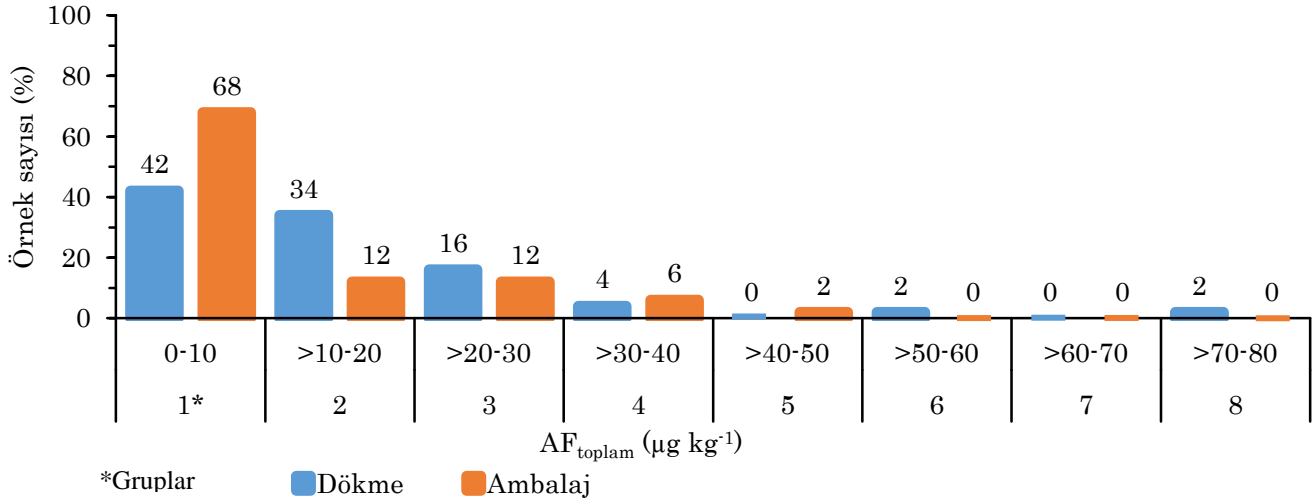
AF_{B1} grupları açısından % örnek sayısı dağılımları Şekil 3'de verilmiştir. Dökme örneklerin %70'i ve ambalajlı örneklerin %62'si grup 1'de yer almıştır. Dökme örneklere 5. grupta rastlanılmamıştır.

Ambalajlı örnekler ise grup 9, 10 ve 11'de bulunmamıştır. Genel olarak bakıldığında satışı sunulan dökme tipi kırmızı biberlerin ambalajlı olanlara göre daha fazla dağılım gösterdiği ve en yüksek gruplarda aflatoksin içerdiği görülmektedir. Bununla birlikte; dökme örnekler ambalajlı örneklerle karşılaştırıldığında, dökme örnekler daha

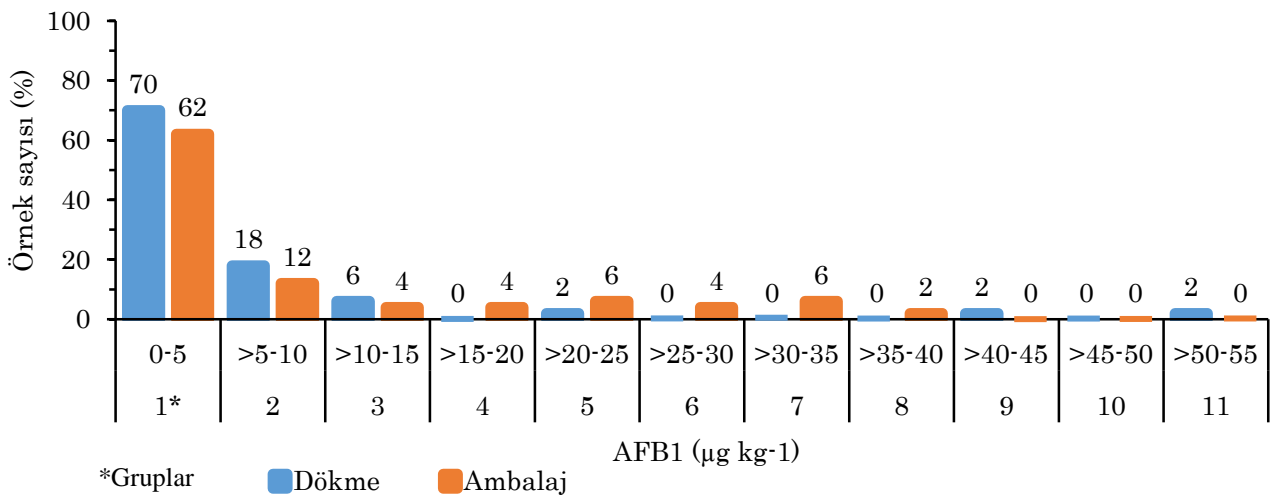
fazla risk oluşturmaktadır (Şekil 4). Burada; en az bir sınır değerini (toplam veya B₁) aşmış dökme biberlerin yüzdesi %60, ambalajlılar için %36 olduğu görülmektedir. Atasoy ve ark. (2017) analiz ettikleri isot örneklerinin %10'nunun AF_{B1} açısından yasal sınırları aştıklarını bildirmişlerdir. Daşbaşı (2022)'da yasal limitleri aşan yol kenarında satılan ev yapımı kırmızı biberlerin olduğunu belirlemiştir. Ambalajsız olarak satılan Van ilinde de benzer sonuçlar tespit edilmiştir (Yücel, 2022).



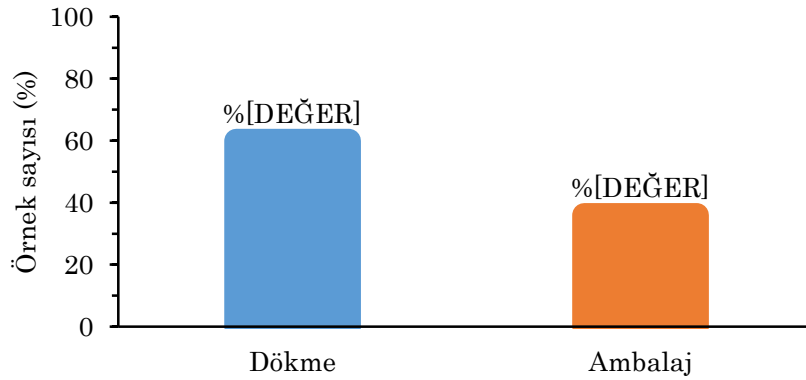
Şekil 1. Dökme ve ambalajlı örneklerin ortalama AF_{toplam} ve AF_{B1} miktarları
Figure 1. The mean AF_{total} and AF_{B1} amounts of the bulk and packed samples



Şekil 2. Örneklerin yüzdesel AF_{toplam} miktarlarına dağılımları
Figure 2. The percentage distributions of the samples to aflatoxin AF_{total} contamination



Şekil 3. Örneklerin yüzdesel AF_{B1} kontaminasyonlarına dağılımları
Figure 3 The percentage distributions of the samples to aflatoxin AF_{B1} contamination



Şekil 4. Sınır dışı örneklerin yüzdesel dağılımları

Figure 4 The percentage distribution of samples exceeding legal maximum limits

Baharatlık kırmızıbiberlerde aflatoksin oluşumu; hava veya topraktan bulaşan küflerin varlığından dolayı meyveler bitki üzerinde iken başlamaktadır. Hasat şekli de önemli ölçüde etkili olmaktadır, çünkü hasat işlemi ekonomik sebeplerden dolayı tek seferde yapılmaktadır. Erken olgunlaşmış meyveler, biber tarlasının tamamının hasadına karar verilene kadar bitki üzerinde bekletilmesi temel sebep olduğu söylenebilir. Bundan sonra aflatoksin içeriği zincirleme birbirini takip eden işlemlerle doğrudan ilişkili olabilmektedir (Ör; depolama, kurutma ve paketlenme gibi). En son satış yerleri ve satış şekli (ambalajlı veya dökme) de önemlidir. Çalışmada dökme tip örneklerin aflatoksin içerikleri ambalajlı tiplere göre daha yüksek bulunması, satış şeklinin önemini vurgulamaktadır. Yalnız bu satış şeklini etkileyen en büyük sebep satış yerlerinin çevresel şartlarıdır. Örneğin, bağıl nem ve sıcaklık değerlerine bağlı olarak balık pazarları gibi satış yerleri küf gelişimi için ideal ortamlardır. Dökme biberlerin AF_{B1} içeriklerinin grup 9 ve 11'deki gibi çok yüksek olması çevre şartlarının olumsuzluğunun göstergesi olabilir. Grup 1 (yasal sınır grubu)'den 8 ve 10 kat fazla olan grup 9 ve grup 11'de (bütün örneklerdeki en yüksek AF_{B1} içeriğine sahip gruplar) %2 düzeylerinde örnek bulunması oldukça ciddi bir gıda güvenliği sorununa işaretler.

Son yıllarda gıdalardaki toksinlerin detoksifikasyonu üzerinde yoğun çalışmalar bulunmaktadır. Pankaj et al. (2018) çeşitli gıdalardaki aflatoksin içeriklerinin azaltılması ile ilgili uygulamaları özetlemiştir. Konvensiyonel ısı uygulamaları ilk uygulamalardır. Mikrodalga, kimyasal (laktik asit, hidrojen peroksit, ozon veya ozonlaştırılmış su gibi), radyasyon (X, ultraviyole veya gama ışınları gibi), elektrolize su ve soğuk plazma uygulamaları da mevcuttur. Park ve ark. (2007) atmosfer basıncında mikrodalga argon plazması uygulayarak AF_{B1} 'in cam substrat üzerinde 5 saniyede tam bir bozunmasını rapor etmişlerdir. Fakat uygulamalar hala ekonomik değil ve genelde yeterli düzeyde başarı

sağlanamamıştır. Tüketicilerin gıda güvenliği açısından en geçerli uygulama devlet kontrolündeki denetimlerdir. Gıdalardaki sınır dışı aflatoksin içeriği sorunu sadece Türkiye'ye mahsus değildir, diğer birçok ülkede de aynı sorun mevcuttur (Koutsias et al., 2021; Tsehaynesh et al., 2021; Salari et al., 2012). Kırmızıbiber üzerine Türkiye kaynaklı benzer çalışmalarda vardır (Ağaoğlu,1999; Dokuzlu, 2001; Kanbur ve ark., 2006; Set & Erkmen, 2010; Arslanğray, 2015; Demir ve ark., 2019; Coşkun & Ünsal, 2020.). Malatya ilinde baharat ticareti yapan firmalardan temin edilen kırmızıbiber örneklerinde Aflatoksin B_1 $0.20-79.37\mu g\ kg^{-1}$ ve $AF_{toplamlam}$ $0.22-93.05\mu g\ kg^{-1}$ aralıklarında ölçülmüştür (Uğur, 2022). Kırmızı biberde Aflatoksin B_1 varlığının sistematik derlemesi ve meta-analizinde en düşük ve en yüksek AF_{B1} konsantrasyonları sırasıyla Kore ($0.14\mu g\ kg^{-1}$) ve Türkiye'de ($31.13\mu g\ kg^{-1}$) kırmızı biberlerinde olarak gözlemlenmiştir (Sevdin ve ark., 2021). Çukurova ve Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Satışa Sunulan kırmızı pul biber örneklerinin %28'inin (7 adet) AF_{B1} açısından standartlara uymadığı tespit edilmiştir. Biber örneklerin %16'sında (4 adet) $AF_{toplamlam}$ tespit edilmiştir (Hepsağ & Hayoğlu, 2022).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma sonucunda, piyasada satışa sunulan pul kırmızıbiberlerde yasal sınırların üzerinde AF_{B1} ve $AF_{toplamlam}$ sonuçlarının belirlenmesi hasat, kurutma, işleme, paketlenme ve depolama ve satış aşamalarında yanlış uygulamaların yapıldığını göstermektedir. Satış şeklinin de önemli olduğu çalışmadan çıkarılacak diğer bir sonuçtur. Çünkü dökme biberlerde yasal sınırın yaklaşık 10 katına kadar aflatoksin bulunması bunun göstergesidir. Aflatoksin detoksifikasyon uygulamaları üzerine yoğun çalışmalar olmakla birlikte sanayiye uygulanabilirliği tartışmalıdır. Hâlen gıdalarda aflatoksin varlığı, halk sağlığı ve gıda güvenliği için potansiyel bir risk oluşturmaktadır. Bu nedenle ürünün tarladan sofraya kadar olan oluşum süreçlerinde aflatoksinin

oluşmaması için gerekli olan tedbirlerin önceden alınması gerekmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarın makale ile ilgili başka kişiler veya kurumlar ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Ağaoğlu, S. (1999). Van ilinde açıkta satılan kırmızı pul biberlerde aflatoksin B1 varlığının araştırılması. *Van Tıp Dergisi*, 6(4), 28-30.
- Akbay, C., Boz, I., Tiryaki, G. Y., Candemir, S. & Arpacı, B. (2012). Kahramanmaraş ve Gaziantep illerinde kırmızıbiberin üretim yapısı ve kurutma yöntemleri. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 15(2), 1-10.
- Anklam, E. & Stroka, J. (2002). *The European perspective of mycotoxins and food safety. In Int. Workshop on Mycotoxin*. July 22-26, 2002. FDA and JIFSAN, University of Maryland, USA.
- Anonim (2013). *Türk Gıda Kodeksi, Baharat Tebliği (Tebliğ No:2013/12)*, 28614 sayılı Resmî Gazete, Ankara.
- Anonymous (2021). *Minimizing risks posed by mycotoxins utilizing the HACCP concept*. <https://www.fao.org/3/x2100t/x2100t08.htm> (Erişim Tarihi: 05.11.2021)
- Anonymous (2000). *Aflatoxin B1 and total aflatoxins in peanut butter, pistachio paste, fig paste, and paprika powder*. AOAC Official Method 999.07.
- Arslanğray, Y. (2015). Şanlıurfa'da geleneksel olarak üretilen pul biberlerde aflatoksin oluşum aşamalarının belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, Türkiye.
- Atasoy, A. F., Hayoğlu, İ., Korkmaz, A., Kara, E. & Yıldırım, A. (2017). Geleneksel ev isot baharatının aflatoksin içeriğinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(1), 35-40.
- Awuchi, C. G., Ondari, E. N., Ogbonna, C. U., Upadhyay, A. K., Baran, K., Okpala, C. O. R. & Guiné, R.P. (2021). Mycotoxins affecting animals, foods, humans, and plants: types, occurrence, toxicities, action mechanisms, prevention, and detoxification strategies-a revisit. *Foods*, 10(6), 1279, doi:10.3390/foods10061279.
- Bennett, J.W & K.E. Papa. 1988. *The aflatoxigenic Aspergillus*. In: D.S. Ingram and P.A. Williams (eds.) Genetics of plant Pathogenic Fungi. Academic Press, London, UK. 264-280.
- Concon, J. M. (1988). Food toxicology. Part A: Principles and concepts; Part B: Contaminants and additives. Marcel Dekker Inc.
- Coşkun, A. L. & Ünsal, F. (2020). Ticari olarak satışı yapılan baharatlar ve kuru meyvelerin bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 9(3), 99-111.
- Çuhadar, S. (2008). "Maraş Biberi" tescillendi. *Cumhuriyet Tarım Gıda Hayvancılık*, 4(45), 18.
- Daşbaşı, T. (2022). Analysis of aflatoxin types in red pepper flakes samples by HPLC. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 41, 126-131.
- Demir, P., Erkan, S., Öksüztepe, G. & İncili, G. K. (2019). Elazığ'da açıkta satılan baharatların mikrobiyolojik kalitesi. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(3), 204-212, doi: 10.32707/ercivet.648568.
- Dokuzlu, C. (2001). Kırmızı toz biberlerde aflatoksin. *J. Fac. Vet. Med*, 20: 19-23.
- Doymaz, I. & Pala, M. (2002). Hot-air drying characteristics of red pepper. *J. Food Engineering*, 55(4), 331-335, doi:10.1016/S0260-8774(02)00110-3.
- Farber, P., Geisen, R. & Holzapfel, W. H. (1997). Detection of aflatoxigenic fungi in figs by a PCR reaction. *Int J Food Microbiology*, 36, 215-220, doi: 10.1016/s0168-1605(97)00040-8.
- Hepsağ, F. & Hayoğlu, İ. (2022). Çukurova ve Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Satışa Sunulan Kırmızı Pul Biber ve Kuru İncirler'de Aflatoksin B1 ve Toplam Aflatoksin (B1, B2, G1, G2) İçeriğinin Yüksek Performans Sıvı Kromatografi Yöntemi ile Belirlenmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(3), 1393-1406.
- Hossein, A. & Gürbüz, Y. (2015). Aflatoxins in poultry nutrition. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi* 18(4), 1-5.
- Jard, G., Liboz, T., Mathieu, F., Guyonvarch, A. & Lebrihi, A. (2011). Review of mycotoxin reduction in food and feed: From prevention in the field to detoxification by adsorption or transformation. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 28, 1590-1609, doi: 10.1080/19440049.2011.595377.
- Kanbur, M., Liman, B. C., Eraslan, G. & Altinordulu, S. (2006). Quantitative analysis of aflatoxin B1 by enzyme immuno assay (EIA) in red pepper marketed in Kayseri. *The Journal of the Faculty of Veterinary Medicine*, 3(1), 21-24.
- Koutsias, I., Kollia, E., Makri, K., Markaki, P. & Proestos, C. (2021). Occurrence and risk assessment of aflatoxin B1 in spices marketed in Greece. *Analytical Letters*, 54(12), 1995-2008, doi: 10.1080/00032719.2020.1832509.
- Omaye, S. T. (2004). Food and nutritional toxicology. ISBN 9781587160714, CRC press.
- Özkaya, Ş. & Temiz, A. (2003). Aflatoksinler: kimyasal yapıları, toksisiteleri ve detoksifikasyonları. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 1(1), 1-2, <http://www.mikrobiyoloji.org/pdf/702030101.pdf>.
- Pankaj, S. K., Shi, H. & Keener, K. M. (2018). A review of novel physical and chemical decontamination technologies for aflatoxin in food. *Trends in Food Science & Technology*, 71, 73-83, doi: 10.1016/j.tifs.2017.11.007.

- Park, B. J., Takatori, K., Sugita-Konishi, Y., Kim, I. H., Lee, M. H. & Han, D. W. (2007). Degradation of mycotoxins using microwave-induced argon plasma at atmospheric pressure. *Surface and Coatings Technology*, 201, 5733–5737, doi: 10.1016/j.surfcoat.2006.07.092.
- Park, D. L. (2002). Effect of processing on aflatoxin. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 504, 173-179, doi: 10.1007/978-1-4615-0629-4_17.
- Şahin, İ. & Korukluoğlu, M. (2000). Küf- Gıda-İnsan. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın no 155, Bursa, Türkiye, s.30.
- Şen, L. & Nas, S. (2010). Kuru incir, üzüm ve kırmızıbiberlerde mikotoksin varlığı. *Akademik Gıda*, 8(3), 24-32.
- Salari, R., Habib-Najafil, M. B., Boroushaki, M. T., Mortazavi, S. A. & Fathi-Najafi, M. (2012). Assessment of the microbiological quality and mycotoxin contamination of Iranian red pepper spice. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14 (SUPPL), 1511-1521.
- Set, E. & Erkmen, O. (2010). The aflatoxin contamination of ground red pepper and pistachio nuts sold in Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48(8-9), 2532-2537, doi: 10.1016/j.fct.2010.06.027.
- Sevdin, S., Çelik, E., Çömçe, A. N., Batar, N., & Özdemir, A. A. (2021). A Systematic meta-analysis of Aflatoxin B₁ presence in red pepper. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 32, 1162-1167.
- Sherif, S. O., Salama, E. E. & Abdel-Wahhab M. A. (2009). Mycotoxins and child health: the need for health risk assessment. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 212(4), 347-368, doi: 10.1016/j.ijheh.2008.08.002.
- Steyn, P. S. & Stander, M. A. (1999). Mycotoxins with special reference to the carcinogenic mycotoxins fumonisins. In: Ballantyne, B., Marrs, TC., Syversen, TLM., eds. *General and Applied Toxicology*. 2nd ed, United Kingdom: Macmillan Reference Ltd.: 2145-2176.
- Tsehaynesh, T., Abdi, M., Hassen, S. & Taye, W. (2021). *Aspergillus* species and aflatoxin contamination in pepper (*Capsicum annum* l.) in West Gojjam, Ethiopia. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 21(1), 17178-17194, doi: 10.18697/ajfand.96.18815.
- Tunail, N. (2000). *Funguslar ve Mikotoksinler*, ikinci baskı. Medisan Yayınevi, Ankara, Türkiye, s. 4-34.
- Uğur, T. (2022). Kırmızıbiber ve sumak baharatlarında aflatoxin tayini ve laboratuvar içi metot validasyonu. *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi*, 10(2), 577-589.
- Vidyasagar, T., Sujatha, N. & Sashidhar, R. B. (1997). Determination of aflatoxin B₁-DNA adduct in rat liver by enzyme immunoassay. *Analyst*, 122, 609-13, doi: 10.1039/a607794c.
- Yücel, U. M. Determination of aflatoxin and heavy metal levels in some spices sold as unpackaged in van province and health risks assessment of heavy metals. *Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi*, 11 (Supplement 1), 7-14.

Geleneksel Türk Yoğurtlarından İzole Edilen *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* Bakterilerinde İntra-/Ekstrasellüler Folat Üretimi

Meryem Nur ZEYDANLI¹, Zehranur YÜKSEKDAĞ², Berat ÇINAR ACAR³

¹Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, ²Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Ankara, ³Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Ankara

¹<https://orcid.org/0009-0006-8570-9810>, ²<https://orcid.org/0000-0002-0381-5876>, ³<https://orcid.org/0000-0003-4662-0865>

✉: zehranur@gazi.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, zengin folat içerikli yoğurt yapımında starter kültür olarak kullanılabilir bakterilerin araştırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla Türkiye'nin çeşitli ilçelerindeki (Keçiören, Yenimahalle, Çankaya, Sincan, Altındağ/Ankara, Orta/Çankırı, Merzifon/Amasya, Gülşehir/Nevşehir, Göynük/Bolu, Silifke/Mersin, Sungurlu/Çorum) geleneksel yöntemlerle yapılan yoğurtlardan 31 *Lactobacillus* spp. ve 32 *Streptococcus* spp. olmak üzere toplam 63 bakteri izole edilmiştir. Elde edilen bakterilerin API 50 CH kiti ile biyokimyasal tanımlaması gerçekleştirilmiştir. Tesadüfen seçilen 4 Laktobasil ve 4 Streptokok izolatının 16S rDNA gen bölgesi ile moleküler tanımlaması gerçekleştirilmiştir. Folat içermeyen kültür ortamı (FACM), yağsız süt ve MRS/Elliker besi ortamlarında üç farklı tampon uygulamasında (potasyum fosfat, sodyum fosfat ve sodyum asetat) bakterilerin hücre içi ve hücre dışı folat üretim miktarları tespit edilmiştir. Kullanılan besiyerleri ve tampon çözeltiler arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı istatistiksel olarak incelenmiştir. Yağsız süt besiyerinde potasyum fosfat tamponu uygulamasında, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ZN1181 suşu 105,6 µg L⁻¹ değeri ile en yüksek intrasellüler folat üretimine sahip olduğu tespit edilirken, *Streptococcus thermophilus* Z651 suşu FACM besiyeri ve potasyum fosfat tamponunda en yüksek ekstrasellüler folat üretimi (79,9 µg L⁻¹) gösterdiği belirlenmiştir.

Production of Intra-/Extracellular Folate in *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* Bacteria Isolated from Traditional Turkish Yoghurts

ABSTRACT

This study was aimed at examining the bacteria that can be used as starter cultures in the generation of yoghurt with rich folate content. For this purpose, 31 *Lactobacillus* spp. and 32 *Streptococcus* spp.—a total of 63 bacteria were isolated from yogurt made with traditional methods in various districts of Turkey (Kecioren, Yenimahalle, Cankaya, Sincan, Altindag/Ankara, Orta/Cankiri, Merzifon/Amasya, Gulsehir/Nevsehir, Goynuk/Bolu, Silifke/Mersin, Sungurlu/Corum). Biochemical identification of the obtained bacteria was made with the API 50 CH kit. Molecular identification of four randomly selected *Lactobacillus* and four *Streptococcus* isolates with 16S rDNA gene regions was performed. Intracellular and extracellular folate production amounts of bacteria were designated in three different buffer applications (potassium phosphate, sodium phosphate, and sodium acetate) in folate-free culture medium (FACM), skim milk, and MRS/Elliker broth. It was statistically examined whether there was a significant difference between the media and buffer solutions used. In the application of potassium phosphate buffer in skim milk medium, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ZN1181 strain was found to have the highest intracellular folate production with a value of 105.6 µg/L, while *Streptococcus thermophilus* Z651 strain showed the highest extracellular folate production (79.9 µg L⁻¹) in FACM medium

Gıda Bilimi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 11.05.2023

Kabul Tarihi : 28.11.2023

Anahtar Kelimeler

Intrasellüler folat

Ekstrasellüler folat

Lactobacillus delbrueckii subsp. *bulgaricus*

Streptococcus thermophilus

Food Science

Research Article

Article History

Received : 11.05.2023

Accepted : 28.11.2023

Keywords

Intracellular folate

Extracellular folate

Lactobacillus delbrueckii subsp. *bulgaricus*

Streptococcus thermophilus

and potassium phosphate buffer. rpose, 31 *Lactobacillus* spp. and 32 *Streptococcus* spp.—a total of 63 bacteria were isolated from yogurt made with traditional methods in various districts of Turkey (Kecioren, Yenimahalle, Cankaya, Sincan, Altındag/Ankara, Orta/Cankırı, Merzifon/Amasya, Gulsehir/Nevsehir, Goynuk/Bolu, Silifke/Mersin, Sungurlu/Corum). Biochemical identification of the obtained bacteria was made with the API 50 CH kit. Molecular identification of four randomly selected *Lactobacillus* and four *Streptococcus* isolates with 16S rDNA gene regions was performed. Intracellular and extracellular folate production amounts of bacteria were designated in three different buffer applications (potassium phosphate, sodium phosphate, and sodium acetate) in folate-free culture medium (FACM), skim milk, and MRS/Elliker broth. It was statistically examined whether there was a significant difference between the media and buffer solutions used. In the application of potassium phosphate buffer in skim milk medium, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ZN1181 strain was found to have the highest intracellular folate production with a value of 105.6 µg/L, while *Streptococcus thermophilus* Z651 strain showed the highest extracellular folate production (79.9 µg L⁻¹) in FACM medium and potassium phosphate buffer.

Atıf Şekli: Zeydanlı, M.N., Yüksekdağ, Z., & Çınar Acar, B., (2024) Geleneksel Türk Yoğurtlarından İzole Edilen *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* Bakterilerinde İntra-/Ekstrasellüler Folat Üretimi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (3), 704-717. <https://doi.org/10.18016/ksutarim.doga.1295846>.

To Cite : Zeydanli, M.N., Yuksekdağ, Z., & Cinar Acar, B., (2024) Production of Intra-/Extracellular Folate in *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* Bacteria Isolated from Traditional Turkish Yoghurts. *KSU J. Agric Nat* 27 (3), 704-717. <https://doi.org/10.18016/ksutarim.doga.1295846>.

GİRİŞ

Vitaminler, yaşamımızda birçok fizyolojik fonksiyon için gerekli olan organik bileşiklerdir. Folat (B9) gibi bazı vitaminler, biyolojik işlevleri nedeniyle fonksiyonel gıda bileşenleri olarak kabul edilmişlerdir (İyer ve Tomar 2009; Levit ve ark., 2020). Folat metabolik enzimlerin kofaktörleri olarak, deoksiribonükleik asit replikasyonu, hücre bölünmesi, onarım ve metilasyon, nükleotidlerin biosentezi ve amino asit metabolizması gibi önemli yollarda yer almaktadır (Greppi ve ark., 2017; Albano ve ark., 2020). Ayrıca nöral tüp defektleri, megaloblastik anemiler, alzheimer ve koroner hastalıklar, kolorektal, meme ve pankreas kanseri, bebek bilişsel eksiklikleri, otizm, inflamatuvar bağırsak hastalıkları ve rektal neoplazmalar gibi ölümcül ve kronik hastalıkların önlenmesinde de etkili rol oynamaktadır (Da Silva ve ark., 2016; Zhang ve ark., 2020; Agagunduz ve ark., 2022).

Folat açısından zengin gıda kaynakları başlıca yeşil yapraklı sebzeler, baklagiller, kuruyemişler, meyveler, karaciğer, yumurta sarısı, turunçgiller, bazı peynirler ve fermente süt ürünleridir. İnsanlar vitaminleri sentezleyemedikleri için dışarıdan almaları gerekmektedir (Greppi ve ark., 2017; Khalili ve ark., 2020). Folatlar çeşitli gıdalarda bulunmasına rağmen, bu vitaminin diyet yoluyla alınması günlük ihtiyaçları karşılamada yetersiz kalabilir. Bu sorunu gidermek için folik asit ilavesiyle güçlendirilmiş

gıdalar geliştirilmiştir (Levit ve ark., 2020). Bazı ülkelerde belirli gıda ürünlerinde zorunlu folik asit takviye programları olmasına rağmen özellikle hamile veya doğurganlık çağındaki kadınlarda ve sosyo ekonomik açıdan düşük gruplarda folat eksikliği hala yüksek oranlarda gözlenmektedir. Folik asit, folatın kimyasal olarak sentezlenmiş şeklidir ve yaygın olarak gıda takviyesi için kullanılmaktadır. Folik asit (pteroylglutamik asit) monoglutamat formu iken, tamamen doğal vitamin formları poliglutamatlardır (Hildebrand ve ark., 2021). Gıdalarda bulunan veya belirli mikroorganizmalar tarafından üretilen folatların bireylerde olumsuz sağlık etkilerine neden olmadığı bildirilmiştir (Wright ve ark., 2007). Bu nedenle folat takviyesi yerine, fermente gıda ürünlerinin üretiminde folat sentezleyebilen laktik asit bakterilerinin kullanılması ve bu şekilde folat tüketiminin doğal olarak artırılması önerilmektedir (Saubade ve ark., 2017).

Laktik asit bakterilerinin (LAB) hem fermente edilmiş hem de fermente edilmemiş çeşitli gıdalarda mevcut olduğu bilinmektedir (Mahara ve ark., 2021; Kızılyıldırım ve Köksal, 2023). LAB'lerinin çeşitli gıdaların fermantasyonu için starter kültür olarak yaygın kullanımlarının yanı sıra, fermente ürünlerin güvenliği, raf ömrü, besin değeri ve genel kalitesinin iyileştirilmesinde oldukça etkili rolleri bulunmaktadır (Levit ve ark., 2020). Çoğunlukla *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* cinslerine ait olan probiyotik

bakterilerin konakçı için vitamin üretimi, enflamasyon ve kansere karşı daha etkili koruma gibi çeşitli faydalı etkileri bulunmaktadır (Haghshenas ve ark., 2014; Khalili ve ark., 2020). Bu nedenle birçok çalışma, laktik asit bakterileri tarafından üretilen yoğurt, ayran ve peynir gibi bazı fermente süt ürünlerinde folatın sıklıkla arttığını göstermiş ve birçok araştırmacı laktik asit bakterileri suşlarını kullanarak folatın biyosentezine odaklanmıştır (Le Blanc ve ark., 2011; Zhang ve ark., 2020). Mikroorganizmaların folat üretme yeteneği suşa özgüdür ve büyüme koşullarından etkilenmektedir (Saubade ve ark., 2017; Levit ve ark., 2020; Mahara ve ark., 2021). Birçok laktik asit bakteri suşu (*Enterococcus* spp., *Lactobacillus* spp., *Lactococcus* spp., *Lactobacillus plantarum*, *Streptococcus thermophilus*) folat biyosentezini gerçekleştirebilirken, bazı suşların (*Lactobacillus gasseri*, *Lactobacillus johnsonii*) folat biyosentez sürecini denetleyen genleri bulunmadığından folat üretmedikleri gözlenmiştir (LeBlanc ve ark., 2007; Yuksekdag ve Zeydanlı, 2013; Agagunduz ve ark., 2022).

Süt ürünleri, özellikle yoğurt, folat biyoyararlanımını artıran folat bağlayıcı proteinleri içermesi nedeniyle folatın biyoyüçlendirilmesi için oldukça önemlidir. Folatların nükleotit sentezi, DNA replikasyonu ve onarımı gibi hücre için önemli roller oynamaktadır ve folat eksikliği sonucu çeşitli sağlık sorunları gözlenebilmektedir. Bakteriyel folat, düşük folat durumlarını önlemek ya da tedavi etmek için potansiyel bir beslenme kaynağı olarak görülmektedir (Pompei ve ark., 2007b; Rossi ve ark., 2011; Engevik ve ark., 2019). Bu çalışmada, folat eksikliği nedeniyle oluşan hastalıkların engellenmesi, gıda ürünlerinin folat içeriğince zenginleştirilmesi ve folat eksikliğini doğal yollarla gideriminin sağlanabilmesi amacıyla yüksek folat üretim kapasiteleri sergileyen mikroorganizmaları belirlemek hedeflenmiştir. Bu amaçla geleneksel yöntemlerle yapılan yoğurtlardan 63 bakteri (31 *Lactobacillus* spp. 32 *Streptococcus* spp.) izole edilmiş ve izolatların API 50 CH kiti ile biyokimyasal tanımlamaları yapılmıştır. Folat üretimine kullanılan besiyerlerinin ve tamponların etkisini belirlemek amacıyla, izolatların farklı besi ortamı ve tampon çözeltilerindeki intra-/ekstrasellüler folat üretimleri tespit edilmiştir.

MATERYAL ve METOD

İzolasyon

Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden (Keçiören, Yenimahalle, Çankaya, Sincan, Altındağ/Ankara, Orta/Çankırı, Merzifon/Amasya, Gülşehir/Nevşehir, Göynük/Bolu, Silifke/Mersin, Sungurlu/Çorum) elde edilen ve geleneksel yöntemlerle yapılan yoğurt örneklerinden 0,1 g alınmış 2 mL'lik steril fosfat tamponu (PBS, %0,02 KCl, %0,144 Na₂HPO₄, %0,8

NaCl, %0,024 KH₂PO₄, pH 7,2) ile süspansiyon edilmiştir. 10⁻¹⁰'a kadar dilüe edilen örnekler Man Ragosa-Sharp (MRS, Merck, Darmstadt, Almanya) ve Neutral Red Chalk Laktoz (NRCLA, HiMedia, USA) katı besiyerine ekilerek 42°C'da 16-18 saat inkübasyona bırakılmıştır. Tek koloni seçilen örneklerin daha iyi gelişmesi için sisteinli-MRS/Elliker (MRSC, Merck, Darmstadt, Almanya) sıvı besiyerlerine ekim yapılarak kültür yeniden inkübasyona bırakılmıştır. Bakteri kültürlerinin morfolojileri incelenerek Gram (+) basiller ve koklar izole edilmiştir.

Tanımlama

Biyokimyasal tanımlama

Yoğurt numunelerinden izole edilen 31 *Lactobacillus* spp. ve 32 *Streptococcus* spp. örnekleri tanımlama için sırasıyla MRS ve Elliker besiyerlerinde 42°C'da 16-48 saat geliştirilmiştir. İzolatların biyokimyasal tanımlamaları için API 50 CHL (Bio-Mériéux) test kiti kullanılmıştır. Dehidrat substratlar bulunduran mikrotüpcüklere bakteri yoğunluğu [Laktobasiller için McFarland 2 (6×10⁸ cfu/mL); Streptokoklar için McFarland 4'e (12×10⁸ cfu/mL)] ayarlanan örneklerden eklenerek 42°C'de 48 saat inkübasyon işlemi uygulanmıştır. İnkübasyon süresi bitiminde bakterilerin metabolik son ürünlerinde renk değişimi gözlenmiştir. Mor rengin sarıya dönüşmesi pozitif, aynı kalması ise negatif olarak değerlendirilmiştir. API WEB (NTSYSpc 2.0) programında izolatlar ile standart ATCC suşlarının API sonuçları karşılaştırılmıştır.

İzolatların moleküler tanımlaması için; tesadüfen seçilen 4 *Lactobacillus* ve 4 *Streptococcus* izolatının genomik DNA saflaştırma kiti (Thermo Scientific) kullanılarak DNA izolasyonu gerçekleştirilmiştir. Ardından izole edilen genomik DNA'nın saflığı ve miktarı ELISA (Epoch) cihazında (OD_{260/280}) belirlenmiştir. 16S rDNA'nın amplifikasyonu, 27F (5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3') ve 1492R (5'-TACGGYTACCTTGTTACGACTT-3') evrensel primerler kullanılarak gerçekleştirilmiştir (dos Santos ve ark., 2019). Örneklerin DNA dizi analizi, Gazi Üniversitesi Yaşam Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde Genetic Analyzer Applied Biosystems, 3130 model genetik analizör cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar NCBI gen bankası ile karşılaştırılmıştır (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>).

Folat Üretimi

Sybesma ve ark. (2003 a,b) ve Aswathy ve ark.'larının (2008) yöntemlerinde birtakım değişiklikler yapılarak bakterilerin folat üretimleri gerçekleştirilmiştir. Folat üretimlerinin tespit edilmesinde MRS (laktobasiller için), Elliker (streptokoklar için), %10'luk yağsız süt (Oxoid, İrlanda) ve Folik Asit Casei Medium (FACM,

HiMedia, USA) besiyerleri ve tampon olarak ise 0,1 M potasyum fosfat, sodyum asetat ve sodyum fosfat tamponları kullanılmıştır. Bakteriler besiyerlerine inoküle edilip, 42°C'da 16 saat geliştirildikten sonra 12000×g'de 10 dak santrifüj edilmiştir. İntrasellüler üretim için pellet kullanılırken, ekstrasellüler üretim için süpernatant kullanılmıştır. Ortamdaki besiyeri ve diğer kalıntıların uzaklaşması için örnekler PBS tamponu ile yıkanmıştır.

İntrasellüler folat üretimi

Bakteri yoğunluğu McFarland 5'e (15×10^8 cfu/mL) ayarlanan ve 50 MHz frekansında içerisine buz eklenen ultrasonikasyon (VibraCell) cihazında örnekler 5 dakika süresince sonikasyon işlemi uygulanmış ve numuneler sıcak su banyosunda 100°C'da 15 dak bekletilmiştir. Ardından 4000×g'de 10 dak 4°C'da santrifüj işlemi yapılmıştır. Sıcak su banyosunda 5 dak yeniden bekletilen örnekler ikinci santrifüj uygulamasının ardından elde edilen süpernatant 0,45 µm'lik filtreden geçirilerek mikro-kuyucuklara aktarılmıştır. OD₅₈₀ nm dalga boyunda ölçüm yapılarak kültürlerin intrasellüler folat üretimleri tespit edilmiştir (Sybesma ve ark., 2003a,b; Aswathy ve ark., 2008).

Ekstrasellüler folat üretimi

Süpernatant ile tampon çözeltileri 1:1 oranında süspansiyon edilmiştir. Örnekler sıcak su banyosunda 100°C'da 15 dak tutularak folat bağlayıcı proteinlerin folattan ayrılması sağlanmıştır. Örnekler 4000×g'de 10 dak 4°C'da santrifüj edilmiştir. 2 mL'lik süpernatant, 0,4 mL insan plazması, 0,1 M 2-merkaptetanol, %0,5 sodyum askorbat solüsyonu ile muamele edilerek 37°C'da 1 saat çalkalamalı etüvde bekletilmiştir. Sıcak su banyosunda 5 dak bekletilen

örnekler santrifüj edilmiş ve süpernatant 0,45 µm'lik filtreden geçirilerek mikro-kuyucuklara aktarılmıştır. OD₅₈₀ nm dalga boyunda ölçüm yapılarak kültürlerin ekstrasellüler folat üretimleri belirlenmiştir (Wilson ve Horne, 1982; Aswathy ve ark., 2008; Sybesma ve ark. 2003a,b).

İstatistiksel Analizler

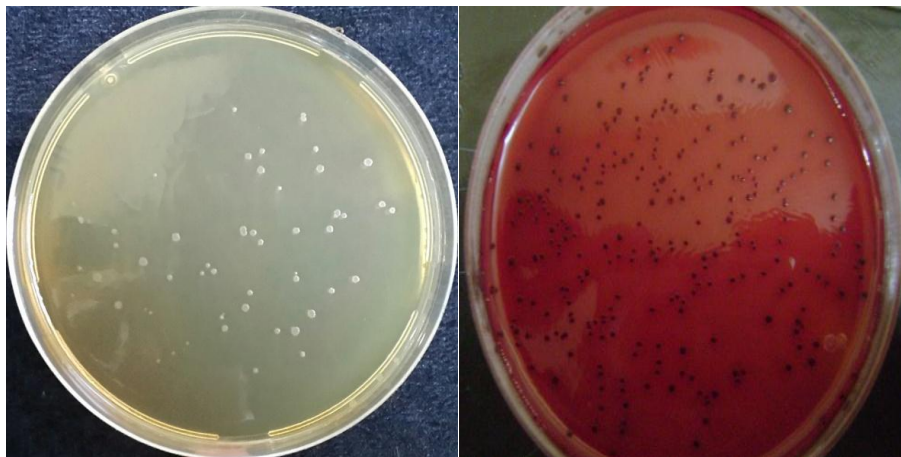
Tüm çalışmalar üç paralelli ve üç tekerrürlü olarak yapılmış ve çalışmaların ortalama sonuçları verilmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen veriler bu tekrarların ortalaması ± standart sapma (SD) şeklinde verilmiştir. Her bir bakterinin farklı besiyeri ve tampon çözeltilerdeki intrasellüler ve ekstrasellüler folat üretimleri arasındaki farklılıkların istatistiksel önem değeri iki yönlü ANOVA ve Tukey's *post hoc* testi ile ve GraphPad Prism (www.graphpad.com) yazılımı kullanılarak belirlenmiştir. İstatistiksel önem değerleri p<0,05 olarak belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Bakteri İzolasyonu

Çalışmada izolatların alındığı yer, örnek numarası ve kodu Çizelge 1'de gösterilmiştir. Bolu-Göynük ve Amasya-Merzifon dışındaki tüm bölgelerden 32 *Streptococcus* sp., Nevşehir-Gülşehir ve Mersin-Silifke dışındaki tüm bölgelerden 31 *Lactobacillus* sp. olmak üzere toplamda 63 izolat elde edilmiştir.

Laktobasil izolatlarının MRS katı besi ortamında yassı ve krem renkli koloniler (Resim 1.a); Streptokok izolatlarının NRCLA katı besi ortamında düzgün ve mor renkli koloniler oluşturdukları (Resim 1.b) gözlenmiştir.



Şekil 1. a. MRS katı besi ortamında Laktobasillerin koloni morfolojisi
b. Neutral Red Chalk Laktöz katı besi ortamında Streptokokların koloni morfolojisi
Figure 1. a. Colony morphology of Lactobacilli on MRS solid media
b. Colony morphology of Streptococci on Neutral Red Chalk Lactose solid media

Bakterilerin Tanımlanması

Biyokimyasal tanımlama

API 50 CHL test kiti kullanılarak (Resim 2) yapılan biyokimyasal tanımlama sonucunda laktobasil

izolatlarının *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'a benzerlik oranının % 53-97, streptokok izolatlarının *S. thermophilus*'a benzerlik oranının % 71-95 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 1. Yoğurttan izole edilen izolatların alındığı yerler, örnek numaraları ve kodları

Table 1. Locations sample numbers and codes of the isolates isolated from yoghurt

İzolatların Alındığı Yer	Örnek No	<i>Lactobacillus</i> sp. kodu	<i>Streptococcus</i> sp. kodu
1. Ankara-Keçiören	1.1	ZN141	Z14
	1.2	ZN142	Z15
	1.3	ZN171	Z151
	1.4	ZN172	Z171
	1.5	ZN18	Z173
	1.6	ZN19	Z18
2. Ankara-Yenimahalle	2.1	ZN251	Z261
	2.2	ZN252	Z271
	2.3	ZN272	Z272
	2.4	ZN281	Z351
3. Çankırı-Orta	3.1	ZN342	Z361
	3.2	ZN361	Z372
	3.3	ZN362	-
	3.4	ZN382	-
4. Ankara-Çankaya	4.1	ZN442	Z472
	4.2	ZN451	Z482
	4.3	ZN461	-
5. Amasya-Merzifon	5.2	ZN543	-
	5.3	ZN551	-
	5.4	ZN561	-
	5.5	ZN562	-
6. Ankara-Sincan	6.1	ZN641	Z662
	6.2	ZN652	Z651
	6.3	ZN661	Z672
	6.4	ZN662	Z682
7. Nevşehir-Gülşehir	7.1	-	Z743
	7.2	-	Z752
8. Ankara-Altındağ	8.1	ZN82	Z861
	8.2	-	Z862
9. Bolu-Göynük	9.1	ZN961	-
	9.2	ZN981	-
10. Mersin-Silifke	10.1	-	Z1051
	10.2	-	Z1052
	10.3	-	Z1061
	10.4	-	Z1062
	10.5	-	Z1081
	10.6	-	Z1082
11. Çorum-Sungurlu	11.1	ZN1151	Z1151
	11.2	ZN1171	Z1152
	11.3	ZN1181	Z1153
	11.4	-	Z1161
	11.5	-	Z1162
	11.6	-	Z1171

- İzolasyon gerçekleştirilememiştir.

Çizelge 2. *Lactobacillus* sp. ve *Streptococcus* sp. izolatlarının API 50 CHL tanımlaması ve % benzerliği
Table 2. *Lactobacillus* sp. and *Streptococcus* sp. of isolates API 50 CHL identification and % similarity

Kod	API 50 CHL Tanımlama	% Benzerlik	Kod	API 50 CHL Tanımlama	% Benzerlik
ZN171	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	88	Z15	<i>S. thermophilus</i>	87
ZN19	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	81	Z14	<i>S. thermophilus</i>	92
ZN141	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	73	Z18	<i>S. thermophilus</i>	95
ZN172	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	53	Z1171	<i>S. thermophilus</i>	82
ZN18	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	80	Z173	<i>S. thermophilus</i>	72
ZN142	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	90	Z171	<i>S. thermophilus</i>	79
ZN252	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	90	Z272	<i>S. thermophilus</i>	83
ZN272	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	81	Z682	<i>S. thermophilus</i>	67
ZN251	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	84	Z752	<i>S. thermophilus</i>	88
ZN281	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	75	Z743	<i>S. thermophilus</i>	80
ZN362	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	84	Z861	<i>S. thermophilus</i>	91
ZN382	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	92	Z862	<i>S. thermophilus</i>	75
ZN342	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	71	Z1062	<i>S. thermophilus</i>	90
ZN361	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	90	Z1083	<i>S. thermophilus</i>	79
ZN461	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	96	Z261	<i>S. thermophilus</i>	90
ZN442	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	55	Z271	<i>S. thermophilus</i>	91
ZN551	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	79	Z372	<i>S. thermophilus</i>	79
ZN561	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	81	Z361	<i>S. thermophilus</i>	82
ZN562	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	82	Z351	<i>S. thermophilus</i>	90
ZN543	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	93	Z472	<i>S. thermophilus</i>	75
ZN451	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	83	Z482	<i>S. thermophilus</i>	67
ZN662	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	94	Z662	<i>S. thermophilus</i>	95
ZN661	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	86	Z651	<i>S. thermophilus</i>	80
ZN652	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	55	Z672	<i>S. thermophilus</i>	92
ZN641	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	70	Z1061	<i>S. thermophilus</i>	89
ZN82	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	67	Z1081	<i>S. thermophilus</i>	93
ZN981	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	97	Z1051	<i>S. thermophilus</i>	80
ZN1181	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	53	Z1162	<i>S. thermophilus</i>	89
ZN961	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	95	Z1161	<i>S. thermophilus</i>	71
ZN1151	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	76	Z1152	<i>S. thermophilus</i>	90
ZN1171	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	91	Z1151	<i>S. thermophilus</i>	85
			Z1153	<i>S. thermophilus</i>	91



Resim 2. API 50 CHL testi
Picture 2. API 50 CHL test

Moleküler tanımlama

Biyokimyasal olarak tanımlamaları yapılmış numunelerden rastgele seçilen 4 laktobasil ve 4 streptokok izolatının 16S rDNA moleküler tanımlamaları gerçekleştirilmiştir. Laktobasillerden izole edilen DNA'nın saflık ($OD_{260/280}$ nm) derecesi 1,72-1,90 aralığında, streptokokların DNA'sının ise 1,72-1,85 aralığında tespit edilmiştir. Örneklerin

DNA'larının dizi analizi sonuçları BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) fonksiyonu ile NCBI (National Center for Biotechnology Information) Gen Bankası'nda taranarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan tüm bakterilerin moleküler tanımlaması sonucunda model suşlara %99 oranında benzerlik gösterdiği bulunmuş ve sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Bakterilerin 16S rDNA sekanslarının NCBI Gen bankası sonuçlarına göre benzerlik oranları ve saflık dereceleri ($OD_{260/280}$ nm)

Table 3. Similarity rates and purity levels of 16S rDNA sequences of bacteria according to NCBI Genbank results ($OD_{260/280}$ nm)

Kod	İzolat	EMBL/GenBank Numarası	% Benzerlik	$OD_{260/280}$ nm
ZN281	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	HM218006.1	99	1.81
ZN382	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	HM058989.1	99	1.76
ZN551	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	JX839763.1	99	1.72
ZN652	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	HM058547.1	99	1.90
Z173	<i>S. thermophilus</i>	GU195647.1	99	1.72
Z361	<i>S. thermophilus</i>	HQ721278.1	99	1.74
Z351	<i>S. thermophilus</i>	HQ721251.1	99	1.83
Z1161	<i>Enterococcus faecium</i>	JN542513.1	99	1.85

Biyokimyasal yöntemlerde, enzim substrat ilişkisine bağlı olarak gözlenen renk değişimi ya da gaz oluşumu ile elde edilen sonuçlar tanı çizelgeleri ile karşılaştırılmakta ve bakteri tanımlaması gerçekleştirilmektedir. İnsan gücü ve çalışma alanından tasarruf sağlama, kısa sürede hızlı sonuç verme ve düşük maliyetli olma gibi önemli avantajları da bulunmaktadır. Ancak, API, Enterotube, Minitek, Vitek gibi biyokimyasal tanı yöntemleri çalışılacak bakteri türü hakkında önemli bilgiler sunan yöntemler olsalar da, kültürlerin

identifikasyonlarının daha doğru yapılabilmesi için bilgisayarlı otomatik okuyuculara ihtiyaç duyulmaktadır (Aras, 2011). Moleküler tanımlama teknikleri, bakterilerin hızlı ve doğru bir şekilde tanımlanmasında yüksek bir potansiyel göstermektedir. Bu tür yöntemlerin, fenotipik olarak yakından ilişkili olan ancak epidemiyolojik etkide önemli farklılıklar gösteren türlerin ve/veya alt türlerin farklılaştırılması gibi önemli uygulama alanları bulunmaktadır (Frey ve Nicolet, 1997). 16S ribozomal RNA (rRNA) gen dizilemesi, bakteriler

arasındaki filogenetik ilişkilerin belirlenmesi için önemli bir araç olarak hizmet etmekte ve bakteri izolatlarının tanımlanmasında etkin olarak kullanılmaktadır. Sekans tanımlaması, yavaş büyüyen, olağandışı ve güç üreyen bakterilerin yanı sıra geleneksel yöntemlerle zayıf bir şekilde farklılaşan bakteriler için de kullanılan bir yöntemdir (Patel, 2001). Moleküler tanımlama teknikleri potansiyel olarak bakteri türlerinin tespiti ve tanımlanmasının yanı sıra bir bakteri türü içindeki suşların karşılaştırılmasına da olanak tanımaktadır. Çalışmada, hem biyokimyasal hem de moleküler tanımlama testleri gerçekleştirilen *Lactobacillus* sp. ve *Streptococcus* sp. izolatlarının, tanımlama sonuçlarının birbirinden farklılık gösterdiği ve moleküler tanımlama sonuçlarının *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *S. thermophilus*'a daha yüksek oranda (%99) benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada tesadüfen seçilen 8 izolatın moleküler tanımlaması yapılarak moleküler tanımlamanın daha doğru sonuçlar verdiği ispatlanmıştır.

Folat Üretimi

Folatın kimyasal olarak sentezlenmiş formu olan folik asidin yüksek oranda alınması, B12 vitamini eksikliğinin erken hematolojik belirtilerinin maskelenmesi, hepatik dihidrofolat redüktaz enziminin aktivitesinde değişiklik ve kanserin teşvik edilmesi gibi olumsuz sağlık sorunlarına neden olabilmektedir (Bailey ve Ayling 2009; Baggott, ve ark., 2012; Da Silva ve ark., 2016; Albano ve ark., 2020). Yoğurt, ayran, peynir gibi bazı fermente süt ürünlerinde laktik asit bakterilerinin (LAB) biyosenteziyle folat miktarında artış gözlenmesi sonucu folatın biyosentezine yönelik çalışmalara ilgi artış göstermiştir (LeBlanc ve ark., 2011).

Doğal folat formları üretilebilen LAB, olumsuz etkilere neden olmadan folat eksikliğini önlemek için gıdalara dâhil edilebilmektedir. Sentetik folik asitle zenginleştirmeye alternatif olarak LAB tarafından üretilen folat, bağırsak patolojilerine karşı terapötik ve anti-enflamatuar/anti-neoplastik tedavilerde tamamlayıcı olarak kullanılabilir (Levit ve ark., 2021).

İntrasellüler folat üretim miktarının yüksek çıkması bakterinin metabolik aktivite etkinliği hakkında bilgi verirken, ekstrasellüler folat miktarındaki artış tüketilen gıdaların folat içeriği bakımından zenginliği hakkında fikir vermektedir (Sybesma ve ark., 2003a). Sybesma ve ark. (2003a), *Leuconostoc lactis* ve *L. paramesenteroides* suşları ile gerçekleştirdikleri araştırmalarında bakterilerin ürettikleri total folat miktarını 43-45 µg/L olarak bildirmişlerdir. Laiño ve ark. (2012) Arjantin yoğurtlarından elde ettikleri 4 *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* kültürünün hücre içi ve hücre dışı folat üretim miktarlarını belirlemek amacıyla, folat içermeyen

kültür ortamında (FACM) ve yağsız sütte kültürleri geliştirmişlerdir. FACM ortamında, suşların hücre içi folat üretimlerinin 8,6-16,2 µg/L, hücre dışı folat üretimlerinin ise 3,6-86,2 µg/L arasında değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir. Cucick ve ark. (2020) Brezilya keçi süt ürünlerinden elde ettikleri beş *S. thermophilus* (34v, 170v, 268v, 361v ve 341pc) bakterisinin folat üretim miktarını belirlemiştir. Analiz sonuçlarına göre en iyi folat üreten bakteriler sırasıyla *S. thermophilus* 34v (0,208 µg/mL) ve *S. thermophilus* 268v (0,167 µg/mL) olarak rapor edilmiştir. Yoğurttan izole edilen 4 *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *shermanii* ve 4 *P. freudenreichii* ssp. *freudenreichii* kullanıldığı başka bir çalışmada bakterilerin folat üretimleri 21,2-31,9 µg/mL olarak tespit edilmiştir (Zahed ve ark., 2022). Liu ve ark., (2022) çiğ inek sütünden folat üreten altı *Lactobacillus* suşu izole etmişler ve altı izolatanın folat veriminin 0,0055 ile 0,239 µg/mL arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Elde edilen suşlardan folat üretim potansiyeli en yüksek olan izolatanın *Lactilactobacillus sakei* LZ217 (0,239 µg/mL) olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmada, üç farklı besiyeri tampon uygulamasının intrasellüler ve ekstrasellüler folat üretimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *S. thermophilus* suşlarının farklı besiyerlerinde intrasellüler ve ekstrasellüler folat üretimleri Çizelge 4-7'de verilmiştir.

MRS besiyerinde *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* suşları için en yüksek intrasellüler folat üretiminin ZN561 suşunda potasyum fosfat tamponunda (83,3 µg/L) en düşük üretimin ise sodyum asetat tamponunda (6,9 µg/L) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4). Ekstrasellüler folat üretimine bakıldığında ZN1151 suşu potasyum fosfat tamponunda (74,9 µg/L) en yüksek değeri gösterirken, ZN961 suşu sodyum asetat tamponunda (1,1 µg/L) en düşük değeri göstermiştir (Çizelge 6). *S. thermophilus* suşlarında; Elliker besiyerinde en yüksek intrasellüler ve ekstrasellüler folat üretimleri sırasıyla Z482 ve Z862 suşlarında potasyum fosfat tamponunda (103,8 ve 72,5 µg/L) belirlenirken, en düşük folat üretimi sırasıyla Z1161 suşunda sodyum fosfat tamponunda (7,9 µg/L) ve Z1051 suşunda sodyum asetat tamponunda (4,5 µg/L) bulunmuştur (Çizelge 5 ve 7).

FACM besiyerinde intrasellüler folat üretimi *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* suşlarında 8,5 µg/L (ZN172)-88,5 µg/L (ZN543) arasında değişirken (Çizelge 4), *S. thermophilus* suşlarında ise; 87,7 µg/L (Z861)-9,5 µg/L (Z682) aralığında değişkenlik göstermiştir (Çizelge 5). Ekstrasellüler folat üretimi ise *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* suşlarında 2,9 µg/L (ZN562)-50,9 µg/L (ZN561 ve ZN1151) (Çizelge 6), *S. thermophilus* suşlarında 3,4 µg/L (Z351)-79,9 µg/L (Z651) (Çizelge 7) aralığında tespit edilmiştir. FACM besiyerinde potasyum fosfat tamponunun

intraseleller ve ekstraselleller folat üretimi için en uygun tampon olduğu belirlenmiştir.

L. delbrueckii subsp. *bulgaricus* ve *S. thermophilus* suşlarının yağsız süt besiyerindeki en yüksek intraseleller folat üretimi ZN1181 (105,6 µg/L) ve ZN1162 (95,8 µg/L) suşlarında bulunmuştur (Çizelge 4 ve 5). Ekstraselleller folat üretimlerine bakıldığında

ise; suşların 66,3 µg/L (ZN641) ve 73,9 µg/L (ZN272) değerleri ile en yüksek hücre dışı folat üretim yeteneği gösterdikleri tespit edilmiştir. Yağsız süt besiyerinde potasyum fosfat tamponunun intraseleller ve ekstraselleller folat üretimi için en iyi sonuç veren tampon çözeltisi olduğu belirlenmiştir (Çizelge 6 ve 7).

Çizelge 4. *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* suşlarının farklı besiyerlerinde (MRS, FACM ve yağsız süt) ve farklı tamponlarda (potasyum fosfat, sodyum fosfat ve sodyum asetat) intraseleller folat üretimleri (µg/L)

Table 4. *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* strains in different media (MRS, FACM and skim milk) and buffers (potassium phosphate, sodium phosphate and sodium acetate) intracellular folate production (µg/L)

Bakteri Kodu	MRS			FACM			Yağsız süt		
	Potasyum Fosfat Tamponu	Sodyum Fosfat Tamponu	Sodyum Asetat Tamponu	Potasyum Fosfat Tamponu	Sodyum Fosfat Tamponu	Sodyum Asetat Tamponu	Potasyum Fosfat Tamponu	Sodyum Fosfat Tamponu	Sodyum Asetat Tamponu
ZN171	78.5±4.6 a	17.5±0.4b	9.3±0.1 b	53.9±3.4 a	25.3±0.3 b	21.8±0.9b	35.9±1.3 a	38.3±3.2 a	6.9±0.1 bc
ZN19	47.2±1.6 a	22.9±0.6 b	11.9±0.1 bc	55.4±1.3 a	25.1±0.1 b	29.9±1.1 b	34.4±4.4 a	28.3±1.3 a	16.8±0.1 bc
ZN141	26.1±3.1 a	20.2±0.4 a	13.8±0.6 b	55.3±4.3 a	25.6±1.1 b	33.4±0.6 b	49.2±4.1 a	43.4±1.0 a	16.6±0.1 bc
ZN172	39.4±4.1 a	19.2±0.4 b	9.6±0.0 b	8.5±4.6 a	23.7±0.9 b	19.3±1.1 a	44.8±2.9 a	41.1±2.2 a	11.7±0.0 bc
ZN18	25.7±2.4 a	19.1±0.7 b	14.5±0.3 b	51.9±5.3 a	18.8±0.6 b	32.9±0.9 bc	70.8±5.5 a	65.2±4.4 a	25.3±0.1 bc
ZN142	54.5±6.1 a	18.7±0.3 b	6.9±0.0 b	62.4±0.1 a	28.2±1.2 b	18.8±0.4 bc	72.1±3.7 a	17.4±0.1 b	6.6±0.1 bc
ZN252	11.7±0.4 a	18.2±0.3 b	8.0±0.1 bc	29.6±3.7 a	22.3±0.6 a	19.7±0.1 b	38.2±0.6 a	51.8±2.2 b	13.2±0.3 bc
ZN272	35.4±6.5 a	21.7±0.4 a	11.1±0.1 b	38.8±2.2 a	28.4±0.4 b	18.9±0.4 bc	24.9±1.5 a	23.9±4.6 a	7.6±0.3 bc
ZN251	60.7±3.7 a	21.9±0.1 b	10.9±0.1 b	64.7±1.1 a	22.9±0.6 b	15.9±0.4 bc	75.1±2.4 a	61.4±1.9 b	16.9±2.9 bc
ZN281	42.9±1.5 a	19.2±0.4 b	14.3±0.1 bc	51.2±5.7 a	23.7±0.1 b	21.5±0.6 b	56.8±1.3 a	55.7±1.8 a	6.4±0.1 bc
ZN362	22.1±3.7 a	17.7±0.6 a	10.0±0.0 b	14.4±3.1 a	13.2±2.2 a	14.7±0.3 a	43.9±1.9 a	39.5±1.3 a	14.5±0.3 bc
ZN382	27.1±1.9 a	23.2±0.3 a	12.4±0.1 bc	32.9±2.9 a	27.2±0.3 a	21.9±1.9 b	33.8±2.7 a	25.8±2.5 a	7.6±0.1 bc
ZN342	20.0±0.6 a	17.8±0.3 b	11.6±0.1 bc	60.9±1.1 a	29.2±0.6 b	24.6±0.0 bc	51.3±4.1 a	18.6±0.6 b	16.1±0.4 b
ZN361	40.9±0.6 a	24.7±0.7 b	8.9±0.0 bc	27.6±1.2 a	27.4±0.9 a	22.9±0.6 bc	48.8±1.6 a	45.5±3.5 a	8.5±0.0 bc
ZN461	26.5±2.5 a	23.5±1.5 a	9.5±0.1 bc	28.1±2.5 a	22.4±0.1 a	21.5±0.4 b	52.2±1.3 a	47.6±1.8 a	6.2±0.1 bc
ZN442	37.4±0.3 a	23.9±0.1 b	12.1±0.0 bc	19.3±1.1 a	19.0±1.6 a	19.6±0.0 a	10.9±1.2 a	14.5±0.7 a	15.9±0.6 b
ZN451	27.2±0.3 a	22.4±0.7 b	10.3±0.1 bc	18.1±3.4 a	25.1±0.3 a	12.7±0.4 bc	34.3±0.3 a	29.8±2.1 a	8.5±1.1 bc
ZN551	54.2±4.6 a	27.9±1.3 b	10.9±0.3 bc	66.4±3.4 a	36.2±0.3 b	21.2±0.1 bc	86.7±4.6 a	63.7±6.5 b	14.1±1.5 bc
ZN561	83.3±1.9 a	26.3±0.4 b	8.9±0.0 bc	72.9±4.4 a	34.3±1.5 b	23.7±0.3 b	92.5±1.9 a	79.9±2.2 b	25.0±0.4 bc
ZN562	20.7±4.7 a	17.0±0.7 a	12.5±0.0 a	16.2±0.9 a	27.7±1.9 b	21.9±0.1 bc	29.2±1.2 a	26.2±1.9 a	21.3±0.0 b
ZN543	65.2±2.9 a	27.8±0.1 b	14.7±0.1 bc	88.5±7.1 a	27.7±0.6 b	23.5±0.3 b	96.9±2.4 a	92.2±1.1 a	35.9±1.2 bc
ZN662	24.8±1.2 a	18.3±0.0 b	10.1±0.1 bc	23.9±3.1 a	28.2±1.2 a	18.5±0.3 c	60.9±4.3 a	18.7±0.7 b	24.3±0.3 b
ZN661	21.8±0.1 a	26.1±1.6 b	11.9±0.0 bc	20.4±0.2 a	18.9±1.1 a	19.5±0.1 a	61.7±1.8 a	58.9±2.8 a	17.6±0.1 bc
ZN652	72.2±3.8 a	23.5±0.9 b	10.7±0.3 bc	68.9±0.9 a	18.1±0.0 b	10.1±0.1 bc	94.9±4.6 a	75.6±0.4 b	14.9±0.1 bc
ZN641	68.3±4.4 a	27.1±0.4 b	8.1±0.0 bc	69.8±2.9 a	25.4±0.6 b	21.4±0.3 b	68.5±0.7 a	65.8±0.9 a	26.7±0.0 bc
ZN82	63.4±1.8 a	20.9±0.4 b	10.2±0.0 bc	67.3±0.6 a	32.2±1.1 b	18.9±0.1 bc	33.1±5.2 a	19.7±1.3 a	27.1±0.1 a
ZN981	66.5±2.9 a	19.7±0.3 b	10.3±0.0 bc	34.8±4.6 a	18.8±0.6 b	21.8±0.3 b	60.7±0.3 a	56.1±1.6 b	30.8±0.7 bc
ZN961	54.9±0.7 a	21.8±0.1 a	13.8±0.6 bc	53.4±4.7 a	25.6±1.1 b	20.6±1.1 b	82.9±0.4 a	61.7±0.4 b	11.3±0.3 bc
ZN1151	54.1±1.9 a	18.8±0.6 b	14.4±0.0 b	66.3±3.5 a	25.4±1.5 b	35.5±0.1 bc	60.6±4.6 a	55.9±1.2 a	25.2±1.1 bc
ZN1171	34.5±0.9 a	29.1±0.3 a	11.9±0.1 bc	53.9±2.7 a	33.9±1.9 b	13.2±0.3 bc	16.4±1.3 a	14.2±1.2 a	6.8±0.1 bc
ZN1181	61.5±3.9 a	63.2±1.2 a	15.9±0.1 bc	71.7±3.7 a	19.2±0.6 b	36.1±2.2 bc	105.6±1.9 a	66.4±1.3 b	37.4±0.9 bc

±: Standart sapma şeklinde sunulmuştur.

a,b,c Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen değerler Tukey testine göre P<0.05 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

L. delbrueckii subsp. *bulgaricus* suşlarının folat üretiminde farklı besiyerleri ve tampon uygulamaları arasında farklılığın olup olmadığını tespit etmek amacıyla Tukey's testi uygulanmıştır. Birçok suş için tamponlar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmiştir (p<0,05). Ancak, intraseleller folat üretiminde MRS besiyerinde ZN562 suşunda (Çizelge 4), FACM besiyerinde ZN172, ZN362, ZN442 ve ZN661 suşlarında (Çizelge 6) anlamlı bir farklılığa rastlanılmamıştır. Yağsız süt besiyerinde intraseleller folat üretim çalışmalarında tüm suşlarda tampon uygulamalarında anlamlı bir fark gözlenmiştir (p<0,05) (Çizelge 7). Ekstraselleller folat üretiminde ise MRS besiyerinde ZN18, ZN451 ve

ZN1171 suşlarında (Çizelge 4), FACM besiyerinde ZN19, ZN18, ZN252, ZN281, ZN442, ZN551 ve ZN661 suşlarında (Çizelge 6) anlamlı bir farklılığa rastlanılmamıştır. FACM besiyerinde intraseleller folat üretiminde ise ZN18 suşu hariç tüm suşların besiyerlerinde uygulanan tamponlar arasında anlamlı bir farklılık olduğu gözlenmiştir (p<0,05). Yağsız süt besiyerinde ise ZN981 suşunda (Çizelge 7) tamponlar arasında anlamlı bir fark tespit edilememiştir (p<0,05).

Çalışmada en yüksek folat üretim kapasitesi gösteren *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ZN1181 suşunun (105,6 µg/L) Sybesma ve ark. (2003a) (45 µg/L), Laiño

ve ark. (2020) (86,2 µg/L) çalışmalarında kullandıkları en yüksek folat üretimine sahip bakterilerden daha yüksek değerde üretim yeteneği gösterdiği belirlenirken, Cucick ve ark. (2020) (31,9 µg/mL), Liu ve ark. (2022) (239 µg/L), ve Zahed ve ark. (2022) (208 µg/L)'nin çalışmalarında kullandıkları bakterilerin folat miktarından daha

düşük değerde üretim sergilediği tespit edilmiştir. Folat üretim miktarındaki farklılığın kullanılan mikroorganizmaların ve izolasyon kaynaklarının aynı olmaması, farklı besiyeri ve tampon çözeltilerin kullanılması gibi gelişme koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermiş olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 5. *S. thermophilus* suşlarının farklı besiyerlerinde (Elliker. FACM ve yağsız süt) ve farklı tamponlarda (potasyum fosfat, sodyum fosfat ve sodyum asetat) intrasellüler folat üretimleri (µg/L)

Table 5. *S. thermophilus* strains in different media (Elliker. FACM and skim milk) and buffers (potassium phosphate, sodium phosphate and sodium acetate) intracellular folate production (µg/L)

Bakteri Kodu	Elliker			FACM			Yağsız süt		
	Potasyum Fosfat Tamponu	Sodyum Fosfat Tamponu	Sodyum Asetat Tamponu	Potasyum Fosfat Tamponu	Sodyum Fosfat Tamponu	Sodyum Asetat Tamponu	Potasyum Fosfat Tamponu	Sodyum Fosfat Tamponu	Sodyum Asetat Tamponu
Z15	24.4±3.7 a	27.5±0.6 a	10.9±0.3 b.c	30.9±7.4 a	41.8±4.4 a	14.6±0.1 c	25.6±4.4 b	63.1±4.4 a	36.2±0.4 c
Z14	75.4±0.4 a	18.4±2.1 b	11.7±0.1 b.c	82.2±2.8 a	20.9±0.9 b	13.1±0.7 b.c	26.3±1.2 b	40.5±0.7 a	25.5±1.8 c
Z18	54.4±6.6 a	37.2±1.1 b	11.1±0.3 b.c	54.0±0.2 a	47.8±3.8 a	16.6±0.3 b.c	41.1±0.7 b	47.8±0.3 a	12.7±1.9 b.c
Z173	30.2±1.5 a	19.1±0.7 b	10.5±0.1 b.c	48.3±1.3 a	18.2±0.3 b	12.5±0.4 b.c	38.7±1.5 b	67.2±1.8 a	21.1±0.6 b.c
Z171	48.6±1.6 a	45.1±4.3 a	11.8±0.4 b.c	51.4±2.4 a	27.8±2.7 b	16.3±0.6 b.c	77.8±0.7 a	47.1±2.7 b	23.1±0.9 b.c
Z272	58.8±1.1 a	25.1±0.1 b	13.1±0.3 b.c	60.6±1.1 a	35.5±0.1 b	17.9±1.2 b.c	78.5±0.0 a	37.9±1.5 b	15.2±0.9 b.c
Z261	50.9±0.3 a	26.3±3.7 b	11.5±0.1 b.c	48.7±1.9 a	32.1±1.6 b	17.7±0.0 b.c	43.1±3.9 b	60.5±0.6 a	35.1±0.1 c
Z271	58.8±3.2 a	21.9±0.6 b	10.6±0.4 b.c	43.7±0.3 a	30.7±1.1 b	15.7±0.3 b.c	73.3±1.5 a	40.9±0.1 b	18.4±2.2 b.c
Z372	71.8±2.9 a	21.9±0.1 b	11.6±0.7 b.c	70.3±0.1 a	22.9±0.6 b	16.5±0.2 b.c	61.6±0.9 a	61.5±2.2 a	32.5±0.6 b.c
Z361	29.7±6.3 a	50.9±1.8 a	14.1±0.9 b.c	34.4±1.6 b	48.1±0.9 a	19.4±1.2 b.c	19.9±4.7 b	59.1±1.8 a	24.1±1.2 b.c
Z351	52.3±3.1 a	17.7±0.4 a	10.7±0.1 b.c	50.4±3.9 a	26.7±1.2 b	16.7±0.1 b.c	61.3±0.0 b	70.7±0.7 a	29.8±0.4 b.c
Z472	44.9±0.4 a	31.5±0.1 b	13.1±0.7 b.c	41.5±1.8 a	29.9±0.1 b	17.6±0.7 b.c	65.6±0.4 a	28.3±1.3 b	24.9±3.2 b
Z482	103.8±1.1 a	33.9±0.6 b	14.5±0.3 b.c	70.2±1.1 a	38.4±1.6 b	17.3±0.6 b.c	80.1±4.9 a	43.6±0.7 b	29.2±2.2 b.c
Z662	56.9±1.3 a	32.1±0.6 b	11.1±0.1 b.c	59.5±1.3 a	31.4±1.8 b	15.3±0.3 b.c	38.7±0.3 a	33.6±2.2 a	19.9±1.5 b.c
Z651	34.3±2.4 a	36.4±0.4 a	10.6±2.4 b.c	32.2±1.1 a	23.6±1.1 b	12.6±1.2 b.c	32.8±0.1 a	24.5±0.9 b	20.9±0.6 b.c
Z672	72.3±1.6 a	10.5±0.6 a	13.9±0.6 b.c	62.5±3.2 a	19.0±0.2 b	17.2±0.3 b	50.5±0.6 a	40.7±3.2 b	25.9±1.1 b.c
Z682	48.2±0.6 a	31.2±1.9 b	10.7±0.1 b.c	9.5±2.4 b	48.7±4.8 a	16.8±0.5 c	68.1±2.1 a	69.9±0.4 a	21.7±2.5 b.c
Z752	71.9±2.8 a	15.2±1.9 a	10.3±0.1 b.c	79.2±1.6 a	18.8±0.6 b	14.9±0.1 b	91.6±0.9 a	17.1±0.1 b	30.1±1.3 b.c
Z743	61.5±2.1 a	21.9±1.8 a	14.9±7.2 b.c	55.9±3.2 a	20.7±1.6 b	19.8±0.4 b	79.1±2.9 a	26.7±2.7 b	21.1±0.7 b.c
Z861	82.6±2.7 a	25.1±0.6 b	11.6±0.3 b.c	87.7±0.4 a	26.3±0.1 b	14.3±0.4 b.c	58.2±0.1 a	26.2±0.4 b	19.6±0.1 b.c
Z862	76.9±4.3 a	27.1±1.2 b	14.4±0.6 b.c	71.1±2.1 a	34.4±1.5 b	19.4±0.6 b.c	74.1±2.9 a	79.9±2.2 a	17.1±1.1 b.c
Z1062	74.3±2.8 a	32.7±1.1 b	16.6±0.9 b.c	59.1±0.9 a	40.7±3.1 b	19.4±1.1 b.c	63.8±2.7 a	64.1±2.4 a	18.2±0.3 b.c
Z1083	55.7±2.2 a	33.3±0.4 b	11.8±0.7 b.c	48.5±0.3 a	22.1±1.9 b	19.5±0.3 b	84.2±3.7 a	27.8±4.9 b	17.6±0.3 b.c
Z1061	53.6±1.1 a	17.6±2.2 a	11.9±0.3 b.c	9.6±2.1 a	26.5±1.6 b	22.9±0.4 b	56.7±2.1 a	31.1±1.6 b	19.5±1.9 b.c
Z1081	70.5±1.6 a	37.3±0.4 b	11.2±0.4 b.c	52.7±1.1 a	18.2±1.2 b	15.5±0.3 b	63.5±2.4 a	24.9±0.4 b	22.1±3.4 b
Z1051	36.8±1.1 a	24.9±0.2 b	14.9±1.3 b.c	69.8±0.4 a	17.5±1.6 b	18.1±0.9 b	46.3±0.7 a	38.4±0.7 b	22.3±2.5 b.c
Z1161	48.1±3.4 a	7.9±0.9 b	17.2±1.2 b	33.8±2.7 a	12.4±0.1 b	12.5±1.6 b	60.1±1.3 a	6.4±0.3 b	21.6±0.3 b.c
Z1152	37.7±1.1 a	28.1±0.0 b	10.7±1.2 b.c	68.8±0.6 a	27.8±0.7 b	14.5±0.9 b.c	40.7±1.8 a	30.7±0.3 b	32.8±0.1 b
Z1171	56.8±0.4 a	19.5±0.9 b	12.2±0.3 b.c	53.8±1.6 a	20.8±0.4 b	25.1±0.3 b.c	74.2±2.7 a	34.9±0.9 b	37.9±0.6 b
Z1151	37.9±0.1 a	30.6±1.5 b	12.2±0.3 b.c	68.4±4.1 a	33.5±1.5 b	17.7±0.9 b.c	44.5±1.8 a	31.6±0.7 b	19.7±0.3 b.c
Z1153	62.1±1.1 a	40.6±0.4 b	28.1±0.9 b.c	38.1±2.1 a	37.3±1.5 a	31.8±0.7 a	25.2±1.8 a	11.7±0.2 b	23.1±0.9 c
Z1162	69.5±4.7 a	8.9±0.4 b	29.8±1.1 b.c	74.7±1.5 a	15.7±0.6 b	17.9±1.1 b	95.8±1.9 a	6.3±0.6 b	19.9±1.5 b.c

± Standart sapma şeklinde sunulmuştur.

a,b,c Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen değerler Tukey testine göre P<0.05 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

LAB'nin fermente ürünlerde folat konsantrasyonunu artırmadaki rolü yaygın olarak rapor edilmektedir (Laiño ve ark., 2012, Da Silva ve ark., 2016; Zhang ve ark., 2020). LAB arasında *S. thermophilus*, suşa bağlı olarak fermantasyon sırasında büyük miktarlarda folat üretme kabiliyeti gösteren önemli starter kültürlerden birisidir (Laiño ve ark., 2012; Albuquerque ve ark., 2019). LAB tarafından üretilen folatın, gıda işleme sırasında kullanılmasıyla daha sağlıklı gıda ürünlerinin elde edildiği bildirilmiştir (Rad ve ark., 2016; Meucci ve ark., 2018). Çoğu LAB, birçok vitamin için oksotrofik olmasına karşın bazı suşların B grubu vitaminleri sentezleme yeteneği

bulunmaktadır. Bu durum LAB ile fermente edilmiş gıdaların tüketilmesinin önemini arttırmaktadır (Albuquerque ve ark., 2019).

Bu çalışmada, yerel gıda kaynaklarından (yoğurt) elde edilen *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *S. thermophilus* suşlarının farklı besiyeri ve tampon uygulamalarının hücre içi ve hücre dışı folat üretimine etkisi incelenmiştir. Ayrıca kullanılan besiyerleri ve tampon çözeltiler arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı istatistiksel olarak incelenmiştir. Yapılan literatür taramaları neticesinde yüksek folat üretimine sahip probiyotik mikroorganizmaların tüketimiyle dışarıdan folik asit takviyesine gerek duyulmadan folat eksikliğinin

doğal yollarla gideriminin mümkün olabileceği belirlenmiştir (Laiño ve ark., 2019; Fayemi ve ark., 2023). *S. thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* bakterileri arasından yüksek folat üretim yeteneği gösteren suşların, canlıının metabolik faaliyetlerini yerine getirebilmesi ve çeşitli

hastalıkların oluşumunun engellenmesi açısından gıda uygulamalarında tercih edilebileceği, ayrıca starter özellikleri detaylı olarak belirlendikten sonra yoğurt yapımında alternatif starter kültür olarak kullanılabilmesi düşünülmektedir.

Çizelge 6. *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* suşlarının farklı besiyerlerinde (MRS, FACM ve yağsız süt) ve farklı tamponlarda (potasyum fosfat, sodyum fosfat ve sodyum asetat) ekstrasellüler folat üretimleri (µg/L)

Table 6. *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* strains in different media (MRS, FACM and skim milk) and in different buffers (potassium phosphate, sodium phosphate and sodium acetate) extracellular folate production (µg/L)

Bakteri Kodu	Elliker			FACM			Yağsız süt		
	Potasyum Fosfat Tamponu	Sodyum Fosfat Tamponu	Sodyum Asetat Tamponu	Potasyum Fosfat Tamponu	Sodyum Fosfat Tamponu	Sodyum Asetat Tamponu	Potasyum Fosfat Tamponu	Sodyum Fosfat Tamponu	Sodyum Asetat Tamponu
ZN171	30.9±1.6 ^a	18.2±0.0 ^b	7.2±0.5 ^{bc}	11.6±0.5 ^a	28.2±1.1 ^b	23.1±1.8 ^b	40.5±1.7 ^a	21.5±0.9 ^b	1.9±1.1 ^{bc}
ZN19	9.7±0.6 ^a	9.2±0.1 ^a	3.3±0.2 ^{bc}	21.9±2.1 ^a	20.5±1.7 ^a	17.7±0.0 ^a	16.1±0.5 ^a	13.6±0.2 ^a	2.4±1.3 ^{bc}
ZN141	12.7±0.0 ^a	15.6±0.5 ^b	1.5±0.1 ^{bc}	33.0±0.5 ^a	28.4±2.9 ^a	12.9±1.9 ^{bc}	32.7±1.5 ^a	17.9±0.6 ^b	1.1±0.2 ^{bc}
ZN172	2.9±0.1 ^a	14.7±0.8 ^b	6.7±0.2 ^{bc}	28.9±3.9 ^a	23.9±2.1 ^a	15.5±0.5 ^b	19.7±0.6 ^a	7.2±0.0 ^b	1.6±0.6 ^{bc}
ZN18	7.6±3.3 ^a	8.6±1.4 ^a	2.1±0.2 ^a	12.3±3.3 ^a	13.9±1.5 ^a	16.8±0.2 ^a	17.9±1.4 ^a	8.2±0.2 ^b	1.5±0.9 ^{bc}
ZN142	37.7±0.3 ^a	35.4±1.8 ^a	1.9±0.1 ^{bc}	46.0±1.5 ^a	24.4±0.6 ^b	21.3±0.8 ^b	40.5±1.1 ^a	8.2±1.3 ^b	0.9±0.1 ^{bc}
ZN252	16.2±0.1 ^a	20.4±2.1 ^a	4.2±1.0 ^{bc}	25.4±2.1 ^a	25.9±0.1 ^a	24.0±0.1 ^a	3.0±1.8 ^a	4.7±0.1 ^a	1.1±0.3 ^a
ZN272	29.3±1.6 ^a	31.5±1.7 ^a	3.6±0.3 ^{bc}	34.0±0.6 ^a	23.7±0.6 ^b	22.3±0.1 ^b	38.2±1.4 ^a	7.1±0.1 ^b	0.3±0.2 ^{bc}
ZN251	22.3±1.4 ^a	26.7±0.8 ^b	3.3±0.2 ^{bc}	42.4±3.9 ^a	26.8±1.1 ^b	16.5±0.6 ^{bc}	30.9±0.5 ^a	7.3±0.9 ^b	1.3±0.1 ^{bc}
ZN281	8.5±1.8 ^a	8.9±0.2 ^a	1.2±0.0 ^{bc}	21.5±0.2 ^a	19.3±0.3 ^a	19.5±1.1 ^a	17.5±2.1 ^a	6.6±0.3 ^b	2.1±0.8 ^b
ZN362	22.7±1.9 ^a	20.5±1.6 ^a	3.9±0.0 ^{bc}	31.1±1.3 ^a	28.0±0.5 ^a	4.9±0.1 ^{bc}	8.3±1.3 ^a	8.0±0.8 ^a	2.1±0.1 ^{bc}
ZN382	36.1±1.1 ^a	30.5±6.2 ^a	5.3±1.7 ^{bc}	10.5±1.1 ^a	23.9±1.4 ^b	18.1±0.1 ^{bc}	14.4±0.6 ^a	7.1±0.3 ^b	2.7±0.5 ^{bc}
ZN342	29.5±1.1 ^a	21.5±2.3 ^b	4.8±0.3 ^{bc}	45.9±0.5 ^a	29.5±0.5 ^b	21.9±0.3 ^{bc}	15.9±1.1 ^a	8.8±0.2 ^b	2.4±0.3 ^{bc}
ZN361	22.3±0.6 ^a	20.7±2.3 ^a	1.6±0.1 ^{bc}	13.6±0.9 ^a	19.8±0.5 ^b	19.1±0.3 ^b	10.2±0.1 ^a	7.6±1.6 ^a	1.2±0.0 ^{bc}
ZN461	8.7±0.6 ^a	8.2±0.6 ^a	2.3±0.1 ^{bc}	33.7±1.1 ^a	25.7±0.1 ^b	16.3±2.1 ^{bc}	16.5±0.7 ^a	9.1±0.7 ^a	1.5±0.1 ^{bc}
ZN442	13.1±0.6 ^a	14.8±0.8 ^a	5.5±0.1 ^{bc}	18.9±7.2 ^a	22.7±2.3 ^a	22.7±1.1 ^a	25.3±3.1 ^a	10.6±1.5 ^a	2.9±0.8 ^{bc}
ZN451	46.1±0.2 ^a	46.4±4.2 ^a	36.0±1.4 ^a	45.9±2.5 ^a	26.8±0.6 ^b	16.5±0.9 ^{bc}	27.0±0.5 ^a	11.8±1.6 ^b	14.6±0.2 ^b
ZN551	42.3±0.2 ^a	31.1±6.9 ^a	4.9±0.0 ^{bc}	38.5±4.9 ^a	27.7±3.6 ^a	25.6±0.8 ^a	14.9±3.4 ^a	6.8±0.3 ^a	2.4±0.6 ^b
ZN561	58.2±0.6 ^a	44.3±0.8 ^b	6.7±0.0 ^{bc}	50.9±2.6 ^a	30.5±0.8 ^b	24.9±0.0 ^b	61.4±0.7 ^a	10.8±1.3 ^b	1.7±0.5 ^{bc}
ZN562	11.3±2.2 ^a	23.4±1.1 ^b	5.0±0.2 ^{bc}	2.9±0.7 ^a	24.0±1.1 ^b	26.2±0.6 ^b	3.7±1.4 ^b	8.2±0.3 ^a	2.2±0.2 ^c
ZN543	47.4±0.5 ^a	33.3±0.1 ^b	3.6±0.3 ^{bc}	48.8±0.7 ^a	27.1±1.1 ^b	20.9±0.0 ^{bc}	39.8±1.8 ^a	8.9±0.1 ^b	2.0±0.2 ^{bc}
ZN662	10.7±0.6 ^a	9.5±0.3 ^a	5.7±0.7 ^{bc}	30.4±2.3 ^a	29.5±0.0 ^a	24.2±0.9 ^b	19.3±0.8 ^a	8.7±0.3 ^b	3.5±1.4 ^{bc}
ZN661	19.9±0.5 ^a	18.7±1.3 ^a	4.7±0.9 ^{bc}	22.8±2.2 ^a	20.4±0.1 ^a	21.8±0.6 ^a	12.1±1.3 ^a	7.6±1.6 ^a	2.6±1.4 ^b
ZN652	45.9±0.2 ^a	38.5±3.1 ^a	8.3±0.7 ^{bc}	46.3±1.9 ^a	21.0±0.7 ^b	23.9±0.1 ^b	45.3±2.7 ^a	11.1±1.3 ^b	4.7±0.1 ^b
ZN641	70.2±0.9 ^a	39.3±2.9 ^b	5.3±0.6 ^{bc}	38.8±1.0 ^a	24.2±0.8 ^b	18.9±0.1 ^{bc}	66.3±0.3 ^a	9.2±1.3 ^b	3.2±0.6 ^{bc}
ZN82	28.4±4.1 ^a	15.8±0.5 ^b	6.6±0.1 ^b	49.3±0.2 ^a	27.3±0.1 ^b	29.4±0.6 ^{bc}	27.9±0.9 ^a	15.2±0.3 ^b	4.5±1.1 ^{bc}
ZN981	41.0±2.5 ^a	31.1±6.9 ^a	4.4±0.3 ^{bc}	40.7±0.6 ^a	27.7±3.6 ^a	21.6±0.1 ^b	27.4±0.1 ^a	10.2±1.5 ^a	3.7±0.1 ^a
ZN961	14.9±1.3 ^a	13.7±1.6 ^b	1.1±0.1 ^{bc}	29.7±1.6 ^a	20.6±1.3 ^b	21.1±0.1 ^b	23.9±0.2 ^a	8.9±1.5 ^b	0.9±0.1 ^{bc}
ZN1151	74.9±0.7 ^a	27.8±0.6 ^b	1.6±0.5 ^{bc}	50.9±1.1 ^a	23.6±0.6 ^b	14.0±0.2 ^{bc}	29.1±0.2 ^a	12.3±0.6 ^b	0.9±0.1 ^{bc}
ZN1171	33.2±0.6 ^a	30.1±3.4 ^a	33.6±1.8 ^a	21.6±0.8 ^a	26.8±0.1 ^b	17.2±0.2 ^{bc}	19.8±1.1 ^a	6.5±0.6 ^b	6.3±0.9 ^b
ZN1181	44.7±2.7 ^a	33.1±0.6 ^b	1.8±0.1 ^{bc}	37.7±1.6 ^a	37.8±5.1 ^a	16.7±0.3 ^{bc}	36.9±2.5 ^a	40.6±0.7 ^a	1.0±0.2 ^{bc}

±: Standart sapma şeklinde sunulmuştur.

a,b,c Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen değerler Tukey testine göre P<0.05 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında, 2014 yılında tamamlanan “Geleneksel Yöntemlerle Yapılan Yoğurtlardan İzole Edilen *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* Türlerinde Folat Üretimi” isimli yüksek lisans tezinden türetilmiştir. Ayrıca, çalışmamız Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimi tarafından 05/2013-07 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Meryem Nur Zeydanlı: Literatür taraması, deneylerin

yapılması, malzemelerin temin edilmesi Zehranur Yüksekdağ: Fikir/Kavram, planlama ve tasarım, kaynak sağlama, denetleme ve danışmanlık

Berat Çınar Acar: Literatür taraması, makalenin yazımı, istatistiksel analizlerin yürütülmesi

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırma ve Yayın Etiği Kararı

Yazarlar bu çalışmanın araştırma ve yayın etiğine uygun olarak yapıldığını beyan ederler.

Çizelge 7. *S. thermophilus* suşlarının farklı besiyerlerinde (Elliker, FACM ve yağsız süt) ve farklı tamponlarda (potasyum fosfat, sodyum fosfat ve sodyum asetat) ekstrasellüler folat üretimleri (µg/L)

Table 7. *S. thermophilus* strains in different media (Elliker, FACM and skim milk) and in different buffers (potassium phosphate, sodium phosphate and sodium acetate) extracellular folate production (µg/L)

Bakteri Kodu	Elliker			FACM			Yağsız süt		
	Potasyum Fosfat Tamponu	Sodyum Fosfat Tamponu	Sodyum Asetat Tamponu	Potasyum Fosfat Tamponu	Sodyum Fosfat Tamponu	Sodyum Asetat Tamponu	Potasyum Fosfat Tamponu	Sodyum Fosfat Tamponu	Sodyum Asetat Tamponu
Z15	44.7±0.6 ^a	11.7±1.4 ^b	6.1±1.6 ^{b,c}	11.9±0.3 ^a	9.5±0.5 ^a	16.1±1.3 ^{b,c}	29.4±0.6 ^a	6.7±0.7 ^b	6.4±0.7 ^b
Z14	53.6±0.9 ^a	11.3±1.7 ^b	5.4±1.4 ^b	49.1±2.5 ^a	8.8±0.6 ^b	15.5±0.9 ^{b,c}	50.2±0.0 ^a	6.2±0.1 ^b	4.9±0.9 ^b
Z18	12.6±0.2 ^a	7.9±0.3 ^b	4.8±0.0 ^{b,c}	9.9±0.8 ^a	10.5±3.2 ^a	8.9±3.9 ^a	18.7±0.3 ^a	6.2±0.2 ^b	4.7±0.5 ^b
Z173	38.3±1.5 ^a	28.2±1.6 ^b	8.1±0.6 ^{b,c}	27.0±1.6 ^a	22.5±0.2 ^a	12.9±0.2 ^{b,c}	46.8±0.6 ^a	8.1±0.2 ^b	5.5±0.6 ^b
Z171	32.7±1.3 ^a	12.6±0.2 ^b	10.1±2.5 ^b	6.6±1.1 ^a	10.9±0.5 ^b	13.9±0.7 ^b	27.0±0.7 ^a	8.5±0.5 ^b	5.9±0.5 ^b
Z272	48.9±3.5 ^a	46.6±2.1 ^a	5.3±0.5 ^{b,c}	52.7±0.8 ^a	25.0±0.1 ^b	15.1±0.1 ^{b,c}	73.9±6.4 ^a	8.1±0.2 ^b	3.9±0.2 ^b
Z261	25.5±0.1 ^a	21.2±0.9 ^b	4.8±0.0 ^{b,c}	64.5±0.5 ^a	25.9±0.1 ^b	12.7±0.8 ^{b,c}	70.1±2.7 ^a	6.5±0.2 ^b	6.1±0.5 ^b
Z271	8.4±0.2 ^b	54.6±3.8 ^a	5.6±1.1 ^c	19.1±2.9 ^a	19.6±0.6 ^a	14.3±0.2 ^{b,c}	53.2±0.5 ^a	7.1±0.0 ^b	4.7±0.3 ^b
Z372	49.9±3.5 ^a	28.2±1.5 ^b	5.7±0.1 ^{b,c}	52.5±0.6 ^a	28.4±1.4 ^b	16.2±0.2 ^{b,c}	58.6±3.8 ^a	6.1±0.1 ^b	4.8±0.8 ^b
Z361	36.1±0.8 ^a	9.5±0.6 ^b	9.2±0.1 ^b	3.5±0.6 ^a	12.9±0.6 ^b	11.4±0.3 ^b	3.6±0.5 ^a	6.6±0.1 ^b	5.9±0.7 ^b
Z351	7.6±1.7 ^b	31.9±0.9 ^a	7.5±0.3 ^c	3.4±1.4 ^a	27.2±0.7 ^b	14.9±0.5 ^{b,c}	42.8±2.2 ^a	6.5±0.9 ^b	4.4±1.3 ^b
Z472	28.8±0.3 ^b	40.8±9.1 ^a	5.8±0.6 ^c	47.7±1.1 ^a	22.8±0.6 ^b	10.1±1.7 ^{b,c}	40.1±0.3 ^a	8.3±0.7 ^b	4.4±0.6 ^b
Z482	55.7±2.1 ^a	17.2±1.8 ^b	9.2±0.8 ^{b,c}	55.4±1.1 ^a	10.8±0.5 ^b	13.2±0.5 ^{b,c}	57.3±2.9 ^a	7.3±0.2 ^b	6.9±0.3 ^b
Z662	64.5±1.3 ^a	36.9±3.9 ^b	5.7±0.1 ^{b,c}	39.8±0.3 ^a	27.0±1.0 ^b	10.2±1.4 ^{b,c}	49.7±0.8 ^a	7.8±0.1 ^b	6.4±0.3 ^b
Z651	13.3±1.7 ^b	21.4±0.5 ^a	6.8±0.6 ^{b,c}	79.9±0.2 ^a	37.2±4.2 ^b	11.8±0.8 ^{b,c}	15.8±0.1 ^a	7.2±0.3 ^b	6.3±0.6 ^b
Z672	57.4±0.1 ^a	12.5±2.2 ^b	8.7±0.1 ^b	47.5±1.5 ^a	11.5±2.1 ^b	15.1±1.1 ^b	54.0±0.5 ^a	11.4±0.5 ^b	3.9±0.6 ^{b,c}
Z682	3.0±0.8 ^b	25.6±0.3 ^a	5.4±1.4 ^b	42.2±0.2 ^a	11.8±1.4 ^b	14.4±0.5 ^b	59.9±4.1 ^a	9.9±0.2 ^b	6.3±0.6 ^b
Z752	55.4±1.5 ^a	10.9±0.8 ^b	5.8±0.5 ^{b,c}	65.0±0.1 ^a	12.3±0.9 ^b	9.4±1.1 ^b	60.7±0.9 ^a	9.4±0.5 ^b	6.3±0.5 ^b
Z743	56.9±3.9 ^a	6.7±1.5 ^b	5.1±0.7 ^b	57.0±1.3 ^a	9.1±0.1 ^b	6.9±0.5 ^b	56.6±3.1 ^a	6.5±0.2 ^b	6.5±1.3 ^b
Z861	52.3±2.4 ^a	43.2±2.6 ^b	9.4±0.6 ^{b,c}	15.2±1.7 ^b	29.9±0.3 ^a	19.3±0.8 ^c	44.2±3.6 ^a	7.5±0.3 ^b	7.8±0.1 ^b
Z862	72.5±2.9 ^a	44.6±1.5 ^b	6.4±0.7 ^{b,c}	61.6±0.9 ^a	30.5±0.8 ^b	5.9±0.5 ^{b,c}	51.3±0.0 ^a	6.1±0.1 ^b	4.7±1.4 ^b
Z1062	56.7±2.2 ^a	27.0±1.1 ^b	5.8±0.8 ^{b,c}	51.9±0.8 ^a	25.9±0.1 ^b	9.5±0.3 ^{b,c}	51.0±0.2 ^a	6.7±0.3 ^b	4.8±1.1 ^b
Z1083	37.7±1.1 ^a	6.1±0.1 ^b	4.8±0.5 ^b	5.7±0.6 ^a	9.9±0.3 ^b	16.5±0.2 ^{b,c}	38.4±0.1 ^a	7.2±0.0 ^b	6.7±0.7 ^b
Z1061	33.9±0.3 ^a	24.8±0.7 ^b	6.5±0.7 ^{b,c}	12.6±0.5 ^a	24.1±1.0 ^b	16.6±0.3 ^{b,c}	4.2±0.6 ^a	8.5±0.7 ^b	6.1±0.1 ^b
Z1081	37.6±0.8 ^a	25.3±0.5 ^b	8.3±0.6 ^{b,c}	64.1±2.6 ^a	15.2±2.6 ^b	16.8±0.8 ^{b,c}	40.1±4.1 ^a	11.4±1.1 ^b	5.5±0.1 ^b
Z1051	53.3±0.7 ^a	9.3±0.9 ^b	4.5±0.9 ^{b,c}	28.3±1.1 ^a	16.1±0.7 ^b	6.3±1.6 ^{b,c}	28.2±0.3 ^a	7.7±1.3 ^b	4.4±0.6 ^b
Z1161	4.6±0.5 ^a	8.9±0.2 ^a	6.2±0.3 ^a	26.1±1.5 ^a	14.6±0.2 ^b	5.9±0.7 ^{b,c}	31.8±0.7 ^a	34.9±1.7 ^a	5.3±0.3 ^{b,c}
Z1152	53.0±1.6 ^a	27.4±2.3 ^b	6.1±0.1 ^{b,c}	67.8±1.8 ^a	23.3±0.3 ^b	13.7±0.5 ^{b,c}	59.4±2.6 ^a	9.7±0.1 ^b	4.7±0.5 ^b
Z1171	36.4±0.3 ^a	20.3±1.2 ^b	6.5±1.3 ^{b,c}	61.6±0.1 ^a	12.1±0.8 ^b	9.9±0.8 ^b	60.0±1.8 ^a	7.6±0.6 ^b	3.5±0.3 ^b
Z1151	55.4±1.1 ^a	28.6±1.3 ^b	5.3±0.5 ^{b,c}	57.1±1.1 ^a	23.4±1.4 ^b	15.3±0.3 ^{b,c}	51.7±0.6 ^a	6.8±0.5 ^b	4.1±1.3 ^b
Z1153	53.2±0.9 ^a	10.4±0.2 ^b	9.4±0.6 ^{b,c}	54.3±2.3 ^a	11.9±0.6 ^b	7.2±0.2 ^b	28.1±0.5 ^a	29.2±0.5 ^a	4.9±0.3 ^{b,c}
Z1162	50.6±0.0 ^a	7.8±0.1 ^b	7.3±1.8 ^b	56.3±0.1 ^a	17.8±0.6 ^b	6.5±0.5 ^{b,c}	62.5±3.1 ^a	25.2±0.9 ^b	5.9±0.8 ^{b,c}

±: Standart sapma şeklinde sunulmuştur.

^{a,b,c} Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen değerler Tukey testine göre P<0.05 düzeyinde istatistiksel olarak önemlidir.

KAYNAKLAR

Agagunduz, D., Sahin, T.O., Ayten, S., Yılmaz, B., Güneşliol, B.E., Russo, P., Spano, G., & Ozogul, F. (2022). Lactic acid bacteria as pre-technological, bioprotective and health-promoting cultures in the dairy food industry. *Food Bioscience*, 47, 101617. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101617>.

Albano, C., Silvetti, T., & Brasca, M. (2020). Screening of lactic acid bacteria producing folate and their potential use as adjunct cultures for cheese bio-enrichment. *FEMS Microbiology Letters*, 367, 9. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnaa059>.

Aras, Z. (2011). Rapid diagnostic methods in microbiology. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 68(2), 97–104.

Aswathy, R.G., Ismail, B., John, R.P., & Nampoothiri, K.M. (2008). Evaluation of the probiotic characteristics of newly isolated lactic acid bacteria. *Applied Biochemistry and Biotechnology*,

151, 244-255. [10.1007/s12010-008-8183-6](https://doi.org/10.1007/s12010-008-8183-6).

Albano, C., Silvetti, T., & Brasca, M. (2020). Screening of lactic acid bacteria producing folate and their potential use as adjunct cultures for cheese bio-enrichment. *FEMS Microbiology Letters*, 367. <https://doi.org/10.1093/femsle/fnaa059>.

Albuquerque, M.A.C., Yamacita, D.S., Bedani, R., LeBlanc, J.G., & Saad, S.M.I. (2019). Influence of passion fruit by-product and fructooligosaccharides on the viability of *Streptococcus thermophilus* TH-4 and *Lactobacillus rhamnosus* LGG in folate bio-enriched fermented soy products and their effect on probiotic survival and folate bio-accessibility under *in vitro* simulated gastrointestinal conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 292, 126-136. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.12.012>.

Baggott J.E., Oster R.A., & Tamura T. (2012). Meta-analysis of cancer risk in folic acid

- supplementation trials. *Cancer Epidemiology*, *36*, 78-81. 10.1016/j.canep.2011.05.003.
- Bailey S.W., & Ayling J.E. (2009). The extremely slow and variable activity of dihydrofolate reductase in the human liver and its implications for high folic acid intake. *Proceedings of the National Academy Sciences of the USA*, *106*(36), 15424-9. 10.1073/pnas.0902072106.
- Cucick, A.C.C., Gianni, K., Todorov, S.D., de LeBlanc, A.M., LeBlanc, J., & Franco, B.D.G.M. (2020). Evaluation of the bioavailability and intestinal effects of milk fermented by folate producing lactic acid bacteria in a depletion/repletion mice model. *Journal of Functional Foods*, *66*, 103785. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103785>.
- Da Silva, F.F.P., Biscola, V., LeBlanc, J.G., & de Melo Franco, B.D.G. (2016). Effect of indigenous lactic acid bacteria isolated from goat milk and cheeses on folate and riboflavin content of fermented goat milk. *LWT-Food Science and Technology*, *71*, 155-161. ISSN: 0023-6438.
- dos Santos, H.R.M., Argolo, C.S., Argolo-Filho, R.C., & Loguercio, L.L.A. (2019). 16S rDNA PCR based theoretical to actual delta approach on culturable mock communities revealed severe losses of diversity information. *BMC Microbiology*, *19*, 74. <https://doi.org/10.1186/s12866-019-1446-2>.
- Engevik, M.A., Morra, C.N., Röth, D., Engevik, K., Spinler, J.K., Devaraj, S., Crawford, S.E., Estes, M.K., Kalkum, M., & Versalovic, J. (2019). Microbial metabolic capacity for intestinal folate production and modulation of host folate receptors. *Frontiers in Microbiology Microbial Physiology and Metabolism*, *10*. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02305>.
- Fayemi, O.E., Akanni, G.B., Sobowale, S.S., Oelofse, A., & Buys, E.M. (2023). Potential for increasing folate contents of traditional African fermented sorghum gruel (Motoho) using presumptive probiotic lactic acid bacteria. *Journal of Food Composition and Analysis*, *115*, 104850. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104850>.
- Frey, J., & Nicolet, J. (1997). Molecular identification and epidemiology of animal mycoplasmas. *Wiener Klinische Wochenschrift*, *109*(14-15), 600-603.
- Greppi, A., Hemery, Y., Berrazaga, I. Almaksour, Z., & Humblot, C. (2017). The ability of lactobacilli isolated from traditional cereal-based fermented food to produce folate in culture media under different growth conditions. *LWT-Food Science and Technology*, *86*, 277-84. 10.1016/j.lwt.2017.08.007.
- Haghshenas, B., Abdullah, N., Nami, Y., Radiah, D., Rosli, R., & Khosroushahi, A.Y. (2014). Different effects of two newly-isolated probiotic *Lactobacillus plantarum* 15HN and *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* 44 Lac strains from traditional dairy products on cancer cell lines. *Anaerobe*, *30*, 51-59. 10.1016/j.anaerobe.2014.08.009.
- Hildebrand, L.A., Dumas, B., Milrod, C.J., & Hudspeth, J.C. (2021). Folate deficiency in an urban safety-net population. *The American Journal of Medicine*, *134*(10), 1265-1269. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2021.04.028>.
- Iyer, R., & Tomar, S.K. (2009). Folate: A functional food constituent. *Journal of Food Science*, *74*(9), R114-R122. 10.1111/j.1750-3841.2009.01359.x.
- Khalili, M., Rad, A.H., Khosroushahi, A.Y., Khosravi, H., & Jafarzadeh, S. (2020). Application of probiotics in folate bio-fortification of yoghurt. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, *12*, 756-763. <https://doi.org/10.1007/s12602-019-09560-7>.
- Kızılyıldırım, S., Köksal, F. (2023). Investigation of the antibiotic profiles and phlogenetic relationships of the lactobacillus species isolated from goat's and cow's milk. *KSU Journal of Agriculture and Nature*. *26* (5), 1021-1026. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1178550>.
- Laiño, J.E., LeBlanc, J.G., De Giori, & G.S. (2012). Production of natural folates by lactic acid bacteria starter cultures isolated from artisanal Argentinean yogurts. *Canadian Journal of Microbiology*, *58*, 581-588. <https://doi.org/10.1139/w2012-026>.
- LeBlanc, J.G., de Giori, G.S., Smid, E.J., Hugenholtz, J., & Sesma, F. (2007). Folate production by lactic acid bacteria and other food-grade microorganisms. *Communicating Current Research and Educational Topics and Trends in Applied Microbiology*, *1*, 329-339.
- LeBlanc, J.G., Laino, J.E., del Valle, M.J., Vannini, V., van Sinderen, D., Taranto, M.P., de Valdez, G.F., de Giori, G.S., Sesma, F. (2011). B-Group vitamin production by lactic acid bacteria - current knowledge and potential applications. *Journal of Applied Microbiology*, *111*(6), 1297-1309. 10.1111/j.1365-2672.2011.05157.x.
- Levit, R., Savoy de Giori, G., de Moreno de LeBlanc, A., & LeBlanc, J.G. (2021). Recent update on lactic acid bacteria producing riboflavin and folates: Application for food fortification and treatment of intestinal inflammation. *Journal of Applied Microbiology*, *130*, 1412-1424. ISSN 1364-5072.
- Liu, M., Chen, Q., Su, Y., Zeng, L., Wu, H., Gu, Q., Ping Li, P., Mahara, F.A., Nuraida, L., & Lioe, H.N. (2021). Folate in milk is fermented by lactic acid bacteria from different food sources. *Preventive Nutrition and Food Science*, *26*(2), 230-240. <https://doi.org/10.3746/pnf.2021.26.2.230> Rydon 2016.
- Mahara, F.A., Nuraida, L., & Lioe, H.N. (2021). Folate in milk is fermented by lactic acid bacteria from different food sources. *Preventive Nutrition and Food Science*, *26*(2), 230-240. <https://doi.org/10.3746/pnf.2021.26.2.230> Rydon 2016.

- Meucci, A., Rossetti, L., Zago, M., Monti, L. Giraffa, G., Carminati, D., & Tidona, F. (2018). Folate biosynthesis by *Streptococcus thermophilus* during growth in milk. *Food Microbiology*, 69, 116-122. 10.1016/j.fm.2017.08.001.
- Patel, J.B. (2001). 16S rRNA gene sequencing for bacterial pathogen identification in the clinical laboratory. *Molecular Diagnosis*, 6(4), 313-21. 10.1054/modi.2001.29158.
- Pompei, A., Cordisco, L., Amaretti, A., Zanoni, S., Raimondi, S., Matteuzzi, D., & Rossi, M. (2007). Administration of folate-producing *Bifidobacteria* enhances folate status in Wistar rats. *Journal of Nutrition*, 137(12), 2742-2746. 10.1093/jn/137.12.2742.
- Rad, A.H., Khosroushahi, A.Y., Khalili, M., & Jafarzadeh, S. (2016). Folate bio-fortification of yoghurt and fermented milk: A review. *Dairy Science and Technology*, 96(4), 427-441. 10.1007/s13594-016-0286-1.
- Rossi, M., Amaretti, A., & Raimondi, S. (2011). Folate production by probiotic bacteria. *Nutrients*, 3, 118-134. 10.3390/nu3010118.
- Saubade, F., Hemery, Y.M., Guyot, J.P., & Humblot, C. (2017). Lactic acid fermentation is a tool for increasing the folate content of foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(18), 3894-3910. 10.1080/10408398.2016.1192986.
- Sybesma, W., Starrenburg, M., Tijsseling, L., Hoefnagel, M.H.N., & Hugenholtz, J. (2003a). Effect of cultivation conditions on folate production by lactic acid bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(8), 4542-4548. 10.1128/AEM.69.8.4542-4548.2003.
- Sybesma, W., Starrenburg, M., Kleerebezem, M., Mierau, I., de Vos W.M., & Hugenholtz, J. (2003b). Increased production of folate by metabolic engineering of *Lactococcus lactis*. *Applied and Environmental Microbiology*, 69(6), 3069-3076. 10.1128/AEM.69.6.3069-3076.2003.
- Wilson, S.D., & Horne, D.W. (1982). Use of glycerol-cryoprotected *Lactobacillus casei* for microbiological assay of folic acid. *Clinical Chemistry*, 28(5), 1198-1200. <https://doi.org/10.1093/clinchem/28.5.1198>.
- Wright A.J.A, Dainty J.R., & Finglas P.M. (2007). Folic acid metabolism in human subjects revisited: potential implications for proposed mandatory folic acid fortification in the UK. *The British Journal of Nutrition*, 98(4), 667-75. 10.1017/S0007114507777140.
- Yuksekdag Z.N., Zeydanlı, M. (2013). Folat eksikliği ve probiyotikler. *Neşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(2), 21-36.
- Zahed, O., Khosravi-Darani, K., Mortazavian, A.M., & Mohammadi, A. (2022). Effects of cultivation conditions on biofortification of yogurt with natural folate by *Propionibacterium freudenreichii*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 39, 102267. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102267>.
- Zhang, J., Cai, D., Yang, M., Hao, Y., Zhu, Y., Chen, Z., Aziz, T., Sarwar, A., & Yang, Z. (2020). Screening of folate-producing lactic acid bacteria and modulatory effects of folate-biofortified yoghurt on gut dysbacteriosis of folate-deficient rats. *Food Function*, 11, 6308-6318. 10.1039/d0fo00480d.



A Preliminary Research on the Trichoptera Fauna of the Kura-Aras River Basin and Eastern Black Sea Streams

Hazel BAYTAŞOĞLU¹, İbrahim KÜÇÜKBASMACI²

¹Recep Tayyip Erdoğan University, Faculty of Fisheries and Aquaculture, 53100, Rize, Türkiye, ²Kastamonu University, Sciences Faculty, Department of Biology, Kastamonu, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-9959-1829>, ²<https://orcid.org/0000-0002-9780-5002>

✉: hazel.gokbulut@erdogan.edu.tr

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the Trichoptera species distributed in the Kura-Aras river basin and Eastern Black sea coastal rivers within the borders of Turkey. For this purpose, samples were taken from a total of 51 stations, each individual was separated according to its morphological characteristics and species identification was completed. A total of 44 Trichoptera species were recorded as a result of the samplings made from two different river basins with flow within the borders of Turkey. Although Trichoptera species distributed in the Eastern Black Sea basin have been identified before, this study was conducted for the first time for the Kura-Aras river basin. Species identified from the Kura-Aras river system are new records for the basin.

Fisheries

Research Article

Article History

Received : 12.06.2023

Accepted : 19.10.2023

Keywords

Caddisfly
Freshwater
Identification
Morphology

Kura-Aras Nehir Havzası ve Doğu Karadeniz Akarsuları Trichoptera Faunası Üzerine Bir Ön Araştırma

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Türkiye sınırları içinde Kura-Aras nehir havzası ve Doğu Karadeniz kıyı nehirlerinde yayılış gösteren Trichoptera türlerini belirlemektir. Bu amaçla toplam 51 istasyondan numuneler alınmış, her bir birey morfolojik özelliklerine göre ayrılmış ve tür tanımlaması tamamlanmıştır. Türkiye sınırları içerisinde akışı olan iki farklı nehir havzasından yapılan örneklemeler sonucunda toplam 44 Trichoptera türü kayıt altına alınmıştır. Kaydedilen türlerden 14'ü sadece Kura-Aras havzasında bulunurken, 20'si sadece Doğu Karadeniz havzasında bulunmuştur. 10 tür ise her iki havza için ortaktır. Doğu Karadeniz havzasında yayılış gösteren Trichoptera türleri daha önce tanımlanmış olmasına rağmen, bu çalışma Kura-Aras havzası için ilk kez yapılmıştır. Kura-Aras nehir sisteminden tespit edilen türler havza için yeni kayıttır.

Su Ürünleri

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 12.06.2023

Kabul Tarihi : 19.10.2023

Anahtar Kelimeler

Evcikli böcekler,
Teşhis,
Tathıs
Morfoloji

Atf Şekli: Baytaşoğlu, H., & Küçükbasmacı, İ. (2024) Kura-Aras Nehir Havzası ve Doğu Karadeniz Akarsuları Trichoptera Faunası Üzerine Bir Ön Araştırma *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (3), 718-726. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1313318>

To Cite : Baytaşoğlu, H., & Küçükbasmacı, İ. (2024) A Preliminary Research on the Trichoptera Fauna of the Kura-Aras River Basin and Eastern Black Sea Streams. *KSU J. Agric Nat* 27(3), 718-726. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1313318>

INTRODUCTION

Türkiye, surrounded by seas on three sides and rich in freshwater resources, has 26 river basins within its drainage area. Of these basins, 14 are considered independent river basins and 12 are classified as tributary streams and lake basins. Some of these river systems (Euphrates, Tigris, Kura-Aras, and Coruh) originate from Turkish territories and then leave the country (Karşılı, 2011). Kura and Aras rivers are two river systems that originate within our country's borders and merge in Sabirabas city of

Azerbaijan, flowing into the Caspian Sea. Although a significant portion (35%) of the river basin is located in Azerbaijan, it passes through the borders of Türkiye, Georgia, Iran, and Armenia along its course. These rivers are used for agricultural and industrial purposes by the countries they flow through (Yeşilbaş & Kapan, 2021). The Eastern Black Sea basin covers 6 provinces from Artvin to Ordu. Rivers in the region have a regular regime and are fed by rainfall. Flow rates are normal during summer months, but increase with snowmelt. Some rivers flow directly into

the Black Sea after a short course, while others originate in central Anatolia and reach the sea by crossing the Black Sea Mountains (Selim, 2011).

Trichoptera is the largest order of insects that are entirely aquatic. They are important in aquatic systems as a food source for fish and for processing organic matter. Some species feed on algae and contribute to the control of primary production, while others filter particles, providing other groups with access to nutrients (Springer, 2010). The Trichoptera order is represented worldwide by 49 families, 616 genera, and nearly 15,000 species, and in Turkey by over 450 species from 22 families (Küçükbaşmacı & Fındık, 2020; Morse, 2018). In addition to its contribution to habitat trophics, it is also an important group preferred for determining water quality in freshwater ecosystems due to its species diversity and abundance (Barbour et al., 1999; Dohet, 2002; Rosenberg & Resh, 1993; Merritt & Cummins, 1996; Berlin & Thiele, 2002). Most species in this group are intolerant to organic pollution, and there is evidence that factors such as pollutants from agricultural areas, unplanned urbanization, and anthropogenic activities can reduce diversity (Barbour et al., 1999).

Thus far, Trichoptera species have been identified in freshwater resources in various regions of Turkey in studies aimed at both biodiversity determination and water quality assessment (Özalp & Küçükbaşmacı, 2023; Küçükbaşmacı & Fındık, 2019; Girgin & Kazancı, 2008; Kayan, 2021; Sipahiler, 2000; 2010 a,b; 2013; 2017; Zeybek & Yıldız, 2019; Darılmaz & Salur, 2015; Küçükbaşmacı & Kıyak, 2017). Larval stages of these species have relatively limited information due to the fact that adult individuals have been predominantly used in these studies. There are also very few studies on the morphometric characteristics of endemic species. The aim of this study is to determine the Trichoptera fauna of two different river basins (Kura-Aras river basin and Eastern Black Sea coastal rivers).

MATERIAL and METHODS

Trichoptera larvae samples subject to the study were collected from 27 stations determined in the parts of the Kura-Aras Basin within the borders of Turkey and 24 stations determined in the Eastern Black Sea Basin between 29 October-3 November 2020 and 20 October 2019, 5 September 2020 and 3 November 2021, respectively. Benthic macroinvertebrate samples were collected from each of the stations using the kicking method with a D-frame net (250µ mesh size-30x30 cm dimensions). Samples were collected at all stations by kicking stones from downstream to upstream for 3 minutes in front of the D-frame network placed at the bottom to contain possible microhabitats. In slow-flowing or stagnant waters,

samples were collected with an Ekman grab (20x20 cm). The bottom material was taken in two repetitions with an Ekman grab suitable for sampling from the soft bottom, washed in a 500µ mesh sieve and separated from the bottom mud, and benthic macroinvertebrates were collected (Anonim, 2019).

The collected samples were initially fixed using 70% alcohol and then brought to the laboratory. Individuals were identified under a stereomicroscope and a magnifying glass at the Fisheries Faculty of RTEU Benthology Laboratory. Species identifications were made at the Biology Department laboratories of Science Faculty of Kastamonu University. Caddisfly species, based on larvae, were identified under the binocular stereomicroscope using Trichoptera Families 2007 and Trichoptera 2005 package programs (Lechthaler & Stockinger 2005; Lechthaler 2007) and literature (Zamora-Muñoz et al., 1995; Waringer & Graf, 2013; Glime, 2017a, 2017b). Information about sampling stations is given in Table 1 and Table 2. The maps of the basins and stations are given in Figure 1.

RESULTS AND DISCUSSION

Through the examination of samples collected from the Kura-Aras river basins, it has been determined that the Trichoptera fauna of the basin is represented by 24 species belonging to 10 families (Table 3). Additionally, through the examination of samples collected from the Eastern Black Sea Basin, 30 Trichoptera species belonging to 13 families were identified (Table 4).

The Trichoptera species living in the Kura-Aras are as follows:

PHYLUM: ARTHROPODA

SUBPHYLUM: HEXAPODA

CLASSIS: INSECTA

ORDO: TRICHOPTERA

Family: Rhyacophilidae

1. *Rhyacophila dorsalis* (Curtis, 1834)
2. *Rhyacophila fasciata* Hagen, 1859
3. *Rhyacophila nubila* Zetterstedt, 1840

Family: Polycentropodidae

4. *Polycentropus flavomaculatus* (Pictet, 1834)

Family: Psychomyiidae

5. *Psychomyia fragilis* (Pictet, 1834)
6. *Psychomyia pusilla* (Fabricius, 1781)
7. *Psychomyia* sp.

Family: Hydropsychidae

8. *Cheumatopsyche lepida* (Pictet, 1834)
9. *Cheumatopsyche* sp.
10. *Hydropsyche botosaneanui* Marinkovic-Gospodnetic, 1966
11. *Hydropsyche bulbifera* McLachlan, 1878

12 *Hydropsyche dinarica* Marinkovic-Gospodnetic, 1979

13 *Hydropsyche instabilis* (Curtis, 1834)

14 *Hydropsyche pellucidula* (Curtis, 1834)

15 *Hydropsyche* sp.

16 *Hydropsyche tenuis* Navás, 1932

Family: Phryganeidae

17. *Agrypnia varia* (Fabricius, 1793)

Family: Lepidostomatidae

18. *Lepidostoma* sp.

Family: Goeridae

19. *Silo piceus* (Brauer, 1857)

Family: Sericostomatidae

20. *Sericostoma personatum* (Kirby & Spence, 1826)

Family: Limnephilidae

21. *Grammotaulius nigropunctatus* (Retzius, 1783)

22. *Limnephilus decipens* (Kolenati, 1848)

23. *Micropterna* sp.

Family: Leptoceridae

24. *Athripsodes* sp.

The Trichoptera species living in the Eastern Black Sea are as follows;

Family: Rhyacophilidae

1. *Rhyacophila dorsalis* (Curtis, 1834)

2. *Rhyacophila fasciata* Hagen, 1859

3. *Rhyacophila hirticornis* McLachlan, 1879

4. *Rhyacophila nubila* Zetterstedt, 1840

5. *Rhyacophila obliterated* McLachlan, 1863

6. *Rhyacophila pubescens* Pictet, 1834

7. *Rhyacophila* sp.

Family: Glossosomatidae

8. *Glossosoma boltoni* Curtis, 1834

Family: Ptilocolepidae

9. *Ptilocolepus* sp.

Family: Philopotamidae

10. *Wormaldia subnigra* McLachlan, 1865

Family: Polycentropodidae

11. *Plectrocnemia geniculata* McLachlan, 1871

Family: Psychomyiidae

12. *Psychomyia pusilla* (Fabricius, 1781)

Family: Hydropsychidae

13. *Cheumatopsyche lepida* (Pictet, 1834)

14. *Cheumatopsyche* sp.

15. *Hydropsyche botosaneanui* Marinkovic-Gospodnetic, 1966

16. *Hydropsyche instabilis* (Curtis, 1834)

17. *Hydropsyche pellucidula* (Curtis, 1834)

18. *Hydropsyche* sp.

Family: Uenoidae

19. *Thremma* sp.

Family: Goeridae

20. *Silo pallipes* (Fabricius, 1781)

21. *Silo piceus* (Brauer, 1857)

Family: Lepidostomatidae

22. *Crunoecia* sp.

23. *Lepidostoma basale* (Kolenati, 1848)

24. *Lepidostoma hirtum* (Fabricius, 1775)

25. *Lepidostoma* sp.

Family: Limnephilidae

26. *Chaetopteryx* sp.

27. *Stenophylax* sp.

Family: Sericostomatidae

28. *Sericostoma personatum* (Kirby & Spence, 1826)

Family: Beraeidae

29. *Beraea* sp.

30. *Ernodes* sp.

This text provides information about the diversity of Trichoptera families and species in Turkey in the Kura-Aras and East Black Sea basins. The Hydropsychidae (9 species) family has the highest species diversity in the Kura-Aras river system, followed by Limnephilidae (3 species), Rhyacophilidae (3 species) and Psychomyiidae (3 species) families. The Toros stream/Yalnızçam station has the highest number of species in this river system (Figure 2). In the Eastern Black Sea basin, Rhyacophilidae (7 species) and Hydropsychidae (6 species) families have the highest species diversity and the Kaptanpaşa/Çayeli station has the highest number of species (Figure 3).

The text also highlights the tolerance of Hydropsychidae family to pollution and mentions some of the species' sensitivity and tolerance to organic pollution (Pirvu & Pacioğlu, 2012; Küçükbasmacı & Fındık, 2020).

In previous studies, *C. lepida* species was determined from betamesosaprobic (DIN38410, 2004) and oligosaprobic (Kayan, 2021) areas with an altitude of 54-245 m. Some Hydropsychidae species [*H. fulvipes*, *H. instabilis*, *H. botosaneanui*, *H. dinarica*, *H. pellucidula*] are defined as cosmopolitan in the literature and it is stated that their distribution is affected by factors such as Dissolved oxygen, temperature, flow rate (Wiggins & Mackay, 1978; Williams & Feltmate, 1992).

R. dorsalis and *R. obliterated* species were detected from betamesosaprobic regions in different studies (Keşir, 2016; DIN 38410, 2004), while *S. personatum* was determined from oligomesosaprobic regions (DIN 38410, 2004).

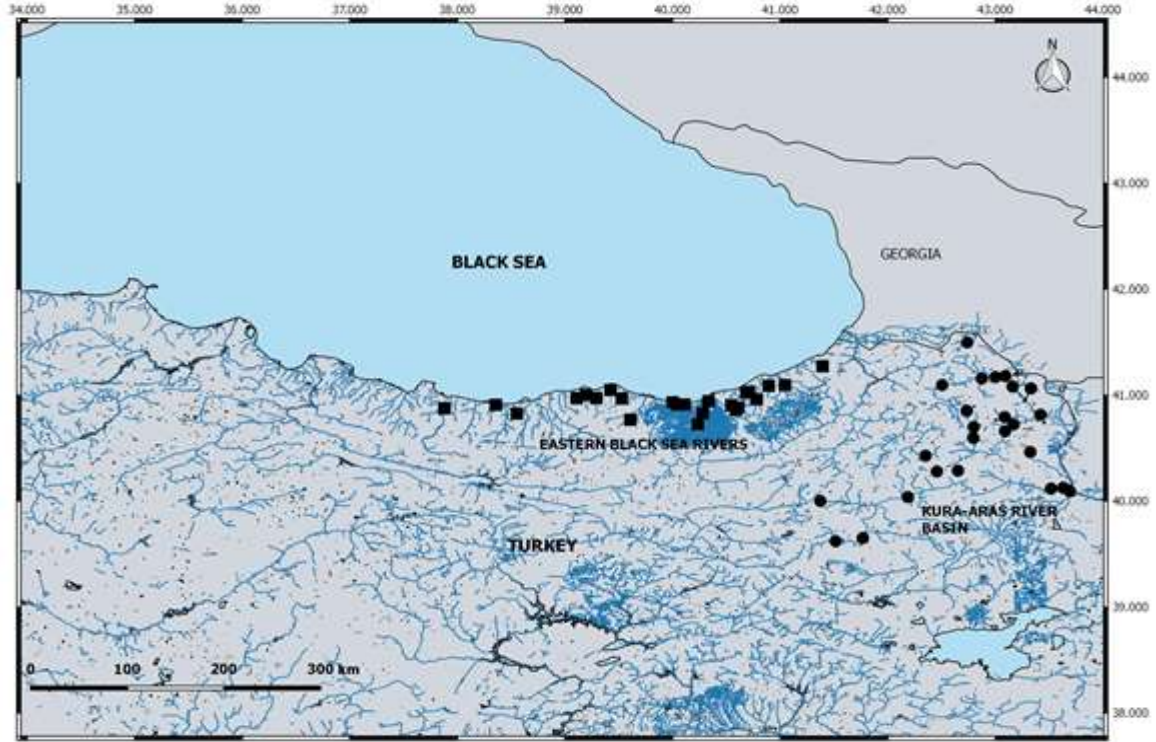


Figure 1. Maps of stations from Kura-Aras River basin and Eastern Black Sea basin (● Kura-Aras River basins and ■ Eastern Black Sea basins)

Şekil 1. Kura-Aras ve Doğu Karadeniz nehir havzalarındaki istasyonlara ait harita (● Kura-Aras nehir havzaları and ■ Doğu Karadeniz nehir havzaları)

Table 1. Name, coordinate and location information of the stations sampled from the Kura-Aras River Basin
Çizelge 1. Kura-Aras nehir havzasındaki istasyonlara ait isim, koordinat ve lokasyon bilgileri

Stations code İstasyon Kodu	Stations name İstasyon Adı	Province-Town İl-İlçe	Coordinates/Koordinatlar
S1	Süngütaşı Stream	Kars/Sarıkamış	40.2785N 42.4561 E
S2	Tozlukomu Stream	Erzurum/Karayazı	39.6512N 41.7685 E
S3	Çığırın Stream	Kars/Merkez	40.6990N 42.7977 E
S4	Tuzluca (Aras River)	Iğdır/Tuzluca	40.1247N 43.6300 E
S5	Karaman Stream	Ardahan/Posof	41.4976N 42.7388 E
S6	Çamçavuş Dam	Kars/ Çamçavuş	40.7230N 43.1700 E
S7	Toros Stream	Ardahan/Yalnızçam	41.0950N 42.5050 E
S8	Kars Stream	Kars/Çamçavuş	40.6601N 43.0903 E
S9	Bozkuş Stream	Kars/Selim	40.5948N 42.7952 E
S10	Kura River (Çakır River)	Ardahan/Göle	40.8511N 42.7341 E
S11	Doğruyol Stream	Ardahan/Damal	41.0630N 43.3306 E
S12	Endek Stream	Erzurum/Horasan	40.0375N 42.1856 E
S13	Fehmiharabesi Stream (Susuz Waterfall)	Kars/Susuz	40.7920N 43.0870 E
S14	Keklik Stream	Kars/Sarıkamış	40.2865N 42.6517 E
S15	Kızılgeçit Stream	Erzurum/Tekman	39.6213N 41.5146 E
S16	B-20 Channel	Iğdır/ Tuzluca	40.0923N 43.6926 E
S17	Tavşan Stream	Kars/Arpaçay	40.8496N 43.3404 E
S18	Gaziler Stream	Erzurum/ Şenkaya	40.4276N 42.3505 E
S19	Derinöz Stream	Kars/Digor	40.4622N 43.3237 E
S20	Çöt Stream	Ardahan/Hanak	41.1704N 43.0000 E
S21	Ölçek Stream	Ardahan/Altaş	41.1575N 42.8739 E
S22	Aras River (Ağabey Village)	Iğdır/Tuzluca	40.1172N 43.5182 E
S23	Kaplıca Stream	Erzurum/Tekman	40.0000N 41.3733 E
S24	Kara Stream (Şeytan Kalesi Stream)	Ardahan/Çıldır	41.1790N 43.0935 E
S25	Köprüçay Stream	Erzurum/ Köprüçay	39.9721N 41.8706 E
S26	Carci Stream	Kars/Arpaçay	40.8141N 43.4184 E
S27	Çıldır Lake	Ardahan/Çıldır	41.0800N 43.1600 E

Table 2. Name, coordinate and location information of the stations sampled from the Eastern Black Sea River Basin
Çizelge 2. Doğu Karadeniz nehir havzasındaki istasyonlara ait isim, koordinat ve lokasyon bilgileri

Stations code İstasyon Kodu	Stations name/İstasyon Adı	Province-Town/İl-İlçe	Coordinates/Koordinatlar
S1	Orçi Stream	Artvin/Arhavi	41.2730 N 41.3932 E
S2	Fırtına Stream	Rize/Ardeşen	41.0944 N 41.0442 E
S3	Kaptanpaşa Stream	Rize/Çayeli	40.9606 N 40.7820 E
S4	Büyükköy Stream	Rize/Çayeli	41.0243 N 40.6844 E
S5	Balat Stream	Rize/Çayeli	41.0309 N 40.7090 E
S6	Paşacı Stream	Rize/Merkez	40.8822 N 40.6075 E
S7	Yeşildere Stream	Rize/Yeşildere	40.9052 N 40.5457 E
S8	Taşlı Stream	Rize/Güzelyurt	40.8595 N 40.5868 E
S9	Hemşin Stream	Rize/Pazar	41.0878 N 40.8923 E
S10	Coşandere Stream	Trabzon/Maçka	40.7680 N 39.6068 E
S11	Cumapazarı Bölümlü Stream	Trabzon/Of	40.8292 N 40.2800 E
S12	Ağasar Stream	Trabzon/Beşikdüzü	41.0028 N 39.1950 E
S13	İskefiye Stream	Trabzon/Çarşıbaşı	41.0483 N 39.4232 E
S14	Karadere Stream	Trabzon/Araklı	40.9092 N 40.0426 E
S15	Yanbolu Stream	Trabzon/Arsin	40.9315 N 40.0018 E
S16	Çataklı Stream (Çaykara horse farm)	Trabzon/Çaykara	40.7252 N 40.2336 E
S17	Fol Stream	Trabzon Vakfikebir/	40.9708 N 39.2887 E
S18	Manahoz Stream	Trabzon/Sürmene	40.9110 N 40.1094 E
S19	Söğütlü Stream	Trabzon/Akçaabat	40.9676 N 39.5270 E
S20	Yeniköy Stream	Trabzon/Hayrat	40.9427 N 40.3335 E
S21	Yalakoda Stream	Giresun/Çavuşlu	40.9704 N 39.1072 E
S22	Batlama Stream	Giresun/ Merkez	40.9079 N 38.3553 E
S23	Büyükdere Stream	Giresun/Keşap	40.8261 N 38.5522 E
S24	Melet tributary Stream	Ordu/Kabadüz	40.8739 N 37.8790 E

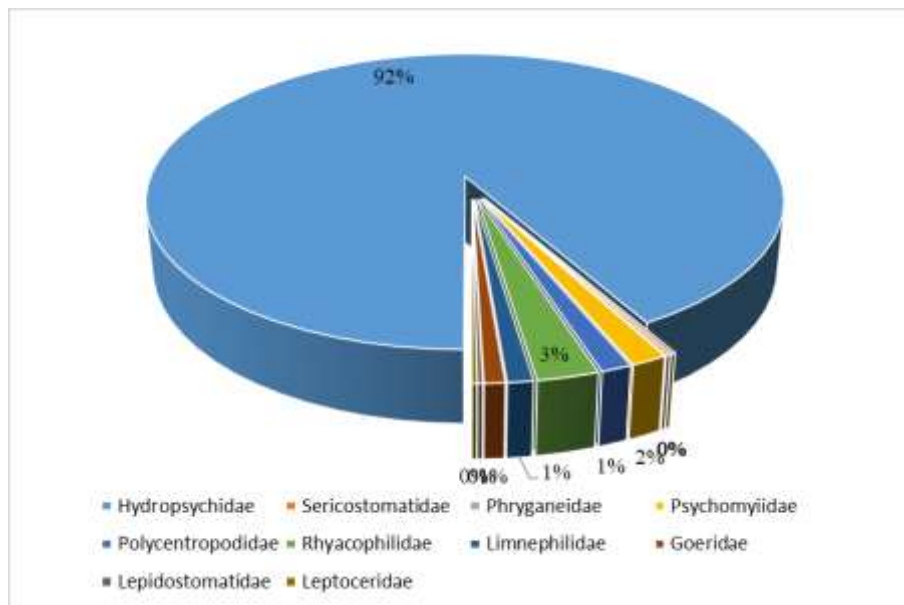


Figure 2. Dominance rates of families distributed in the Kura Aras river basin
Şekil 2. Kura-Aras nehir havzasında dağılım gösteren familyaların baskınlık oranı

The genus *Ryacophila* in Turkey is represented by about 25 taxa (species and subspecies), although most of them are distributed in northeastern regions (Sipahiler, 2010b). It was stated that *R. obliterated*, *H. instabilis* species are very sensitive to organic pollution, *C. lepida* species are sensitive, *H. fulvipes* species are tolerant (Zeybek & Yıldız, 2019).

Nitrogen and Phosphorus loads in the Kura and Aras basins come from factors such as livestock, agricultural land and sewage water (Yontar, 2009). The diversity of Trichoptera families, including Hydropsychidae was found in many different branches of rivers with varying concentrations of pollutants. The East Black Sea basin has over 60

Trichoptera species with Rhyacophilidae and Hydropsychidae families being the most commonly encountered families (Darılmaz & Salur, 2015). During the study sampling from coastal rivers and not sampling special habitats such as highland sampling prevented access to all species.

So far, 6 species of Chaetopteryx genus (*C. bosniaca*, *C. abchazica*, *C. bektasensis*, *C. nalanae*, *C. sinopica*, *C. akgolensis*) have been identified in Turkey

(Sipahiler, 2010a). During this study individuals belonging to the *Chaetopteryx* genus were identified and the species could not be identified. The genus *Ernodes* is known with 8 species most of which are endemic in Turkey, while the genus *Beraea* is known with only 3 species (Sipahiler, 2008). In the samples taken from Kura-Aras and Eastern Black Sea coastal rivers individuals belonging to these genera were obtained, but the species could not be identified.

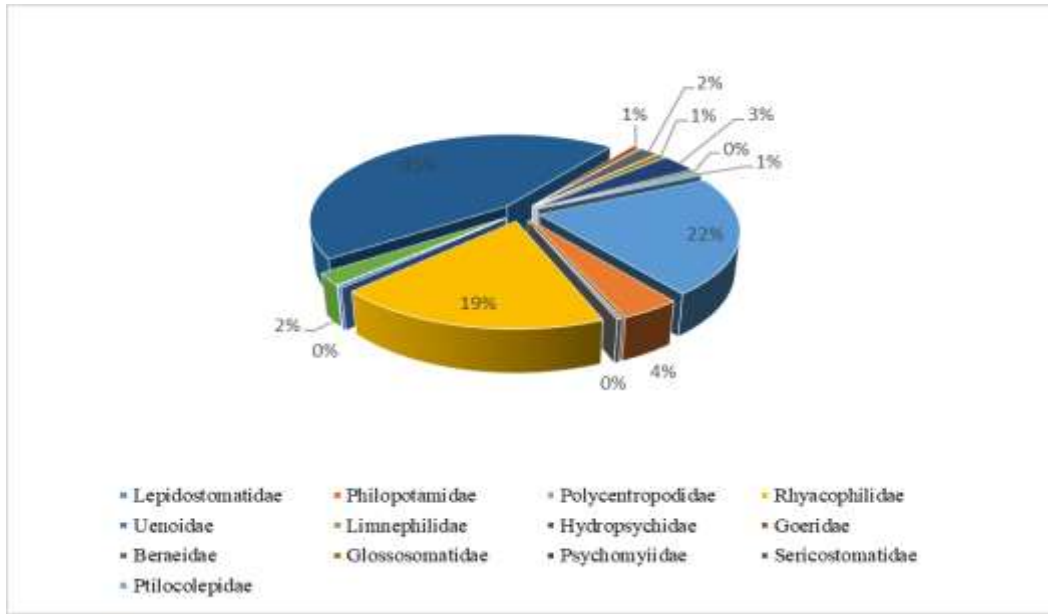


Figure 3. Dominance rates of families distributed in the Eastern Black Sea coastal rivers

Şekil 3. Doğu Karadeniz nehir havzasında dağılım gösteren familyaların baskınlık oranı

Table 3. The distribution of the Trichoptera species at the stations in Kura Aras river basin

Çizelge 3. Kura-Aras nehir havzası istasyonlarında Trichoptera türlerinin dağılımı

Species/stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
<i>R. dorsalis</i>										*																	
<i>R. fasciata</i>							*															*					
<i>R. nubila</i>											*																
<i>P. flavomaculatus</i>			*							*																	
<i>P. fragilis</i>						*																					
<i>P. pusilla</i>								*							*												
<i>Psychomyia</i> sp.																											*
<i>C. lepida</i>			*												*							*	*				
<i>Cheumatopsyche</i> sp.										*																	
<i>H. botosaneanui</i>	*						*												*								*
<i>H. bulbifera</i>		*		*																			*				*
<i>H. dinarica</i>							*			*											*						
<i>H. instabilis</i>	*										*		*					*	*						*		
<i>H. pellucidula</i>			*																		*					*	
<i>Hydropsyche</i> sp.	*									*		*				*						*			*	*	*
<i>H. tenuis</i>											*																
<i>A. varia</i>																											*
<i>Lepidostoma</i> sp.													*														
<i>S. piceus</i>							*																				
<i>S. personatum</i>					*																						
<i>G. nigropunctatus</i>							*																				
<i>L. decipens</i>										*																	
<i>Micropterna</i> sp.															*												
<i>Athripsodes</i> sp.														*													

Table 4. The distribution of Trichoptera species in Eastern Black Sea coastal river basin stations
 Çizelge 4. Doğu Karadeniz nehir havzası istasyonlarında Trichoptera türlerinin dağılımı

Species/stations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<i>R. dorsalis</i>																*	*							*
<i>R. fasciata</i>								*				*			*		*							
<i>R. hirticornis</i>			*																					
<i>R. nubila</i>																			*				*	
<i>R. obliterated</i>					*	*	*	*		*														
<i>R. pubescens</i>					*																			
<i>Rhyacophila</i> sp.	*		*	*										*										
<i>G. boltoni</i>							*																	
<i>Ptilocolepus</i> sp.		*																						
<i>W. subnigra</i>			*	*		*																		
<i>P. geniculata</i>			*																					
<i>P. pusilla</i>																	*					*		
<i>C. lepida</i>																								*
<i>Cheumatopsyche</i> sp.																								*
<i>H. botosaneanui</i>											*	*		*		*	*	*					*	
<i>H. instabilis</i>			*						*		*		*	*									*	
<i>H. pellucidula</i>																							*	
<i>Hydropsyche</i> sp.								*																
<i>Thremma</i> sp.			*																					
<i>S. pallipes</i>						*																		
<i>S. piceus</i>							*																	
<i>Crunoecia</i> sp.			*																					
<i>L. basale</i>			*													*								
<i>L. hirtum</i>	*		*								*			*			*		*	*	*			*
<i>Lepidostoma</i> sp.							*																	
<i>Chaetopteryx</i> sp.			*																					
<i>Stenophylax</i> sp.			*																					
<i>S. personatum</i>																		*						
<i>Beraea</i> sp.															*									
<i>Ernodes</i> sp.		*															*	*						

Adult individuals are generally used in the diagnosis of Trichoptera species. Information on larvae is limited or incomplete. There are also morphological deficiencies related to endemic species. For this reason, some individuals obtained in this study could not be identified at the species level, and some endemic species could not be reached. Supporting this situation with detailed identification keys as well as studies at the molecular level will enable accurate and efficient species identification.

Statement of Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Author's Contributions

Dr. Hazel BAYTAŞOĞLU have designed the study

and collected the data. Laboratory analyzes made by Dr. Ibrahim KÜÇÜKBASMACI and the text of the article written by Dr. Ibrahim KÜÇÜKBASMACI and Dr. Hazel BAYTAŞOĞLU

REFERENCES

- Anonim, (2019). Biyolojik İzleme Tebliği, 30808. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/06/20190621-9.htm>. (Alıntılanma Tarihi: 5.10.2023).
- Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, B. D. & Stribling, J. B. (1999). *Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*. 2nd edition. EPA 841-B-99-002. Office of Water US Environmental Protection Agency. Washington DC.
- Berlin, A. & Thiele, V. (2002). Trichoptera in assessment and classification of streams in the

- lowlands of northeastern Germany. Proceedings of the 10th International Symposium on Trichoptera, Potsdam Germany, Keltern, Germany, 30 July-05 August 2002, pp 481-490.
- Darılmaz, M. C. & Salur, A. (2015). Annotated catalogue of the Turkish caddisflies (Insecta: Trichoptera). *Munis Entomology & Zoology*, 10(Suppl.), 521-734.
- DIN, 38410 (2004). Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung (Gruppe M) - Teil 1: Allgemeine Hinweise. Planung und Durchführung von Fließgewässeruntersuchungen (M1) - Bestimmung des Saprobienindex (M1) Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-Abwasser- und Schlammuntersuchung. Ausgabe 2004-10. <https://dx.doi.org/10.31030/9569530>.
- Dohet, A. (2002). Are caddisflies an ideal group for the assessment of water quality in streams? W. Mey [Ed.]. Proceedings of the 10th International Symposium on Trichoptera. 30 July-05 August. Potsdam, Germany, Nova Supplementa Entomologica, Keltern, Germany, Pp 507-520.
- Girgin, S. & Kazancı, N. (2008). A study on the Trichoptera (Insecta) fauna of Ankara Stream. *Review of Hydrobiology*, 1, 45-51.
- Glime, J. M. (2017a). *Aquatic Insects: Holometabola – Trichoptera, Suborder Annulipalpia*. Chapt. 11-11. In: Glime, J. M. Bryophyte Ecology. Volume 2. Bryological Interaction. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists.
- Glime, J. M. (2017b). *Aquatic Insects: Holometabolous Insects – Trichoptera. Suborders Integripalpia and Spicripalpia*. Chapt. 11-12. In: Glime, J. M. Bryophyte Ecology. Volume 2. Bryological Interaction. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists.
- Karşılı, C. (2011). *Türkiye’de Akarsu Havzalarında Kişi Başına Düşen Su Miktarının Coğrafi Bilgi Sistemleriyle Analizi*. [Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü Coğrafya (Fiziki Coğrafya) Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Kayan, A. (2021). The Trichoptera fauna of Ulupınar Stream and its relationship with water quality. *Turkish Journal of Water Science & Management*, 5(1), 59-79.
- Keşir, Ü. E. (2016). *Ceyhan Nehri Trikoptera Faunası*, [Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü], Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Kucukbasmacı, I. & Fındık, O. (2020). The Seasonal and Spatial Distribution of Trichoptera Larvae in the Araç Creek (Kastamonu, Karabük, Turkey). *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 20(1), 1-10.
- Küçükbasmacı, İ. & Fındık, Ö. (2019). First record of *Micrasema cinereum* mosely (Trichoptera, Brachycentridae) in Turkey and a list of the Caddisfly fauna in araç Creek. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 20(2), 81-87. doi: 10.23902/trkjnat.484166
- Küçükbasmacı, İ. & Kiyak, S. (2017). A study on the Caddisfly fauna (Insecta: Trichoptera) of Kastamonu and a new species record for Turkey. *Munis Entomology and Zoology Journal*, 12(2), 486-499.
- Lechthaler, W. & Stockinger, W. (2005). *Trichoptera: Key to larvae from Central Europe*. DVD Edition, Vienna.
- Lechthaler, W. (2007). *Trichoptera families: Key to larvae from Central Europe*. CD Edition, Vienna.
- Merritt, R. W. & Cummins, K. W. (1996). *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3rd ed. Kendall/Hunt, Dubuque. IA.
- Morse, J. C. (Ed.) (2018). *Trichoptera world checklist*. Retrieved from <http://entweb.clemson.edu/database/trichopt/index.htm> (Accessed date: October 2018).
- Özalp, Y. & Küçükbasmacı, İ. (2023). Investigation of the biological diversity of Trichoptera larvae in the streams of the Kastamonu (Cide)-Sinop (Ayancık) coastal region of Türkiye. *Archives of Biological Sciences*, 75(1), 81-88.
- Pirvu, M. & Pacioglu, O. (2012). The ecological requirements of caddisflies larvae (Insecta: Trichoptera) and their usefulness in water quality assessment of a river in south-west Romania. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, (407). 03. <https://doi.org/10.1051/kmae/2012029>
- Rosenberg, D. M. & Resh, V. H. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman and Hall, New York. NY.
- Selim, S. (2011). Akarsu vadisindeki insan kaynaklı faaliyetlerin ekosistem bütünlüğüne olası etkileri: Çağlayan örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(2), 94-101.
- Sipahiler, F. (2010a). Two new species of *Chaetopteryx* Stephens, 1837 from Turkey with a description of the unknown female of *C. bektasensis* Sipahiler, 2008 (Trichoptera, Limnephilidae: Limnephilinae: Chaetopterygini). *Psyche: A Journal of Entomology*, at Dicle ID: 180671. doi: 10.1155/2010/180671
- Sipahiler, F. (2010b). Two new species of Trichoptera from northeastern Turkey (Rhyacophilidae, Sericostomatidae). *Aquatic Insects*, 32(1), 61 — 66
- Sipahiler, F. (2000). New Rhyacophila (Trichoptera. Rhyacophilidae) species from France and Spain. *Aquatic Insects: International Journal of Freshwater Entomology*, 22(2), 138-147.
- Sipahiler, F. (2013). Description of the larva and the case construction of *Synagapetus anatolicus* Çakın, 1983 (Trichoptera, Glossosomatidae). *Nova*

- Acta Científica Compostelana (Biología)*, 20, 27-33.
- Sipahiler, F. (2017). Descriptions of two new species of the genus *Psilopteryx stein* from Turkey (Trichoptera, Limnephilidae, Chaetopterygini). *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 24, 69-73.
- Springer, M. (2010). *Chapter 7. Trichoptera*. *Revista de Biología Tropical*, 58, 151-198.
- Waringer, J. & Graf, W. (2013). Key and bibliography of the genera of European Trichoptera larvae. *Zootaxa*, 3640 (2), 101-151.
- Wiggins, G. B. & Mackay, R. J. (1978). Some relationships between systematics and trophic ecology in nearctic aquatic insects. *Ecology*, 59, 1211 – 1220
- Williams, D., & Feltmate, B. (1992). *Aquatic insects*. CAB International. Wallingford.
- Yeşilbaş, N. & Kapan, K. (2021). Kura ve Aras nehirlerinin Azerbaycan Aran (Kür-Araz) bölgesi açısından jeoekonomik önemi. *Avrasya incelemeleri Dergisi*, 10(1), 167-192.
- Yontar, B. (2009). *Aras Havzası'nda Yayılı Kirletici Kaynakların Belirlenmesi ve Yönetim Önerileri*. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Zamora-Muñoz, C., Alba-Tercedor, J. & García de Jalón, D. (1995). The larvae of the genus *Hydropsyche* (Hydropsychidae; Trichoptera) and key for the identification of species of the Iberian Peninsula. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 68(1-2), 189-210.
- Zeybek, M. & Koşal-Şahin, S. (2016). The distribution of Trichoptera assemblages in relation to environmental variables in the streams of Tunceli (Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(11), 4972-4981.
- Zeybek, M. & Yıldız, S. (2019). Gönen Çayı (Balıkesir-Çanakkale) Trichoptera faunasının belirlenmesine yönelik bir araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 14(2), 335-344.

İngiliz Atlarında Bazı Doğum ve Doğuma İlişkin Özellikler ile Tay Davranışları

Yavuzkan PAKSOY¹, Ömer Faruk GÜNGÖR²

¹Necmettin Erbakan Üniversitesi, Kemal Akman Meslek Yüksekokulu Ereğli/KONYA, ²Abant Baysal İzzet Üniversitesi Bolu
¹<https://orcid.org/0000-0002-0935-7693>, ²<https://orcid.org/0000-0002-7273-7242>

✉: yavuzkan7@gmail.com

ÖZET

Bu çalışma Safkan İngiliz kısıraklarda bazı doğum ve taylarında davranış özellikleri ile bunlara etkisi olan bazı faktörlerin belirlenmesi amacı ile yapılmıştır. Araştırma, Adana Yavuz Star Harasında 2021-2022 yılları arasında yürütülmüş olup toplam 63 kısırağın ve bunların taylarının bazı özellikleri takip edilmiştir. Çalışmada kısıraklarda ortalama canlı ağırlık (CA) 499.27±3.68 kg, doğum süresi 14.63±1.28 dk, kolostrum yoğunluğu %23.81±0.69, eş atma süresi 126.57±28.92 dk ve plasenta ağırlığının 6.47±0.20 kg olduğu belirlenmiştir. Doğumların görülme sıklığının 18.00 ve 24.00 saatleri arasında arttığı (%36.5) ve doğum yılı ile zamanının (Gece, Gündüz) doğum süresine etkisinin önemli (P=0.004; P=0.010) olduğu tespit edilmiştir. Taylarda doğum ağırlığı, ilk ayağa kalkmaya kadar geçen süre ve ilk emmeye kadar geçen sürelerin ortalamaları sırasıyla 54.34±1.01 kg, 87.19±7.92 ve 114.24±11.96 dk olmuştur. Doğum yılı, doğum ayı, kısırak yaşı, cinsiyet ve doğum zamanının ilk ayağa kalkma süresi üzerine etkisinin önemli (P=0.018; P=0.027; P=0.032; P=0.005; P=0.004) olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, taylarda ilk ayağa kalkma ve ilk emmeye kadar geçen sürelerin tay cinsiyeti ve doğum zamanından etkilendiği; kan uyumsuzluğu, kolostrum kalitesi düşüklüğü ve eş atma süresinin uzaması problemlerinin görülme sıklığının yüksek olduğu belirlenmiştir.

Zootekni

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 07.06.2023

Kabul Tarihi : 03.12.2023

Anahtar Kelimeler

Kan uyumsuzluğu
Ayağa kalkma
İlk emme zamanı
Doğum zamanı
Kolostrum yoğunluğu

Birth Behaviors and Birth-Related Measurements in Thoroughbred Horses

ABSTRACT

This study has been performed to determine the behavioral characteristics of some births and some of the factors that affect them for Thoroughbred mares. The research has been carried out at Adana Yavuz Star Farm between the years 2021-2022 and several characteristics of a total of 63 head mares and their foals were followed. In the study, it has been determined that the average live weight (LW) was 499.27±3.68 kg, the time of birth was 14.63±1.28 min, colostrum density was 23.81±0.69 min, the expelling time for placental partner was 126.57±28.92 min, and the placental weight was 6.47±20 kg. It has been concluded that the incidence of deliveries increased between 18.00 and 24.00 (36.5%), and the effect of birth year and time (night, day) has a significant effect on the birth duration (P=0.004; P=0.010). The average birth weight of foals, the time to stand up, and the time to the first suckling were 54.34±1.01 kg, 87.19±7.92, and 114.24±11.96 min, respectively. It was concluded that all examined factors have a significant effect on the time of the first stand (P=0.018; P=0.027; P=0.032; P=0.005; P=0.004). As a result, the time to first stand up and suck in foals is affected by gender and birth time; in addition, the high frequency of blood incompatibility, poor colostrum quality, and prolonged throwing out of the placenta have been determined.

Animal Science

Research Article

Article History

Received : 07.06.2023

Accepted : 03.12.2023

Keywords

Blood Incompatibility
Stand Up
First Sucking Time
Birth Time
Colostrum Density

Atıf İçin: Paksoy, Y., & Güngör, Ö.F., (2023). İngiliz Atlarında Bazı Doğum ve Doğuma İlişkin Özellikler ile Tay Davranışları. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (3), 727-734. DOI: 10.18016/ksutarimdoga.vi.1310608.

To Cite: Paksoy, Y., & Güngör, Ö.F., (2023). Some Parturition and Birth-Related Traits and Foal Behaviors of Thoroughbred Horses. *KSU J. Agric Nat* 27 (3), 727-734. DOI: 10.18016/ksutarimdoga.vi.1310608.

GİRİŞ

Hayvanların temel gereksinimlerinin yanında, gelişimlerinin farklı dönemlerinde karşılaştıkları çevresel faktörlere bağlı olarak ihtiyaçları değişmektedir. Nitekim çiftlik hayvanlarında doğum öncesi, sırası ve sonrasında karşılaşılan problemler, ananın yavru ile yeterli ilgilenmemesi, yavrunun kısa sürede ayağa kalkamaması ve emmemesi gibi olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Bu gibi problemler ise ana ile yavrunun doğum sonrası erken dönemde bir arada geçirdiği sürecin olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Doğum sürecinin uzaması ananın aşırı yorulmasına ve doğum sonrası ananın geç ayağa kalkması ve yeteri kadar yavru ile ilgilenememesine neden olmaktadır. Doğum sonrası kısa sürede ayağa kalkmayan yavrular kısa sürede kolostrum alamamakta ve bu da pasif bağışıklığın istenen düzeyde olmamasına neden olmaktadır. Tüm bu olumsuzluklar yavrunun yaşama gücü, büyüme ve hatta tüm yaşam sürecini ve verimlerini etkileyebilmektedir (Heitor ve Vicente, 2008; Güngör ve Ünal, 2017; Güngör ve Ünal, 2020; Güngör ve ark., 2022).

Kısraklarda ortalama gebelik süresi 330-345 gündür ve genellikle doğumlar gece periyodunda gerçekleşir (Arpacık, 1999; Byars ve Simon, 2011; Gücüyener Hacan ve Akçapınar, 2012). Kısraklarda doğum süreci 3 aşamaya ayrılmakta olup güç doğum vakalarının görülme ihtimalinin yaklaşık %10 olduğu bildirilmektedir (Thal, 2023). Doğum sürecinin ilk aşamasında yavru uterus içerisinde doğum için uygun prezentasyonu almaktadır. Aşırı yürüyüş ve sık dışkılama ile karakterize olan bu dönemde uterus kontraksiyonları başlar ve kısrakta sancıya bağlı huzursuzluğun davranışsal belirtileri gözlenir. Ancak bu belirtiler bazı kısraklarda çok belirgin şekilde meydana gelmemektedir. Doğum sürecinin ikinci aşaması ise Chorioallantoic zarların yırtılması sonucu yavru sularının görülmesi ile başlamakta ve doğumun gerçekleşmesi ile tamamlanmaktadır. Doğum sürecinin son dönemi olan üçüncü aşaması uterus kontraksiyonlarının devam ettiği ve yavru zarlarının atılması ile sonlanan dönemdir (Byars ve Simon, 2011; Gücüyener Hacan ve Akçapınar, 2012; Smith, 2023). Normal ve sağlıklı bir doğum süreci, doğum sonrası ana ve yavru bağının iyi bir şekilde kurulması için önemlidir. Ancak bu dönemde yavru zarlarının yırtılması ile yavrunun doğması arasında geçen sürenin uzaması (doğum süresinin ikinci aşaması), ana ile yavru arasında kan uyumsuzluğunun (kısrakta sentezlenen antikorların tayda hemolitik anemi meydana getirmesi) olması, kolostrum kalitesinin düşük olması, plasentanın geç atılması, yavruya ayağa kalkma süresinin veya ilk emmeye kadar geçen sürenin uzaması gibi problemler görülebilmektedir (Synder, 2018). Kısrak ve aygırın

kan gurubu arasında uyumsuzluk olması ve tayında aygırla benzer kan grubuna sahip olması durumunda kısrak ile tay arasında kan uyumsuzluğu meydana gelmektedir. Gebelik sürecinde taydan plasental yolla kısraka geçebilen kırmızı kan hücreleri kısrakta antikorlar oluşumuna neden olmaktadır. Kısrakta meydana gelen bu antikorlar kolostrum ile yavruya aktarılmakta ve bu durum tayda kan hücrelerinde parçalanmaya neden olarak hemolitik anemiye yol açmaktadır. Bu durum doğum sonrası ilk altı gün içerisinde hızlı solunum, yüksek nabız, mukozalarda sararma ve yorgunluk gibi klinik belirtilere neden olmaktadır (Synder, 2018).

Atlarda doğum ve davranış problemlerinin görülme sıklığı düşük olsa da bu dönemde karşılaşılan problemlerin, bunların sonuçlarının ve önlenmesi için yapılması gerekenlerin tespit edilmesi iş gücü ve maliyetleri azaltmasının yanı sıra hayvan refahı ve performansları üzerine olumlu etkilerinin olacağı açıktır (Grogan ve McDonnell, 2005; Zurek ve Danek, 2012). Doğum sonrası erken dönemde kolostrum almayan taylarda yeterli pasif bağışıklık oluşmamakta bu da artan hastalıklara bağlı düşük refaha neden olabilmektedir. Ayrıca ayağa kalkması geciken taylara kısa sürede emzirtilmesi gerekmesi ve kan uyumsuzluğu olan tayların ise bu dönemde elle beslenmesi gerektiğinden iş gücünün artmasına neden olmaktadır. Özellikle de yüksek performans gerektiren ve çok az farklılıklarla yarış sonuçlarının değiştiği safkan yarış atlarında tüm yaşam boyunca çevresel şartların en iyi duruma getirilmesi önemli olacaktır. Bu çalışmada Safkan İngiliz kısraklarda doğum sürecinin ikinci ve üçüncü aşamalarında belirlenen doğum süresi, doğum ağırlığı, kolostrum yoğunluğu, es atılma süresi, taylarda ilk ayağa kalma süresi, ilk emmeye kadar geçen süre ve plasenta ağırlığı gibi özellikleri ile bunlar üzerine etkisi olan doğum yılı, doğum ayı, kısrak yaşı, cinsiyet ve doğum zamanı (gece, gündüz) gibi bazı faktörlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOD

Bu çalışmada, haralarda yapılan rutin yetiştiricilik uygulamaları dışına çıkılmamıştır. Çalışmada elde edilen veriler bu uygulamalar kapsamında alındığından, Deneysel ve Diğer Bilimsel Amaçlar için Kullanılan Hayvanların Refah ve Korunmasına Dair Yönetmeliğin (13.12.2011 tarih ve 28141 sayılı Resmî Gazete) 2. maddesi ikinci fıkrası "Bu Yönetmelik, deneysel olmayan tarımsal ve klinik veteriner uygulamalarını kapsamaz" hükmü gereğince, kapsam dışı olduğundan Bakanlık (T.C. Adana Valiliği İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Sayı: E-74530962-325.99-8509499) iznine tabi değildir.

Araştırmanın hayvan materyalini Adana Yavuz Star Harasında 2021 yılı (22 baş) ve 2022 yılı (41 baş)

Ocak-Haziran ayları arasında doğum yapan 63 baş (5-18 yaş aralığında), yarışlardan çıkmış Safkan İngiliz kısırak ve bunların tayları oluşturmuştur. Çalışmada 2021 yılında verileri alınan kısırakların %63.6'si (14 bas) 10-18 yaş aralığında, %36.4'u (8 bas) ise 5-9 yaş aralığında olmuştur. 2022 yılında verileri alınan kısırakların ise %58.5'i (24 bas) 10-18 yaş aralığında, %41.5'i (17 bas) 5-9 yaş aralığında olmuştur. Atlardan üçünün CA'ları zamanında belirlenmediğinden istatistik analizlerde 60 baş kısırağın verisi kullanılmıştır. Kısıraklara doğum öncesi dönemde (gebeliğin 14. gününden doğuma kadar geçen sürede) kısırak başına 4 kg kırılmış yulaf, 3 kg kırılmış arpa, 1 kg hazır kısırak yemi, 5 kg kuru ot, 4'er adet elma ve havuç verilmiştir. Çalışmada veri alınan tüm kısıraklara benzer besleme programı uygulanmıştır.

Kısırakların doğum öncesi 1-7. gün aralığında canlı ağırlıkları (CA) belirlenmiştir. Bu kısıraklar işletme veteriner hekimi ve hayvan bakıcısı tarafından takip edilerek yavru zarlarının yırtıldığı ve yavru sularının geldiği saat ile doğumun tamamlandığı saat kaydedilmiştir. Doğan taylar temiz havlu ile kurularak göbek kordonlarına Batikon solüsyonu (povidon iyot %10 solüsyonu, Adeka, Türkiye) uygulanmıştır. Doğan tüm taylara mekonyumun atılmasını kolaylaştırmak amacıyla düşük dozda lavman (1 tüp Libalaks, LiBA, Türkiye) uygulaması yapılmıştır. Genel olarak doğumdan sonra ayağa kalkan kısıraktan sağılan 5 ml süttten spektrometre (Hitachi marka) ile kolostrum yoğunluğu (IgA ve IgG seviyesi) belirlenmiştir. Saat 22.00 ve 06.00 arasında doğum yapan kısırakların kolostrum yüzdeleri saat 06.00'da tespit edilmiştir. Kısıraklardan alınan 1 ml kolostrum ve taydan alınan 1 ml kan, 1 ml izotonik serum ile bir tüpte karıştırılarak kan uyumsuzluk testi yapılmıştır. Kısırakların eş atma süreleri takip edilerek plasentanın ağırlığı tespit edilmiştir. Taylar, doğum sonrası takip edilerek ilk ayağa kalkma zamanları ve emmeye başladıkları saat kaydedilmiştir. Taylar doğumdan sonraki ilk 18-24 saat içinde doğum ağırlığının tespiti için tartılmıştır.

Kısıraklarda ve taylarda takip edilen bazı özelliklere ait tanımlayıcı bilgiler aşağıda verilmiştir.

1. Doğum süresi: Yavru sularının görülmesi ve tayın doğması arasında geçen süre (dk).
2. Güç doğum: Doğumun ikinci aşamasının 40 dk'dan uzun sürmesi.
3. İlk ayağa kalmaya kadar geçen süre: Tayın doğumdan sonra ilk ayağa kalkmasına kadar geçen süre.
4. İlk emmeye kadar geçen süre: Doğum sonrası tayın isteyerek veya insan yardımı ile ilk olarak anasını emmeye başlaması arasında geçen süre (dk). İlk 2 saat içerisinde memeye ulaşamamış taylara müdahale edilerek

kolostrum alması sağlanmaktadır.

5. Eş atma süresi: Doğum ile eşin atılması arasında geçen süre (dk).

İstatistik Analizler

Kısıraklarda ve taylarda incelenen özellikler üzerine doğum yılının (2021-2022), doğum ayının (Ocak-Mart, Nisan-Haziran), ana yaşının (5-9, 10-18), tay cinsiyetinin ve doğum zamanının (Gece: 20.00-08.00, Gündüz: 08.00-20.00) etkileri SPSS paket programında çok faktörlü varyans analiz tekniğinde interaksyonsuz ana etki modeli ile belirlenmiştir (SPSS 2005).

BULGULAR

Çalışmada kısıraklarda belirlenen CA, doğum süresi, kolostrum yoğunluğu, eş atma süresi ve plasenta ağırlık ortalamaları Çizelge 1'de verilmiştir. Doğumları gündüz gerçekleşen kısırakların gebeliğin son haftasındaki CA değerlerinin doğumları gece gerçekleşenlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (P=0.001). Doğum süresinin 2021 yılında 2022'ye göre daha uzun olduğu (P=0.004) ve gece gerçekleşen doğumların gündüz olanlara göre daha uzun sürdüğü (P=0.010) hesaplanmıştır. Kolostrum yoğunluğunun gündüz doğum yapan kısıraklarda daha yüksek olduğu belirlenmiştir (P=0.029). Çalışmada kısıraklara ilişkin ölçülen diğer özelliklere ait faktörlerin benzer ortalamalarda olduğu görülmüştür (P>0.05).

Taylarda doğum yılına, doğum ayına, kısırak yaşına, cinsiyete ve doğum vaktine (gece-gündüz) göre doğum ağırlığı, ilk ayağa kalkmaya kadar geçen süre ve ilk emmeye kadar geçen sürelerin ortalamaları Çizelge 2'de verilmiştir. Gece saatlerinde doğan tayların doğum ağırlıklarının gündüz doğanlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (P=0.072). Taylarda doğum sonrası ilk ayağa kalkmaya kadar geçen sürenin, 2022 yılında doğanlarda 2021 yılındakilere göre (P=0.018), Nisan-Haziran ayında doğanlarda Ocak-Mart ayındakilere göre daha kısa olduğu (P=0.027) tespit edilmiştir. İlk ayağa kalkma süresinin, genç kısıraklardan doğan taylarda ileri yaşlılardan doğanlara göre, dişi taylarda erkek taylara göre, gündüz doğan taylarda ise gece doğanlara göre istatistiki olarak daha uzun olduğu belirlenmiştir (sırasıyla P=0.032; P=0.005; P=0.004). İlk emmeye kadar geçen süreler doğum yılı, doğum ayı, kısırak yaşına göre benzer olurken, ilk ayağa kalkmaya kadar geçen süreler ile uyumlu olmuştur. Cinsiyet ve doğum zamanının ilk ayağa kalkmaya (sırasıyla P=0.005; P=0.004) ve ilk emmeye kadar geçen süre (sırasıyla P=0.008; P=0.012) üzerine etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu tespit edilmiştir.

Gün içerisindeki dört farklı zaman periyodunda

doğumların görülme sıklıkları, güç doğum, taylarda bilek dikliği, kan uyuşmazlığı, kolostrum kalitesi, erken ve gecikmiş eş atma süreleri ile ilgili yüzdeler Çizelge 3'te sunulmuştur. Doğumların en fazla olduğu zaman diliminin akşam ve gece (18.00-24.00) saatleri arasında olduğu görülmüştür (%36.5). Kan

uyuşmazlığı görülme yüzdesi 2021 ve 2022 yıllarında birbirine yakın olup ortalama %7.9 olmuştur. Kolostrum kalitesinin kısırakların yaklaşık %62'inde iyi düzeyde olduğu belirlenmiştir. Eş atma sürelerinin 2021 yılında kısırakların %27'sinde 3 saatten daha uzun sürdüğü tespit edilmiştir.

Çizelge 1. Kısıraklarda incelenen faktörlere göre bazı doğum özelliklerine ait ortalamalar, standart hatalar ve P değerleri.

Table 1. Means, standart errors and P values of some birth characteristics of mares according to the examined factors.

İncelenen Faktörler	n	Kısırak CA (kg)	Doğum süresi (dk)	Kolostrum Yoğunluğu (%)	Eş atma süresi (dk)	Plasenta ağırlığı(kg)
Doğum yılı		—	**	—	—	—
2021	21	499.37±5.81	18.35±2.02	23.73±1.09	168.61±45.69	6.23±0.31
2022	39	499.17±4.34	10.91±1.51	23.90±0.81	84.53±34.11	6.71±0.23
Doğum ayı		—	—	—	—	—
Ocak-Mart	33	497.48±4.69	14.55±1.63	23.53±0.88	152.16±36.87	6.63±0.25
Nisan-Haziran	27	501.06±5.35	14.71±1.86	24.09±1.00	100.98±42.08	6.31±0.28
Kısırak yaşı		—	—	—	—	—
5-9	24	499.82±5.75	15.57±1.99	24.28±1.08	121.57±45.20	6.37±0.30
10-18	36	498.72±4.53	13.70±1.57	23.35±0.85	131.57±35.59	6.57±0.24
Cinsiyet		—	—	—	—	—
D	30	502.60±5.06	16.46±1.76	24.25±0.95	143.41±38.77	6.38±0.27
E	30	495.94±4.99	12.81±1.73	23.37±0.93	109.72±39.19	6.55±0.26
Doğum zamanı		***	**	*	—	—
Gece	33	487.29±4.79	17.92±1.66	22.32±0.90	79.93±37.65	6.57±0.25
Gündüz	27	511.25±5.41	11.34±1.88	25.30±1.01	173.21±42.53	6.37±0.29
Genel Ortalama	60	499.27±3.68	14.63±1.28	23.81±0.69	126.57±28.92	6.47±0.20
P değerleri						
Doğum yılı		0.977	0.004	0.899	0.140	0.204
Doğum ayı		0.605	0.947	0.666	0.347	0.390
Kısırak yaşı		0.880	0.462	0.498	0.862	0.613
Cinsiyet		0.335	0.130	0.496	0.533	0.637
Doğum zamanı		0.001	0.010	0.029	0.100	0.587

— P>0.05; * P<0.05; ** P<0.01; *** P<0.001

TARTIŞMA ve SONUÇ

Çalışmada doğum öncesi kısıraklarda CA ortalamasının 499.27±3.68 kg olduğu belirlenmiştir. National Research Council (NRC) verilerine göre kısıraklarda gebelik sonu CA değerinin, gebelik başlangıç CA'nın %13-14'ü kadar yüksek olduğu bildirilmektedir (National Research Council, 2007). Ergin CA değerinin Safkan İngiliz atlarında 400-500 kg aralığında olduğu bildirilmektedir (Arpacık, 1999; Özbeyaz ve Akçapınar, 2007). Bu bağlamda çalışmada elde edilen değer Safkan İngiliz atları için bildirilen değer aralığında olduğu anlaşılmaktadır. Gebelik sonu kısırak CA'larının doğum yılına (2021 ve 2022), doğum ayına (Ocak-Mart ve Nisan-Haziran), kısırak yaşına (4-9 ve 10-18) ve tayın cinsiyetine bağlı olarak değişmediği, ancak doğumları gündüz gerçekleşen

kısırakların daha yüksek CA değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Kısırak CA üzerine yıl ve doğum ayının etkisinin olmaması, uygulanan besleme programının aynı olması nedeniyle beklenen bir sonuçtur. Çalışmada tay doğum ağırlığının kısırak yaşı ve cinsiyetinden etkilenmediği dikkate alındığında bu faktörlere bağlı kısırak CA'larının değişmemesi tay doğum ağırlığı ile tutarlı olmaktadır. Yüksek CA'ya sahip kısıraklarda gündüz doğum yapma sıklığının yüksek olması, bu kısırakların çevresel etkilerden daha az etkilendiklerini akla getirmekle beraber çalışmada gündüz doğan tayların CA'larının düşük olmasının da (doğum kolaylığı nedeniyle) buna katkısının olduğu düşünülebilir.

Çizelge 2. İncelenen faktörlere göre taylara ait bazı doğum ve davranış özelliklerine ait ortalamalar, standart hatalar ve P değerleri.

Table 2. Means, standart errors and P values of some birth and behavioral characteristics of foals according to the examined factors.

İncelenen Faktörler	n	Doğum ağırlığı (kg)	İlk ayağa kalkmaya kadar geçen süre(dk)	İlk emmeye kadar geçen süre (dk)
Doğum yılı		—	*	—
2021	21	53.75±1.60	105.91±12.52	121.47±18.90
2022	39	54.92±1.19	68.47±9.35	107.02±14.11
Doğum ayı		—	*	—
Ocak-Mart	33	54.95±1.29	103.96±10.10	133.09±15.25
Nisan-Haziran	27	53.73±1.47	70.43±11.53	95.40±17.40
Kısrak yaşı		—	*	—
5-9	24	54.69±1.58	104.44±12.39	127.81±18.69
10-18	36	53.99±1.25	69.95±9.75	100.68±14.72
Cinsiyet		—	**	**
D	30	54.27±1.39	109.02±10.90	144.91±16.45
E	30	54.41±1.37	65.37±10.74	83.58±16.21
Doğum zamanı		—	**	*
Gece	33	56.13±1.32	64.29±10.32	84.44±15.57
Gündüz	27	52.55±1.49	110.08±11.65	144.05±17.59
Toplam	60	54.34±1.01	87.19±7.92	114.24±11.96
P değerleri				
Doğum Yılı		0.553	0.018	0.537
Doğum ayı		0.520	0.027	0.097
Kısrak yaşı		0.729	0.032	0.257
Cinsiyet		0.940	0.005	0.008
Doğum zamanı		0.072	0.004	0.012

— P>0.05; * P<0.05; ** P<0.01

Çizelge 3. Yıllara göre kısrak ve taylara ait bazı özellikler.

Table 3. Some characteristics of mares and foals by year.

İncelenen Faktörler	2021 (n: 22)		2022 (n: 41)		Toplam (n: 63)	
	n	%	n	%	n	%
Doğum saati 06-12	2	9.1	9	22.0	11	17.5
Doğum saati 12-18	6	27.3	7	17.1	13	20.6
Doğum saati 18-24	8	36.4	15	36.6	23	36.5
Doğum saati 24-06	6	27.3	10	24.4	16	25.4
Güç doğum	2	9.1	0		2	3.2
Bilek dikliği	0		3	7.3	3	4.8
Kan uyuşmazlığı	2	9.1	3	7.3	5	7.9
Kolostrum<%23	10	45.5	14	34.2	24	38.1
Kolostrum<%10	1	4.6	0		1	1.6
Eş atma süresi<3 saat	16	72.7	38	92.7	54	85.7
Eş atma süresi>3 saat	6	27.8	3	7.3	9	14.3

Kısraklarda doğumun ikinci aşaması olan doğum süresinin 10-20 dk sürdüğü bildirilmektedir (Rossdale, 1967; Rose ve Hodgson, 2004; Byars ve Simon, 2011; Gücüyener Hacan ve Akçapınar, 2012;

Wulf ve ark., 2017). Çalışmada doğumun bu aşamasının literatüre uygun olarak ortalama 14.63±1.28 dk olduğu belirlenmiştir. 2021 yılında doğum süreleri 2022 yılına göre daha uzun

sürmüştür. Bu farklılık yıla bağlı olarak değişen çevresel faktörler ve aygır etkisinden kaynaklanmış olabilir. Gece doğumlarında doğum süresinin daha uzun sürdüğü belirlenmiştir (Gece:17.92: Gündüz: 11.34 dk). Bu önemli farklılığın gece doğumlarında daha az çevresel uyarıcının olmasından, düşük CA'a sahip kısırakların gece doğum yapmasından ve gece doğan taylarda doğum ağırlığının daha yüksek olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Atlar difüze epitheliochorionic plasenta tipine sahip olduklarından immunglobulinlerin fetal dönemde yavruya aktarılması mümkün değildir. Doğum sonrası ilerleyen süreç içerisinde hem intestinal olarak immunglobulinlerin transfer düzeyinin azalması hem de kolostrumda immunglobulin miktarının düşmesi nedeniyle tayların doğum sonrasında kısa süre içerisinde yeterli düzeyde kolostrum alması gerekir (Aoki ve ark., 2020). Kolostrum, kısıraklarda yüksek oranda IgG, IgA ve IgM içermektedir ve bu üçü içerisinde IgG oranı oldukça fazladır (de Sobral ve ark., 2021; McKenzie, 2018). Kısıraklarda kolostrumun Brix refractometer ile ölçümünde elde edilecek %23 ve üzerindeki değerlerin iyi bir kolostrum kalitesinin göstergesi olduğu bildirilmektedir (Schneider ve Wehrend, 2019). Çalışmada kolostrum yoğunluğu ortalamasının %23.81 olduğu ve kısırakların %62'sinde de kolostrum kalitesinin %23'ten yüksek (Çizelge 3) olduğu tespit edilmiştir. Gece doğum yapan kısıraklarda kolostrum yüzdesinin gündüz yapanlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılığın saat 22.00 ve 06.00 arasında doğum yapan kısırakların kolostrum yüzdelerinin saat 06.00'da belirlenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kısıraklarda eş atma süresi üç saate kadar normal kabul edilmektedir (Rose ve Hodgson, 2004) ve normal plasenta ağırlığının tay doğum ağırlığının yaklaşık %11-14'ü kadar olması gerektiği bildirilmektedir (Youngquist ve ark., 2007; Anonim 2023). Elliot ve arkadaşları Safkan İngiliz kısıraklarda yaptıkları bir çalışmada plasenta ağırlığını ve tay doğum ağırlığını sırası ile 6.4 ve 55.2 kg olarak belirlemişlerdir. Bu bildirişlere uygun olarak kısırakların %85.71'inde eş atma süresi üç saatten kısa bir sürede tamamlanmış (Çizelge 3); ortalama plasenta atılma süresi, plasenta ağırlığı ve tay doğum ağırlığı ise sırası ile 126.57 dk, 6.47 kg, 54.34 olmuştur. Bu çalışmada taylarda tespit edilen doğum ağırlığı ortalaması (54.34kg) Safkan İngiliz tayları için bildirilen doğum ağırlığı değerleri (51.6 – 57.8 kg) ile benzer (Elliott ve ark., 2009; de Castro ve ark., 2021) olup 1999 yılında Türkiye'de yapılan bir çalışmanın Safkan İngiliz tayları için bildirdiği değerden (39.8-43.2 kg) yüksektir (Arpacık 1999). Ayrıca tay doğum ağırlığının genel olarak kısırak CA'nin % 8-10 arasında olduğu bildirilmektedir ve bu çalışmada elde edilen ortalama tay doğum ağırlığı

sonucu bu bildiriş ile kısmen benzer olmuştur (Şehu, 2000). Dişi tayların erkeklerden, 10 yaş ve üzeri kısıraklardan doğan tayların ise 4-9 yaş aralığında olan kısıraklardan doğan taylardan daha düşük doğum ağırlığına sahip olduğu ancak aralarındaki farklılığın önemsiz olduğu bildirilmektedir (Elliott ve ark., 2009; Taşkın ve Koçak, 2012; Pagan ve ark., 2023). Bu çalışmada da tay doğum ağırlığı ve ilgili faktörler arasında benzer sonuçlar elde edilmiştir. Gündüz doğan tayların doğum ağırlıklarının gece doğan taylarınkinden yüksek ve bu farklılığın istatistiksel önem seviyesine yakın olduğu belirlenmiştir (P=0.072). Kısıraklarda doğumların yüksek oranda gece gerçekleştiği dikkate alındığında bu farklılığın doğum kolaylığına neden olan düşük doğum ağırlığına sahip tayların gündüz doğum oranının yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Ayrıca bu çalışmada gündüz gerçekleşen doğumlarda gece gerçekleşenlere göre daha yüksek kısırak CA'sı belirlenmiştir. Bu iki sonuç birlikte değerlendirildiğinde CA'sı yüksek ve düşük tay doğum ağırlığına sahip kısıraklarda doğumların daha çok gündüz olduğu anlaşılmaktadır.

Tayların doğumdan yaklaşık bir saat sonra ayağa kalktıkları ve yaklaşık doğum sonrası ilk iki saat içinde ilk emmelerini gerçekleştirdikleri bildirilmektedir (Rossdale, 1967; Arpacık, 1999; Gücüyener Hacan ve Akçapınar, 2012; Pagan ve ark., 2023). Bu çalışmada ilk ayağa kalkmaya kadar geçen süre (87.19 dk) bildirilen değerden yüksek, ancak ilk emmeye kadar geçen süre (114.24 dk) bildirilen değere benzer olmuştur. Doğum süresi uzunluğuna benzer bir şekilde, taylarda doğum sonrası ilk ayağa kalkma süresi 2021 yılında daha uzun sürmüştür. Bu farklılığın da doğum süresine benzer şekilde, yıllar arasında çevresel farklılıklardan ve aygır ile kısırak genotipi değişikliklerinden kaynaklanmış olabileceği söylenebilir. Tay doğduğunda yağ deposu az olduğundan titreyerek ve sternal yaslanma yaparak ısı kaybetmemeye çalışmakta ve metabolizmada T3, T4 ve kortizol seviyeleri ısı üretimi ve ayağa kalkıp emme için gerekli enerjiyi üretmektedir (McKenzie, 2018). Ocak-Mart aylarının Nisan-Haziran aylarına göre özellikle doğumların gerçekleştiği akşam ve gece saatlerinde çevre sıcaklığının daha düşük olduğu dikkate alındığında, Ocak-Mart aylarında doğan taylarda Nisan-Haziran ayındakilere göre ilk ayağa kalkma ve ilk emmeye kadar geçen sürenin daha uzun olmasında çevre sıcaklığının etkisi olduğu düşünülebilir. Gücüyener Hacan ve Akçapınar'ın (2012) bildirişinden farklı olarak erkeklerde ilk ayağa kalkma ve ilk emmeye kadar geçen süre dişilerden daha kısa olmuştur. Mekonyum atılma süresinin dişi taylara göre erkek taylarda daha fazla olduğu bildirilmektedir (Rose ve Hodgson, 2004). Ancak bu çalışmada tüm taylara doğum sonrası mekonyumun erken atılabilmesi için lavman uygulanmıştır. Bu

çalışmada erkeklerde ilk ayağa kalkma ve ilk emmeye kadar geçen sürenin dişilerden daha kısa olmasının lavman uygulamasının erkekler yönünde olumlu bir etkisinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. Gece doğan taylarda ilk emmeye ve ilk ayağa kalkmaya kadar geçen sürelerin gündüz doğanlara göre daha erken olduğu ve bu farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Koyunlarda yapılmış çalışmalarda düşük doğum ağırlığına sahip olan kuzuların yüksek doğum ağırlığına sahip olanlara göre daha geç ayağa kalktıkları ve daha geç emmeye başladıkları bildirilmektedir (Dwyer ve Morgan 2006, Simonetti ve ark., 2018; Gungor ve ark. 2022). Bu çalışmada gündüz doğan tayların doğum ağırlığının gece doğanlara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda gece doğan taylarda ilk emmeye ve ilk ayağa kalkmaya kadar geçen sürelerin gündüz doğanlara göre daha erken olması doğum ağırlığı farklılığından kaynaklandığı söylenebilir.

Sonuç olarak, bu çalışmada taylarda ilk ayağa kalkma ve ilk emmeye kadar geçen sürelerin dişi taylarda ve gündüz doğan taylarda daha uzun sürdüğü belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada belirlenen kan uyuşmazlığı, kolostrum kalitesi düşüklüğü ve eş atma süresi uzunluğu gibi problemlerin görülme sıklığının yüksek olması haralarda bu problemler yönünden takibin ne kadar önemli olduğunu göstermiştir. Bu nedenle bu faktörler yönünden farklılıklara göre kısıraklara ve taylara uygun bakım ve olanaklar sağlanmalıdır.

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 2023, Examining the Mare's Placenta and Keeping Foaling Records, <https://www.ontario.ca/page/examining-mares-placenta-and-keeping-foaling-records>
- Aoki, T., Chiba, A., Itoh, M., Nambo, Y., Yamagishi, N., Shibano, K. I., & Cheong, S. H. (2020). Colostral and Foal Serum Immunoglobulin G Levels and Associations with Perinatal Abnormalities in Heavy Draft Horses in Japan. *Journal of Equine Science*, 31(2), 29-34.
- Arpacık, R. (1999). At Yetiştiriciliği. Şahin Matbaası Ankara, Isbn 975-95817-0-1.
- Byars, D. T., & Simon, B. W. (2011). Peri-parturient Management of the Mare and Neonate. *Equine Reproduction*, 1, 111.
- de Castro, L. L. D., Abrahão, C. L., Antunes, J.,

- Pritsch, I., & Molento, M. B. (2021). Body Development from Birth to 18 Months of Age of Thoroughbred Foals in Brazil. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 11, 352-362.
- de Sobral, G. G., Neto, O. C. G., da Silva, A. M., & Carneiro, G. F. (2021). Evaluation of Optical Refractometer for Assessing Failure of Transfer of Passive Immunity in Foals. *Journal of Equine Veterinary Science*, 106, 103758.
- Dwyer, C.M., & e Morgan, C.A. (2006). Maintenance of Body Temperature in the Neonatal Lamb: Effects of Breed, Birth Weight and Litter Size *Journal of Animal Science*, 84, 1093-1101.
- Elliott, C., Morton, J., & Chopin, J. (2009). Factors affecting foal birth weight in Thoroughbred horses. *Theriogenology*, 71(4), 683-689.
- Güngör, Ö. F., Ünal, N., Özbeyaz, C., & Akçapınar, H. (2022). The Effects of Some Factors on the time to First Successful Stand Up and Sucking of Native Lambs After Parturition. *Tropical Animal Health and Production*, 54(5), 333.
- Güngör, Ö. F., & Ünal, N. (2017). *Some Production and Behavior Traits of Bafra, Akkaraman, Bafra x Akkaraman F₁ and B₁ Sheep Genotypes (Thesis number: 462844)*. [Doctoral Thesis, Ankara University, Institute of Health Sciences, Department of Animal Science (Veterinary)]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Güngör, Ö. F., & Ünal, N. (2020). The Expression of Some Maternal and Offspring Behaviors of Two Indirgense Sheep and Their Crossbreed Genotypes-II. Maternal and Offspring Behaviors After Parturition. *Journal of Veterinary Behavior*, 36, 19-25.
- Grogan, E. H., & McDonnell, S. M. (2005). Mare and foal bonding and problems. *Clinical Techniques in Equine Practice*, 4(3), 228-237.
- Hacan, Ö. G., & Akçapınar, H. (2012). Atlarda Davranış (Derleme). *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 53(1), 47-57.
- Heitor, F., & Vicente, L. (2008). Maternal Care and Foal Social Relationships in a Herd of Sorraia Horses: Influence of maternal rank and experience. *Applied Animal Behaviour Science*, 113(1-3), 189-205.
- Thal, D.O. (2023). The Late Time Pregnant Mare, Foaling & Newborn Foal Care. *Horse Side Vet Guide*. (<https://horsesidevetguide.com/our-team>).
- McKenzie, H.C. (2018). *Equine Internal Medicine: Disorders of Foals*. 20, 1365-1459.
- National Research Council (2007). *Nutrient Requirements of Horses*. Washington D.C.: National Academy Press,
- Özbeyaz, C., & Akçapınar, H. (2007). At Yetiştiriciliği Ders Notları. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Zootekni Anabilim Dalı, Ankara
- Pagan, J., Phethean, E., Caddel, S., McFaull, M.,

- Bonner, P., Nowara, D., Perriam, W., & Huntington, P.J. (2023). 117 Factors Affecting Birth Weights in Thoroughbred Foals Born in Kentucky, United Kingdom and Australia. *Journal of Veterinary Science*, 124, 104419.
- Rose, R.J., & Hodgson, D.R. (2004). Klinik Pratikte At Hekimliği. Medipres Matbaacılık, Ankara, Türkiye, ISBN: 978-975-6676-27-1
- Rossdale, P.D. (1967). Clinical Studies on the Newborn Thoroughbred Foal: I. *Perinatal Behaviour*. 123(11), 470-481, <https://www.science-direct.com/journal/British-veterinary-journal>
- Schneider, F., & Wehrend, A. (2019). Quality Assessment of Bovine and Equine Colostrum an Overview. *Schweizer Archiv fur Tierheilkunde*, 161(5), 287-297.
- Simonetti, L., Lynch, G.M., Ghbaudi, M.E., & McCormick, M. (2018). Neonatal Behaviour of East Friesian Lambs Born in Open Field in Argentina *Livestock Research for Rural Development*, 30.
- Smith 2023. Normal Foal Deliveries. The Ohio State University College of Veterinary Medicine, <https://www.vet.osu.edu/vmc/sites/default/files/import/assets/pdf/hospital/equineFarmAnimals/equine/articles/2008/normalFoalDelivery.pdf>
- SPSS, (2005). IBM SPSS Statistics 14.01, No: 9869264 for Windows. Armonk, NY.
- Synder, J.,(2018). Neonatal Isoerythrolysis. Hagyard Equine Medical Institute.
- Şehu, A. (2000). Tayların Beslenmesi. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 40(1), 76-89.
- Taşkın, D. & Koçak, S. (2012). Konkur Atlarında Canlı Ağırlık, Vücut Ölçüleri, Hastalık İnsidansı, Yaşama Gücü ve Döl Verimini Etkileyen Faktörler: II. Taylarda Canlı Ağırlık ve Vücut Ölçüleri. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 29(1), 14 - 23.
- Thal, D.O. (2023). The Late Time Pregnant Mare, Foaling & Newborn Foal Care. Horse Side Vet Guide. (<https://horsesidevetguide.com/our-team>).
- Wulf, M., Erber, R., Ille, N., Beythien, E., Aurich, J., & Aurich, C. (2017). Effects of Foal Sex on Some Perinatal Characteristics in The Immediate Neonatal Period in The Horse. *Journal of Veterinary Behavior*, 18, 37-42.
- Youngquist, R.S., Threlfall, W.R., Michelle, M., & Leblanc, M.M. (2007). Current Therapy in Large Animal Theriogenology (Second Edition) Chapter 16-Immediate Care of the Postpartum Mare and Foal. In *Current Therapy in Large Animal Theriogenology*, pp. 134-138, WB Saunders.
- Zurek, U., & Danek, J. (2012). Foal Rejection-Characteristics and Therapy of Inadequate Maternal Behaviour in Mares. *Annals of Animal Science*, 12(2), 141.

Siyah Alaca Sığırlarda Erken Laktasyon Dönemindeki Süt Bileşimleri ve Etkili Faktörlerin Belirlenmesi

Burak TATLISU¹, Uğur ZÜLKADIR²

¹:Şeyhomerli köyü, küme 3 evleri mevki no:7, Ulukışla/NİĞDE, ²:Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Selçuklu/Kampüs/KONYA

¹<https://orcid.org/0000-0002-8414-134X>, ²<https://orcid.org/0000-0003-3243-4949>

✉: uzulkad@selcuk.edu.tr

ÖZET

Bu araştırma, süt sığırlarının erken laktasyon döneminde süt bileşimlerindeki değişimler ve süt bileşimlerini etkileyen faktörlerin araştırılması amacıyla yapılmıştır. Laktasyonun yirminci, kırkinci ve altmışıncı günlerinde üç dönem süt numunesi alınmış ve süt bileşimleri ve elektrik iletkenliği belirlenmiştir. Araştırmada elektrik iletkenliğinin yanında süt bileşimlerinden, laktoz, pH, protein, somatik hücre sayısı, kuru madde, yağsız kuru madde ve yağ değerleri incelenmiştir. Bu değerler sırasıyla 5.534 ± 0.0200 mS cm^{-1} , 4.985 ± 0.0300 , 6.601 ± 0.0100 , 2.957 ± 0.0200 , 297.273 ± 56.8400 adet ml^{-1} , 11.585 ± 0.0200 , 8.501 ± 0.0300 ve 3.033 ± 0.0200 olarak tespit edilmiştir. Sütün bileşimine etkisi incelenen faktörlerden doğum ayının etkisi elektrik iletkenliği, pH ve somatik hücre sayısı değerlerine önemli seviyede, laktoz değerine ise çok önemli seviyede etkili olmuştur. Laktasyon sırası ve kontrol gününün etkisi hiçbir özelliğe önemli bulunmamıştır. Bu çalışmanın, laktasyonun daha ileriki dönemlerini kapsayacak şekilde yapılmasının farklılıkların ortaya konması açısından önemli olacağı düşünülmektedir.

Zootečni

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 10.05.2023

Kabul Tarihi : 21.09.2023

Anahtar Kelimeler

Süt bileşimleri

Erken laktasyon

Süt proteini

Elektrik iletkenliği

Siyah Alaca

Determination of Milk Components and Effective Factors in Early Lactation Period in Holstein Cattle

ABSTRACT

This research was carried out to investigate the changes in milk components and the factors affecting milk components in dairy cattle in the early lactation period. Three periods of milk samples were taken on the twentieth, forty-eighth, and sixty-eighth days of lactation, and milk components and electrical conductivity were determined. In the study, besides electrical conductivity, milk components, lactose, pH, protein, somatic cell count, dry matter, non-fat dry matter, and fat values were investigated. These values were determined as 5.534 ± 0.0200 mS cm^{-1} , 4.985 ± 0.0300 , 6.601 ± 0.0100 , $2.957 \pm 0.0200\%$, 297.273 ± 56.8400 units ml^{-1} , 11.585 ± 0.0200 , 8.501 ± 0.0300 and $3.033 \pm 0.02\%$, respectively. Among the factors whose effects on milk composition were examined, the effect of the month of birth had a significant effect on the electrical conductivity, pH, and somatic cell count values, and very significantly on the lactose value. The effect of parity and control days was not significant for any feature. It is thought that conducting this study in a way to cover the later periods of lactation will be important in terms of revealing the differences.

Animal Science

Research Article

Article History

Received :

Accepted :

Keywords

Milk components

Early lactation

Protein

Electrical conductivity

Holstein-Friesian

Atf İçin Tatlısu, B., Zülkadir, U (2024). Siyah Alaca Sığırlarda Erken Laktasyon Dönemindeki Süt Bileşimlerinin Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(3), 735-747. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi. 1295107.

To Cite: Tatlısu, B., Zülkadir, U (2024). Determination of Milk Components in Early Lactation Period in Holstein Cattle. *KSU J. Agric Nat* 27(3), 735-747. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi. 1295107.

GİRİŞ

Çiftlik hayvanlarında süt verimini ve süt bileşimlerini

etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Süt veriminin genetik yapı ve çevre faktörleri tarafından etkilenmesi süt bileşimlerinin de aynı şekilde bu

faktörler tarafından etkilenmesini sağlamaktadır. Bu özelliklere etkili faktörler arasında genotip (ırk), besleme düzeyi, doğum mevsimi, doğum yılı, laktasyon dönemi gibi faktörler sayılabilir. Laktasyonun farklı dönemlerinde süt verimi ve bileşiminde de farklılıklar olabilmektedir. Bu dönemler pike verim dönemine ulaşmadan önce, pik verim dönemi ve pikten sonraki verim dönemi olarak sıralanabilir. Sığır yetiştiriciliğinde süt üretiminde bazı faktörlerin mutlaka dikkate alınması gereklidir. Bunlar arasında protein, yağ oranları ön planda yer alır. Piyasaya sunulacak sütlerde belirli oranlarda yağ ve protein olması arzu edilir (Ayaşan ve ark., 2011; Uyarlar, 2019). Mesela, elektrik iletkenliği ve somatik hücre sayısının standartlar içerisinde olması süt kalitesi açısından çok önemlidir. Mastitisin belirlenmesinde en önemli gösterge olan somatik hücre sayısı ile iletkenlik, sıcaklık, yoğunluk ve pH özellikleri arasındaki önemli korelasyon katsayıları belirlenmiştir (Göncü ve Yeşil, 2020). Bunun yanında, Rekik ve ark. (2008) somatik hücre sayısı arttıkça süt yağ ve protein düzeylerinde bir azalmanın meydana geldiğini bildirmiştir. Aynı şekilde SHS arttıkça sütteki ham protein seviyesinde bir miktar azalmanın olduğu (Litwinczuk ve ark., 2011), laktoz seviyesinde ise belirgin bir azalmanın olduğu bildirilmiştir (Barlowska ve ark., 2009).

Kaygısız ve Şahin, (2023) süt sığırları sürülerinde düzenli aralıklarla süt üre nitrojen ölçümlerinin yapılmasının hem yem maliyetinin bilinmesi, hem de döl verimi ile ilgili getirdiği faydalar sayesinde çiftliklere ekonomik yararlar sağlayacağını bildirmişlerdir. Yetiştiricilerin süt verimine ve bileşimlerine etkili faktörleri bilmeleri kaliteli süt üretmeleri açısından önemlidir. Bu nedenle zaman zaman süt bileşimlerini kontrol etmeleri ve bir problem varsa, bunlara çözüm üretmeleri gereklidir.

İçme sütü bakımından tüketimi en fazla olan inek sütü, çoğu süt ürününün de hammaddesidir. Ayrıca temel besin kaynaklarından biri olmakla birlikte, yüksek protein ve yağ kaynağıdır. Sütün bileşiminin; ırklara göre farklılık göstermekle birlikte yaklaşık % 3.5'i protein, % 3-4'ü yağ ve % 5'i laktozdan oluşmaktadır (Anonymous, 2022).

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). 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 değerın <1.0 asidosis, >1.4 olması ketosis olduğunun bir göstergesidir.

Türk Gıda Kodeksi "Çiğ süt ve Isıl İşlem Görmüş

Sütler Tebliği (2000/6)"ne göre ısıl işlem görmüş içme sütü, 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 içermesi gerektiği bildirilmiştir (Anonim, 2005).

Mevcut çalışmada, Konya iline bağlı Sarayönü ilçesinde bulunan özel bir süt sığırcılık işletmesinde yetiştirilen Siyah-Alaca sığırların erken laktasyon döneminde süt bileşenlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda süt sığırlarından elde edilen süt örneklerinde süt bileşimlerine etkili bazı faktörler belirlenmiş ve bu faktörlerin etkileri incelenmiştir.

MATERYAL ve METOD

Bu çalışma Konya İline bağlı Sarayönü ilçesinde bulunan özel bir işletmede gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler bu özel işletmede yetiştirilen Siyah Alaca sağmal ineklerden elde edilmiştir. İşletmede mevcut 750 sığır içerisinde 330 baş sağmal inek bulunmakta olup, erken laktasyon döneminde bulunan inekler değerlendirmeye alınmıştır. İşletmede hayvanlara kaba yem olarak kuru yonca ve mısır silajı, %21 HP içerikli kesif yem karması ve mısır flake verilmektedir.

Çalışma yapılan işletmeye Sarayönü Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği elemanları ile birlikte gidilmiş, belirlenen tarihlerde laktasyonlarının 20., 40. ve 60. günlerinde olan Siyah Alaca ırkı 151 baş sağmal inekten, numune alma aparatları kullanılarak süt numuneleri alınmıştır (Resim 1). Süt örnekleri soğuk zincire alınarak aynı gün içerisinde laboratuvara getirilmiştir. Sığırlardan alınan süt örneklerinin analizi FOSS (MilkoScan™ 7 RM) süt analiz cihazı ile yapılmıştır (Resim 2).

Ultrasonic milk analiser olarak isimlendirilen bu cihazda, süt numunelerinde kuru madde, protein, laktoz, yağ, kül, yoğunluk, donma noktası, pH ve elektrik iletkenliği ölçümleri yapılmaktadır. Cihaz ile analiz esnasında herhangi bir kimyasal kullanılmamaktadır.

Çalışmada incelenen işletmede toplam 151 veriden elde edilen analizler değerlendirilmiştir. Süt örnekleri 2 kez analiz edilmiş ve ortalamaları alınmıştır ve bu ortalamalar analizde kullanılmıştır. Hayvanlarla ilgili veriler işletmede kullanılmakta olan sürü yönetim programlarından alınmıştır.

İstatistik modele katılacak faktörler belirlenirken;

Kontrol dönemi: 1=Doğumdan sonraki 20. gün, 2= 40. gün, 3= 60. gün olarak kodlanmıştır. Hayvanlar pik döneme 1.5-2 ay içerisinde ulaştıkları için bu periyot iki ay kabul edilmiş ve üç eşit zaman dilimine ayrılmıştır. Laktasyon sırası: 1= 1. Laktasyon, 2=2. Laktasyon, 3=3. laktasyon olarak kodlama yapılmıştır. Birinci laktasyondan elde edilen veri sayısı 59, ikinci laktasyonda 62 ve üçüncü

laktasyonda 30 veri elde edilmiş ve analize tabi tutulmuştur. Doğum ayları ise Mart=3., Nisan=4.,



Şekil 1. Süt alma aparatı
Figure 1. Milk sampling apparatus

Elektrik iletkenliğine ve süt bileşimine etkisi incelenen faktörlerin belirlenmesinde aşağıdaki istatistik model (1) kullanılmıştır; Her özellik için kullanılan istatistik modellerde, etkili faktörlerin eklenmesi ya da çıkarılmasıyla modeller oluşturulmuştur.

$$Y_{ijkl} = \mu + a_i + b_j + c_k + bX_{ijk} + e_{ijkl} \quad (1)$$

şeklinde dir. Modelde;

Y_{ijkl} = i. kontrol döneminde, j. laktasyon sırasında, k. doğum ayındaki hayvanın elektrik iletkenliği ya da süt bileşimi

μ = beklenen ortalamayı

a_i = i. kontrol dönemi etki miktarını (i=1, 2, 3.)

b_j = j. laktasyon sırasının etki miktarını (j=1, 2, 3.)

c_k = k. doğum ayının etki miktarını (k=3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)

bX_{ijk} = incelenen özelliğe etkili faktörlerin kısmi regresyon katsayısını

e_{ijkl} = hata etki miktarını göstermektedir.

İncelenen verim özelliklerine, yukarıdaki istatistik modele göre, en küçük kareler varyans analizi uygulanmıştır. Analizlerde Harvey (1987), tarafından yazılan LSMLMW (Least-Squares and Maximum Likelihood General Purpose) programı kullanılmıştır. Analiz bulguları faktörlerin alt gruplarına ait en küçük kareler ortalaması (EKKO) ve genel ortalamadan fark olarak hesaplanan “etki miktarı (EM)” değerleri standart hataları ile birlikte sunulmuştur.

Etkisi incelenen faktörlerden önemli olarak tespiti yapılan faktörlerin alt gruplarının karşılaştırılmasında Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanarak istatistik yönüyle önem kontrolü yapılmış ve harfle işaretlenerek gösterilmiştir

Mayıs=5., Haziran=6., Temmuz=7., Ağustos=8. ve Eylül=9. ay olarak kodlanmıştır.



Şekil 2. Lactoscan MMC-30
Figure 2. Lactoscan MMC-30

(Duncan, 1955).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Süt bileşimlerine etkisi incelenen faktörlere ait EKKO, EM ve SH değerleri aşağıda sırasıyla özetlenmiştir.

Elektrik iletkenliği (Eİ)

Günümüzde özellikle süt sığırcılığında bilgisayarlı sağım sistemlerinde genellikle süttaki elektrik iletkenliğine ilgi artmıştır. Süt ve süt ürünlerinin yağ, su ve protein içeriklerinin belirlenmesi ile mastitisli sütlerin tespit edilmesinde uzun bir süredir elektrik iletkenliğinden yararlanılmaktadır (Milci ve Yaygın, 2004). Normal bileşimli inek sütünün elektrik iletkenliği 25 C'de 4.0-5.5 mS cm⁻¹ (miliSiemens/santimetre) değerleri arasında yer almaktadır (Boztepe ve ark. 2015; Milci ve Yaygın, 2004).

Araştırma yapılan işletmede elektrik iletkenliğine ait 151 veriden elde edilen EKKO 5.534± 0.0200 mS cm⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre elektrik iletkenlik değerine doğum ayının etkisi önemli (P=0.040), protein, yağ ve kuru madde değerleriyle olan linear (doğrusal) regresyonları çok önemli (P<0.001) bulunmuştur.

Elektrik iletkenliğine etkisi incelenen faktörlere ait en küçük kareler ortalamaları (EKKO), etki miktarları (EM) ve standart hata (SH) değerleri Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelgede görüldüğü gibi elektrik iletkenliğine etkisi incelenen faktörlerden doğum ayı faktörünün etkisi önemli (P=0.040) bulunmuştur. En yüksek elektrik iletkenlik değeri sekizinci ayda (5.880) bulunurken, bunu dokuz (5.587) ve altıncı aylar (5.511) takip etmiştir. En düşük elektrik iletkenlik değeri ise

dördüncü ayda (5.432) gerçekleşmiştir. EM değerleri incelendiğinde, ortalamadan en yüksek sapma sekizinci ayda gerçekleşirken (0.345), en düşük sapma altıncı ayda (-0.023) tespit edilmiştir. Elektrik iletkenlik değerine protein, yağ, KM ve pH olmak üzere dört etkenin regresyon etkileri incelenmiş olup bunlardan protein, yağ ve KM'nin regresyon etkileri

çok önemli ($P<0.001$) bulunmuştur. pH özelliğinin regresyon etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Elektrik iletkenliğini en fazla protein değerindeki birim artış yükseltmiştir (1.650). KM değerindeki birim artış ise elektrik iletkenliğini en fazla azaltan özellik olmuştur (-1.567).

Çizelge 1. Elektrik İletkenliğine etkisi incelenen faktörlere ait EKKO (\bar{x}), SH ($S\bar{x}$) ve EM (\bar{x}_e) 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	EKKO(LSM)		EM(CE)	Sh(Se)	Önemlilik (Probability)
		mS cm ⁻¹	Sh(Se)			
Kontrol günü (Control day)						
1(20.gün)	50	5.556	0.0400	0.021	0.0300	P=0.549
2(40.gün)	50	5.548	0.0400	0.014	0.0300	
3(60.gün)	51	5.499	0.0400	-0.035	0.0300	
Laktasyon sırası (Parity)						
1	59	5.482	0.0500	-0.052	0.0400	P=0.397
2	62	5.556	0.0400	0.021	0.0300	
3	30	5.565	0.0600	0.030	0.0500	
Doğum ayı (Birth month)						
3	23	5.439 ^c	0.0500	-0.095	0.0500	P=0.039
4	33	5.432 ^c	0.0500	-0.102	0.0600	
5	14	5.441 ^{bc}	0.0700	-0.093	0.0700	
6	48	5.511 ^{bc}	0.0400	-0.023	0.0500	
7	18	5.450 ^{bc}	0.0600	-0.084	0.0600	
8	9	5.880 ^a	0.1100	0.345	0.1000	
9	6	5.587 ^b	0.1200	0.052	0.1100	
Protein(Proteine) B Linear		151		1.650	0.1500	P<0.001
Yağ(Fat) B Linear		151		1.498	0.1100	P<0.001
KM(DM) B Linear		151		-1.567	0.1100	P<0.001
pH(pH) B Linear		151		-0.026	0.1400	P=0.857

a, b, c: Bir faktörün alt guruplarında farklı harfle işaretli ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır ($P<0.05$).

Mevcut çalışmada tespit edilen 5.534 ± 0.0200 'lik elektrik iletkenlik değeri Coşkun ve Zülkadir (2018) tarafından tespit edilmiş olan 4.23 ± 0.180 'lik değerden yüksek, Kıyıcı ve ark. (2016) tarafından tespit edilmiş olan 5.59 ± 0.260 'lik değere benzer, 6.84 ± 0.230 'lük değerden ve Timurkan (2014)'ın bildirmiş olduğu 5.81 ± 0.060 'lik değerden ise düşük bulunmuştur.

Normal bileşimli inek sütünün elektrik iletkenliği 25 C'de 4.0-5.5 mS cm⁻¹ (miliSiemens/santimetre) değerleri arasında yer almaktadır (Metin, 1998). Çalışmada elde edilmiş olan 5.534 ± 0.0200 'lik elektrik iletkenlik değeri yukarıda bildirilen 4-5.5 mS cm⁻¹ değerlerinin üst sınırına yakın bulunmuştur. Elde edilen 5.534 değeri 4-5.5 mS cm⁻¹ değerleri içerisinde olmasına rağmen, üst sınıra yakın olması nedeniyle işletmelerin mastitis konusunda dikkatli olması gerektiği konusunda fikir vermektedir. Özellikle üst sınırına yakın olması gizli mastitis konusuna daha da özen gösterilmesi gerektiğini bildirmekte, bu nedenle hayvanlardan süt numuneleri alınarak, Kaliforniya mastitis testi

yapılması gizli mastitisin erken tanısı açısından önem arz etmektedir.

Laktoz

Araştırma yapılan işletmede laktoza ait 151 veriden elde edilen EKKO % 4.985 ± 0.0300 olarak tespit edilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre doğum ayının laktoz değerine etkisi çok önemli ($P=0.001$), yağ, protein, kuru madde ve elektrik iletkenliği bağımsız değişkenlerinin doğrusal regresyon etkileri çok önemli ($P<0.001$) bulunurken, kontrol dönemive laktasyon sırasının etkileri önemsiz çıkmıştır.

Laktoza etkisi incelenen faktörlere ait en küçük kareler ortalamaları (EKKO), etki miktarları (EM) ve standart hata (SH) değerleri Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 2'de görüldüğü gibi laktoza etkisi incelenen faktörlerden doğum ayı faktörünün etkisi önemli ($P<0.001$) bulunmuştur. En yüksek laktoz değeri dördüncü ayda (%5.045) bulunurken, bunu dokuz (%5.040), üç (%5.017) ve yedinci aylar (%5.007) takip

etmiştir. En düşük laktoz değeri altıncı ayda (%4.897) belirlenmiştir. EM değerlerinin incelenmesinde, ortalamadan en yüksek sapma altıncı ayda (-0.087) gerçekleşirken, en düşük sapma yedinci ayda (0.022) tespit edilmiştir. Laktoz değerine yağ, protein, KM, SHS, doğurma yaşı ve elektrik iletkenliği olmak üzere altı etkenin regresyon etkileri incelenmiş olup bunlardan yağ protein, KM ve elektrik iletkenlik değerlerinin regresyon etkileri çok önemli ($P < 0.001$)

bulunmuştur. SHS ve doğurma yaşı etkenlerinin regresyon etkileri ise önemsiz olmuştur. Laktoz değerini en yüksek miktarda değiştiren özellik protein değerindeki birim artış olmuş (-0.810), bunu yağ değerindeki değişim takip etmiştir (-0.703). Bu değişimler azalma yönünde olmuş, pozitif yönde meydana gelen değişim KM değerindeki birim artışta tespit edilmiştir (0.699).

Çizelge 2. Laktoza etkisi incelenen faktörlere ait EKKO (\bar{x}), SH (S_x) ve EM (\bar{x}_e) değerleri
Table 2. The least square mean (LSM), constant estimation (CE) and standart error (SE) values of affecting factors of lactose

Faktörler (Factors)	N	EKKO(LSM) (%)	Sh(Se)	EM(CE)	Sh(Se)	Önemlilik (Probability)	
<i>Kontrol günü</i> (Control day)	1(20.gün)	50	4.960	0.0300	-0.025	0.0100	P=0.211
	2(40.gün)	50	5.010	0.0300	0.025	0.0100	
	3(60.gün)	51	4.985	0.0300	0.000	0.0100	
<i>Laktasyon Sırası</i> (Parity)	1	59	4.987	0.0800	0.002	0.1100	P=0.351
	2	62	5.013	0.0200	0.028	0.0200	
	3	30	4.955	0.1500	-0.030	0.1200	
<i>Doğum ayı</i> (Birth month)	3	23	5.017 ^{ab}	0.0300	0.031	0.0300	P<0.001
	4	33	5.045 ^a	0.0300	0.060	0.0300	
	5	14	4.929 ^{bc}	0.0400	-0.055	0.0300	
	6	48	4.897 ^c	0.0200	-0.087	0.0200	
	7	18	5.007 ^{abc}	0.0500	0.022	0.0300	
	8	9	4.959 ^{abc}	0.0800	-0.025	0.0600	
	9	6	5.040 ^A	0.0600	0.054	0.0500	
<i>Yağ(Fat) B Linear</i>		151			-0.703	0.0800	P<0.001
<i>Protein(Protein) B Linear</i>		151			-0.810	0.1000	P<0.001
<i>KM(DM) B Linear</i>		151			0.699	0.0800	P<0.001
<i>SHS(SCC) B Linear</i>		151			-0.001	0.0000	P=0.384
<i>Doğurma yaşı</i> (Calving age) B Linear		151			-0.003	0.0100	P=0.679
<i>Elektrik iletkenliği</i> (Electrical conductivity) B Linear		151			-0.142	0.0400	P<0.001

a, b, c: Bir faktörün alt guruplarında farklı harfle işaretli ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır ($P < 0.01$).

Mevcut çalışmada bulunan 4.985 ± 0.03 'lük laktoz değeri Wangdi ve ark. (2014)'ün bildirmiş oldukları 5.48 ± 0.000 'lük değerinden düşük, Şahin ve Kaşıkçı (2014)'nın bildirmiş oldukları 4.1 ± 0.05 'lük değerden yüksek, 4.7 ± 0.07 'lük değere ise yakın bulunmuştur. Çalışmada elde edilmiş olan 4.985 ± 0.0300 'lük laktoz değeri Fox ve ark. (1998)'in bildirmiş oldukları 4.8 'lik ortalama süt laktoz değerine benzer bulunmuştur. Schroeder (2012), bazı ırklarda süt laktoz değerlerini Jersey, Siyah alaca, Montofon, Ayrshire ve Guernsey sığırları için sırasıyla 4.7 , 4.7 , 4.8 , 4.6 ve 4.8 olarak bildirmiştir. Bu değerlere bakıldığında çalışmadaki sürülerde laktoz değeri bu değerlerden yüksek bulunmuştur. Yani sürüde laktoz bakımından herhangi bir sıkıntı bulunmamaktadır. Yine de herhangi bir olumsuzluk yaşanmaması için hayvanların beslenmelerine özen gösterilmesi önerilebilir. Laktoz bakımından aylar arasında gözlenen farklılıkların daha aza indirilmesi için de bu

önerilebilir.

pH

Araştırma yapılan işletmede pH değerine ait 151 veriden elde edilen EKKO 6.601 ± 0.0100 olarak tespit edilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre doğum ayının etkisi önemli ($P=0.048$) bulunmuş, kontrol dönemi ve laktasyon sırasının etkisi ise önemsiz bulunmuştur.

pH'a etkisi incelenen faktörlere ait en küçük kareler ortalamaları (EKKO), etki miktarları (EM) ve standart hata (SH) değerleri çizelge 3'de sunulmuştur.

Çizelgede görüldüğü gibi pH'ya etkisi incelenen faktörlerden doğum ayının etkisi önemli ($P=0.048$) bulunurken, kontrol dönemi ve laktasyon sırasının etkisi önemsiz çıkmıştır. En yüksek pH değeri sekizinci (6.643) ayda gerçekleşmiş olup bunu beşinci

(6.641) ve dokuzuncu aylar (6.640) takip etmiştir. En düşük pH değeri ise yedinci ayda (6.490) gerçekleşmiştir. EM değerleri incelendiğinde ortalamadan en büyük sapma yedinci ayda (-0.110), en düşük sapma ise altıncı ayda (0.017) gerçekleşmiştir. pH değerine protein, yağ, KM ve elektrik iletkenliği olmak üzere dört etkenin regresyon etkileri incelenmiş olup bunlardan yağ, protein ve KM değerlerinin regresyon etkileri çok önemli ($P<0.001$) bulunmuştur. Protein ve yağ

değerlerindeki birim artışlar pH değerini pozitif yönde değiştirmiş olup, KM ve elektrik iletkenlik değerlerindeki birim artışlar pH değerini negatif yönde değiştirmiştir.

Mevcut çalışmada elde edilen 6.601 ± 0.0100 'lık pH değeri Kıyıcı ve ark. (2016)'nın bildirmiş oldukları 6.96 ve 7.02'lik değerlerden düşük bulunmuştur. Yine Tuncer ve ark. (2017)'nin belirlemiş oldukları 6.45'lik değerden yüksek bulunmuştur.

Çizelge 3. pH'a etkisi incelenen faktörlere ait EKKO (\bar{x}), SH (S_x) ve EM (\bar{x}_e) değerleri

Table 3. The least square mean (LSM), constant estimation (CE) and standart error (SE) values of affecting factors of pH

Faktörler (Factors)	N	EKKO(LSM)	Sh(Se)	EM(CE)	Sh(Se)	Önemlilik (Probability)
Kontrol günü (Control day)						
1(20.gün)	50	6.608	0.0200	0.007	0.0100	
2(40.gün)	50	6.581	0.0200	-0.020	0.0100	P=0.534
3(60.gün)	51	6.614	0.0200	0.012	0.0100	
Laktasyon Sırası (Parity)						
1	59	6.627	0.0300	0.025	0.0200	
2	62	6.586	0.0200	-0.014	0.0200	P=0.542
3	30	6.590	0.0300	-0.011	0.0300	
Doğum ayı (Birth month)						
3	23	6.548 ^{bc}	0.0300	-0.052	0.0300	
4	33	6.625 ^{ab}	0.0300	0.023	0.0300	
5	14	6.641 ^a	0.0400	0.040	0.0400	
6	48	6.619 ^{ab}	0.0200	0.017	0.0200	P=0.047
7	18	6.490 ^c	0.0300	-0.110	0.0300	
8	9	6.643 ^a	0.0600	0.042	0.0600	
9	6	6.640 ^a	0.0700	0.039	0.0600	
Protein(Protein) B Linear	151			0.497	0.1100	P<0.001
Yağ(Fat) B Linear	151			0.425	0.0900	P<0.001
KM(DM) B Linear	151			-0.432	0.0900	P<0.001
Elektrik iletkenliği (Electrical conductivity) B Linear	151			-0.008	0.0400	P=0.857

a, b, c: Bir faktörün alt guruplarında farklı harfle işaretli ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır ($P<0.05$).

Protein

Araştırma yapılan işletmede protein değerine ait 151 veriden elde edilen EKKO 6.601 ± 0.0200 olarak tespit edilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre kontrol günü, laktasyon sırası ve doğum ayının etkisi önemsiz bulunmuştur. Protein değerine yağ, laktoz, KM, SHS, doğurma yaşı ve elektrik iletkenliği olmak üzere altı etkenin regresyon etkileri incelenmiş olup; bu bağımsız değişkenlerin doğrusal regresyon etkilerinden yağ, laktoz, KM ve elektrik iletkenlik değerlerinin etkileri çok önemli ($P<0.001$), somatik hücre sayısının doğrusal regresyon etkisi ise önemli bulunmuştur ($P=0.043$). Doğurma yaşı ile olan doğrusal regresyonu ise önemsiz çıkmıştır. Protein değerini KM, SHS, doğurma yaşı ve elektrik iletkenlik değerlerindeki birim artışlar pozitif yönde değiştirirken, yağ ve laktoz değerlerindeki birim

artışlar negatif yönde değiştirmiştir. Artışın en büyük olduğu değişken protein olurken (0.497), azalışın en yüksek olduğu değişken ise KM olmuştur (-0.432).

Proteine etkisi incelenen faktörlere ait en küçük kareler ortalamaları (EKKO), etki miktarları (EM) ve standart hata (SH) değerleri Çizelge 4'de sunulmuştur.

Çizelgede görüldüğü gibi proteine etkisi incelenen faktörlerden hiçbirinin etkisi önemli olmamıştır. Buradan sütteki protein değeri bu işletmede kontrol günü, laktasyon sırası ve doğum ayına göre farklılık göstermemiştir. Aslında bu çokta beklenen bir durum değildir, veri sayısının az olması buna neden olmuş olabilir. Daha büyük örneklerde çalışılması durumunda en azından kontrol gününe göre bir farklılığın ortaya çıkması beklenebilir.

Çizelge 4. Proteine etkisi incelenen faktörlere ait EKKO (\bar{x}), SH (S_x) ve EM (\bar{x}_e) değerleri
 Table 4. The least square mean (LSM), constant estimation (CE) and standart error (SE) values of affecting factors of protein

Faktörler (Factors)	N	EKKO(LSM) (%)	Sh(Se)	EM(CE)	Sh(Se)	Önemlilik (Probability)
<i>Kontrol günü</i> (Control day)			0.0200			
1(20.gün)	50	2.937		-0.019	0.0100	
2(40.gün)	50	2.964	0.0200	0.008	0.0100	P=0.257
3(60.gün)	51	2.968	0.0200	0.011	0.0100	
<i>Laktasyon Sırası</i> (Parity)						
1	59	2.989	0.0500	0.032	0.0700	
2	62	2.941	0.0200	-0.016	0.0100	P=0.322
3	30	2.940	0.1000	-0.016	0.0800	
<i>Doğum ayı</i> (Birth month)						
3	23	2.960	0.0200	0.004	0.0200	
4	33	3.007	0.0200	0.050	0.0200	
5	14	2.974	0.0300	0.017	0.0200	
6	48	2.935	0.0200	-0.021	0.0100	P=0.117
7	18	2.973	0.0300	0.016	0.0200	
8	9	2.906	0.0500	-0.050	0.0400	
9	6	2.941	0.0400	-0.015	0.0300	
<i>Yağ(Fat) B Linear</i>	151			-0.756	0.0200	P<0.001
<i>Laktoz(Lactose) B Linear</i>	151			-0.379	0.0400	P<0.001
<i>KM(DM) B Linear</i>	151			0.763	0.0200	P<0.001
<i>SHS(SCC) B Linear</i>	151			0.001	0.0000	P=0.043
<i>Doğurma yaşı</i> (Calving age) B Linear	151			0.002	0.0100	P=0.702
<i>Elektrik iletkenliği</i> (Electrical conductivity) B Linear	151			0.138	0.0200	P<0.001

Mevcut çalışmada bulunan 2.957 ± 0.0200 'lik protein değeri Şahin ve Kaşıkçı (2014)'nin bildirmiş oldukları 3.0 ± 0.06 'lık ve 3.0 ± 0.14 'lük değerlere benzer, Wangdi ve ark. (2014)'ün bildirmiş olduğu 3.27 ± 0.010 'lik değerden ise düşük bulunmuştur. Yine Fox ve ark. (1998)'in bildirmiş oldukları 3.4 'lük ortalama süt protein değerinden daha düşük bulunmuştur. Bu da işletmelerde beslenmeyle ilgili problemlerin olabileceğini düşündürmektedir. Çünkü süt yağ ve protein değerleri beslenmeyle yakından ilgilidir. Bazı ırklarda bu değerler daha yüksek ya da daha düşük olabilmektedir. Mesela Jersey ırkında sütte bu değerler diğer ırklara göre daha yüksek olabilmektedir. Ancak genel anlamda ırk ortalamaları çok sapma gösteriyorsa bunu beslemeye ya da hastalıklara atfetmek ilk akla gelen durumlardır. Bu nedenle işletmelerin hayvanların beslenmesine ve rasyon muhtevasına biraz daha önem göstermeleri gerektiği söylenebilir.

Somatik hücre sayısı (SHS)

Araştırma yapılan işletmede SHS'na ait 151 veriden elde edilen EKKO 297.273 ± 56.8400 hücre ml^{-1} olarak tespit edilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre Doğum ayının etkisi önemli ($P=0.020$) bulunurken, kontrol dönemi ve laktasyon sırasının etkisi önemsiz olmuştur. Yine elektrik iletkenliğinin doğrusal regresyon etkisi çok önemli ($P<0.001$) bulunmuştur.

SHS'na etkisi incelenen faktörlere ait en küçük kareler ortalamaları (EKKO), etki miktarları (EM) ve standart hata (SH) değerleri çizelge 5'de sunulmuştur.

Çizelge 5'de görüldüğü gibi somatik hücre sayısına etkisi incelenen faktörlerden doğum ayının etkisi önemli ($P=0.020$) bulunmuştur. En yüksek Somatik Hücre Sayısı değeri dokuzuncu ayda (691.082) gerçekleşmiş, bunu üçüncü ay (523.14) takip etmiştir.

Çizelge 5. SHS'na etkisi incelenen faktörlere ait EKKO (\bar{x}), SH (Sx) ve EM (\bar{x}_e) değerleri
Table 5. The least square mean (LSM), constant estimation (CE) and standart error (SE) values of affecting factors of SCC

Faktörler (factors)	N	EKKO (LSM) (adet ml ⁻¹)			EM(CE) Sh(Se)		Önemlilik (Probability)
		Sh(Se)	EM(CE)	Sh(Se)	EM(CE)	Sh(Se)	
Kontrol günü (Control day)	1(20.gün)	50	396.82	83.880	99.552	63.3200	P=0.289
	2(40.gün)	50	256.94	85.700	-40.325	62.8300	
	3(60.gün)	51	238.04	84.650	-59.227	62.4400	
Laktasyon Sırası (Parity)	1	59	265.44	106.790	-31.825	85.1200	P=0.890
	2	62	319.39	93.210	22.120	72.2500	
	3	30	306.97	120.550	9.705	111.6600	
Doğum ayı (Birth month)	3	23	523.14 ^{ab}	115.300	225.876	116.1000	P=0.020
	4	33	213.95 ^{bc}	117.680	-83.319	126.4300	
	5	14	67.16 ^c	154.900	-230.112	148.1900	
	6	48	33.57 ^c	90.780	-263.695	100.1300	
	7	18	369.01 ^{abc}	133.250	71.735	126.7000	
	8	9	182.98 ^c	231.260	-114.293	208.0600	
Elektrik iletkenliği (Electrical conductivity) B Linear	151				339.122	95.4000	P<0.001

a, b, c: Bir faktörün alt guruplarında farklı harfle işaretli ortalamalar istatistiksel olarak farklıdır (P<0.05).

EM değerleri incelendiğinde ortalamadan en büyük sapma dokuzuncu ayda (393.809), en düşük sapma ise yedinci ayda (71.735) gerçekleşmiştir. Eylül ayı havaların soğumaya başladığı dönemdir. Mevsimin değişmeye başladığı bu dönemde hayvanların dirençlerine bağlı olarak işletmedeki hijyen kurallarına dikkat etmemek de mastitise duyarlılığı artırabilmektedir. Mart ayı da kışın sonu olup yine bu dönemde de mevsim geçişleri olmaktadır. Genel olarak somatik hücre sayısı yüksek olmamakla birlikte bu iki ayda normal seviyelerin üzerinde seyrettiği görülmektedir. Normal bir sığır sütünde somatik hücre sayısı değeri genelde 200.000 hücre ml⁻¹'nin altında olmalıdır (Anonim, 2005; Caraviello, 2004). İki yüz bin hücre ml⁻¹ seviyesi normal kabul edildiğinde elde edilen değerin bu seviyenin üzerinde seyretmesi bu özellik bakımından işletmenin daha dikkatli davranması gerektiğini göstermektedir. Hijyen kurallarına dikkat edilmesi, yemlemenin dikkatli yapılması, hayvanlarda sağlık koruma önlemlerine daha çok özen gösterilmesi gerektiğini göstermektedir. Somatik hücre sayısına elektrik iletkenlik değerinin doğrusal regresyon etkisi çok önemli (P<0.001) bulunmuştur. Elektrik iletkenliğindeki birim artışa karşılık SHS artış göstermiştir (339.122). Elektrik iletkenliği somatik hücre sayısının iyi bir göstergesidir. Bu nedenle işletmelerin elektrik iletkenlik değerinden

yararlanarak mastitis, özellikle subklinik mastitis hakkında fikir sahibi olup gerekli önlemleri zamanında almalarını sağlayabilir.

Mevcut çalışmada bulunan 297.273 ± 56.8400 adet ml⁻¹'lik somatik hücre sayısı değeri Şahin ve Kaşıkçı (2014)'ün bildirmiş oldukları 10.444 ± 0.0730 hücre ml⁻¹ ve 10.820 ± 0.0880 hücre ml⁻¹'lik değerlerden yüksek, Coşkun ve Zülkadir (2018)'in bildirmiş oldukları 348.153 ± 52.3400'lik değerden düşük bulunmuştur.

Kuru madde (KM)

Araştırma yapılan işletmede Kuru Madde (KM) değerine ait 151 veriden elde edilen EKKO %11.585 ± 0.0200 olarak tespit edilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre kontrol dönemi, laktasyon sırası ve doğum ayı sonuçlarının KM değerine etkisi önemsiz bulunurken önemli etkiye sahip faktör olmadığı gözlenmiştir.

KM'ye etkisi incelenen faktörlere ait en küçük kareler ortalamaları (EKKO), etki miktarları (EM) ve standart hata (SH) değerleri Çizelge 6'da sunulmuştur.

Çizelge 6'da görüldüğü gibi kuru maddeye etkisi incelenen faktörlerden önemli etkiye sahip faktör bulunmamıştır. KM değerine yağ, protein, laktoz, SHS, doğurma yaşı ve elektrik iletkenlik değeri

olmak üzere altı sürekli değişkenin doğrusal regresyon etkileri incelenmiş olup, bunlardan yağ, protein, laktoz ve elektrik iletkenlik değerlerinin etkileri çok önemli bulunmuştur ($P < 0.001$). Doğurma yaşı ve somatik hücre sayısının doğrusal regresyon etkileri ise önemsiz olmuştur. KM değeri yağ, protein ve laktoz değerlerindeki birim artışlar ile pozitif olarak değişim göstermiştir. Buna karşılık SHS, doğurma yaşı ve elektrik iletkenlik değerlerindeki birim artışlar ile negatif değişim göstermiştir. En büyük artış protein değerinde gözlenirken (1.130), en büyük azalış elektrik iletkenlik değerinde gözlenmiştir (-0.206). Süt ile ilgili genel kitabı

bilgilerde söylenen %13 KM değeri düşünülürken elde edilen 11.585 ± 0.0200 'lik değerin düşük olduğu görülmektedir. Elbette KM'yi etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Araştırmada etkisi incelenen üç faktör bulunmakta olup, istatistik modele daha farklı faktörler konulduğunda onların etkileri önemli çıkabilir. Ama bir özelliği etkileyen faktör sayısı çok fazla artırılmamalıdır. Çünkü düzeltmede ele alınan çevre faktörlerinin sayısı arttıkça, hem her çevre faktörüne ait etki payının güvenle saptanması ihtimali azalmakta, hem de düzeltmeden hatalı sonuçlara varılması ihtimali yükselmektedir (Gönül, 1974).

Çizelge 6. KM'ye etkisi incelenen faktörlere ait EKKO (\bar{x}), SH (S_x) ve EM (\bar{x}_e) değerleri

Table 6. The least square mean (LSM), constant estimation (CE) and standart error (SE) values of affecting factors of dry matter (DM)

Faktörler (Factors)	N	EKKO(LSM) (%)	Sh(Se)	EM(CE)	Sh(Se)	Önemlilik (Probability)
<i>Kontrol günü</i> (Control day)						
1(20.gün)	50	11.615	0.0200	0.030	0.0100	
2(40.gün)	50	11.572	0.0200	-0.012	0.0100	P=0.105
3(60.gün)	51	11.567	0.0200	-0.018	0.0100	
<i>Laktasyon Sırası</i> (Parity)						
1	59	11.510	0.0700	-0.074	0.0900	
2	62	11.587	0.0200	0.002	0.0100	P=0.609
3	30	11.656	0.1200	0.072	0.1000	
<i>Doğum ayı</i> (Birth month)						
3	23	11.565	0.0200	-0.020	0.0200	
4	33	11.533	0.0300	-0.051	0.0200	
5	14	11.573	0.0300	-0.011	0.0300	
6	48	11.606	0.0200	0.021	0.0200	P=0.287
7	18	11.571	0.0400	-0.013	0.0200	
8	9	11.653	0.0700	0.068	0.0500	
9	6	11.590	0.0500	0.005	0.0400	
<i>Yağ(Fat) B Linear</i>	151			0.987	0.0100	P<0.001
<i>Protein(protein) B Linear</i>	151			1.130	0.0300	P<0.001
<i>Laktoz(lactose) B Linear</i>	151			0.485	0.0500	P<0.001
<i>SHS(SCC) B Linear</i>	151			-0.001	0.0100	P=0.343
<i>Doğurma yaşı</i> (Calving age) B Linear	151			-0.004	0.0100	P=0.544
<i>Elektrik iletkenliği</i> (Electrical conductivity) B Linear	151			-0.206	0.0300	P<0.001

Mevcut çalışmada bulunan 11.585 ± 0.02 'lik KM değeri Sharma ve ark. (2002)'nin bildirmiş oldukları 13.310 ± 0.3590 'luk değerden, Fox ve ark. (1998)'in bildirmiş oldukları 12.7 'lik değerden düşük bulunmuştur.

KM değeri laktasyon dönemlerine göre farklılık gösterebildiği gibi, ırk farklılıkları da bunda etkili olabilmektedir. Hastalıklar, rasyon farklılıkları gibi faktörler de KM'nin değişmesine neden olabilmektedir. Bu nedenle hayvanlara verilen

rasyonların çok iyi ayarlanması gereklidir. Süt veriminin seviyesi de KM üzerinde etkili olabilmektedir. Tüm bunlar göz önüne alınarak sağlıklı ve kaliteli süt üretimi için gerekli önlemler alınmalıdır.

Göncü ve Özkütük (2002) yapmış oldukları bir çalışmada işletmeler arasında mevsim ve laktasyon dönemi etkilerini önemli bulmuşlar ve işletmelerin değişen mevsimlerde ineklerin ihtiyaçlarını dikkate almaksızın besleme yaptıklarını bildirmişlerdir.

Yağsız kuru madde (YKM)

Araştırma yapılan işletmede yağsız kuru madde (YKM) değerine ait 151 veriden elde edilen EKKO % 8.503 ± 0.0310 olarak tespit edilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre kontrol günü, laktasyon sırası ve doğum ayı sonuçlarının YKM değerine etkisi

önemsiz bulunmuştur.

YKM'ye etkisi incelenen faktörlere ait en küçük kareler ortalamaları (EKKO), etki miktarları (EM) ve standart hata (SH) değerleri Çizelge 7'de sunulmuştur.

Çizelge 7. YKM'ye etkisi incelenen faktörlere ait EKKO (\bar{x}), SH ($S_{\bar{x}}$) ve EM (\bar{x}_e) değerleri

Table 7. The least square mean (LSM), constant estimation (CE) and standart error (SE) values of affecting factors of non-fat dry matter (NFDm)

Faktörler (Factors)	N	EKKO(LSM)	Sh(Se)	EM(CE)	Sh(Se)	Önemlilik (Probability)
<i>Kontrol günü</i> (Control day)						
1(20.gün)	50	8.511	0.0300	0.007	0.0100	
2(40.gün)	50	8.490	0.0300	-0.013	0.0100	P=0.705
3(60.gün)	51	8.509	0.0300	0.005	0.0100	
<i>Laktasyon Sırası</i> (Parity)						
1	59	8.455	0.0800	-0.047	0.1100	
2	62	8.514	0.0300	0.011	0.0200	P=0.657
3	30	8.540	0.1500	0.036	0.1200	
<i>Doğum ayı</i> (Birth month)						
3	23	8.502	0.0300	-0.001	0.0300	
4	33	8.441	0.0300	-0.062	0.0300	
5	14	8.481	0.0400	-0.021	0.0300	P=0.317
6	48	8.528	0.0300	0.024	0.0200	
7	18	8.484	0.0500	-0.019	0.0300	
8	9	8.567	0.0800	0.063	0.0600	
9	6	8.520	0.0600	0.016	0.0500	
<i>Protein(Protein)</i>	151			1.141	0.0400	P<0.001
<i>Laktoz(lactose)</i>	151			0.557	0.0700	P<0.001
<i>SHS(SCC)</i>	151			-0.001	0.0000	P=0.083
<i>Buzağılama yaşı</i> (Calving age)	151			-0.004	0.0100	P=0.580
<i>Elektrik iletkenliği</i> (electrical conductivity)	151			-0.130	0.0300	P<0.001

Çizelge 7'de görüldüğü gibi YKM'ye etkisi incelenen faktörlerden hiçbirinin etkisi önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte YKM'ye protein, laktoz, SHS, buzağılama yaşı ve elektrik iletkenliği olmak üzere beş adet sürekli değişkenin doğrusal regresyon etkileri incelenmiş olup, bunlardan protein, laktoz ve elektrik iletkenlik değerlerinin doğrusal regresyon etkileri çok önemli bulunmuştur ($P<0.001$). SHS ve doğurma yaşı sürekli değişkenlerinin doğrusal regresyon etkileri ise önemsiz bulunmuştur. YKM değeri de KM değerine benzer şekilde protein ve laktoz değerlerindeki birim artışlardan pozitif olarak, SHS, buzağılama yaşı ve elektrik iletkenlik değerlerindeki birim artışlardan negatif olarak etkilenmiştir. En büyük artış protein değerinden (1.141), en büyük azalış ise elektrik iletkenlik değerinden tespit edilmiştir (-0.130). KM için tüm

yorumlar YKM için de geçerlidir, çünkü YKM KM'den yağın çıkarılmasıyla elde edilmektedir. Yani birbirleriyle sıkı ilişki içerisinde olduklarıdır.

Mevcut çalışmada bulunan % 8.503 ± 0.0310 'lik YKM değeri Sharma ve ark. (2002)'nin bildirmiş oldukları % 8.754 ± 0.0780 'lik değerden ve Wangdi ve ark. (2014)'ün bildirmiş oldukları % 8.68 ± 0.020 'lik değerden düşük, Şahin ve Kaşıkçı (2014)'ün bildirmiş olduğu % 7.9 ± 0.10 'luk değerden ve % 8.3 ± 0.21 'lik değerden yüksek bulunmuştur. Ayrıca Tuncer ve ark. (2017)'nin bildirmiş oldukları % 8.32 ± 0.008 'lik değerden de yüksektir.

Birleşik Krallık'ta yasal standart olarak %8.5 YKM değeri belirlenmiştir (Harding, 1995). Bu değer baz alındığında çalışmada elde edilmiş olan % 8.503 ± 0.0310 'lik YKM değeri bu standardı tam olarak tutturmuştur.

Yağ

Araştırma yapılan işletmede yağ değerine ait 151 veriden elde edilen EKKO 3.033 ± 0.0200 olarak tespit edilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre kontrol dönemi, laktasyon sırası ve doğum ayının yağ

değerine etkisi önemsiz bulunmuştur.

Yağ oranına etkisi incelenen faktörlere ait en küçük kareler ortalamaları (EKKO), etki miktarları (EM) ve standart hata (SH) değerleri Çizelge 8'de sunulmuştur.

Çizelge 8. Yağa etkisi incelenen faktörlere ait EKKO (\bar{x}), SH (S_x) ve EM (\bar{x}_e) değerleri

Table 8. The least square mean (LSM), constant estimation (CE) and standart error (SE) values of affecting factors of fat (F)

Faktörler	N	EKKO(LSM) (%)	Sh(Se)	EM(CE)	Sh(Se)	Önemlilik (Probability)
<i>Kontrol günü (Control day)</i>	1(20.gün)	50	3.008	0.0300	-0.024	0.0100
	2(40.gün)	50	3.044	0.0200	0.011	0.0100
	3(60.gün)	51	3.046	0.0200	0.013	0.0100
<i>Laktasyon Sırası (Parity)</i>	1	59	3.103	0.0700	0.070	0.0900
	2	62	3.029	0.0200	-0.003	0.0100
	3	30	2.966	0.1200	-0.066	0.1000
<i>Doğum ayı (Birth month)</i>	3	23	3.057	0.0200	0.024	0.0200
	4	33	3.083	0.0300	0.049	0.0200
	5	14	3.044	0.0300	0.011	0.0300
	6	48	3.008	0.0200	-0.024	0.0200
	7	18	3.042	0.0400	0.008	0.0200
	8	9	2.964	0.0700	-0.068	0.0500
	9	6	3.031	0.0500	-0.001	0.0400
<i>Protein(Protein) B Linear</i>	151				-1.130	0.0400
<i>Laktoz(Lactose) B Linear</i>	151				-0.491	0.0500
<i>KM(DM) B Linear</i>	151				0.995	0.0100
<i>SHS(SCC) B Linear</i>	151				0.001	0.0000
<i>Buzağılama yaşı (Calving age) B Linear</i>	151				0.004	0.0100
<i>Elektrik iletkenliği (Electrical conductivity) B Linear</i>	151				0.194	0.0300

Çizelge 8'de görüldüğü gibi yağ oranına etkisi incelenen faktörlerden hiçbirinin etkisi önemli olmamıştır. Yağ oranına ait elde edilmiş olan 3.033 ± 0.0200 'lük değer ırk için bildirilen $3.5-3.8$ 'lik değerden düşük bulunmuştur. Yağ değerine protein, laktoz, KM, SHS, buzağılama yaşı ve elektrik iletkenliği olmak üzere altı etkenin regresyon etkileri incelenmiş olup; bu değişkenlerin doğrusal regresyon etkilerinden protein, laktoz, KM ve elektrik iletkenlik değerlerinin etkileri çok önemli ($P < 0.001$), somatik hücre sayısı ve buzağılama yaşı değişkenleri ile olan doğrusal regresyon etkileri ise önemsiz bulunmuştur. Yağ değeri KM, SHS, doğurma yaşı ve elektrik iletkenlik değerlerinin birim değişimlerinden pozitif yönde, protein ve laktoz değerlerindeki birim değişimden negatif yönde etkilenmiştir.

Mevcut çalışmada bulunan 3.033 ± 0.0200 'lük yağ

değeri Şahin ve Kaşıkçı (2014)'ün bildirmiş oldukları 4.5 ± 0.61 'lik değerden ve Wangdi ve ark. (2014)'ün bildirmiş oldukları 5.02 ± 0.010 'lik değerden, Tuncer ve ark. (2017)'nin bildirmiş olduğu 3.62 ± 0.010 'lük değerden düşük bulunmuştur. Ayrıca Sharma ve ark. (2002)'nin bildirmiş oldukları 4.528 ± 0.0680 'lik değerden de düşük bulunmuştur. Yine, Fox ve ark. (1998)'in bildirmiş oldukları 3.7 'lik ortalama yağ değerinden düşük bulunmuştur. Protein değeri için yapılmış olan yorumlar yağ değeri için geçerlidir. Yani işletmelerde rasyon ve beslenme ile ilgili problemlerin olabileceğini düşündürmektedir. Bu nedenle işletmelerin hayvanların beslenmesi ve rasyon kaba yem oranına biraz daha önem göstermeleri gerektiği söylenebilir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırmada, laktasyonun yirminci, kırkıncı ve altmışıncı günlerinde üç dönem süt numunesi alınmış ve süt bileşimleri belirlenmiştir. Süt bileşimleri olarak elektrik iletkenliği, laktoz, pH, protein, somatik hücre sayısı, kuru madde, yağsız kuru madde ve yağ değerleri incelenmiştir. Bu değerler sırasıyla 5.534 ± 0.0200 mS cm⁻¹, % 4.985 ± 0.0300 , 6.601 ± 0.0100 , % 2.957 ± 0.0200 , 297.273 ± 56.8400 adet ml⁻¹, % 11.585 ± 0.0200 , % 8.501 ± 0.0300 ve % 3.033 ± 0.0200 olarak tespit edilmiştir. Sütün bileşimine etkisi incelenen faktörlerden doğum ayının etkisi elektrik iletkenliği, pH ve somatik hücre sayısı değerlerine önemli seviyede, laktoz değerine ise çok önemli seviye etkili olmuştur. Laktasyon sırası ve kontrol gününün etkisi hiçbir özelliğe önemli bulunmamıştır.

Çalışmada incelenen özelliklere etkisi incelenen faktörlerden genellikle doğum ayının etkisi önemli bulunmuştur. Yani doğum ayı süt bileşimlerini önemli derecede etkilemiştir. Bu da doğum aylarının süt bileşimlerinin en iyi olduğu aylara denk getirilmesiyle süt bileşiminde iyileştirmeler yapılabileceğini göstermektedir. Doğumların yıla dağıtıldığı işletmelerde bu pek mümkün olmasa da doğumların toplulaştırıldığı işletmelerde süt bileşimlerinin en iyi olduğu aylara denk getirilmesiyle sağlanabilir.

Yapılan çalışmada incelenen özelliklerden protein, kuru madde ve yağ değerleri beklenenden düşük çıkmıştır. Somatik Hücre Sayısı çok yüksek olmamakla beraber olması gereken normal değerden bir miktar yüksek bulunmuştur. Yine elektrik iletkenlik değerleri normal standart olan 4-5.5 mS cm⁻¹ değerlerinin üst sınırına yakın bulunmuştur.

Bu sonuçlara göre protein, yağ ve kuru madde değerlerinin normal seviyelerine çekilmesi için rasyon düzenlemelerine gidilmesi ve özellikle kaba yem beslenmesinin yeniden düzenlenmesi gereklidir. Özellikle sütte yağ oluşumunda kaba yemin önemi çok büyüktür. Bu nedenle işletmelerin yem kalitesine ve kaba yem miktarlarına göre ayarlamalar yapmaları önerilebilir.

Elektrik iletkenlik değerlerinin ve somatik hücre sayılarının her ne kadar önemli bir etkiye sahip olmasa da bir miktar yüksek çıkması hayvanların sağlık problemlerinin olabileceğini göstermektedir.

Çalışma sonucunda elde edilen elektrik iletkenlik, SHS değerleri bir miktar yüksek bulunmuş, bu da işletmelerde mastitis hastalığının bulunabileceğini göstermektedir. Bu nedenle işletmelerde altlıkların daha temiz tutulması, sağım öncesi ve sonrası meme temizliğine önem gösterilmesi, sağım makinelerinin bakım ve temizliğine dikkat edilmesi, düzenli olarak CMT testleri yapılarak mastitisli sığırların belirlenmesi ve bu sığırların tedavisine başlanması,

personelin bu konuda bilgilendirilmesi önemli etkiye sahip olacak ve mastitis hastalığının önceden tespit edilerek işletmede mastitis hastalığının azalmasına ve tüketiciye daha sağlıklı sütlerin ulaşmasını sağlayacaktır.

İşletmede bulunan her bir hayvan için yağ protein⁻¹ oranı hesaplanarak asidoz ya da ketozis olup olmadıkları kontrol edilmeli ve gerekli tedbirler alınmalıdır. ICAR yüksek verimli süt sığırlarının sütlerinde değerlendirmeye alınması gereken yağ değerlerinin % 2.0 ile % 12.0 aralığında olması gerektiğini bildirmiştir (Anonymous, 2022b). Bu referans değerleri dikkate alındığında 151 veriden 139 tanesinin değerlendirmeye alınması mümkün olmuştur. Değerlendirme sonucunda 139 veriden 54 tanesinde asidoz (% 38.80), 9 tanesinde ise ketozis (% 6.47) vakasının olduğu tespit edilmiştir. Referans değerleri içerisinde bulunan veri sayısı ise 76 adet (% 54.68) olarak tespit edilmiştir. Asidoz vakası tespit edilen verilerden 13 tanesi birinci laktasyon (% 24.07), 18 tanesi ikinci laktasyon (% 33.33) ve 23 tanesi ise üçüncü laktasyon (% 42.60) verilerinde gerçekleşmiştir. Yine asidoz vakalarından 13 tanesi ilk 20. günde (% 24.07), 18 tanesi 40. günde (%33.33) ve 23 tanesi ise 60. gündeki (%42.59) numunelerde tespit edilmiştir. Hem laktasyon süresi arttıkça hem de pik verime doğru yaklaşıldıkça asidoz vakalarında artış olduğu gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre işletmede araştırma konusu olan ineklerin yarıya yakınında asidoz ve ketozis durumu söz konusudur. Bu nedenle bu işletmede hayvanların beslenmesinde kaba yeme biraz daha ağırlık verilerek bu oranın 1.2-1.4 aralığına çekilmesi önerilebilir. Yine rasyondaki uygun değişikliklerle kaba/kesif yem dengesi sağlanarak protein ve yağ seviyesinin normal değerlere ulaşması sağlanmalıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Burak TATLISU'nun Yüksek Lisans tezinden üretilmiş olup Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından **21201039** numaralı 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 ısı

- işlem görmüş sütler tebliği, No:2000/6/: Resmi Gazete: 06.02.2009-27133 [30 Temmuz 2023].
- Anonymous, (2022). Dairy production, Milk compositions [online], <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/milk-composition/en/>: [30 Ocak 2022].
- Anonymous, (2022b). ICAR, <https://www.icar.org/Guidelines/02-Overview-Cattle-Milk-Recording.pdf>: [30 Temmuz 2023].
- Ayaşan, T., Hızlı, H., Yazgan, E., Kara, U., Gök, K. (2011). Somatik hücre sayısının süt üre nitrojen ile süt kompozisyonuna olan etkisi. *Kafkas Üniv. Vet. Fak. Derg.*, 17(4), 659-662.
- 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, *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32 (3), 436-439.
- Duncan, W.R. (1955). Multiple Range and Multiple F Tests. *Biometrics*, p.
- Fox, P. F., McSweeney, P. L. H. ve Paul, L. H. (1998). Dairy chemistry and biochemistry, *London: Blackie Academic Professional*.
- Göncü, S & Özkütük, K. (2002). Adana entansif süt sığırcılığı işletmelerinde yetiştirilen saf ve melez alaca inek sütlerinde somatik hücre sayısına etki eden faktörler ve mastitis ile ilişkisi, *Hayvansal Üretim*, 43 (2), 44 - 53.
- Göncü, S & Yeşil, M.İ. (2020). Relationship Between Some Traits Used As Mastitis Indicators In Holstein Cows milk. *Innovative Systems Design and Engineering*, 11 (1), 19-27.
- Gönül, T. (1974). Hayvan ıslahında standardizasyon, Tapgem yayınları, No:15, Bornova/İZMİR.
- 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, *Agricultural Research Service United States Department of Agriculture*, 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.
- Kıyıcı, J.M., Kaliber, M., Uzkülekci, H. H., Sekmen, A. E., Uzunyol, A. ve Gülünç, A. (2016). Süt ineklerinde memenin fenotipik özelliği ve süt kalitesi arasındaki ilişki, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6 (4), 187-196.
- Litwinczuk, Z., Krol, J., Brodziak, A., & Barlowska, J. (2011). Changes of protein content and its fractions in bovine milk from different breeds subject to somatic cell count. *Journal of Dairy Sciences*, 94 (2), 684-691.
- Metin, M., 1998. Süt Teknolojisi-Sütün Bileşimi ve İşlenmesi. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 33, İzmir.
- Milci, S., Yaygın, H. (2004). Elektrik İletkenliği Ölçüm Tekniğinin Süt Teknolojisindeki Uygulama Alanları, *Akademi Gıda Dergisi*, 2(5), 24-28.
- Rekik, B., Ajili, N., Belhani, H., Ben Gara, A., Rouissi, H. (2008). Effect of somatic cell count on milk and protein yields and female fertility in Tunisian Holstein dairy cows, *Livestock sci*, 116, 309-317.
- Schroeder, J.W. (2012). *Dairy Cow Nutrition Affects Milk Composition*, <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/dairy/as1118.pdf> [20/12/2022].
- Sharma, R., Kumar, M. ve 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 california mastitis testi ve sütün elektrik iletkenliğinin karşılaştırılması, *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi*, 28 (3), 135-136.
- Tuncer, K., Ertuğrul, K. ve Şahin, A. (2017). TR71 bölgesindeki süt sığırı işletmelerinden toplanan çiğ sütlerin bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi, *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30 (1), 65-69.
- Uyarlar, C. (2019). Süt sığırlarında beslenme maliyetlerini düşürme yöntemleri, *Ayrıntı dergisi*, 6(73), 7-12.
- Wangdi, J., Dema, T., Karma, M. ve Bhujel, P. (2014). The compositional quality of cows milk in Bhutan, *Issues in Biological Sciences and Pharmaceutical Research* 2 (7), 62-68.