



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 5 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 AdıPrevious 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 NumarasıPrevious 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. Zootehni 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.
Zootehni 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. Zootehni Böl.
ralbayrak@ankara.edu.tr

Doç. Dr. Senol CELİK

Bingöl Üniv. Ziraat Fak. Zootehni Böl.
senolcelik@bingol.edu.tr

Prof. Dr. Hikmet ORHAN

SDÜ Tıp Fak. Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim ABD
hikmetorhan@sdu.edu.tr

Alan Editörü Associate Editor

Prof. Dr. Tugay AYASAN

Osmaniye Korkut Ata Üniv. Kadirli Uygulamalı
Bilimler Fak.
tayasan@hotmail.com

Doç. Dr. Kadyrbai CHEKIROV

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

Prof. 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
Üniversitesi

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 CAÎSÎN 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 Üniversitesi 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 HOSSEİN-ZADEH University of Guilan, Rasht, İRAN	Prof.Dr. Jose Cola ZANUNCIO Federal Üniversitesi of Vicos, BRAZIL

Ulusal Danışmanlar Kurulu (Advisory Board)

Prof.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 HATİPOĞLU Kırşehir Ahi Evran Üniv. KIRŞEHİR	Prof.Dr. Murat KÜTÜK Gaziantep Üniv. GAZİANTEP	Prof. Dr. Ramazan MERAL Bilecik Şeyh Edebali Üniv. BİLECİK
Prof.Dr. Yeşim Yalçın MENDİ, Çukurova 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

- Evaluation of the Dietary Carbon Footprint as a Sustainable Diet Marker in Adults: A Cross-Sectional Study** 1005-1014
Yetişkin Bireylerde Diyet Karbon Ayak İzinin Sürdürülebilir Bir Diyet Belirteci Olarak Değerlendirilmesi: Kesitsel Bir Çalışma
Osman Bozkurt, Sedanur Macit, Betül KOCAADAM BOZKURT
- Clerodendrum bungei* an Ornamental Plant with Several New Records Outside of Parks and Gardens in Türkiye** 1015-1020
Clerodendrum bungei: Türkiye’de Park ve Bahçeler Dışında Çok Sayıda Yeni Kaydı Tespit Edilen Bir Süs Bitkisi
Kamil COŞKUNÇELEBİ, Salih TERZİOĞLU
- Evaluation of Some Biochemical Parameters In Saanen Goats Naturally Infected With *Mycoplasma agalactiae*** 1021-1025
Mycoplasma agalactiae ile Doğal İnfekte Sanen Keçilerinde Bazı Biyokimyasal Parametrelerin Değerlendirilmesi
Sezai ARSLAN
- Investigation (In-Vitro) of Antiproliferative Properties of *Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) E. Hegewald Extracts in Various Cancer Cell Lines** 1026-1031
Pseudopediastrum boryanum (Turpin) E. Hegewald Ekstraktlarının Çeşitli Kansere Hücre Hatlarında Antiproliferatif Özelliklerinin (In Vitro) Araştırılması
Tuğba DEMİRİZ YÜCER
- Investigation of The Efficacy of Plantago Major Flavonoids in The Healing of Diabetic Foot Wound in Silico Analysis** 1032-1041
Diyabetik Ayak Yarası İyileşmesinde Plantago Majör Flavonoidlerin Etkinliğinin In Silico Olarak Araştırılması
İsmail KELEŞ, Alpaslan BAYRAKDAR, Nermin OLGUN
- Effects of Different Water Stress Levels, Heterogeneity, and Location on Berry Phytochemical Properties in an Organic and Conventional Vineyard (*Vitis vinifera* cv. Cabernet-Sauvignon)** 1042-1054
Organik ve Konvansiyonel Bağda Yetiştirilen *Vitis vinifera* Cabernet-Sauvignon Üzüm Çeşidinde; Farklı Su Stresi Seviyelerinin, Tane Heterojenitesinin ve Konumun Fitokimyasal Özellikler Üzerine Etkileri
Elman BAHAR, İlknur KORKUTAL, Müge UZUN
- First Record of *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) (Chitwood, 1949) on Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Growing Areas in the Southern Marmara Region** 1055-1060
Güney Marmara Bölgesi Marul (*Lactuca sativa* L.) Yetiştirilen Alanlarda *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) (Chitwood, 1949)’nın İlk Kaydı
Ayşenur YILMAZ, Taylan ÇAKMAK, Uğur GÖZEL
- Molecular Detection of Infectious Viruses in Potato Tubers in Potato Production Areas in Tokat Province** 1061-1068
Tokat İli Patates Üretim Alanlarında Patates Yumrularında Enfeksiyon Oluşturan Virüslerin Moleküler Olarak Tespiti
Afide Merve ENGÜR, Şerife TOPKAYA



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

- The Detection of Crown Gall Disease Caused by *Rhizobium vitis* in Kahramanmaraş and Surrounding Provinces 1069-1079
Kahramanmaraş ve Çevre İllerdeki *Rhizobium vitis* Tarafından Neden Olunan Asma Uru Hastalığının Tespiti
Ceyda CEYHAN BAŞARAN, Mustafa KÜSEK
- Detection of 'Candidatus *Phytoplasma mali*' and 'Candidatus *Phytoplasma prunotum*' in Apple Trees 1080-1086
Elma ağaçlarında 'Candidatus *Phytoplasma mali*' ve 'Candidatus *Phytoplasma prunorum*' teşhisi
Harun MERAL, Muhammet EKEMEN, Çiğdem ULUBAŞ SERÇE
- Determination of The Potential of Some Weeds to be Used as An Indicator Plant in Studies On Plum Pox virus-T 1087-1094
Bazı Yabancı Otların Plum Pox Virüs T ile İlgili Çalışmalarda İndikatör Bitki Olarak Kullanım Potansiyelinin Belirlenmesi
Cemile TEMUR ÇINAR, Elif DERTLİ, Yasin KAYA, Doğan IŞIK
- Determination of Naphthalene Concentration in Honey a New Method using HS-GC/MS (Headspace-Gas Chromatography/Mass Spectrometry) 1095-1104
Baldaki Naftalin Konsantrasyonunun Yeni Bir Yöntemle HS-GC/MS (Headspace-Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrometresi) ile Belirlenmesi
Ebubekir İZOL
- Global Pistachio Production Forecasts for 2020–2025 1105-1115
2020-2025 Yılları için Dünya Geneli Antepfıstığı Üretim Tahminleri
Ahmet Semih UZUNDUMLU, Veysel PINAR, Nur ERTEK TOSUN, Hediye KUMBASAROĞLU
- Dairy Farmers' Perceptions and Adaptation Strategies Towards the Effects of Climate Change in Southern Marmara Region of Türkiye 1116-1128
Türkiye'nin Güney Marmara Bölgesindeki Süt Üreticilerinin İklim Değişikliğinin Etkilerine Yönelik Algıları ve Adaptasyon Stratejileri
Damla ÖZSAYIN
- Analysis of Factors Affecting the Value of Agricultural Lands in Pasinler District of Erzurum Province 1129-1136
Erzurum İli Pasinler İlçesi Tarım Arazilerinin Değerine Etki Eden Faktörlerin Analizi
Ali MUTİ, Avni BİRİNCİ
- Comparison of Biochemical, Microbiological, and Toxicological Properties of Wild and Cultivated Sour Cherry Genotypes (*Prunus cerasus* L.) 1137-1147
Yabani ve Kültüre Alınmış Vişne Genotiplerinin Biyokimyasal, Mikrobiyolojik ve Toksikolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması
Nurcan ERBİL, Zehra Tuğba MURATHAN, Mehmet ARSLAN
- Biomass Yield in Bread Wheat: The Effect of Sowing Density and Predicting Using NDVI 1148-1158
Ekmeklik Buğdayda Biyokütle Verimi: Ekim Sıklığının Etkisi ve NDVI Kullanılarak Tahmini
Ali Cevat SÖNMEZ
- Some Micronutrient Applications in Hulles Barley Varieties Effects on Yield and Quality Characteristics 1159-1168
Kavuzsuz Arpa Çeşitlerinde Mikro Besin Elementi Uygulamalarının Bazı Verim ve Kalite Özelliklerine Etkileri
Hakan ÖZDEMİR, Saime İKİNCİKARAKAYA, Soner YÜKSEL



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

- [Cytogenetic Characteristics of *Microtus daghestanicus* \(Rodentia: Arvicolinae\) from Northeast Anatolia, Türkiye: Conventional Karyotype, C-Banding](#) 1169-1174
Microtus daghestanicus (Rodentia: Arvicolinae) türünün sitogenetik özellikleri: Standart ve C bantlı karyotipler
Ahmet Yesari SELÇUK, Haluk KEFELİOĞLU
- [\$\beta\$ -Galactoside \$\alpha\$ 2-6 Sialyltransferase Gene Expression in *Bombyx mori* Tissues](#) 1175-1182
Bombyx mori Dokularında β -Galaktozid α 2-6 Siyaliltransferaz Geninin İfadesi
Ceren ERSOY SAVAŞ, İzzetoğlu Gamze TURGAY, İzzetoğlu
- [Characteristics of Egg Poultry Enterprises: The Example of Kahramanmaraş Province](#) 1183-1193
Yumurta Tavukçuluğu Yapan İşletmelerin Özellikleri: Kahramanmaraş İli Örneği
Ahmet ŞAHİN ADANALI, Ali AYBEK, Hamza KUZU
- [Modelling Over-Dispersion Countable Data with GLMM](#) 1194-1201
Aşırı Dağılımlı Sayılabilir Verilerin GLMM ile Modellemesi
Adile TATLIYER TUNAZ
- [Evaluation of Households' Views on Meat Consumption Habits and Animal Welfare Using Multiple Correspondence Analysis](#) 1202-1216
Hanehalkının Et Tüketim Alışkanlıkları ve Hayvan Refahı Hakkındaki Görüşlerinin Çoklu Uyum Analizi İle Değerlendirilmesi
Şenol ÇELİK, Tuğba TANMAN, Turgut AYGÜN
- [The Effect of Different Synchronization Protocols Applied to Akkaraman Sheep During the Transition Period on Fertility](#) 1217-1225
Geçiş Dönemindeki Akkaraman Koyunlarda Uygulanan Farklı Senkronizasyon Protokollerinin Döl Verimi Üzerine Etkisi
Mahmut ÇINAR, Ayhan CEYHAN
- [Evaluation of Tank Milk Composition, Physicochemical Properties, and Nutrition Level by Fat/Protein Ratio in Brown Swiss Breed Cattle](#) 1226-1235
Esmer Irkı İneklerin Tank Sütü Kompozisyonu, Fizikokimyasal Özellikleri ve Yağ Oranının Değerlendirilmesi
İsa YILMAZ, Ahmet Erhan KARAHAN, Bayram YURT



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

HAKEMLER (Referees)*

Doç. Dr.	Gülşah AKGÜL	Siirt Üniversitesi, Siirt
Doç. Dr.	Suna AKKOL	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van
Doç. Dr.	Faruk AKYAZI	Ordu Üniversitesi, Ordu
Dr. Öğr. Üyesi	Ece AVULOĞLU YILMAZ	Amasya Üniversitesi, Amasya
Prof. Dr.	Recep AYDIN	Atatürk Üniversitesi, Erzurum
Prof. Dr.	Ali AYGÜN	Selçuk Üniversitesi, Konya
Doç. Dr.	İbrahim AYTEKİN	Selçuk Üniversitesi, Konya
Doç. Dr.	Zehra BABALIK	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta
Doç. Dr.	Alamettin BAYAV	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta
Dr.	Merve BAYHAN	Dicle Üniversitesi, Diyarbakır
Prof. Dr.	Kemal BENLİOĞLU	Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın
Dr.	Saykal BOBUSHEVA	Kırğızistan-Türkiye Manas Üniversitesi, KIRGIZİSTAN
Prof. Dr.	Mehmet Bozkurt ATAMAN	Selçuk Üniveristesi, Konya
Doç. Dr.	Selime CANAN	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun
Doç. Dr.	Selime CANAN	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun
Prof. Dr.	Rüstem CANGİ	Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat
Prof. Dr.	Ramazan CANHİLAL	Erciyes Üniversitesi, Kayseri
Prof. Dr.	C. Çağrı CINGİ	Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon
Doç. Dr.	Sabahattin CÖMERTPAY	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş
Doç. Dr.	Oğuz ÇAKIR	Dicle Üniversitesi, Diyarbakır
Doç. Dr.	Oğuz ÇAKIR	Dicle Üniversitesi, Diyarbakır
Dr. Öğr. Üyesi	Kenan ÇİFTÇİ	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van
Doç. Dr.	Abdulahad DOĞAN	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi	Nilgün DOĞAN	Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane
Doç. Dr.	Eminur ELÇİ	Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde
Prof. Dr.	Prof.Dr. İ Ozer ELİBÜYÜK	Ankara Üniversitesi, Ankara
Prof. Dr.	Mustafa Tolga ESETLİLİ	Ege Üniversitesi, İzmir
Doç. Dr.	Sabri GÜL	Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay
Prof. Dr.	Mehmet GÜLDÜR	Harran Üniversitesi, Hatay
Dr. Öğr. Üyesi	Tolga GÜRKAN	Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Kilis
Prof. Dr.	Ergin HAMZAOĞLU	Gazi Üniversitesi, Ankara
Doç. Dr.	Raziye IŞIK	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ
Dr.	Ebubekir İZOL	Bingöl Üniversitesi, Bingöl
Prof. Dr.	Ali KAHRAMAN	Selçuk Üniversitesi, Konya
Prof. Dr.	Sevgi İrtegin KANDEMİR	Dicle Üniversitesi, Diyarbakır

* Soyada göre sıralanmıştır.



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

Doç. Dr.	Köksal KARADAŞ	Iğdır Üniversitesi, Iğdır
Dr.	Aynur KARAHAN	Ankara Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara
Doç.Dr.	Güngör KARAKAŞ	Yozgat Bozok Üniversitesi, Yozgat
Prof. Dr.	Dide KILIÇALP KILINÇ	Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın
Prof. Dr.	Hatice Mehtap KUTLU	Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir
Doç. Dr.	Tuba KOC	Cankırı Karatekin Üniversitesi, Çankırı
Prof. Dr.	Mehmet KOYUNCU	Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa
Dr. Öğr. Üyesi	Samet MERT	Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya
Prof. Dr.	Mustafa MİRİK	Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ
Prof. Dr.	Birol MUTLU	Inonu Üniversitesi, Malatya
Dr.	Nurjamal OMURZAKOVA	Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi, KIRGIZİSTAN
Doç. Dr.	Erol ORAL	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van
Dr. Öğr. Üyesi	Fatma ÖCAL KARA	Harran Üniversitesi, Şanlıurfa
Dr. Öğr. Üyesi	Nilay ÖZDEMİR	Ege Üniversitesi, İzmir
Dr. Öğr. Üyesi	Kübra ÖZDEMİR Dirik	Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat
Dr. Öğr. Üyesi	Remziye ÖZEL	Harran Üniversitesi, Şanlıurfa
Doç. Dr.	Selçuk ÖZYÜREK	Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Erzincan
Doç. Dr.	P. Fatoş POLAT DİNÇER	Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir
Prof. Dr.	Musa SARICA	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun
Dr. Öğr. Üyesi	Muhammet Hanifi SELVİ	Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya
Prof. Dr.	Soner SOYLU	Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay
Dr.	Gülnara ŞARŞENALİEVA	Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi, KIRGIZİSTAN
Prof. Dr.	Turgay TAŞKIN	Ege Üniversitesi, İzmir
Doç. Dr.	Adile TATLIYER TUNAZ	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş
Doç. Dr.	Mustafa TERİN	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van
Doç. Dr.	Cem TIRINK	Iğdır Üniversitesi, Iğdır
Prof. Dr.	Pınar TUNAY TAŞLI	Pamukkale Üniversitesi, Denizli
Prof. Dr.	Çiğdem ULUBAŞ SERÇE	Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Niğde
Prof. Dr.	Hakan ULUKAN	Ankara Üniversitesi, Ankara
Doç. Dr.	Zeynep UZDİL	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun
Dr. Öğr. Üyesi	Serkan YEŞİL	Selçuk Üniversitesi, Konya
Doç. Dr.	İsmail YENER	Dicle Üniversitesi, Diyarbakır
Doç. Dr.	Şenol YILDIZ	Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi, KIRGIZİSTAN
Doç. Dr.	Çağatay YILDIRIM	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun
Prof. Dr.	Bilgehan YILMAZ DİKMEN	Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa
Doç. Dr.	Aysun YÜKSEL	Sağlık Bilimleri Üniversitesi, İstanbul
Dr. Öğr. Üyesi	Filiz Randa ZELYÜT	Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik
Dr. Öğr. Üyesi	Filiz Randa ZELYÜT	Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik

Evaluation of the Dietary Carbon Footprint as a Sustainable Diet Marker in Adults: A Cross-Sectional Study

Osman BOZKURT¹, Melahat Sedanur MACİT-ÇELEBİ², Betül KOCAADAM-BOZKURT³

^{1,3}Erzurum Technical University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Erzurum/TURKİYE, ²Ondokuz Mayıs University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Samsun/TURKİYE

¹<https://orcid.org/0000-0002-5829-7543>, ²<https://orcid.org/0000-0002-7480-1586>, ³<https://orcid.org/0000-0002-9058-4630>

✉: betulkocaadam@gmail.com

ABSTRACT

This study planned to investigate the characteristics of the diet and its contribution to the carbon footprint-the greenhouse gas (GHG) emissions. Data were collected through face-to-face interview methods via a questionnaire including socio-demographic information, anthropometric measurements, the Three-Factor Eating Questionnaire-21, and 24-hour recall food consumption record. This cross-sectional study was conducted with 619 adults (M = 266 (43.0%), F = 353 (%57.0)) aged 18-64 years. The carbon footprint value of the overall diet was 3.84 ± 0.1 kg CO₂-eq per person per day and 2.10 ± 1.2 kg CO₂-eq per 1,000 kcal per day. Meat and dairy groups are the major contributors to carbon footprint (34.8%, and 18.9%, respectively). Uncontrolled eating scores were higher in the highest quantile (Q5) group for the carbon footprint (CO₂-eq kg⁻¹) group ($p = 0.048$), and according to the multiple regression model, uncontrolled eating scores significantly affecting the increase of carbon footprint ($\beta = 0.122$, $p = 0.006$). While high carbon footprint groups have higher dietary protein intake (43.30 ± 0.8 g per day, 29.0 ± 0.7 g per day, respectively, $p = 0.048$), low carbon footprint groups have higher carbohydrate intake (103.75 ± 3.7 g per day, 85.86 ± 3.4 g per day, respectively, $p < 0.001$). The results of this study provide important knowledge on the contribution of diet patterns and eating behaviour to the carbon footprint and draw attention to the importance of developing sustainable nutrition recommendations in parallel with healthy nutrition recommendations.

Nutrition and Dietetics

Research Article

Article History

Received : 19.12.2023

Accepted : 17.04.2024

Keywords

Carbon footprint

Eating behaviour

Sustainable nutrition

Yetişkin Bireylerde Diyet Karbon Ayak İzinin Sürdürülebilir Bir Diyet Belirteci Olarak Değerlendirilmesi: Kesitsel Bir Çalışma

ÖZET

Bu çalışmada, diyetin karbon ayak izi-sera gazı emisyonuna katkısını değerlendirmek amaçlandı. Araştırmanın verileri, sosyo-demografik bilgiler, antropometrik ölçümler, Üç Faktörlü Yeme Anketi-21 ve 24 saatlik geriye dönük besin tüketim kaydını içeren bir anket aracılığıyla toplandı. Bu kesitsel çalışma, 18-64 yaş aralığındaki 619 yetişkin (E = 266 (%43.0), K=353 (%57.0)) ile gerçekleştirilmiştir. Toplam diyet karbon ayak izi değeri kişi başına günlük 3.84 ± 0.1 kg CO₂-eq ve 1.000 kcal başına 2.10 ± 1.2 kg CO₂-eq olarak belirlenmiştir. Et ve süt ürünleri gruplarının karbon ayak izine en büyük katkısı sağladığı belirlenmiştir (sırasıyla %34.8 ve %18.9). Kontrolsüz Yeme puanları, karbon ayak izi (CO₂-eq kg⁻¹) en yüksek kantil (Q5) grubunda daha yüksek bulunmuştur ($p = 0.048$). Çoklu regresyon modeline göre Kontrolsüz Yeme puanları artan karbon ayak izi ile ilişkili bulunmuştur ($\beta = 0.122$, $p = 0.006$). Yüksek karbon ayak izi grubunda diyetle protein alımı daha yüksek (sırasıyla 43.30 ± 0.8 g gün⁻¹, 29.0 ± 0.7 g/gün, $p=0.048$) iken düşük karbon ayak izi grubunda karbonhidrat alımı daha yüksektir (103.75 ± 3.7 g gün⁻¹, 85.86 ± 3.4 g gün⁻¹, $p<0.001$). Bu çalışmanın sonuçları, diyet modelinin ve yeme davranışının karbon ayak izine katkısı konusunda önemli veriler sunmakta ve ayrıca sağlıklı beslenme önerilerine paralel olarak sürdürülebilir beslenme önerilerinin geliştirilmesinin önemine dikkat çekmektedir.

Beslenme ve Diyetetik

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 19.12.2023

Kabul Tarihi : 17.04.2024

Anahtar Kelimeler

Karbon ayak izi

Yeme davranışı

Sürdürülebilir beslenme

- Atıf İçin :** Bozkurt, O., Macit-Çelebi, M.S. & Kocaadam-Bozkurt, B. (2024). Yetişkin Bireylerde Diyet Karbon Ayak İzinin Sürdürülebilir Bir Diyet Belirteci Olarak Değerlendirilmesi: Kesitsel Bir Çalışma. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (5). 1005-1014. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1407160.
- To Cite:** Bozkurt, O., Macit-Çelebi, M.S. & Kocaadam-Bozkurt, B. (2024). Evaluation of the dietary carbon footprint as a sustainable diet marker in adults: A cross-sectional study. *KSU J. Agric Nat* 27 (5). 1005-1014. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1407160.

INTRODUCTION

Dramatic changes in the world's climate have attracted attention in recent years. The activities of humans and those mediated by humans are the most significant factors in these changes, including the food production process (Huseinovic et al., 2017). Food production and human food systems substantially contribute to global environmental footprints (Heller et al., 2018; Laine et al., 2021). In the past 50 years, agriculture, forestry, and fishing production processes have significantly increased their carbon footprint - the greenhouse gas (GHG) emissions (Aydın Eryılmaz & Kılıç, 2018; Huseinovic et al., 2017; Smith P. et al., 2014). Nearly, 19–29% of GHG emissions produced worldwide at every stage of the food life cycle are related to food production (Hjorth et al., 2020; Huseinovic et al., 2017). On the other hand, food production systems need to meet the increasing food demands of a growing population. Regulation of this scenario should take into account the Sustainable Development Goals (SDGs) (Binns et al., 2021).

Meat and dairy products are two food groups that produce high GHG and have a high dietary carbon footprint (Binns et al., 2021). Plant-based foods such as cereals, pulses, fruit, and vegetables are less likely to cause GHG emissions than meat, fish, and dairy products (Huseinovic et al., 2017). This means that consumers' food choices significantly impact the diet's effect on climate and public health interventions provide an opportunity to reduce global GHG emissions (Binns et al., 2021). It is crucial to appreciate the environmental impact to create sustainable public health policies and improve global health (Laine et al., 2021). The most basic dietary approach within the scope of sustainability is to increase plant sources by reducing animal sources. However, although sugar and starchy foods have low carbon emissions, it is known that their nutritional values are low. For this reason, sustainable nutrition recommendations should be in line with dietary recommendation guidelines.

Eating behaviour can affect individuals' food choices and dietary patterns (Telleria-Aramburu & Arroyo-Izaga, 2022). Individuals' food choices and eating habits also significantly affect their carbon footprint (Gonzalez-Garcia et al., 2018; Kause et al., 2019). Evaluating the contribution of individuals' nutritional behaviour, dietary patterns, and food choices to the carbon footprint may be necessary for supporting and developing strategies to reduce the carbon footprint.

To achieve the global 2 °C climate objective, emissions

from agriculture, food production, and consumption must be decreased, especially in wealthier economies (Hjorth et al., 2020). In this instance, it is necessary to take quick action at the national and global levels. Plans and policies that will be developed to address this issue must take into account people's dietary preferences and nutritional practices. However, research focuses on nutrition and health, ignoring environmental health. With this background, this study aimed to evaluate the dietary carbon footprint of Turk adults living in the east region (Erzurum city); the relationship between eating behaviour, and develop population-based recommendations.

MATERIAL and METHODS

Participants

This cross-sectional study was conducted with adults aged between 18 and 64 years in Erzurum/Türkiye. At an 80% power probability and a 5% type 1 error level in the Power analysis, the sample size goal for the correlation analysis is at least 416 individuals. The inclusion criteria met the age criteria and did not follow a special diet or eating model. Exclusion criteria were the inability or reluctance to complete the surveys, not meeting the age criteria, being pregnant or breastfeeding, and following a special diet or eating model. The potential volunteers were either contacted by researchers in person or invited to Erzurum Technical University Department of Nutrition and Dietetics via email. At the end of the study, 619 participants had been enrolled. Ethical permission was obtained from the Erzurum Technical University Ethics Committee (Meeting Number: 11, Decision Number: 02, 2023). The research was carried out in line with the Helsinki Declaration. Participants were informed about the study and asked to volunteer after receiving their declarations.

Tools

In this study, data were collected through face-to-face interview methods through a questionnaire including socio-demographic information, the Three-Factor Eating Questionnaire-21 (TFEQ-21), and a 24-hour recall food consumption record form.

Three-Factor Eating Questionnaire

The Three-Factor Eating Questionnaire-21 (TFEQ-21) is one of the scales that gives a prediction about the eating behaviour of individuals and provides data on the nutritional patterns of individuals (Kıraç et al.

2015, Koksall et al. 2021, Kruger et al. 2016). The TFEQ-21 is one of the widest-used instruments for assessing eating behaviour (Engstrom et al., 2015). The TFEQ-21 measures eating behaviours with a score between 0-100. A high score on any of the sub-factors of the scale indicates that the eating behaviour related to that factor is high. TFEQ-21 evaluates eating behaviour with three sup-groups: cognitive restraint, uncontrolled eating questionnaire and emotional eating (Engstrom et al., 2015). Reliability and validity of the Turkish version of the scale were conducted by Karakuş, Yıldırım and Büyüköztürk (2016), and it was described as a reliable tool for the Turkish population (Karakus et al., 2016). Although the questionnaire was developed for obese individuals, it was reported that it would be appropriate to use it in the whole population (Kıraç et al., 2015).

Anthropometric measurements

The researchers measured the participant's height and weight according to the techniques explained by Lohman et al. (1988). Body Mass Index (BMI) was calculated by dividing weight (in kilograms) by height (in meters) squared. For the BMI classification individuals with a BMI below 18.50 kg/m² are underweight, between 18.50–24.99 kg/m² normal weight, 25.00–29.99 kg/m² overweight, and 30 kg/m² and above were classified as obese according to the World Health Organization (WHO, 2000).

Calculation of carbon footprint

The carbon footprint was calculated from 24-hour food consumption with the Nutrition Information System program (BeBis). This program calculates macronutrients and micronutrients and also reports food groups. From the results of the food group analysis of the program, foods were divided into 10 main groups and 39 subgroups. The carbon footprint (CO₂-eq kg⁻¹) of different foods was specified in the unit of carbon dioxide-equivalent and each subgroup was given a carbon footprint (CO₂-eq kg⁻¹) based on results from life cycle analyzes. For the CO₂-eq kg⁻¹ values of the food groups, DataFIELD version 1.0 was used (DataField). The DataFIELD was constructed through a comprehensive literature search of Life Cycle Assessment studies from 2005 to 2016, and from GHG emission values (CO₂-equivalent per kg of commodity [CO₂-equivalent]), most to the farm gate for entities to the processor gate for processed ingredients such as flour and oil (Willits-Smith et al., 2020). Life cycle analysis is an ISO-standard approach for evaluating a product's environmental impact from "cradle to grave," which encompasses all environmental effects. Life cycle assessment data obtained from relevant articles were used for food subgroups not included in the DataFIELD database

(Hjorth et al., 2020, Huseinovic et al., 2017). Finally, some foods (beer, offal meats etc.) were excluded due to their low amount of consumption or not belonging to the major food groups. Carbon footprint is presented by quantiles (Q1 = 0.320-1.092, Q2 = 1.093-1.567, Q3 = 1.568-2.142, Q4 = 2.142-2.910, and Q5 = 2.192-7.160). Macronutrient and micronutrient intake obtained from the Nutrition Information System program and TFEQ-scores were analyzed according to the carbon footprint quantiles with the ANOVA test. According to the quantiles for carbon footprint, the Q1 group was accepted as the low carbon footprint group, and the Q5 group as the high carbon footprint group. The carbon footprint (CO₂-eq kg⁻¹) of diets was both calculated for the overall diet and also calculated after adjustment for 1000 kcal. The subgroups were ranked based on their respective contribution to GHG emissions associated with total diet (Supplementary Table 1). The current carbon footprint (CO₂-eq kg⁻¹) was for foods as they were bought at the shop and did not account for customer transportation from a retail location to their homes, preparation at home, disposal at home, or trash. According to estimates of consumer-specific GHG emissions, home preparation, storage, and removal may account for 2.7% of all GHG emissions and 16% of all food-related emissions (Drewnowski et al., 2015).

Data analyzes

Statistical analyses were conducted with the SPSS 21.0 program. The purpose of the normality test was to ascertain whether the assumptions of the parametric test were fulfilled. Independent sample t-test and One-Way ANOVA were used in independent groups for comparison. Chi-square analysis was used to compare qualitative data. Descriptive variables are given as mean ± standard error ($\bar{x} \pm SE$), and nominal variables as frequency and percentage. Relationships between TFEQ-scores and carbon footprint values were presented by correlation test and multiple regression models. The variables BMI, gender, energy (kcal), and age (years) were used as adjustment variables in the multivariate analysis. $p < 0.05$ was considered significant for the differences.

RESULTS and DISCUSSION

This cross-sectional study was conducted with adults (M = 266 (43%), F = 353 (57.0%)) aged from 18 to 64 years. Study participant characteristics are presented by the study group in Table 1. The majority of respondents were not working (68.8%), graduate (56.5%), and single (59.6%). A greater proportion of participants (49.6%) have normal BMI (kg/m²) values. There is no statistical significance for age (years), body weight (kg), and BMI (kg/m²) between low and high carbon footprint (CO₂-eq kg⁻¹) groups ($p > 0.05$) (data not shown in the table).

Dietary carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) among Turkish adults was $3.84 \pm 0.1 \text{ kg CO}_2\text{-eq per person per day}$ and $2.10 \pm 1.2 \text{ CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$ per 1000 kcal (data not shown in the table). High carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) diet respondents (Q5) had a carbon footprint seven-

fold that of low carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) diet respondents (Q1) (7.47 ± 0.55 vs. $1.63 \pm 0.08 \text{ CO}_2\text{-eq}$) for total dietary intake and five-fold for dietary intake adjusted for 1000 kcal (4.0 ± 0.09 vs. $0.83 \pm 0.01 \text{ CO}_2\text{-eq per 1000 kcal}$).

Table 1. Demographic characteristics and BMI classification of participants

Çizelge 1. Katılımcıların demografik özellikleri ve BKİ sınıflaması

	N (%)	Carbon footprint (CO ₂ -eq kg ⁻¹)	P-value
Working status			
Yes	193 (31.2%)	2.21±1.2	0.128
No	426 (68.8%)	2.05±1.1	
Educational status			
Literate	5 (0.8%)	2.44±1.1	0.195
Primary school	59 (9.5%)	2.18±1.1	
Middle School	45 (7.3%)	1.83±0.7	
High school	138 (22. 3%)	2.12±1.1	
University	350 (56.5%)	2.06±1.2	
Higher education	22 (3.6%)	2.83±1.8	
Marital status			
Married	250 (40.4%)	2.09±1.2	0.922
Single	369 (59.6%)	2.10±1.2	
BMI classification			
Underweight	45 (7.3%)	1.93±1.02	0.339
Normal	307 (49.6%)	2.11±1.22	
Overweight	192 (31.0%)	2.06±1.24	
Obese	75 (12.1%)	2.24±1.14	

BMI: Body Mass Index, Data are given as mean, standard error, number (N) and percent (%). Independent sample t-test, One way ANOVA (Burası daha çıklayıcı olmalı, eksik yazılmış)

Three-Factor Eating Questionnaire scores, age, body weight (kg), and BMI (kg/m^2) are presented according to carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) quantile in Table 2. Accordingly, uncontrolled eating differed between

quantiles, and uncontrolled eating scores were higher Q5 group than Q1 and Q2 groups. The difference was statistically significant ($p=0.048$).

Table 2. TFEQ scores, age (years) and BMI (kg/m^2) according to carbon footprint quantile

Çizelge 2. Karbon ayak izi kantiline göre TFEQ skorları, yaş (yıl) ve BKİ (kg/m^2)

	Q1 (n=123)	Q2 (n=124)	Q3 (n=124)	Q4 (n=124)	Q5 (n=124)	P-value
	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	
Cognitive restriction	14.79±1.9	14.44±2.1	14.27±2.1	14.50±2.1	14.32±2.4	0.411
Emotional eating	18.28±5.3	18.52±5.1	18.71±5.3	18.37±4.9	19.09±4.6	0.841
Uncontrolled eating	20.06±3.9 ^a	20.08±3.4 ^a	20.76±3.8 ^{ab}	20.51±3.3 ^{ab}	21.41±3.7 ^b	0.048
Age (years)	29.0±11.6	30.48±12.5	30.44±12.2	31.45±12.6	30.15±12.3	0.880
BMI (kg/m^2)	24.85±4.6	24.67±4.63	24.24±4.5	24.77±4.4	24.38±4.8	0.487

Data are given as mean, standard error, number (N), and percent (%). $p<0.05$

^{a, b, c}: There is difference between groups that share the different letter. One way ANOVA, SE: Standart error

Table 3 provides the multiple regression model for carbon footprint prediction ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$). In the results of the statistical analysis, cognitive restriction and emotional eating scores had no significant effect on the development of carbon footprint ($p=0.120$, $p=0.832$). However, across TFEQ subgroups, the

uncontrolled eating scores were examined to considerably influence the increase of carbon footprint ($\beta=0.122$, $p=0.006$).

Figure 1 represents the distribution of the contribution of food groups to the carbon footprint. Meat and dairy groups are the major contributors to

carbon footprint (34.8%, and 18.9%, respectively). The distribution of the food groups between low and high carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) groups is demonstrated in Figure 2. Meat ($p < 0.001$), dairy ($p < 0.001$),

vegetable, drink and beverages ($p < 0.001$) consumption is higher in high carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) groups.

Table 3. Multiple regression model for the prediction of carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$, adjusted for 1000 kkal)
Çizelge 3. Karbon ayak izi tahmini için çoklu regresyon modeli ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$, 1000 kkal'a göre ayarlanmıştır)

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	t	p-value	R^2	Adjusted R^2	F-value
	B	SE						
(Constant)	1.637	.569		2.874	.004	.022	.011	1.997
Cognitive restriction	-.035	.023	-.063	-1.555	.120			
Emotional eating	.002	.011	.009	.212	.832			
Uncontrolled eating	.040	.014	.122	2.763	.006			

a. Dependent Variable: Carbon footprint eq/kg/1000 kkal

b. Predictors: (Constant), Cognitive restriction, Emotional eating, Uncontrolled eating, Adjusted for: BMI, Gender, Energy (kcal), Age (years)

SE: standard error

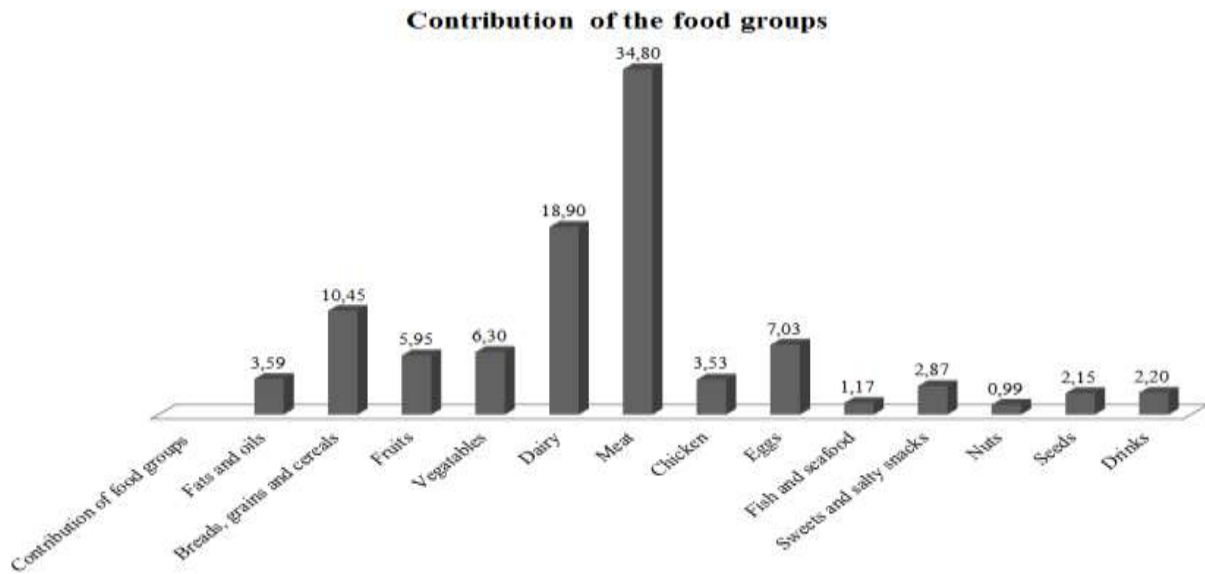


Figure 1. The distribution of the contribution of food groups to the carbon footprint

Şekil 1. Besin gruplarının karbon ayak izine katkısının dağılımı

Table 4 displays participants' macro and micronutrient intake according to carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) quantiles. Dietary intake of protein (g), carbohydrate (g), potassium (mg), calcium (mg), zinc (mg), and iron (mg) are statistically significantly different between quantiles according to carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) groups ($p < 0.001$). While the high carbon footprint group has higher dietary protein intake (43.30 ± 0.8 g per day, 29.0 ± 0.7 g per day, respectively, $p < 0.001$), the low carbon footprint group has higher carbohydrate intake (103.75 ± 3.7 g per day) than Q4 and Q5 groups ($p = 0.001$). The carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) of individuals consuming a higher protein diet (protein intake $>20\%$) is statistically significantly higher (2.82 ± 0.2 , 2.01 ± 0.04 , $p = 0.048$ respectively, data not shown in the table).

The main purpose of this study is to evaluate the carbon footprint of the diets in a Turkish population.

Hence, this study provides important data on the carbon footprint ($3.84 \pm 0.1 \text{ CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) of diets in adults living in the east region (Erzurum city) of Türkiye. The carbon footprint can vary according to the countries' nutritional culture, traditional habits, and socioeconomic status. According to in a study evaluated results from Turkey Nutrition and Health Survey 2017, the $\text{CO}_2\text{-eq}$ value was found to be $3.21 \pm 2.07 \text{ kg CO}_2\text{-eq/person/day}$ (Ilhan et al., 2023). Canadian self-selected diets' carbon footprint was $3.98 \pm 0.06 \text{ CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$, the Netherlands diets' was $3.9 \text{ kg CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$ (Temme et al., 2015), which were similar to this study's results, the US diet' was $4.72 \text{ CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$ (Heller et al., 2018, Rose et al., 2019), and France diets was $4.092 \text{ CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$ (Drewnowski et al., 2015). After calorie consumption was adjusted for 1000 kkal, the Canadian and US estimations were similar (2.15 vs. $2.21 \text{ CO}_2\text{-eq/1000 kkal}$, respectively) (Rose et al., 2019).

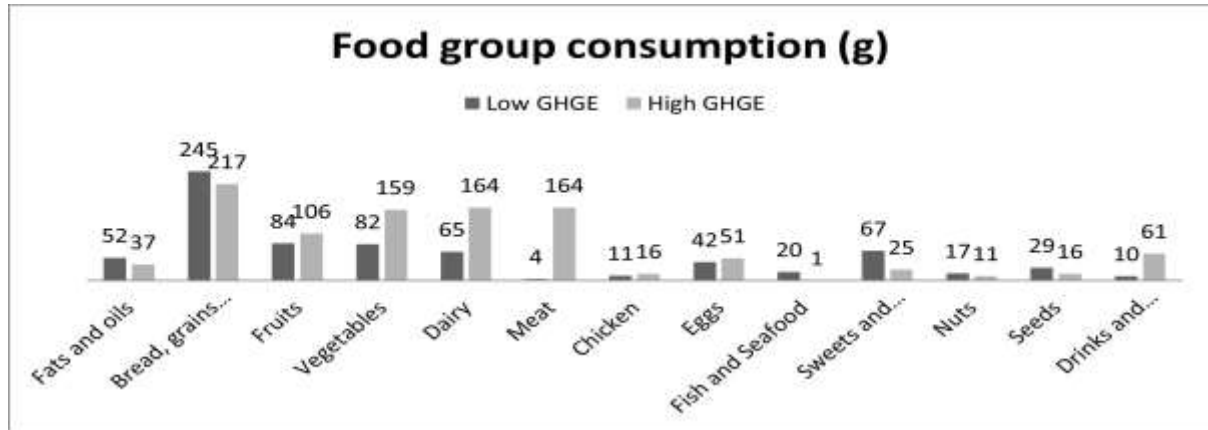


Figure 2. The distribution of the food groups between low and high carbon footprint groups ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$)
Şekil 2. Besin gruplarının düşük ve yüksek karbon ayak izi grupları arasındaki dağılımı ($\text{CO}_2\text{-eşd kg}^{-1}$)

Table 4. Macro and micronutrient intake of participants according to carbon footprint quantiles ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$)
Çizelge 4. Katılımcıların karbon ayak izi kantillerine göre makro ve mikro besin alımları ($\text{CO}_2\text{-eşd kg}^{-1}$)

	Q1 (n=123)	Q2 (n=124)	Q3 (n=124)	Q4 (n=124)	Q5 (n=124)	p-value
	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	
Protein (g)	29.0±0.7 ^a	33.86±0.8 ^a	37.34±1.1 ^{ab}	39.52±1.1 ^{ab}	43.30±0.8 ^b	<0.001
Protein (%)	15.07±0.4	14.73±0.3	15.25±0.4	14.99±0.4	15.16±0.4	0.110
CHO (g)	103.75±3.7 ^{abc}	105.5±4.0 ^b	97.56±3.9 ^{abcd}	96.63±3.7 ^d	85.86±3.4 ^e	0.001
CHO (%)	38.82±0.9	39.56±1.0	38.45±0.9	38.31±1.0	38.52±1.0	0.111
Fat	41.35±1.3	38.47±1.3	38.57±1.2	38.97±1.1	41.94±1.2	0.186
Fat %	46.09±1.0	45.65±1.0	46.31±1.0	46.66±1.1	46.31±1.1	0.603
Fiber (g)	9.12±0.4	10.32±0.5	10.20±0.4	9.42±0.4	9.01±0.4	0.110
Saturated fat (g)	12.21±0.6	12.41±0.6	11.65±0.6	12.62±0.6	13.05±0.7	0.429
Polyunsaturated	10.45±0.7	8.45±0.5	7.86±0.5	8.19±0.5	7.59±0.5	0.216
Monounsaturated	13.18±0.7	12.71±0.6	11.78±0.7	12.52±0.6	13.04±0.7	0.767
Vitamin A (mcg)	434.41±117.26	479.80±86.1	668.89±122.1	402.54±32.1	387.2±34.4	0.064
Vitamin D (mcg)	3.05±0.4	2.55±0.5	2.92±0.4	2.39±0.6	2.36±0.3	0.556
Vitamin E (mg)	8.94±0.6	8.36±0.6	8.07±0.5	7.49±0.5	8.40±0.4	0.504
Sodium (mg)	912.55±816	989.56±44.3	1030.00±60.0	988.20±51.2	1031.46±55.2	0.068
Potassium(mg)	809.10±39.9 ^a	1024.94±44.8 ^b	1091.92±56.2 ^b	1170.69±46.7 ^b	1071.83±43.2 ^b	<0.001
Calcium (mg)	210.74±9.1 ^a	269.85±11.3 ^b	303.23±5.3 ^b	322.17±5.5 ^b	268.07±6.2 ^b	<0.001
Zinc (mg)	3.13±0.1 ^a	3.79±0.1 ^b	4.07±0.1 ^b	4.71±0.1 ^c	6.03±0.3 ^d	<0.001
Iron (mg)	4.71±0.1 ^a	5.42±0.2 ^a	5.35±0.1 ^a	5.58±0.1 ^b	6.29±0.1 ^b	<0.001

Data are given as mean, standard error, number (N), and percent (%). $p<0.05$, $p<0.001$

a, b, c, d, e: There is a difference between groups that share different letters. One way ANOVA test, SE:Standart error

This study also presents a close carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) (2.10 ± 1.2) to the Canadian and US self-selected diets after adjustment for 1000 kcal. Carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) values were also reported according to demographic and anthropometric characteristics (Table 1). High carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) diet respondents (Q5) had a carbon footprint seven-fold that of low carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) diet respondents (Q1) (7.47 ± 0.55 vs. 1.63 ± 0.08 $\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) for total dietary intake and five-fold for dietary intake adjusted for 1000 kcal (4.0 ± 0.09 vs. 0.83 ± 0.01 $\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$ per 1000 kcal). Similar to these findings, high-GHG emissions diets in the US also had an energy-adjusted carbon footprint 5-fold that of low-GHG emission diets (Rose et al. 2019). In a study comparing Mediterranean, Atkins (20/40/100), Ornish, Zone diets, and Turkey Dietary Guidelines-2015 recommendations' according to the $\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$

eq kg^{-1}) for total dietary intake and five-fold for dietary intake adjusted for 1000 kcal (4.0 ± 0.09 vs. 0.83 ± 0.01 $\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$ per 1000 kcal). Similar to these findings, high-GHG emissions diets in the US also had an energy-adjusted carbon footprint 5-fold that of low-GHG emission diets (Rose et al. 2019). In a study comparing Mediterranean, Atkins (20/40/100), Ornish, Zone diets, and Turkey Dietary Guidelines-2015 recommendations' according to the $\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$

levels. Ornish and Mediterranean diet models had less harmful environmental impacts, contributing to sustainable nutrition (Kemaloglu et al., 2023).

Individuals' food choices are among the crucial determinants of the carbon footprint and their effects on health (Gonzalez-Garcia et al., 2018; Kause et al., 2019). In this article, as a second purpose, the effects of eating behaviour on the carbon footprint were evaluated by considering its possible impact on the food choice. There are several studies in the literature examining the association between eating behaviour and food choice in different aspects (Cecchini & Warin, 2016; Dressler & Smith, 2013; Scully et al., 2012; Segura-Garcia et al., 2014; Vilario et al., 2016). Impaired eating behavior affects the food choice of individuals and might cause adverse effects on general health (Nagata et al., 2018). Although this subject has been defined in detail and frequently researched in the past years, there is no study investigating the relationship between impaired eating behavior, food choice and sustainability, hence, it is a concept of recent years. In this study, eating behavior was evaluated with the TFEQ-21 and accordingly, individuals with high uncontrolled eating behavior had a higher carbon footprint. Cornelis et al. found that uncontrolled eating was positively correlated with energy intake in their study (Cornelis et al., 2014). In another study, similar results were also found and uncontrolled eating was positively associated with energy-dense foods (de Lauzon et al., 2004). We also found a positive correlation between energy intake (kcal) and uncontrolled eating and also for emotional eating. However, it would be more beneficial to interpret this relationship through food choices rather than simple energy intake. Impaired eating behavior is generally associated with increased intake of palatable foods (Robinson et al., 2014), and these foods might have low and high Carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) values depending on the product type. It is predicted that uncontrolled eating behavior may lead to unhealthy food choices in the dietary pattern in terms of sustainability. More comprehensive analysis would be beneficial for the dietary patterns of individuals for future research.

Heller et al. (2018) stated that the meat and dairy group made the most significant Carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) contribution to diets (Heller et al., 2018). Auclair and Borges (2021) found that the single top contributor was beef (36%), followed by luncheon and other meats (7%), poultry (6%), and milk (6%) (Auclair & Burgos, 2021). Similar to other studies, in this analysis places the meat group top (34.8%), and the dairy group (18.9%) comes in second place as the top carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) contributors. Considering the carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) values of the meat and dairy group, it is an expected result consistent with the literature due to the high $\text{CO}_2\text{-eq}$

kg^{-1} values of these food groups. Beef, in particular, contributes significantly to global greenhouse gas emissions, and generally speaking, animal goods emit greater emissions than plant items (Willits-Smith et al., 2020). Food groups were additionally split into 39 subgroups to increase and improve understanding of diet-associated GHG emissions from both plant- and animal-based diets. The subgroups were ranked based on their respective contribution to GHG emissions associated with total diet (Supplementary Table 1).

In this study, individuals consuming a high-protein diet had a higher dietary carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$). It is recommended that dietary protein intake be between 15-20% or 10-20% in healthy individuals (Cuenca-Sanchez et al., 2015; TUBER, 2022). In the present study, protein intake above the amount of 20% was associated with a higher carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$). Apart from diet-specific and disease-specific conditions, high protein intake might increase urinary calcium excretion, triggering the development of osteoporosis, and may cause liver and kidney problems (Cuenca-Sanchez et al., 2015, TUBER 2022). In this study, the fact that it has a high carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) and health risks shows that it also poses a risk in terms of sustainability. Micronutrient deficiencies, particularly iron, zinc, and vitamins, are of great importance (Binns et al., 2021). On the left side of the curve, insufficient food intake leads to undernutrition, which carries a significant risk of illness and death. On the other end of the scale, obesity and its associated conditions pose a significant threat to the health of the two billion adults who are overweight or obese worldwide (Binns et al., 2021). K, Ca, Zn and Fe consumption were lowest in the lowest quantile according to carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$). Recommendations must be compatible with both human and planetary health. The definition of a sustainable diet is one that "protects and respects biodiversity and ecosystems, is culturally acceptable, accessible, economically equitable, and inexpensive; is nutritionally adequate, safe, and healthy; and maximizes natural and human resources." (Binns et al., 2021, Rose et al., 2019). Ending hunger, eliminating food insecurity, enhancing nutrition, and promoting sustainable agriculture are other Sustainable Development Goals that strongly emphasize on nutrition; nonetheless, the majority of Sustainable Development Goals have some impact on food production and nutrition (Binns et al., 2021). The majority of food-based dietary recommendations are built on the following tenets: they should address important issues in both acute and chronic public health, be based on food to make them more easily translated into practical dietary recommendations, provide the necessary nutrients, support healthy growth and body weight, and

promote overall health. Accordingly, there are opinions that dietary guidelines should emphasize Sustainable Development Goals and GHG emissions (Binns et al., 2021). Auclair and Borges, (2021) stated that the significant variation in GHG emissions associated with diet among Canadians shows the possibility for dietary advice to reduce the country's overall carbon footprint, a soft policy lever that some nations have already incorporated into their food guides (Auclair & Burgos 2021). Türkiye Dietary Guidelines (2022) was published in 2022 and has included sustainable nutrition, and also emphasized the carbon footprint of foods (TUBER, 2022). Accordingly, the Türkiye Dietary Guideline (2022) encourages consumers to purchase more plant-based foods and consume animal-based proteins in the recommended amounts, besides advising the consumption of dairy products with low fat. It is also suggested decrease consumption of meat, animal products, saturated fats, sugar, salt, and alcohol, and increase consumption of fish, grains, nuts, fruits, berries, and vegetables (FAO, 2020).

Heller et al. (2018) drew a framework for the evaluation of individual diets. They claimed that individual-level data are necessary for extra sophisticated modeling of regulations because they permit for knowledge of the variety of effects inside a population and for linking of individual-level features (e.g., age, gender, race-ethnicity, educational level, nutritional knowledge, environmental attitudes, etc.) to the nutritional behaviors and environmental results (Heller et al., 2018). Willits-Smith et al. (2020), also highlighted the significance of individual-level diet studies and reported that comprehension of the consequences of climate policies, such as those that incorporate sustainability information in national dietary guidelines, can be improved by research that considers consumer response variability (Willits-Smith et al., 2020). There is no national study evaluating the dietary carbon footprint at the individual level in the Turkish population. This study provides important data about Turkish adults' dietary carbon footprint values.

CONCLUSION

In summary, this study provides important data for the carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) of Turkish adults living in east region (Erzurum city). Overall carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$) of diets is lower than the US and higher than the national diet in Turkey (results from Turkey Nutrition and Health Survey, 2017). Beef and dairy groups are the major contributors of carbon footprint ($\text{CO}_2\text{-eq kg}^{-1}$). This study's results show that individuals with high uncontrolled eating behavior had a higher carbon footprint. Uncontrolled eating behaviour can lead to food choices that are

unhealthy from a sustainability perspective and have a high carbon footprint. Considering the traditional dietary habits in the region where the study was conducted, we can say that the results may differ regionally.

While reducing the diets' carbon footprint is a very important issue for planetary health, diets with low carbon footprint must be compatible with human health and meet daily recommendations. For this reason, sustainable diets and the concept of sustainable nutrition should be drawn very well and both human and planetary health should be observed. Studies need to evaluate both the carbon footprint and diet quality of individual diets on this subject. It is very important to raise awareness about healthy and sustainable nutrition in people. For this reason, sustainable and healthy nutrition education is necessary for environmental health sustainability and can increase the adaptation of individuals to healthy and sustainable diets to reduce the carbon footprint. It is important that governments/policy makers should pay attention to sustainable nutrition and environmental health.

Strenghts and limitations

This study provides important data for calculating the carbon footprint of diets in Turkey. It also has important data in terms of being the first study to investigate sustainability and eating behavior. The characteristics of this study reflect part of whole population due to the cross-sectional design. The food consumption record was taken with the 24-hour recall method. It may not present the general habits of individuals. Different regions may contribute to the carbon footprint to varying rates due other traditional dietary habits.

Contribution of the Authors as Summary

OB: conceptualization, data collection, data analysis, writing–original draft, writing–review, and editing.

MSMÇ: conceptualization, data analysis, writing–original draft, writing–review, and editing.

BKB: conceptualization, data collection, writing–review, and editing. All authors have read and approved the final manuscript.

Statement Of Conflict Of Interest

Authors have declared no conflict of interest.

REFERENCES

- Auclair, O. & Burgos, S.A. (2021). Carbon footprint of Canadian self-selected diets: Comparing intake of foods, nutrients, and diet quality between low- and high-greenhouse gas emission diets. *Journal of Cleaner Production*, 316, 128245.

- Aydın Eryılmaz, G. & Kılıç, O. (2018). Türkiye’de Sürdürülebilir Tarım ve İyi Tarım Uygulamaları. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 21 (4), 624-631.
- BeBis Nutrition Information System 9.0. Entwickelt an der Universital Hohenheim, Stuttgart.
- Binns, C.W., Lee, M.K., Maycock, B., Torheim, L.E., Nanishi, K. & Duong, D.T.T. (2021). Climate Change, Food Supply, and Dietary Guidelines. *Annual Review of Public Health*, 42, 233-255.
- Cecchini, M. & Warin, L. (2016). Impact of food labelling systems on food choices and eating behaviours: a systematic review and meta-analysis of randomized studies. *Obesity Review*, 17, 201-10.
- Cornelis, M.C., Rimm, E.B., Curhan, G.C., Kraft, P., Hunter, D.J., Hu, F.B. & van Dam, R.M. (2014). Obesity susceptibility loci and uncontrolled eating, emotional eating and cognitive restraint behaviors in men and women. *Obesity*, 22 (5), E135-41.
- Cuenca-Sanchez, M., Navas-Carrillo, D. & Orenes-Pinero, E. (2015). Controversies surrounding high-protein diet intake: satiating effect and kidney and bone health. *Advances in Nutrition*, 6 (3), 260-6.
- DataField DataField. version 1.0; obtained online from <https://css.umich.edu/page/datafield>. (Alınma Tarihi: 20.11.2022).
- De Lauzon, B., Romon, M., Deschamps, V., Lafay, L., Borys, J.M., Karlsson, J., Ducimetiere, P. & Charles, M.A. Fleurbaix Laventie Ville Sante (FLVS) Study Group (2004). The Three-Factor Eating Questionnaire-R18 is able to distinguish among different eating patterns in a general population. *The Journal of Nutrition*, 134(9), 2372-2380.
- Dressler, H. & Smith, C. (2013). Food choice, eating behavior, and food liking differs between lean/normal and overweight/obese, low-income women. *Appetite*, 65, 145-52.
- Drewnowski, A., Rehm, C.D., Martin, A., Verger, E.O., Voinnesson, M. & Imbert, P. (2015). Energy and nutrient density of foods in relation to their carbon footprint. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 101(1), 184-191.
- Engstrom, M., Forsberg, A., Sovik, T.T., Olbers, T., Lonroth, H. & Karlsson, J. (2015). Perception of control over eating after bariatric surgery for super-obesity--a 2-year follow-up study. *Obesity Surgery*, 25, 1086-1093.
- FAO I, UNICEF, WFP & WHO. (2020). The State of Food Security and Nutrition in the World 2020. Transforming food systems for affordable healthy diets. Rome, FAO.
- Gonzalez-Garcia, S., Esteve-Llorens, X., Moreira, M.T. & Feijoo, G. (2018). Carbon footprint and nutritional quality of different human dietary choices. *Science of the Total Environment*, 644, 77-94.
- Heller, M.C., Willits-Smith, A., Meyer, R., Keoleian, G.A. & Rose, D. (2018). Greenhouse gas emissions and energy use associated with production of individual self-selected US diets. *Environmental Research Letters*, 13(4), 044004.
- Hjorth, T., Huseinovic, E., Hallstrom, E., Strid, A., Johansson, I., Lindahl, B., Sonesson, U. & Winkvist, A. (2020). Changes in dietary carbon footprint over ten years relative to individual characteristics and food intake in the Vasterbotten Intervention Programme. *Scientific reports*, 10 (1), 20.
- Huseinovic, E., Ohlin, M., Winkvist, A., Bertz, F., Sonesson, U. & Brekke, H.K. (2017). Does diet intervention in line with nutrition recommendations affect dietary carbon footprint? Results from a weight loss trial among lactating women. *European Journal of Clinical Nutrition*, 71 (10), 1241-1245.
- Ilhan, A., Yenicag, R., Yalcin Pehlivan, E., Ozturk, E., Karahan, S., & Rakıcıoğlu, N. (2023). Greenhouse Gas Emission and Water Footprint of the National Diet in Turkey: Results from Turkey Nutrition and Health Survey 2017. *Sustainability*, 15 (12), 9768.
- Karakus, S., Yildirim, H. & Buyukozturk, S. (2016). Adaptation of three factor eating questionnaire (TFEQ-R21) into Turkish culture: A validity and reliability study. *AF Preventive Medicine Bulletin*, 15, 229-37.
- Kause, A., Bruine de Bruin, W., Millward-Hopkins, J. & Olsson, H. (2019). Public perceptions of how to reduce carbon footprints of consumer food choices. *Environmental Research Letters*, 14(11), 114005.
- Kemaloglu, M., Öner, N. & Soylu, M. (2023). Environmental impacts and diet quality of popular diet models compared to Turkey's national nutrition guidelines. *Nutrition & Dietetics*, 80(2), 183-191.
- Kıraç, D., Kaspar, E.Ç., Avcılar, T., Çakır, Ö.K., Ulucan, K. & Kurtel, H. (2015). Obeziteyle ilişkili beslenme alışkanlıklarının araştırılmasında yeni bir yöntem “Üç faktörlü beslenme anketi”. *Clinical and Experimental Health Sciences*, 5(3), 162-169.
- Koksal, E., Macit, M.S., Bilici, S. & Karabudak, E. (2021). Do sociodemographic factors and anthropometric measurements affect eating behavior patterns? *Nutrition & Food Science*, 51(8), 1224-1235.
- Kruger, R., De Bray, J.G., Beck, K.L., Conlon, C.A. & Stonehouse, W. (2016). Exploring the Relationship between Body Composition and Eating Behavior Using the Three Factor Eating Questionnaire (TFEQ) in Young New Zealand Women. *Nutrients*, 8(7), 386.
- Laine, J. E., Huybrechts, I., Gunter, M. J., Ferrari, P., Weiderpass, E., Tsilidis, K., ... & Vineis, P. (2021). Co-benefits from sustainable dietary shifts for population and environmental health: an assessment from a large European cohort study. *The Lancet Planetary Health*, 5(11), e786-e796.

- Lohman, T.G., Roche, A.F. & Martorell, R. (1988). Anthropometric standardization reference manual. Human Kinetics Books, Chicago.
- Nagata, J.M., Garber, A.K., Tabler, J.L., Murray, S.B. & Bibbins-Domingo, K. (2018). Prevalence and Correlates of Disordered Eating Behaviors Among Young Adults with Overweight or Obesity. *Journal of General Internal Medicine*, 33, 1337-1343.
- Robinson, E., Thomas, J., Aveyard, P. & Higgs, S. (2014). What everyone else is eating: a systematic review and meta-analysis of the effect of informational eating norms on eating behavior. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 114 (3), 414-429.
- Rose, D., Heller, M.C., Willits-Smith, A.M. & Meyer, R.J. (2019). Carbon footprint of self-selected US diets: nutritional, demographic, and behavioral correlates. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 109(3), 526-534.
- Scully, M., Wakefield, M., Niven, P., Chapman, K., Crawford, D., Pratt, I.S., Baur, L.A., Flood, V., Morley, B & NaSST (2012). Association between food marketing exposure and adolescents' food choices and eating behaviors. *Appetite*, 58(1), 1-5.
- Segura-Garcia, C., De Fazio, P., Sinopoli, F., De Masi, R. & Brambilla, F. (2014). Food choice in disorders of eating behavior: correlations with the psychopathological aspects of the diseases. *Comprehensive Psychiatry*, 55 (5), 1203-1211.
- Smith, P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., EElsiddig, E.A., Haberl, H., Harper, R., House, J. & Jafari, M. (2014). Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: Climate Change 2014. Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Telleria-Aramburu, N. & Arroyo-Izaga, M. (2022). Risk factors of overweight/obesity-related lifestyles in university students: Results from the EHU12/24 study. *British Journal of Nutrition*, 127 (6), 914-926.
- Temme, E.H., Toxopeus, I.B., Kramer, G.F., Brosens, M.C., Drijvers, J.M., Tyszler, M. & Ocke, M.C. (2015). Greenhouse gas emission of diets in the Netherlands and associations with food, energy and macronutrient intakes. *Public Health Nutrition* 18(13), 2433-45.
- TUBER (2022). Turkish Ministry of Health. Turkey Dietary Guideline (TUBER) 2022 [Internet]. <https://hsqm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-hareketli-hayat-db/Yayinlar/rehberler/2015-beslenme-rehberi.pdf>. (Alınma Tarihi: 19.10.2023).
- Vilaro, M., Barnett, T., Mathews, A., Pomeranz, J. & Curbow, B. (2016) Income differences in social control of eating behaviors and food choice priorities among southern rural women in the US: A qualitative study. *Appetite* 107, 604-612.
- WHO (2000). World Health Organization (WHO). Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. World Health Organization technical report series 894:i-xii, 1-253.
- Willits-Smith, A., Aranda, R., Heller, M.C. & Rose, D. (2020). Addressing the carbon footprint, healthfulness, and costs of self-selected diets in the USA: a population-based cross-sectional study. *The Lancet Planetary Health*, 4 (3), e98-e106.

Clerodendrum bungei an Ornamental Plant with Several New Records Outside of Parks and Gardens in Türkiye

Kamil COŞKUNÇELEBİ¹, Salih TERZİOĞLU²

¹Karadeniz Technical University, Faculty of Science, Department of Biology, 61080 Trabzon, ²Karadeniz Technical University, Faculty of Forestry, Department of Forest Botany, 61080 Trabzon

¹<https://orcid.org/10000-0001-6432-9807>, ²<https://orcid.org/0000-0003-4146-3514>

✉:sterzi@ktu.edu.tr

ABSTRACT

Clerodendrum bungei (Lamiaceae) is a deciduous shrub that occurs both within its native Asian range and beyond to temperate and tropical regions around the world as a result of both unintentional and intentional introductions for ornamental uses. Although it was listed as an ornamental plant in parks and gardens of Türkiye, this paper presents a list of 55 records including 47 new records of *C. bungei* outside parks and gardens of Black Sea Region. The new list includes 11 records from Artvin, 10 from Rize, 8 from Trabzon, 14 from Giresun, 3 from Ordu, and 1 from Samsun. The rapid increase in the number of new localities outside gardens and parks of Türkiye in the last 10 years shows that the species will become an invasive alien species in this region shortly. So, it will outcompete native plant species and impact habitat values, thus it is important to closely monitor the populations outside parks and gardens in this region and should take the necessary precautions for local farmers and administrations.

Botany

Research Article

Article History

Received : 10.10.2023

Accepted : 26.12.2023

Keywords

Allien species
Black Sea Region
Kismetağacı
Naturalised species
New records

Clerodendrum bungei Türkiye’de Park ve Bahçeler Dışında Çok Sayıda Yeni Kaydı Tespit Edilen Bir Süs Bitkisi

ÖZET

Clerodendrum bungei (Lamiaceae) süs amaçlı kullanımlar için hem kasıtlı hem de kasıtsız olarak, doğal yayılış alanı olan Asya’da ve dünyanın ılıman ve tropikal bölgelerinde yayılış gösteren, yaprak döken bir çalıdır. Türkiye’deki park ve bahçelerde süs bitkisi olarak bildirilmesine rağmen, bu makalede *C. bungei*’nin Karadeniz Bölgesi’nde park ve bahçeler dışında 47 adeti yeni olmak üzere, toplam 55 kaydının bir listesi sunulmaktadır. Sunulan listede, Artvin’den 11, Rize’den 10, Trabzon’dan 8, Giresun’dan 14, Ordu’dan 3 ve Samsun’dan 1 yeni kayıt yer almaktadır. Türkiye’de bahçe ve parklar dışında yeni popülasyonların son 10 yılda hızla artması, türün yakın gelecekte bu bölgede istilacı yabancı bir tür haline geleceğini göstermektedir. Dolayısıyla doğal bitki türlerine üstünlük sağlayacağı ve habitat yapısını etkileyeceğinden, bu bölgedeki park ve bahçe dışındaki popülasyonların yerel yönetici ve çiftçiler tarafından yakından takip edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması önemlidir.

Botanik

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 10.10.2023

Kabul Tarihi : 26.12.2023

Anahtar

Doğallaşmış tür
Karadeniz Bölgesi
Kismetağacı
Yabancı tür
Yeni kayıt

Atıf İçin: Coşkunçelebi, K., & Terzi, S (2024). *Clerodendrum bungei* Türkiye’de park ve bahçeler dışında çok sayıda yeni kaydı tespit edilen bir süs bitkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (5), 1015-1020. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1373789.

To Cite: Coşkunçelebi, K., & Terzi, S (2024). *Clerodendrum bungei* an ornamental plant with several new records outside of parks and gardens in Türkiye. Article title. *KSU J. Agric Nat* 27 (5), 1015-1020. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1373789.

INTRODUCTION

The genus *Clerodendrum* L. (Lamiaceae) is comprised of shrubs, woody vines and perennial herbs (Rueda, 1993). This genus was formerly called Verbenaceae, but it is treated under the Lamiaceae following a series of molecular-based studies (Olmstead et al.,

1993; Wagstaff et al., 1998). It is one of the largest genera within the Lamiaceae (Labiatae) and native to tropical, subtropical regions of both hemispheres and well known for its showy and attractive ornamental and frequently cultivated species (Wearn & Mabberley, 2011).

Clerodendrum is represented by *C. bungei* Steud. (Kismetağacı) and *C. trichotomum* Thunb. (Hoş kismetağacı) as indoor and outdoor ornamental plants in parks and gardens in Türkiye (Aslan, 2014; Güner et al., 2012). Both species were first planted in parks and gardens of Türkiye as ornamental plants, however, *C. bungei* has become naturalized on the edges of roads at altitudes of 0–500 m a.s.l. in the Black Sea Region of Türkiye (Aslan, 2014) and present observation revealed that it has gained an invasive feature in the cited region. It is well known that such plant species mostly introduced by humans deliberately or else through human activity or unintentionally from one area to another have negative effects on native flora in various ways (Wilson & Hoch 2009; Gupta et al., 2021). In the last few decades, it has been reported that many alien species became invasive due to several human activities in several ecosystems of Türkiye. In the previous decades, several alien species have been reported from Türkiye such as *Sicyos angulatus* L. (Duman & Güner, 1996; Terzioğlu ve Anşın, 1999), *Rhus chinensis* Mill. (Terzioğlu & Coşkunçelebi, 2017), *Impatiens glandulifera* Royle (Coşkunçelebi & Terzioğlu, 2022), *Reynoutria japonica* Houtt. (Karaer et al., 2020) and *Spiraea japonica* (L.) Desv. (Terzioğlu & Coşkunçelebi, 2022). One of these alien species, *Sicyos angulatus*, has been reported to have rapidly increased its population in the east of the Black Sea Region in the last twenty years, causing damage to both ecological and agricultural areas (Terzioğlu et al., 2014). Therefore, the populations of such new naturalized alien species must be monitored, and necessary precautions must be taken to prevent them from spreading further outside parks and gardens and becoming invasive (Emiroğlu et al., 2022).

In this paper, the new distribution records outside of parks and gardens of *C. bungei* with high invasion potential in the agricultural areas of the middle and east of the Black Sea Region of Türkiye are presented and discussed.

MATERIAL and METHODS

Clerodendrum bungei was identified using morphological characters provided by Aslan et al. (2009). Field surveys were conducted in the Black Sea Region during field studies on invasive alien species of terrestrial areas and inland waters in Türkiye (TERIAS, 2020). The list of new distribution records of the species is ordered alphabetically by the names of the cities including the name of the administrative area, the name of localities with GPS coordinates, altitudes and the date of collection/observation. However, only two selected voucher specimens were deposited in both herbaria at Karadeniz Technical

University, Faculty of Forestry (KATO: 19256!) and Faculty of Science (KTUB: Coşkunçelebi 1443!). The physiographic division of Türkiye followed by Davis et al., (1965) and Güner et al. (2012).

RESULTS and DISCUSSION

Invasive alien species (introduced species) pose one of the greatest threats to biodiversity and alter land use natural disturbance patterns, and ecosystem processes such as nutrient cycling (CBD, 2010). After habitat destruction, they are also considered the second most significant threat to biodiversity (Wilcove et al., 1998). Thanks to their wide ecological adaptability, they occupy the places of natural species in the new habitats they enter, causing damage and changes in the ecosystem that are very difficult to restore. Humans spend billions of dollars yearly to reduce the losses caused by invasive alien species (McGeoch et al., 2010). The number of invasive plant species in Türkiye has increased significantly in recent decades (Coskunçelebi & Terzioğlu, 2022). Detecting the new records of invasive species in agricultural and natural areas is one of the most important steps to eliminate them. *C. bungei* is reported as an ornamental plant species in parks and gardens of the Middle and East Black Sea (Aslan, 2012). The fruits of this species are eaten by birds, which also disperse the seeds (Moldenke, 1985). This deciduous shrub grows rapidly up to 1.8 m in height escapes from gardens and rapidly forms a spreading colony in NE Anatolia (Figure 1).

According to Aslan et al. (2009) *C. bungei* is reported from Trabzon (Yomra, Yesilyurt village, 500 m a.s.l., roadside), Samsun (Çarşamba, Değirmenbası, 10-15 m a.s.l.; Salıpazarı, Karaman Village, 300 m a.s.l.) and Artvin (Hopa, road to Artvin, roadside). However, during the field study, an ongoing project on another invasive alien species bur cucumber (*Sicyos angulatus*), new localities for the species were recorded or/and observed in 2020 by the present authors. The list contains 46 new records of *C. bungei*, including 11 records from Artvin, 10 from Rize, 8 records from Trabzon, 14 records from Giresun, 3 from Ordu and 1 from Samsun (Table 1, Figure 2). These new localities show that *C. bungei* continues to increase its distribution ranges and population density rapidly in the east of the Black Sea Region. The fact that this species has escaped from gardens to natural environments in the last 10 years poses a danger to both the natural ecosystem and the agricultural activities in the area. For this reason, the species should be monitored by local governments and farmers in the region and the necessary measures should be implemented in the future.



Figure 1. a: Blooming flowers; b: Coordinate; c: Habit; d-k: Habitats (d-g: Along the road, h: Edge of tea plantation, i: Garden, j: Cemetery, k: Woodland).

Şekil 1. a: Açmış çiçekler; b: Koordinat; c: Habitus; d-k: Habitatlar (d-g: Yol boyu, h: Çay bahçesi kenarı, i: Bahçe, j: Mezarlık, k: Orman).

Table 1. Records of *Clerodendrum bungei* in Türkiye (NR: New records. Altitudes are given relative to sea level).

Çizelge 1. *Clerodendrum bungei*'nin Türkiye'deki kayıtları (NR: Yeni kayıtlar. Rakımlar deniz seviyesine göre verilmiştir).

-No	Square (Davis, 1974) and locality information	Remarks
1	A8 Artvin, Arhavi, Aşağı Hacılar, Çamlı, 04.08.2020, 19 m, 41.377071N, 41.361482E	NR
2	A8 Artvin, Hopa, Sarp merkez, 04.08.2020, 29 m, 41.518456N, 41.548668E	NR
3	A8 Artvin, Hopa, Kazimiye, 04.08.2020, 182 m, 41.511163N, 41.563959E	NR
4	A8 Artvin, Hopa, Kazimiye, 04.08.2020, 236 m, 41.507885N, 41.563913E	NR
5	A8 Artvin, Hopa, Kazimiye, 04.08.2020, 195 m, 41.511909N, 41.564036E	NR
6	A8 Artvin, Hopa, Üçkardeş, 04.08.2020, 72 m, 41.493333N, 41.556667E	NR
7	A8 Artvin, Hopa, Çamurlu, 04.08.2020, 58 m, 41.491944N, 41.566564E	NR
8	A8 Artvin, Borçka, Çifteköprü, 07.08.2020, 585 m, 41.387642N, 41.550941E	NR
9	A8 Artvin, Borçka, Muratlı, 05.08.2020, 82 m, 41.484032N, 41.711317E	NR
10	A8 Artvin, Hopa, Çavuşlu, 07.08.2020, 111 m, 41.388382N, 41.488793E	NR
11	A8 Artvin, Hopa-Artvin Çamburnu Tabiatı Koruma Alanı yolu güzergahı, yol kenarları, çalılık içinde, 275 m, 21.06.2013, Ş.İŞİK 184	Işık & Eminağaoğlu (2023)
12	A8 Artvin, Borçka, Demirciler, 05.08.2020, 180 m, 41.368886N, 41.636204E	NR
13	A8 Artvin, Borçka, Güreşen Köyü Köprüsü mevkii, yol kenarı, 115 m, 08.04.2013, Ş.İŞİK 183	Işık & Eminağaoğlu (2023)
14	A8 Artvin, Hopa, Hopa yolu, 01.10.2007, 10 m, 41.387786N, 41.413308E	Aslan et al. (2009)
15	A8 Rize, Çamlıhemşin, Kavak, Dikkaya Köyü, 18.08.2020, 342 m, 41.083614N, 41.026563E	NR
16	A8 Rize, Kalkandere, Ünalın, 19.08.2020, 526 m, 40.927206N, 40.498368E	NR
17	A8 Rize, Ardeşen, Işıklı, 07.08.2020, 119 m, 41.200396N, 41.043162E	NR
18	A8 Rize, Ardeşen, Işıklı, 07.08.2020, 20 m, 41.208415N, 41.051140E	NR

19	A8 Rize, Ardeşen, Seslikaya, 07.08.2020, 183 m, 41.153110N, 41.026307E	NR
20	A8 Rize, Ardeşen, Akdere, 07.08.2020, 310 m, 41.137009N, 41.037821E	NR
21	A8 Rize, Çayeli, Beyazsu Köyü, 07.08.2020, 52 m, 41.053699N, 40.726394E	NR
22	A8 Rize, Çamlıhemşin, Behice, 18.08.2020, 274 m, 41.086474N, 41.037044E	NR
23	A8 Rize, Çamlıhemşin, Merkez, 18.08.2020, 305 m, 41.044534N, 41.006375E	NR
24	A8 Rize, İyidere, Hazar, 08.08.2020, 120 m, 40.993662N, 40.345320E	NR
25	A7 Trabzon, Maçka, Coşandere, 25.08.2020, 534 m, 40.766201N, 39.602265E	NR
26	A8 Trabzon, Of, Çaltılı, Hayrat Yolu, 08.08.2020, 57 m, 40.957489N, 40.307500E	NR
27	A8 Trabzon, Of, Eskipazar, 08.08.2020, 16 m, 40.970471N, 40.310585E	NR
28	A7 Trabzon, Maçka, Yazlık Köyü, 25.08.2020, 736 m, 40.776783N, 39.620006E	NR
29	A7 Trabzon, Ortahisar, Yeşilbük, 25.08.2020, 283 m, 40.921682N, 39.733588E	NR
30	A7 Trabzon, Ortahisar, Yeşilbük Köyü Yolu, 25.08.2020, 211 m, 40.923625N, 39.747968E	NR
31	A7 Trabzon, Ortahisar, Yeşilbük Köyü, 25.08.2020, 320 m, 40.918359N, 39.754393E	NR
32	A8 Trabzon, Of, Yemişalan, 25.08.2020, 191 m, 40.908552N, 40.296835E	NR
33	A8 Trabzon, Yomra, Yeşilyurt Köyü, 08.08.2006, 500 m, 40.922216N, 39.775177E, ibid., 25.06.2008, S. Aslan 2620	Aslan et al. (2009)
34	A7 Giresun, Eynesil, Ören, 11.08.2020, 211 m, 41.039997N, 39.149878E	NR
35	A7 Giresun, Eynesil, Ören Köyü Yolu, 11.08.2020, 272 m, 41.035324N, 39.148428E	NR
36	A7 Giresun, Eynesil, Ören, 11.08.2020, 365 m, 41.019205N, 39.144336E	NR
37	A7 Giresun, Eynesil, İshaklı, 11.08.2020, 295 m, 41.036096N, 39.128312E	NR
38	A7 Giresun, Eynesil, Köseli, 11.08.2020, 33 m, 41.053853N, 39.126895E	NR
39	A7 Giresun, Eynesil, Köseli, 11.08.2020, 10 m, 41.055150N, 39.126790E	NR
40	A7 Giresun, Görele, Çavuşlu, 11.08.2020, 5 m, 41.042009N, 39.072011E	NR
41	A7 Giresun, Eynesil, Derebaşı, 11.08.2020, 135 m, 41.057042N, 39.155998E	NR
42	A7 Giresun, Görele, Sayfiye, Manastır Yolu, Dayılı, 11.08.2020, 115 m, 41.019493N, 39.003657E	NR
43	A7 Giresun, Keşap, Çamlıca, 12.08.2020, 600 m, 40.776102N, 38.540724E	NR
44	A7 Giresun, Yağhdere, Ümütbükü, 12.08.2020, 301 m, 40.774490N, 38.670160E	NR
45	A7 Giresun, Tirebolu, Düzköy, 12.08.2020, 16 m, 40.964065N, 38.741698E	NR
46	A7 Giresun, Tirebolu, Adabük, Arageriş, 12.08.2020, 110 m, 40.952470N, 38.761989E	NR
47	A7 Giresun, Tirebolu, Demirci, Halkoval, 12.08.2020, 10 m, 41.009678N, 38.866160E	NR
48	A6 Ordu, Perşembe, Ordu, Efirli, 02.09.2020, 10 m, 41.023752N, 37.810678E	NR
49	A6 Ordu, Perşembe, Ramazan, 02.09.2020, 258 m, 41.105410N, 37.733179E	NR
50	A6 Ordu, Fatsa, Ayazlı, 02.09.2020, 9 m, 41.022501N, 37.479051E	NR
51	A6 Samsun, Terme, Gündoğdu, 23.08.2020, 15 m, 41.214771N, 36.935575E	NR
52	A6 Samsun, Çarşamba, Değirmenbaşı Mahallesi, 14.07.2005, 15 m, 41.189449N, 36.719500E	Aslan et al. (2009)
53	A6 Samsun, Salıpazarı, Karaman Köyü, 01.06.2007, 300 m, 41.052755N, 36.802066E	Aslan et al. (2009)
54	A6 Samsun, Salıpazarı, Merkez, 01.09.2008, 70 m, 41.079716N, 36.826125E	Aslan et al. (2009)
55	A3 Düzce, Aydınpınar Şelalesi, şelalenin batısı, 154 m, 19.06.2014, 40° 44' 33.3" K, 31° 05' 56.3" D, MSZK 1096	Seydioğlu & Kaya (2016)

Clerodendrum bungei distributes 0-500 m a.s.l. in Türkiye (Aslan et al., 2009) however, we described its highest distribution at 736 m a.s.l. in A7 Trabzon: Maçka-Yazlık Köyü. It is an early successional colonizer via root runners of gardens, cemeteries, and degraded lands along the roads. This is because it can easily become invasive and displace native vegetation if not properly controlled in the newly arrived areas of the Black Sea Region. Additionally, *C. bungei* has the potential to hybridize with *C. trichotomum* and share the same habitats somewhere in Türkiye, which can lead to the formation of invasive hybrids. The invasive effects of *C. bungei* can have a negative impact on native ecosystems, including reduced biodiversity and alterations in ecosystem processes. Thus, it is important to monitor and control the

spread of this species in regions where it is considered invasive in Türkiye.

C. bungei is one of the species of this genus that in traditional medicine, in China, leaves and stems are used for detoxification (Wu & Raven, 1994; Kasmaei et al., 2022) and its rhizome has been reported to be used in the treatment of livestock diseases (Shen et al. 2010). Furthermore, work suggests that the essential oil of *C. bungei* has promising potential to develop into botanical repellents to control pest damage in warehouses and grain stores (Lu et al., 2021). For these purposes, collecting materials of this species from its newly introduced ecosystems may both support the local people financially and contribute to controlling invasions in the Black Sea Region.

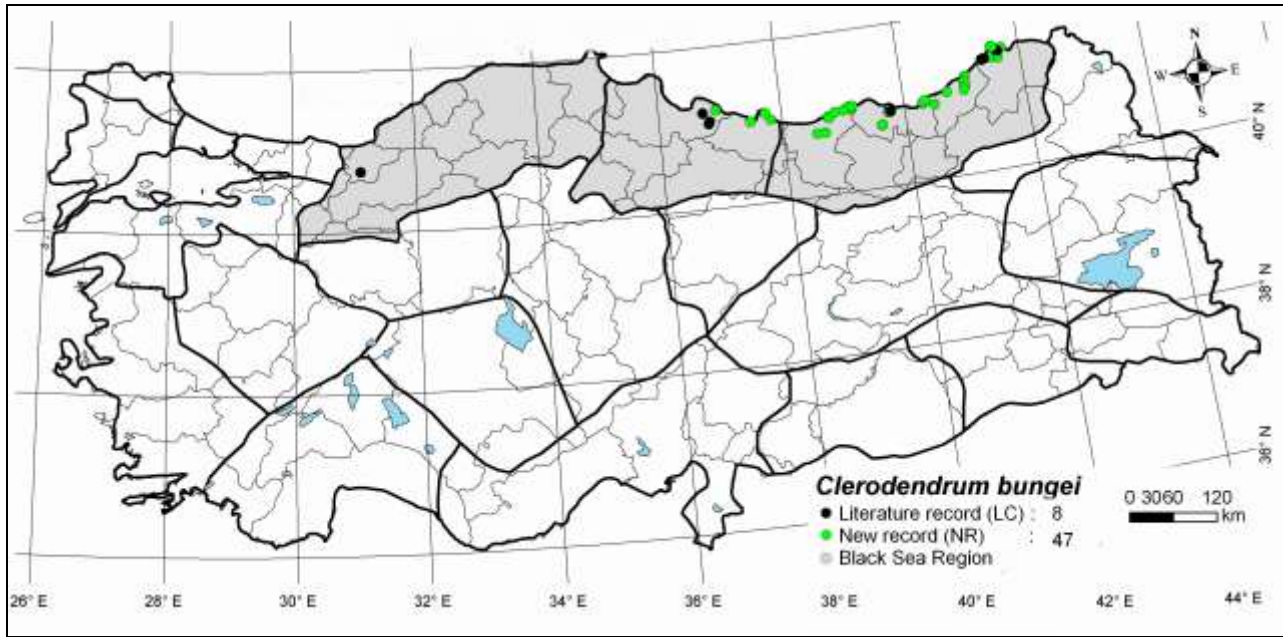


Figure 2. Distribution map of *Clerodendrum bungei* in Black Sea Region.

Şekil 2. *Clerodendrum bungei*'nin Karadeniz Bölgesi'ndeki yayılış haritası.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors want to express their special thanks to DAI Global Austria GmbH & Co. KG and the Republic of Türkiye Ministry of Agriculture and Forestry for the financial support during field studies. We would also like to thank Dr. Murat Erdem Güzel for his help in drawing the distribution map.

Statement Contribution of the Authors

The authors declare the contribution of the authors is equal.

Statement of Conflict of Interest

The authors have declared no conflict of interest

REFERENCES

- Aslan, S., Şahin, B., Vural, M., (2009). On the Turkish *Clerodendrum* L. (Verbenaceae). *BioDiCon* 2(1), 10-13.
- Aslan, S. (2012). *Clerodendrum* L. Şu eserde: Güner A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. & Babaç, M.T. (edlr). Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul.
- Aslan, S. (2014) *Clerodendrum* L. (Editor) Akkemik, U. (2014). Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları II. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- CBD, (2010). Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Year in Review 2009. Montreal, 42 pages.

- Coşkunçelebi, K. & Terzioğlu, S. (2022b). Contribution to the Alien Flora of Turkey: *Impatiens glandulifera* Royle (Balsaminaceae). *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 25 (1), 78-82.
- Davis, P.H. (1965). Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 1. Edinburgh University Press, Edinburgh, pp. 1-26.
- Davis, P.H. (1974). Distribution Patterns in Anatolia with Particular Reference to Endemism. In Davis, Harper and Hedge (eds.) Plant life of South-West Asia. Univ. Press, Aberdeen.
- Duman, H., & Güner, A. (1996). A new record for the Flora of Turkey. *Turkish Journal of Botany* 20(4), 383-385.
- Emiroğlu, O., Coşkunçelebi, K., Terzioğlu, S., Yoğurtçuoğlu, B., Yavuz, K., Ayaz, D., Çiçek, K., Kozbaş, A.İ. (2022). Türkiyedeki Karasal İstilacılar, DAI, pp 208.
- Gupta, S., Kumar, N., Verma, D., Bachheti, A., Arya, A.K., Joshi, K.K. & Bachheti, R.K. (2021). Impacts of invasive alien plant species on biodiversity in the regions of Western Himalayas, India: An overview. In: Biological Diversity: Current Status and Conservation Policies, Volume 1, Eds. Kumar., V., Kumar, S., Kamboj, N., Payum, T., Kumar, P. and Kumari, S. pp. 123-135.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. & Babaç, M.T. (2012). A Checklist of the Flora of Turkey (Vascular Plants), Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul.
- Işık, Ş., Eminağaoğlu, Ö. (2023). Artvin İli Hopa ve Kemalpaşa İlçelerinin Karadeniz'e Bakan Kuzey

- Yamaçlarının Florası. *Turk Journal of Biod.* 6(1), 21-461.
- Karaer, F., Terzioğlu, S., Kutbay, H.G. (2020). A New Genus Record for the Flora of Turkey: *Reynoutria* (Polygonaceae). *KSU Journal of Agric Nat.* 23 (3), 606-610.
- Kasmaei, Z.A., Shafighi, T., Jaliseh, S.A. (2022) The Extract Analysis and Antibacterial Survey of Different Parts of Gilan Native *Clerodendrum bungei* on Clinical Isolates. *Journal of Medicinal Plants and By-Products Special Issue*, 17-27.
- Lu, X.X., Hu, N.N., Du, Y.S., Almaz, B., Zhang, X., Du, S.S. (2021). Chemical compositions and repellent activity of *Clerodendrum bungei* Steud. essential oil against three stored product insects. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences* 29, 469-475.
- McGeoch, M.A., Butchart, S.H.M., Spear, D., Marais, E., Kleyhans, E.J., Symes, A., Chanson, J., Hoffmann, M. (2010). Global indicators of biological invasion: species numbers, biodiversity impact and policy responses. *Divers. Distrib.* 16, 95-108.
- Moldenke, H.N. (1985). Notes on the genus *Clerodendrum* (Verbenaceae). *Phytologia* 57, 303-310, 334-365, 386-404; 58: 329-359.
- Olmstead, R.G., Bremer, B., Scott, K.M., Palmer, J.D. (1993). A parsimony analysis of the Asteridae sensu lato based on rbcL sequences. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 80, 700-722.
- Rueda, R.M. (1993). The Genus *Clerodendrum* (Verbenaceae) in Mesoamerica, *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 80 (4), 870-890.
- Seydioğlu, A.M. ve Kaya, Z. (2016). *Aydınşınar Şelalesi ve Çevresinin Florası*. [Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Botaniği Anabilim Dalı.] Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Shen, S., Qian, J., Ren, J. (2010). Ethnoveterinary plant remedies used by Nu people in NW Yunnan of China. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 6, 1-10.
- TERIAS, 2022. Addressing of Invasive Alien Species Threats in Terrestrial Areas and Inland Waters in Turkey (TERIAS). DAI Global Austria GmbH & Co KG.
- Terzioğlu, S., & Anşın, R. (1999). A contribution to exotic plants of Turkey: *Sicyos angulatus* L. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 23(3), 359-362.
- Terzioğlu, S. & Coşkunçelebi, K. (2017) *Rhus chinensis* var. *chinensis* (Anacardiaceae): a new alien record for the flora of Türkiye. *Phytologia Balcanica* 23(2), 167-170.
- Terzioğlu, S. & Coşkunçelebi, K. (2022). A New Alien Species for The Flora of Türkiye: *Spiraea japonica* (Rosaceae). *Kastamonu University Journal of Forestry* 22 (2), 161-166.
- Terzioğlu, S., Coşkunçelebi, K., & Başkent, E. Z. (2014). İtdolanbacı (*Sicyos angulatus* L.) Tür Mücadele Eylem Planı (20152017). TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı DKMP Genel Müdürlüğü, Ankara, 25.
- Wagstaff, S.J., Hickerson, L., Spangler, R., Reeves, P.A., Olmstead, R.G. (1998). Phylogeny in Labiatae s.l., inferred from cpDNA sequences. *Pl. Syst. Evol.* 209, 265-274.
- Wearn, J.A., Mabberley, D.J. (2011). *Clerodendrum* confusion—redefinition of, and new perspectives for, a large Labiate genus. *Gardens' Bulletin Singapore* 63(1 & 2), 119-124.
- Wilcove, D.S., Rothstein, D., Dubow, J., Phillips, A., Losos, E. (1998). Quantifying Threats to Imperiled Species in the United States. *Bioscience*, 48(8), 607-615.
- Wilson, R.L., Hoch. W.A. (2009). Identification of Sterile, Noninvasive Cultivars of Japanese Spirea. *Hortscience* 44(7), 2031-2034.
- Wu, Z.Y., Raven, P.H. (1994). Flora of China, (Verbenaceae - Solanaceae). Science Press, Beijing and Missouri Botanical Garden Press, St. Louis. 17, 34.

Evaluation of Some Biochemical Parameters In Saanen Goats Naturally Infected With *Mycoplasma agalactiae*

Sezai ARSLAN✉

Department of Internal Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Tekirdag Namik Kemal University, Tekirdağ, Türkiye.

<https://orcid.org/0000-0001-9537-6024>

✉: sarslan@nku.edu.tr

ABSTRACT

Mycoplasma agalactiae in sheep and goats causes significant economic losses worldwide. The disease can cause mastitis, arthritis, ophthalmitis and less commonly abortion. This study aimed to reveal what kind of changes the disease causes in routine biochemical parameters and PCT and CRP levels in naturally infected goats. The material of the study consisted of fifteen naturally infected with *Mycoplasma agalactiae* and nine healthy (control group) female goats in a private commercial enterprise. *M. agalactiae* was diagnosed by a growth inhibition test in milk and blood serum. Serum biochemical analysis was performed by autoanalyzer. In the statistical study conducted between the control and infected groups, a significant decrease was found in albumin levels and A/G ratio in the infected group, and a significant increase in globulin, chlorine and potassium levels. No significance could be determined in levels of ALT, AST, D.BIL, T.BIL, BUN, Creatinine, Urea, Glucose, Na, P, CRP and PCT. As a result, it was revealed that PCT is not an important biomarker in goats with *Mycoplasma agalactiae*.

Biochemistry

Research Article

Article History

Received : 12.02.2024

Accepted : 03.04.2024

Keywords

Mycoplasma agalactiae

Biochemical

PCT

CRP

Goat

Mycoplasma agalactiae ile Doğal İnfekte Sanen Keçilerinde Bazı Biyokimyasal Parametrelerin Değerlendirilmesi

ÖZET

Koyun ve keçilerde *Mycoplasma agalactiae*, dünya çapında önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Hastalık, mastitis, artrit, oftalmitis ve daha az yaygın olarak abort yapabilir. Bu çalışmanın amacı, doğal olarak enfekte olan keçilerde hastalığın rutin biyokimyasal parametreleri ile PCT ve CRP seviyelerinde meydana gelen değişiklikleri ortaya koymaktır. Çalışmanın materyalini, özel bir ticari işletmede doğal olarak *Mycoplasma agalactiae* ile enfekte olmuş 15 ile 9 adet sağlıklı (kontrol grubu) dişi keçi oluşturmaktadır. *M. agalactiae*, süt ve kan serumunda Growth Inhibition Test ile teşhis edildi. Serum biyokimyasal analizi otomatik analizör ile yapıldı. Kontrol ve enfekte gruplar arasında yapılan istatistiksel çalışmada, enfekte gruplarda albümin seviyelerinde ve A/G oranında önemli bir azalma, globulin, klorin ve potasyum seviyelerinde ise önemli bir artış tespit edildi. ALT, AST, D.BIL, T.BIL, BUN, kreatinin, üre, glukoz, Na, P, CRP ve PCT seviyelerinde anlamlılık belirlenemedi. Sonuç olarak, *Mycoplasma agalactiae* enfeksiyonlu keçilerde PCT'nin önemli bir biyobelirteç olmadığı ortaya konuldu.

Biyokimya

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 12.02.2024

Kabul Tarihi : 03.04.2024

Anahtar Kelimeler

Mycoplasma agalactiae

Biyokimyasal

PCT

CRP

Keçi

Atıf Şekli: Arslan, S (2024). *Mycoplasma agalactiae* ile Doğal İnfekte Sanen Keçilerinde Bazı Biyokimyasal Parametrelerin Değerlendirilmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (5), 1021-1025. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1435506.

To Cite : Arslan, S (2024). Evaluating Some Biochemical Parameters In Saanen Goats Naturally Infected With *Mycoplasma agalactiae*. *KSU J. Agric Nat* 27(5), 1021-1025. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1435506.

INTRODUCTION

Contagious agalactia is a common disease that is seen in sheep and goats worldwide and causes significant economic losses (Corrales et al., 2007; Kumar et al.,

2014; Jaý & Tardy, 2019). The main microorganism of contagious agalactia in sheep and goats is *Mycoplasma agalactiae* (*M. agalactiae*). However, Contagious agalactia is caused by *Mycoplasma*

mycoides subsp. mycoides (large colony type) (MmmLC) and *Mycoplasma capricolum subsp. capricolum* (Mcc) (Bergonier et al., 1997). Contagious agalactia causes severe mastitis, arthritis, ophthalmitis (Kusiluka & Kambarage, 1996) and sometimes respiratory disease (Bergonier et al., 1997). Less frequently, it may cause abortion during advanced pregnancy (Bergonier et al., 1997). Clinical signs can be observed 5 to 7 days after inoculation of infective organisms or 60 days after infective organisms are removed from the environment. Clinical cases are most common in spring (Anderson et al., 2002). The organism is excreted with milk, urine, faeces, eye and nasal discharge for months, and this may be a source of infection for other animals in the herd (Plummer & Plummer, 2012). Mortality rate can be detected up to 20% in untreated animals. (Smith & Sherman, 2009).

In recent years, procalcitonin (PCT) has become a promising new biomarker for the early detection of systemic bacterial infections (Cleland & Eranki, 2022). A correlation between PCT and the severity of sepsis has been observed, and PCT-levels are low or only slightly elevated in patients without bacteremia or systemic infection (Assicot et al., 1993; Durnaš et al., 2016). The concentration of procalcitonin (PCT) increases in bacterial infections, but not in viral infections (Moulin et al., 2001; Matur et al., 2023). Parasitic infections such as malaria (Al-Nawas & Shah, 1997; Uzzan et al., 2006) and babesiosis (Arslan et al., 2018) are also expressed (Hausfater et al., 2007). C-reactive protein (CRP) is an acute-phase protein and a non-specific marker of systemic inflammation (Black et al., 2004; Kang et al., 2009). In individuals with acute disease, cytokines, particularly interleukin-6, stimulate hepatic CRP production and their rising plasma levels (Bock, 2011). Plasma CRP level is increased in various diseases, mostly bacterial infections (Bock, 2011). CRP rises rapidly with the onset of inflammation and decreases with healing (Pincus et al., 2011). CRP is often applied for the detection and preliminary classification of latent infections, as bacterial infections can induce much higher levels of CRP than viral ones (McPherson, 2011).

In a study conducted on goats infected with *M. agalactiae* (Kızıl & Özdemir, 2006), it was reported that body temperature, pulse and respiratory rates increased, but rumen contractions decreased in clinical examination of infected goats. In a biochemical examination, it has been reported that detection of increasing levels of aspartate aminotransferase (AST) and lactate dehydrogenase (LDH) activity in plasma, whereas decreasing levels of plasma total protein, albumin and glucose concentrations. Moreover, no significant changes were detected in PCV, Hb, alkaline phosphatase (AP) and

γ-glutamyl transferase (GGT) activity, sodium, potassium and chloride concentrations.

Biochemical reports on *M. agalactiae* in goats are inconclusive. There are no studies on PCT levels in goats with *Mycoplasma agalactiae*. This study aimed to determine the changes in clinical and biochemical values including CRP and PCT in goats naturally infected with *Mycoplasma agalactiae*.

MATERIALS and METHODS

Ethical Statement

The ethical approval of this study was obtained from the Local Ethic Committee of Animal Experiments at Tekirdag Namik Kemal University (T2021-576).

Animals and Clinical Examination

The study material consisted of 24 female Saanen goats (aged 3-6 years), 15 naturally infected with *M. agalactiae* (infected group) and 9 healthy (control group). All goats in the study were bred on a private commercial farm in Kırklareli district of Türkiye with the same feeding, housing and management conditions. None of these animals had been vaccinated against *M. agalactiae*. On clinical examination, sick animals had symptoms of mastitis, arthritis, and keratoconjunctivitis specific to contagious agalactia. Control animals had no history of symptoms or signs associated with contagious agalactia.

Microbiological Procedure

Blood samples were taken from the vena jugularis into sterile tubes (Kaygısız & Sönmez, 2018; Akkose, 2020). Sera was obtained by centrifugation of blood samples at 3000 rpm for 20 minutes. Some of the serum samples, milk samples and some internal organs of the dead animals were transported to Mycoplasma National Reference Laboratory of Pendik Veterinary Control and Research Institute under freezing conditions. Some of the serum samples were also stored at -20°C for biochemical analysis. A growth inhibition test in milk and blood serum and latex agglutination test for *Mycoplasma capricolum subspecies capripneumoniae* was performed for the diagnosis of *M. agalactiae* (TCGTHB, 2014). In addition, the indirect ELISA test (IDvet, France) for the detection of antibodies to *M. agalactiae* in the sera of the infected and healthy goats was performed according to the manufacturer's instructions for use.

Biochemical Parameters

Serum Sodium (Na), potassium (K), chlorine (Cl), phosphorus (P), Calcium (Ca²⁺), Total protein (TP), Albumin, Alanine aminotransferase (ALT), Aspartate aminotransferase (AST), Direct bilirubin (D.BIL), Total bilirubin (T.BIL), Urea (U), Creatinine (CR),

Glucose (GLU) and C-reactive protein (CRP) concentrations were analyzed with an autoanalyzer (Roche, Hitachi cobas® 6000, biochemistry analyzer, Germany/Japan). Serum procalcitonin (PCT) levels were measured with an immunoassay autoanalyzer

(Roche/Hitachi cobas® e411, Germany/Japan). Serum Globulin (G) values were obtained by subtracting the serum albumin value from the serum Total protein value for each goat and Albumin/Globulin (A/G) ratios were calculated for each goat.

Table 1. Biochemical parameters in control and naturally infected goats

Çizelge 1. Kontrol ve doğal olarak enfekte keçilerde biyokimyasal parametreler

Parameters	Units	Infected Group (X±Sx)		Control Group (X±Sx)		P
TP	g dL ⁻¹	7.43	± 0.30	6.84	± 0.16	0.174
ALB	g dL ⁻¹	2.69	± 0.1	3.30	± 0.04	0.000
G	g dL ⁻¹	4.74	± 0.27	3.55	± 0.18	0.001
A/G	-	0.6	± 0.04	0.94	± 0.05	0.000
ALT	U L ⁻¹	15.07	± 3.67	14.89	± 1.54	0.892
AST	U L ⁻¹	89.07	± 22.00	84.89	± 10.60	0.601
D.BIL	mg dL ⁻¹	0.02	± 0.02	0.02	± 0.01	0.893
T.BIL	mg dL ⁻¹	0.14	± 0.04	0.13	± 0.01	0.285
BUN	mg dL ⁻¹	12.33	± 1.76	12.33	± 0.50	1.000
CRE	mg dL ⁻¹	0.38	± 0.08	0.38	± 0.04	0.938
UREA	mg dL ⁻¹	26.24	± 4.00	26.33	± 0.91	0.946
GLU	mg dL ⁻¹	49.67	± 4.40	50.00	± 4.27	0.858
K	mmol L ⁻¹	3.52	± 0.18	3.37	± 0.20	0.035
Na	mmol L ⁻¹	140.07	± 2.09	140.67	± 1.32	0.449
Cl	mmol L ⁻¹	97.63	± 2.11	95.63	± 0.52	0.003
P	mg dL ⁻¹	4.78	± 1.32	4.97	± 0.74	0.699
CRP	mg L ⁻¹	0.05	± 0.07	0.03	± 0.02	0.414
PCT	ng mL ⁻¹	<0.02		<0.02		1.000

Statistical Analysis

Statistical analyses were performed using the IBM SPSS Statistics 24 statistical software. The normality of data was analyzed with the Shapiro-Wilk test. Non-parametric Mann-Whitney U and parametric t-tests were used for comparing the groups. Statistical significance was determined as $p < 0.05$.

RESULTS and DISCUSSION

In the herd, clinical findings such as loss of appetite, depression, fatigue, diarrhoea, mastitis, arthritis and keratoconjunctivitis were widely seen in the goats. The infection started with mastitis characterized by increased udder heat, pain and swelling, followed by udder atrophy and a decrease in the amount and quality of milk production. In carpal and tarsal joints, swelling and pain were observed in affected goats. Also, mucopurulent exudation, conjunctivitis, corneal opacity and keratitis were detected in the eyes. Respiratory signs ranged from mild cough to dyspnea.

M. agalactiae was isolated and identified from milk and serum samples. *Mycoplasma capricolum subspecies capripneumoniae* could not be detected by latex agglutination test. While antibodies against *M. agalactiae* were detected in the affected goats with the indirect ELISA test, they could not be detected in the healthy goats (control group).

Serum biochemical parameters are presented in Table

1. It was detected that a significant decrease in albumin levels and A/G ratio and a significant increase in globulin, chlorine and potassium levels in the infected group. No significance was detected in ALT, AST, D.BIL, T.BIL, BUN, Creatinine, Urea, Glucose, Na, P, CRP and PCT levels when comparing the infected and healthy goats.

In studies on other mycoplasma species (Mondal et al., 2004; Shah et al., 2017), total serum protein and albumin were found to be significantly decreased. In this study, we have found that a decrease in the amount of albumin in infected goats compared to the control group and the normal levels of liver enzymes may be due to malabsorption disorder of hypoalbuminemia or malnutrition as a result of anorexia due to the disease. Decrement in albumin level was consistent with previous similar studies (Mondal et al., 2004; Kızıl & Ozdemir, 2006). Increment in globulin level in the infected group may be due to the increase in the antibodies of the organism against the infection. Similar biochemical changes have also been reported by Mondal et al. (2004). In a previous study (Mondal et al., 2004), a decrease in the A/G ratio was detected, and in this study, we found a decrease in the A/G ratio in infected goats. This decrease may have occurred due to the increase in the amount of globulin in serum samples.

Although Kızıl and Ozdemir (2006) could not detect a significant difference in potassium and chlorine

levels, an increase in potassium and chlorine levels has been found in infected goats in this current study. This has been suggested that it may be due to metabolic acidosis following diarrhoea. It has been reported that there are increases in AST and ALT in caprine mycoplasmal pneumonia (Mondal et al., 2004), increasing levels of ALT in *Mycoplasma mycoides* subsp. (Shah et al., 2017), and increasing levels of AST and LDH in goats infected with *M. agalactiae* (Kızıl & Özdemir, 2006). In this current study, we could not detect significant changes in AST and ALT levels. This suggests that the agent does not cause a significant failure in the liver. This finding is similar to the study conducted by Rosendal (1981), in which no liver changes were detected in experimentally induced mycoides in goats.

There was no significant difference in PCT levels in goats infected with mycoplasma spp. compared to the control. No study has been found on the effect of *M. agalactiae* on PCT levels in goats. In humans, it has been stated that the PCT levels do not increase in Mycoplasma and Chlamydia infections, which are among atypical bacteria (Self et al., 2017; Saleem, 2019). In the current study, no increase in CRP levels was detected in infected goats. There is no literature available on CRP in goats with *M. agalactiae*. Studies have reported that CRP may not be an acute phase protein in goats (Maudsley et al., 1987; Pathak & Agrawal, 2019).

CONCLUSION

As a result, the absence of increased levels of PCT and CRP in goats with *M. agalactiae* infection can be attributed to the immune response exhibited by the goats. Furthermore, a decrease in albumin levels and an increase in globulin, chlorine, and potassium levels were observed. Therefore, evaluating these parameters is likely to be clinically beneficial in managing the disease.

Acknowledgements

I thank Pendik Veterinary Control Institute for performing the laboratory diagnosis of the disease.

Contribution of Authors

The concept of the study, sample collection, analysis, and writing stages were conducted by SA.

Conflict of Interest

The author declares that they have no potential conflict of interest regarding the authorship and/or publication of this article.

REFERENCES

Akkose, M. (2020). Evaluation of a bovine rapid

visual PAG ELISA test and transabdominal ultrasonography for early pregnancy diagnosis in awassi sheep. *KSU Journal of Agriculture and Nature* 23 (5), 1366-1372. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.668707>.

- Al-Nawas, B., & Shah P. (1997). Procalcitonin in acute malaria. *European Journal of Medical Research*, 2(5), 206-208.
- Anderson, D.E., Hull, B.L., & Pugh, D.G. (2002). Diseases of the Mammary Gland. In: D.G. Pugh (Ed.), *Sheep and goat medicine*. 1st edition, Elsevier, Philadelphia, 355.
- Arslan, S., Altuğ N., Muz, M.N., Yüksek, N., Başbuğan, Y., & Oruç, K.O. (2018). Diagnostic and prognostic value of procalcitonin (PCT), C reactive protein (CRP), nitric oxide (NO) levels, and adenosine deaminase (ADA) activity in sheep with natural babesiosis before and after treatment. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 42, 512-520. <https://doi.org/10.3906/vet-1805-35>.
- Assicot, M., Gendrel, D., Carsin, H., Raymond, J., Guilbaud, J., & Bohuon, C. (1993). High serum procalcitonin concentrations in patients with sepsis and infection. *Lancet*, 341: 515-518. doi:10.1016/0140-6736(93)90277-n.
- Bergonier, D., Berthelot, X., & Poumarat, F. (1997). Contagious agalactia of small ruminants: current knowledge concerning epidemiology, diagnosis and control. *Revue Scientifique et Technique*, 16 (3), 848-873. doi: 10.20506/rst.16.3.1062.
- Black, S., Kushner, I., & Samols, D. (2004). C-reactive Protein. *Journal of Biological Chemistry*, 279, 48487-48490. doi: 10.1074/jbc.R400025200.
- Bock, J.L. (2011). Cardiac Injury, Atherosclerosis, And Thrombotic Disease. In: R.A McPherson, M.R. Pincus, (Eds.), *Henry's Clinical Diagnosis And Management By Laboratory Methods*. 22nd ed., Elsevier, Philadelphia, 254 -255.
- Cleland, D.A., & Eranki, A.P. (2023). Procalcitonin. Apr 23. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan.
- Corrales, J.C., Esnal, A., De la Fe, C., Sánchez, A., Assunção, P., Poveda, J.B., & Contreras, A. (2007). Contagious agalactia in small ruminants. *Small Ruminant Research*, 68 (1-2), 154-166. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.01>.
- Durnaś, B., Wątek, M., Wollny, T., Niemirowicz, K., Marzec, M., Bucki, R., & Gózdź S. (2016). Utility of blood procalcitonin concentration in the management of cancer patients with infections. *Onco Targets and Therapy*, 22 (9), 469-475. doi: 10.2147/OTT.S95600.
- Hausfater, P., Juillien, G., Madonna-Py, B., Haroche, J., Bernard, M., & Riou B. (2007). Serum procalcitonin measurement as a diagnostic and prognostic marker in febrile adult patients presenting to the emergency department. *Critical*

- Care, 11 (3), 1-9. doi: 10.1186/cc5926.
- Jaş, M., & Tardy, F. (2019). Contagious Agalactia In Sheep And Goats: Current Perspectives. *Veterinary medicine (Auckland, N.Z.)*, 27 (10), 229-247. doi: 10.2147/VMRR.S201847.
- Kang, Y.A., Kwon, S.Y., Yoon, H.I., Lee, J.H., & Lee, C.T. (2009). Role of C-reactive protein and procalcitonin in the differentiation of tuberculosis from bacterial community-acquired pneumonia. *The Korean Journal of Internal Medicine*, 24 (4), 337-342. doi: 10.3904/kjim.2009.24.4.337.
- Kaygısız, A., & Sönmez, E. (2018). Süt emme döneminde uygulanan farklı besleme yöntemlerinin siyah alaca buzağların gelişim performansı ve bazı kan parametreleri üzerine etkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi* 21(5), 757-764. doi:10.18016/ksudobil.336717.
- Kizil, O., & Ozdemir, H. (2006). Clinical, haematological and biochemical studies in goats naturally infected with *Mycoplasma agalactiae*. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, 50, 325-328.
- Kumar, A., Rahal A., Chakraborty, S., Verma, A.K., & Dhama, K. (2014). *Mycoplasma agalactiae*, an Etiological Agent of Contagious Agalactia in Small Ruminants: A Review. *Veterinary Medicine International*, 286752, 1-13. doi: 10.1155/2014/286752.
- Kusiluka, L., & Kambarage, D. (1996). *Diseases of small ruminants in sub-Saharan Africa: A Handbook*. 1st. edition, VETAID, Scotland, 64.
- Matur, E., Dokuzeylül, B., Özcan, M., Çetinkaya, H., Arslan, M., Or, E., Erhan, S., & Çötelioglu Ü (2023). Can procalcitonin be used as a clinical biomarker during dogs' bacterial, viral and parasitic infections? *Japanese Journal of Veterinary Research*, 69 (1), 5-17. <https://doi.org/10.14943/jjvr.69.1.5>.
- Maudsley, S., Baltz, M.L., Munn, E.A., Buttress, N., Herbert, J., Feinstein, A., & Pepys, MB. (1987). Isolation and characterisation of goat C-reactive protein. *Biochimica et Biophysica Acta*. 924 (1), 75-80. doi: 10.1016/0304-4165(87)90072-9.
- McPherson, R.A. (2011). Specific Proteins. Henry's Clinical Diagnosis And Management By Laboratory Methods, In: R.A. McPherson, M.R. Pincus (Eds.), *Henry's Clinical Diagnosis And Management By Laboratory Methods*. 22th edition, Elsevier, Philadelphia, 269-270.
- Mondal, D., Pramanik, A.K., & Basak, D.K. (2004). Clinico-haematology and pathology of caprine mycoplasmal pneumonia in rain-fed tropics of West Bengal. *Small Ruminant Research*, 51 (3), 285-295. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00177-3](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00177-3).
- Moulin, F., Raymond, J., Lorrot, M., Marc, E., Coste, J., Iniguez, J.L., Kalifa, G., Bohuon, C., & Gendrel, D. (2001). Procalcitonin in children admitted to hospital with community-acquired pneumonia. *Archives of Disease in Childhood*, 84 (4), 332-336. doi: 10.1136/ad.84.4.332.
- Noomi, B.S., Hadi, K.A., Hiba, Y.K., Azeez, A.A., Jaafar, N.A., & Al-refaai, H.A.N. (2018). Investigating M. agalactiae and studying its effects on some haematological and biochemical parameters in sheep and goats infected with mastitis. *Basrah Journal of Veterinary Research*, 17(3), 761-769.
- Pathak, A., & Agrawal, A. (2019). Evolution of C-Reactive Protein. *Frontiers in Immunology*, 10: 1-12. doi: 10.3389/fimmu.
- Pincus, M.R., & Abraham, N.Z Jr. (2011). Interpreting Laboratory Results. In: R.A. McPherson, M.R. Pincus (Eds.), *Henry's Clinical Diagnosis And Management By Laboratory Methods*. 22nd edition, Elsevier, Philadelphia, 96.
- Plummer, P.J., & Plummer, C. (2012). Diseases of the Mammary Gland. In: D.G. Pugh, A.N. Baird (Eds.), *Sheep and goat medicine*. 2nd edition. Elsevier, Missouri, 460-461.
- Rosendal, S. (1981). Experimental infection of goats, sheep and calves with the large colony type of *Mycoplasma mycoides* subsp. *mycoides*. *Veterinary Pathology*, 18 (1), 71-81. doi: 10.1177/030098588101800108.
- Saleem, A. (2019). Serum Procalcitonin in Lower Respiratory Tract Infections in Adult Patients. *British Journal of Medical Practitioners*, 12 (2), 1-3.
- Self, W.H., Balk, R.A., Grijalva, C.G., Williams, D.J., Zhu, Y., Anderson, E.J., Waterer, G.W., Courtney, D.M., Bramley, A.M., Trabue, C., Fakhran, S., Blaschke, A.J., Jain, S., Edwards, K.M., & Wunderink, R.G. (2017). Procalcitonin as a Marker of Etiology in Adults Hospitalized With Community-Acquired Pneumonia. *Clinical Infectious Diseases* 65 (2), 183-190. doi: 10.1093/cid/cix317.
- Shah, S.S.A., Sadique, U., Hassan, Z.U., Ahmad, S., Khan, H., Shah, M.K., Israr, M., & Rahman, H.U. (2017). Clinico-pathological profile and frequency of *Mycoplasma mycoides* subsp. *Capri* infection in goats in the northern zone of Khyber-Pakhtunkhwa, Pakistan. *Veterinaria*, 66 (2), 72-77.
- Smith, M.C., & Sherman, D.M. (2009). *Goat Medicine*, 2nd ed., Singapore: Wiley-Blackwell, 662.
- TCGTHB (Türkiye Cumhuriyeti Gıda Tarım Hayvancılık Bakanlığı) (2014). *Teşhiste Metot Birliği, Bakteriyoloji*, Cilt 1.155-185 sy.
- Uzzan, B., Izri, A., Durand, R., Deniau, M., Bouchaud, O., & Perret, G.Y. (2006). Serum procalcitonin in uncomplicated falciparum malaria: a preliminary study. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 4 (2), 77-80. doi 10.1016/j.tmaid.2005.04.003.

Investigation (In-Vitro) of Antiproliferative Properties of *Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) E. Hegewald Extracts in Various Cancer Cell Lines

Tuğba DEMİRİZ YÜCER¹

Karabük University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Karabük

<https://orcid.org/0000-0002-2494-4511>

✉: tugbayucer@karabuk.edu.tr

ABSTRACT

In this study, the antiproliferative effects of *Pseudopediastrum boryanum* isolated and cultured from Tokat Yeşilirmak River benthic habitats were investigated with in-vitro experiments. The Anticancer activity of algae extracts was tested in cancer cell lines using the BrdU cell proliferation ELISA method. Vero (African Green Monkey Kidney Tumour Cells) and HeLa (Human Uterine Carcinoma Cells) were examined in concentrations of 100, 250 and 500 µg mL⁻¹. As a result of antiproliferative tests, *P. boryanum* was found to have effective anti-cancer properties. *P. boryanum* extract concentrations of 250 and 500 µg mL⁻¹ had a significant cytotoxic effect on Vero and HeLa cell lines after 24 hours. According to the results, *P. boryanum* is estimated to be a good option for quantitative pharmaceutical analyses and could be evaluated in the pharmaceutical industry.

Microbiology

Research Article

Article History

Received : 16.01.2024

Accepted : 28.03.2024

Keywords

Antiproliferative effect

BrdU

Chlorophyta

Pseudopediastrum boryanum

Pseudopediastrum boryanum (Turpin) E. Hegewald Ekstraktlarının Çeşitli Kanser Hücre Hatlarında Antiproliferatif Özelliklerinin (In Vitro) Araştırılması

ÖZET

Bu çalışmada, Tokat Yeşilirmak Nehri bentik habitatlarından izole edilip kültürü yapılan *Pseudopediastrum boryanum*'un antiproliferatif etkileri, invitro deneylerle araştırıldı. Alg ekstraktlarının antikanser aktivitesi, BrdU hücre proliferasyon ELISA yöntemi kullanılarak kanser hücre hatlarında denendi. Vero (Afrika Yeşil Maymun Böbrek Tümör Hücreleri) ve HeLa (İnsan Servikal Kanser Hücreleri) üzerinde 100, 250 ve 500 µg mL⁻¹ lik konsantrasyonlarda incelendi. Antiproliferatif testler sonucunda, *P. boryanum*'un, etkili antikanser özelliğe sahip olduğu görüldü. *P. boryanum*'un 250 ve 500 µg mL⁻¹ lik ekstrakt konsantrasyonlarının 24 saat sonunda Vero ve HeLa hücre hatları üzerinde, önemli derecede sitotoksik etki gösterdiği kaydedildi. Elde edilen sonuçlara göre, *P. boryanum*'un kantitatif farmasötik analizler için iyi bir aday olduğu ve ilaç endüstrisinde değerlendirilebileceği tahmin edilmektedir.

Mikrobiyoloji

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 16.01.2024

Kabul Tarihi : 28.03.2024

Anahtar Kelimeler

Antiproliferatif etki

BrdU

Chlorophyta

Pseudopediastrum boryanum

Atıf İçin : Demiriz Yücer, T. (2024). *Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) E. Hegewald Ekstraktlarının Çeşitli Kanser Hücre Hatlarında Antiproliferatif Özelliklerinin (In Vitro) Araştırılması. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (5), 1026-1031. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1420650>

To Cite: Demiriz Yücer, T. (2024). Investigation (In-Vitro) of Antiproliferative Properties of *Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) E. Hegewald Extracts in Various Cancer Cell Lines. *KSU J. Agric Nat* 27(5), 1026-1031. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1420650>

INTRODUCTION

Chlorophyta (Green algae) is a big and widespread group that can form dense populations in all aquatic environments. It also has species that have a complex structure, as well as single-celled species. They can be in the form of phytoplankton of microscopic size in the marine environment, as well as in meters in macroscopic size (Norris, 2010). Chlorophyta algae

can also develop a symbiotic life with tropical plants, foraminifera, lichens.

This group, which has been worldwide in vast areas, has become widespread from the Antarctic to the Arctic, oceans or even freshwaters (Leliaert et al., 2007), and they are represented by 6801 species belonging to 13 classes at the macro and micro level (Guiry & Guiry, 2021).

Plant organisms that can produce their food by photosynthesis are called “primary producers” as they are always the first ring in the food chain in nature. About 70% of the oxygen in the atmosphere, which is the source of our lives, is produced by the photosynthesis of algae. Algae have many economic benefits. In addition to being used as human and animal food with high protein that they contain, they are also often used in the production of natural fertilizer, medicine, pharmacy, cosmetics, and food industries. Another reason why algae are among the most studied groups of organisms today is that they can be produced relatively quickly for other organisms in cultural environments (Altuner et al., 2002).

One of the most significant illnesses that are currently threatening humankind's future is cancer. There is no basic cause for cancer. In all types of cancer, some of the body's cells begin to divide without stopping and spread to adjacent tissues, causing uncontrolled cell growth throughout the body (Mofeed et al., 2018; Yousefi et al., 2018).

Currently, existing drugs used to treat cancer cause some side effects such as vomiting, diarrhea, fatigue, and nausea. Therefore, there have been no safe drugs to be used in cancer treatments. Thus, it's critical to find and classify novel, low-cost, safe, and less hazardous anticancer agents derived from natural sources. The majority of pharmacological drugs come from different plants, algae, and microorganisms (Mofeed, 2019).

This article aimed to investigate the antiproliferative effects of *P. boryanum*. The anticancer activity of algal extracts was tested in cancer cell lines using the BrdU cell proliferation ELISA method. Vero (African Green Monkey Kidney Tumor Cells) and HeLa (Human Uterine Carcinoma Cells) were examined at concentrations of 100, 250 and 500 µg mL⁻¹.

MATERIALS and METHODS

Isolation and culture of algae

P. boryanum was isolated in the laboratory using mechanical isolation and microinjection techniques after being removed from the Yeşilirmak River (Tokat). They were then placed in a culture environment at 26 °C (155 µmol/m²/h, L: D period) in a Sanyo MLR 351 climate cabin containing BG11 medium (Andersen, 2004; Pabuçcu & Demiriz Yücer, 2022). Purely cultured algal species were stored in a -86 °C freezer in a culture collection to be used for postharvest bioactivity studies (Rippka et al., 1979; Lobban et al., 1988; Coşkun et al., 2023).

Preparation of algae extracts

Algae extract was prepared according to the literature method (Chon et al. 2009). 5 g of dried and grounded

algae material was soaked in 100 mL methanol for two days at room temperature. After filtration (Whatman 1 filter paper), the solvent was evaporated by reduced pressure to produce the extract (Erenler et al., 2016; Elmastaş et al., 2018).

Antiproliferative Activity Tests

Cell lines

P. boryanum was tested for its antiproliferative effect using two cancer cell lines: Vero (African Green Monkey kidney tumor cells) and HeLa (Human Cervical Cancer Cells).

Cell culture

Trypsin-EDTA (10 mL) was treated with DMEM medium-prepared cells for one to two minutes at 37°C in a CO₂ incubator. The environment was neutralized by adding 10 mL of DMEM medium to the flask removed from the incubator. After giving the flask a good shake, the cell solution was moved to the Falcon tube (600 rpm, 5 min), and centrifugation was used to precipitate the cells (Dulbecco & Freeman, 1959; Liu et al., 2002; Yang et al., 2004).

Proliferation experiment of in Vitro tumour cells (Vero, HeLa)

Stock solution of the samples, 5-florouracil (5-FU) and cisplatin were prepared in sterile dimethyl sulfoxide (DMSO) and were diluted with Dulbecco's modified eagle's medium (DMEM; 1:20). The final concentration of DMSO was kept below 1% in all tests. The stock solutions were stored at±4°C until usage. Sterile stock solutions of algae extract at three different concentrations (100, 250, and 500 µg mL⁻¹) were added to all wells except the control group, resulting in a total volume of 200 µL in the wells. Instead of the test substances, sterile solvent DMSO was added to the negative control wells and left the cells in incubation for 24 hours. Treated cells were incubated at 37°C with 5% CO₂ for 24 h. Cell proliferation was measured by using BrdU Cell Proliferation ELISA, a colorimetric immunoassay based on BrdU incorporation into the cellular DNA according to manufacturer's procedure. At the end of this period, BrdU cell ELISA was used in accordance with a manufacturer's protocol to examine an experiment on cellular proliferation and its Absorbance at wavelengths ranging from 450 nm to 650 nm has been measured using an ELISA reader (Masterson & O'Dea, 2007; Işıkdag et al., 2011; Lehner et al., 2011).

Statistical analyses

The SPSS® program was used for statistical evaluations for anticancer activity studies. Differences between experimental groups were

evaluated statistically by applying one-way variance analysis (one-way ANOVA) and the Duncan test as post hoc (differences between the results were considered statistically significant at the level of $p<0.01$). The results were expressed as mean $\pm$ standard error.

RESULTS and DISCUSSION

Antiproliferative Activity

Results of proliferation experiment with Vero cells

In the analysis of variance, the difference between groups was found to be significant when the test results at concentrations of 100, 250 and 500 $\mu\text{g mL}^{-1}$ ($p<0.01$) were considered. *P. boryanum* was found to

have a higher effect than DMSO and the control group in terms of anticancer test results at 500 $\mu\text{g mL}^{-1}$ and 250 $\mu\text{g mL}^{-1}$ in the multiple comparison Duncan test ($p<0.01$). (Table 1, Figure 1).

Results of proliferation experiment with HeLa cells

According to the variance analysis results, the difference between groups was found to be significant when the test results at concentrations of 100, 250 and 500 $\mu\text{g mL}^{-1}$ were considered ($p<0.01$). In terms of anticancer agent test results at concentrations of 250 and 500 $\mu\text{g mL}^{-1}$ in the multiple comparison (Duncan) test, *P. boryanum* was found to be higher than DMSO and control group ($p<0.01$) (Table 2, Figure 2).

Table 1. Statistical analysis results of anticancer activity tests for Vero Cells

Çizelge 1. Vero Hücreleri için antikaner aktivite testlerinin istatistiksel analiz sonuçları

Vero		100 $\mu\text{g mL}^{-1}$	250 $\mu\text{g mL}^{-1}$	500 $\mu\text{g mL}^{-1}$
Afrika Yeşil Maymun Böbrek Tumor Hücreleri	Again (N)	$\bar{x}\pm(\text{SS})$	$\bar{x}\pm(\text{SS})$	$\bar{x}\pm(\text{SS})$
Groups	Tekrar (N)	ortalama $\pm$ standart sapma	ortalama $\pm$ standart sapma	ortalama $\pm$ standart sapma
Gruplar				
Control	3	2.561 $\pm$ 0.171	2.561 $\pm$ 0.171	2.561 $\pm$ 0.171
DMSO	3	2.8440 $\pm$ 0.040	2.808 $\pm$ 0.0410	2.427 $\pm$ 0.355
<i>P. boryanum</i>	3	2.723 $\pm$ 0.103	2.554 $\pm$ 0.0132	1.774 $\pm$ 0.022

$\bar{x}\pm(\text{SS})$; Value $\pm$ standard deviation

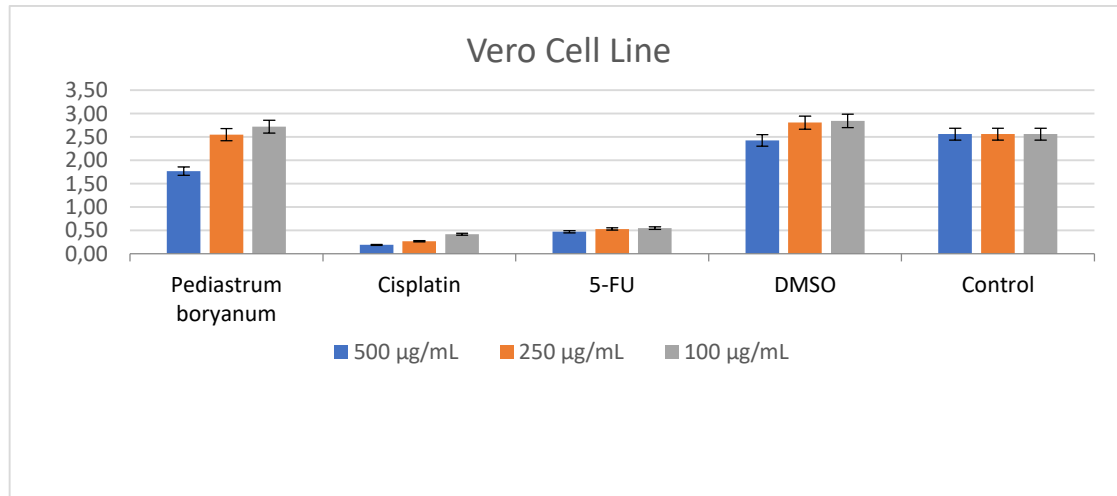


Figure 1. Results of antiproliferative activity on Vero Cells ($p<0.01$)

Şekil 1. Vero Hücreleri üzerindeki antiproliferatif aktivitenin sonuçları ($p<0.01$)

Cisplatin; Anticancer compound, 5-FU; Anticancer compound, DMSO; Dimethylsulfoxide

Table 2. Statistical analysis results of anticancer activity tests for HeLa Cells

Çizelge 2. HeLa Hücreleri için antikaner aktivite testlerinin istatistiksel analiz sonuçları

HeLa		100 $\mu\text{g mL}^{-1}$	250 $\mu\text{g mL}^{-1}$	500 $\mu\text{g mL}^{-1}$
İnsan Servikal Kanser Hücreleri	Again (N)	$\bar{x}\pm(\text{SS})$	$\bar{x}\pm(\text{SS})$	$\bar{x}\pm(\text{SS})$
Groups	Tekrar (N)	ortalama $\pm$ standart sapma	ortalama $\pm$ standart sapma	ortalama $\pm$ standart sapma
Gruplar				
Control	3	2.486 $\pm$ 0.023	2.486 $\pm$ 0.023	2.486 $\pm$ 0.023
DMSO	3	2.030 $\pm$ 0.030	1.896 $\pm$ 0.045	1.240 $\pm$ 0.045
<i>P. boryanum</i>	3	2.046 $\pm$ 0.020	1.740 $\pm$ 0.020	0.970 $\pm$ 0.020

$\bar{x}\pm(\text{SS})$; Value $\pm$ standard deviation

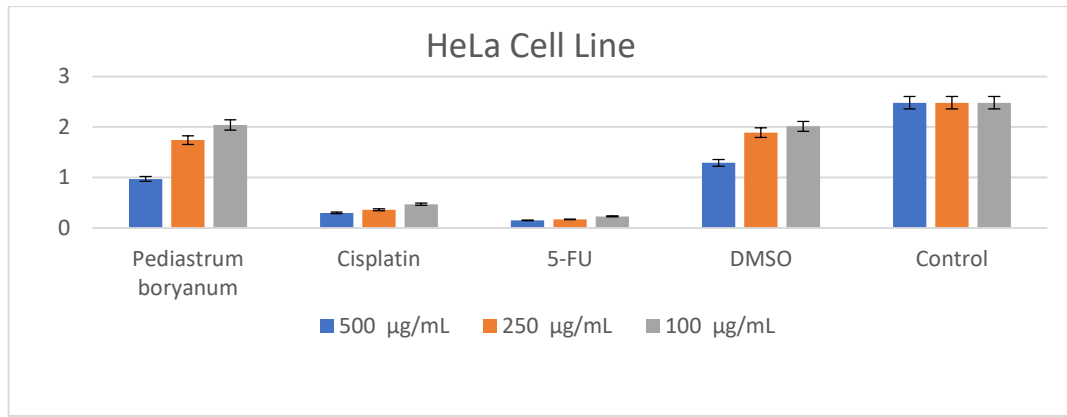


Figure 2. Anticancer activity results for HeLa Cells ($p < 0.01$)

Şekil 2. HeLa Hücreleri için antikanser aktivite sonuçları ($p < 0.01$)

Cisplatin; Anticancer compound, 5-FU; Anticancer compound, DMSO; Dimethylsulfoxide

Currently, the compounds derived from algae extracts with antimicrobial and antiproliferative activity have caught intense interest worldwide. Amino acids, terpenoids, phlorotannins, steroids, phenolic compounds, halogenated ketones and alkanes, cyclic polysulfonates and fatty acid components are among the algal constituents. In addition, acrylic acid, especially found in some planktonic algae and responsible for antimicrobial activity, is also available (Mtolera & Semesi, 1996).

Among the functional components identified based on algae, natural pigments, especially decobili proteins and carotenoids, are notable. Because of the antibacterial and antioxidant effects of these substances, they are especially preferred in pharmaceutical applications. Natural pigments and algal photosynthesis and pigmentation play an important role in antioxidant metabolism and have a number of benefits such as anti-cancer, anti-inflammatory, anti-obesity, anti-angiogenesis and neuroprotective effects (Sathasima et al., 2017).

It was found in the study that the algae species used had different antiproliferative effects at different concentrations on the tested cancer cell lines. *P. boryanum*'s extract concentration of 250 and 500 µg mL⁻¹ was found to have had a significant cytotoxic effect on Vero and HeLa cell lines after 24 hours. In particular, a high activity of cisplatin and 5-FU, an anticancer compound, was noted in the study (Figure 1, 2, Table 1, 2).

BG11 medium was used as the incubation medium in this study. This is the environment where *P. boryanum* shows the best biological activity of the culture. Garcez et al. (2020) examined the antioxidant effects of *P. boryanum* produced in 6 different cultural settings and found that they showed high amounts of biomass and phenolic compound when incubated in BG11. It has been stressed that if *P. boryanum* is grown in this medium, it may be a new source of polyphenols with

potential antioxidative effects. (Garcez et al., 2020).

In *Pediastrum* taxa, various toxic effects against certain cells have been observed. For example, polyunsaturated fatty acid (hexadecatetraenoic acid) isolated from a *Pediastrum* species was found to have a toxic effect at a concentration of 25 µg/ml, preventing the development of fertilized Echinoderm eggs (Murakami et al., 1989). The toxicity of *P. boryanum* against HeLa and Vero cells has been shown in our study.

Some species of *Pediastrum*, on the other hand, were found to have helped a lot in moisturizing epithelial tissue in cosmetics. For example, Wang et al. (2015) stated that *Pediastrum duplex* can be used to moisturize skin. It has been unclear while *P. boryanum* has a similar effect.

Syahril et al., (2011) conducted a study on *Chlorella* sp. and *Spirulina* sp. and used the MTT method, which is a mitochondrial-based method, and human breast cancer cell line MCF-7, HepG2 human liver cancer cell line, and normal cell line WRL-68. It was found in the study that ethanol extract of *S. platensis* had an antiproliferative effect on human breast cancer cell line-MCF-7 at a concentration of 85 µg/mL for 72 hours but had no effect for 24 and 48 hours. In this study, DMSO-dimethyl sulfoxide extracts of *P. boryanum* were found to have a significant cytotoxic effect on Vero and HeLa cell lines for 24.

Yousefi et al. (2018) conducted research using *P. tenuis*, *C. sinuosa*, *I. stellate*, *D. indica* and used breast cancer cells, the most common cancer type in women. The extract obtained from *D. indica* has been shown to have a cytotoxic effect on breast cancer cell lines for 24 hours at a concentration of 50 g mL in a study conducted using the MTT method.

Alghazeer et al. (2018) researched Chlorophyta (*Ulva*, *Codium*), Phaeophyta (*Cystoseira*, *Sargassum*), and Rhodophyta (*Gelidium*, *Hypnea*, *Jania*), and used human colorectal carcinoma (Caco2) and human corneal epithelial cells (HCEC). Extracts of algae

species were examined using the MTT method at concentrations of 50, 100, 150, and 200 µg mL⁻¹. *C. crinita*, out of the examined species, was found to have a cytotoxic effect on the Caco-2 cancer cell line. According to the researchers, anticancer research programs could use marine algae rich in bioactive compounds.

CONCLUSION

The fact that algal products and their derivatives are compatible with the body's immune system and that they can help the body increase its resistance without damaging healthy cells when effective value is obtained are the main reasons why they are preferred in treatments. In the discovery of new alternatives to synthetic drugs, which have many side effects on human cells and also cause cell resistance, algae have been the main focus.

The increase in the resistance of microorganisms to existing antibiotics has led to an increase in the search for photosynthetic antibiotics and anticancer agents and caused an increase in the research on this subject.

In future studies, the antiproliferative effect of this algal species will be investigated with different cancer cell lines and at varying concentrations, and preliminary studies can be completed to move on to in vivo studies. With the current results, it can be said that 250 and 500 µg mL⁻¹ concentrations of *P. boryanum* will be suitable for in vivo studies.

Based on this study, it is also possible to say that *P. boryanum* can be used as an alternative anticancer drug source in the healthcare field, especially in the pharmaceutical industry, in the future.

ACKNOWLEDGMENT

The author thanks Prof.Dr. Köksal Pabuçcu for his help in the diagnosis of algae species.

Author's Contributions

The experimental work in this article was done and written by a single author.

Conflict of Interest Statement

No conflict of interest is associated with this work.

REFERENCES

- Alghazeer, R., Howell, N. K., El-Naili, M. B. & Awayn, N. (2018). Anticancer and Antioxidant Activities of Some Algae from Western Libyan Coast. *Natural Science*, 10(7), 232-246. doi: 10.4236/ns.2018.107025
- Altuner, Z., Pabuçcu, K. & Türkeku, İ. (2002). *Tohumusuz Bitkiler Sistematigi*, Altan Yayınları, Ankara, pp. 1:87.
- Andersen, R. A. (2004). *Algal Culturing Techniques*. Elsevier Academic Press, Phycological Society, New York, 356 pg.
- Chon S.U., Kim Y.M., Park Y.J., Heo B.G., Park Y.S., & Gorinstein S. (2009). Antioxidant and antiproliferative effects of methanol extracts from raw and fermented parts of mulberry plant (*Morus alba* L.). *European Food Research and Technology*, 230,231–237. doi: 10.1007/s00217-009-1165-2
- Coşkun, T., Çelekli, A., Solak, C.N., Ongun Sevindik, T., Demir, N., Soylu, E. N., Sömek, H., Çetin, T., Karaaslan,Y., Öterler, B., Maraşhoğlu, F., Yilmaz, E., Tunca, H., Güzel, U., Koca, M. & Temizel, B. (2023). New Records for the Turkish Freshwater Algal Flora in Twenty Five River Basins of Türkiye, Part I: Bacillariophyta. *KSU Journal of Agriculture and Nature*, 26 (5), 991-1004. doi:10.18016/ksutarimdoga.vi.1058856
- Dulbecco, R. & Freeman, G. (1959). Plaque production by the polyoma virus. *Virology*, 8(3), 396-397. doi: 10.1016/0042-6822(59)90043-1
- Elmastas, M., Celik, S. M., Genc, N., Aksit, H., Erenler, R., & Gulcin, İ. (2018). Antioxidant activity of an anatolian herbal tea—*Origanum minutiflorum*: isolation and characterization of its secondary metabolites. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 374-384. doi:10.1080/10942912.2017.1416399
- Erenler, R., Pabuçcu, K., Yağhoğlu, A. S., Demirtaş, I., & Gül, F. (2016). Chemical constituents and antiproliferative effects of cultured *Mougeotia nummuloides* and *Spirulina major* against cancerous cell lines. *Zeitschrift fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences*, 71(3-4), 87-92. doi:10.1515/znc-2016-0010.
- Garcez, M. C. S., Ferreira, S. P., Dora, C. L., Horta, M. A., Giroldo, D., Prates, D. F., Radmann, E. M., Bemvenutid, R. H., Costad, J. A. V., Furlong, E. V. & Baisch, A. L. M. (2020). Phenolic compounds and antioxidant capacity of *Pediastrum boryanum* (Chlorococcales) biomass. *International Journal of Environmental Health Research*, 23, 1-13. doi: 10.1080/09603123.2020.1744113
- Guiry, M. D. & Guiry, G. M. (2021). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. Retrieved in July, 21, from <http://www.algaebase.org>
- Işıkdag, İ., Özkay, Y. & İncesu, Z. (2011). Synthesis And Anticancer Activity of Some Bisquinoxaline Derivatives. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, 8(2), 179-188
- Lehner, B., Sandner, B., Marschallinger, J., Lehner, C., Furtner, T., Couillard-Despres, S., Rivera, F. & Brockhoff, G. (2011). The dark side of BrdU in neural stem cell biology: Detrimental effects on cell cycle, differentiation and survival. *Cell and Tissue Research*, 345(3), 313–28. doi: 10.1007/s00441-011-1213-7

- Leliaert, F., De Clerck, O., Verbruggen, H., Boedeker, C. & Coppejan, E. (2007). Molecular phylogeny of the Siphonocladales (Chlorophyta: Cladophorophyceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 44(3), 1237–1256. doi: 10.1016/j.ympev.2007.04.016
- Lobban, C. S., Chapman, D. J. & Kremer, B. P. (1988). *Experimental Phycology A Laboratory Manual*. Chambridge Univ.Press, London.
- Liu, M., Li, X. Q., Weber, C., Lee, C. Y., Brown, J. & Liu, R. H. (2002). Antioxidant and Antiproliferative Activities of Raspberries. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 50(10), 2926-2930. doi: 10.1021/jf0111209
- Masterson, C. & O'Dea, S. (2007). 5-Bromo-2-deoxyuridine activates DNA damage signalling responses and induces a senescence-like phenotype in p16-null lung cancer cells. *Preclinical report*, 18(9), 1053-1068. doi: 10.1097/CAD.0b013e32825209f6
- Mofeed, J., Deyab, M. A. & Abd El-Halim, E. H. (2018). Anticancer activity of some filamentous cyanobacterial isolates against Hep-G2 and MCF-7 cancer cell lines. *International Journal of Life Sciences*, 8(1), 10-17.
- Mofeed, J. (2019). Stimulating Gamma-Linolenic acid productivity by *Arthrospira platensis* (*Spirulina platensis*) under different culture conditions (temperatures, light regime, and H₂O₂ stress). *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences*, 11(1), 89-99. doi: 10.21608/EAJBSG.2019.85014
- Mtolera, M. S. P. & Semesi, A. K. (1996). Antimicrobial activity of extracts from six green algae from Tanzania. *Current Trends in Marine Botanical Research in East African Region*, 211-217.
- Murakami, M., Makabe, K., Yamaguchi, K. & Konosu, S. (1989). Cytotoxic polyunsaturated fatty acid from *Pediastrum*. *Phytochemistry*, 28(2), 625-626. doi: 10.1016/0031-9422(89)80065-2
- Norris, J. N. (2010). Marine Algae of the Northern Gulf of California: Chlorophyta and Phaeophyceae. *Smithsonian Contributions to Botany*, 94, 210-271. doi: 10.5479/si.0081024X.94.276
- Rippka, R., Deruelles, J., Waterbury, J. B., Herdman, M. & Stanier, R. Y. (1979). Generic assignments, strain histories and properties of pure cultures of cyanobacteria. *J. Gen. Microb.*, 111, 1-61.
- Pabuçcu, K. & Demiriz Yücer, T. (2022). Antibacterial and Antifungal effects of extracts of *Spirogyra aequinoctialis* prepared with different solvents. *KSU Journal of Agriculture and Nature*, 25 (5), 927-932. doi:10.18016/ksutarimdogavi.979361
- Sathasivam, R., Radhakrishnan, R., Hashem, A. & AbdAllah, E. F. (2017). Microalgae metabolites: A rich source for food and medicine. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(4), 709-722. doi: 10.1016/j.sjbs.2017.11.003
- Syahril, M. Z., Roshani, O., Hasyimah, R., Hafiz, M. S., Sharida, M. D. & Ahmed, H. Y. (2011). Screening of Anticancer Activities of Crude Extracts of Unicellular Green Algae (*Chlorella Vulgaris*) And Filamentous Blue Green Algae (*Spirulina Platensis*) On Selected Cancer Cell Lines. *International Conference on Applied Sciences*, 82-87.
- Wang, H. M. D., Chen, C. C., Huynh, P. & Chang, J. S. (2015). Exploring the potential of using algae in cosmetics. *Bioresource Technology*, 184, 355-362. doi: 10.1016/j.biortech.2014.12.001
- Yang, J., Meyers, K. J., Heide, J. V. D. & Liu, R. H. (2004). Varietal Differences in Phenolic Content and Antioxidant and Antiproliferative Activities of Onions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(22), 6787-6793. doi: 10.1021/jf0307144
- Yousefi, M. K., Hashtroudi, M. S., Moradi, A. M. & Ghasempour, A. R. (2018). In vitro investigating of anticancer activity of focuxanthin from marine brown seaweed species. *Global J Environ Sci Manage*, 4(1), 81-90. doi:10.22034/2018.04.01.008



Investigation of The Efficacy of *Plantago Major* Flavonoids in The Healing of Diabetic Foot Wound in *Silico* Analysis

İsmail-KELEŞ¹, Alpaslan-BAYRAKDAR², Nermin-OLGUN³

¹Iğdır University, Vocational School of Health Services, Iğdır, Türkiye, ²Iğdır University, Vocational School of Health Services, Iğdır, Türkiye

³Hasan Kalyoncu University, Faculty of Health Sciences, Department of Nursing, Gaziantep, Türkiye.

¹<https://orcid.org/0000-0002-6575-8029>, ²<https://orcid.org/0000-0001-7967-2245>, ³<https://orcid.org/0000-0002-8704-4588>

✉: ismail.keles@igdir.edu.tr

ABSTRACT

Diabetes is a chronic disease that is rapidly increasing worldwide due to insulin deficiency. Diabetic foot ulcer is one of the most important complications of diabetes. There are many synthetic and natural treatment methods in the treatment of these wounds. Among the possible side effects of synthetic drugs, the use of natural flavonoids such as Quercetin is preferred in the treatment of diabetic wounds. In this study, *Plantago's major* flavonoids, which can be an alternative to Quercetin, were investigated *in silico*. Whether *Plantago major* and its flavonoids show similar properties with Quercetin was investigated *in silico* with the help of AutoDockTools software. The ADME study of flavonoids was investigated with the help of SwissAdme, an open-access web tool. The results of the *in silico* study of *Plantago major's* flavonoids and Quercetin's 4ZZJ, one of the SIRT 1 receptors that play a role in diabetic wound healing; *Plantago major* flavonoids luteolin (-4.81 kcal.mol⁻¹), apigenin (-4.74 kcal.mol⁻¹) and Hispidulin (-4.58 kcal.mol⁻¹) are better than Quercetin (-4.56 kcal.mol⁻¹). showed that it has binding energy. In conclusion, this *in silico* study showed that *Plantago major* flavonoids luteolin, apigenin and hispidulin could be natural alternatives to Quercetin for diabetic wound healing.

Molecular Biology

Research Article

Article History

Received : 26.12.2023

Accepted : 08.02.2024

Keywords

Plantago major
Diabetic wound healing
Molecular docking
Nursing care
Drug-likeness

Diyabetik Ayak Yarası İyileşmesinde *Plantago* Majör Flavonoidlerin Etkinliğinin *In Silico* Olarak Araştırılması

ÖZET

Diyabet, insülin eksikliğine bağlı olarak tüm dünyada hızla artan kronik bir hastalıktır. Diyabetik ayak ülseri diyabetin en önemli komplikasyonlarından biridir. Bu yaraların tedavisinde sentetik ve doğal birçok tedavi yöntemi bulunmaktadır. Sentetik ilaçların olası yan etkilerinden dolayı Quercetin gibi doğal flavonoidlerin kullanımı diyabetik yaraların tedavisinde tercih edilmektedir. Bu çalışmada Quercetine alternatif olabilecek *Plantago major* flavonoidleri *in silico* olarak araştırılması amaçlanmıştır. *Plantago major* ve flavonoidlerinin Quercetin ile benzer özellikler gösterip göstermediği AutoDockTools yazılımı yardımıyla *in silico* olarak araştırılmıştır. Flavonoidlerin ADME çalışması, açık erişimli bir web aracı olan SwissAdme yardımıyla araştırılmıştır. *Plantago major*'un flavonoidleri ile Quercetin'in diyabetik yara iyileşmesinde rol oynayan SIRT 1 reseptörlerinden 4ZZJ'nin *in silico* çalışmasının sonuçları; *Plantago major* flavonoidlerinden luteolin (-4,81 kcal.mol⁻¹), apigenin (-4,74 kcal.mol⁻¹) ve Hispidulin'in (-4,58 kcal.mol⁻¹) Quercetin'den (-4,56 kcal.mol⁻¹) daha iyi bağlanma enerjisine sahip olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, bu *in silico* çalışma *Plantago major* flavonoidleri luteolin, apigenin ve hispidulinin diyabetik yara iyileşmesi için Quercetine doğal alternatifler olabileceğini göstermiştir

Moleküler Biyoloji

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 26.12.2023

Kabul Tarihi : 08.02.2024

Anahtar

Diyabetik yara iyileşmesi
Hemşirelik bakımı
İlaç benzerliği
Moleküler yerleştirme
Plantago major

To Cite: Keleş, İ., Bayrakdar, A., & Olgun, N., (2023). Investigation of the efficacy of *Plantago major* flavonoids in the healing of diabetic foot wounds through *in silico* analysis. *KSU J. Agric Nat* 27(5), 1032-1041. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1410509.

INTRODUCTION

Diabetes is described as a chronic disease that occurs when the pancreas no longer produces insulin adequately or when the body cannot effectively use the insulin it produces (Lazzarini et al., 2023; Doğan et al., 2022). The inability to produce insulin or use it effectively leads to an increase in glucose levels in the blood. In the long term, high glucose levels cause damage to the body and deterioration of various organs and tissues (IDF, 2022). According to the International Diabetes Federation (IDF) 2021 atlas, approximately 537 million adults (aged 20-79) worldwide live with diabetes. It is also estimated that the total number of people living with Diabetes will increase to 643 million by 2030 and to 783 million by 2045 (IDF, 2021). Additionally, diabetes accounts for approximately 9% of total global health expenditure on adults and is responsible for 6.7 million deaths worldwide (IDF, 2021). Both the number of cases and the prevalence of diabetes have been increasing steadily over the past few decades (Uslu et al., 2022). When comparing the data of the "Turkey Diabetes, Hypertension, Obesity, and Endocrinological Diseases Prevalence Study-II (TURDEP-II)" completed in 2010 in our country with the TURDEP-I data from 12 years ago, it is evident that the prevalence of diabetes has increased by 90%. The study reveals that the prevalence of diabetes in the Turkish adult population has risen from 7.2% to 13.7% (Satman et al., 2013).

One of the most common complications in diabetic patients is diabetic foot ulcers, which occur at a rate of 25%. These ulcers can lead to infection, gangrene, amputation, and even death (Chirico et al., 2016; Najafian et al., 2019). The most common risk factors are neuropathy (86% of cases), peripheral arterial disease (49% of cases), trauma and foot deformities (Salvo et al., 2017). In addition, diabetic foot wounds are the main cause of hospitalization and amputation in diabetic patients (Chirico et al., 2016; Salvo et al., 2017).

Wound healing and repair of damaged tissue are very important for diabetes patients (Vyas & Vasconez, 2014). The wound healing process includes a series of overlapping phases such as hemostasis, inflammation, proliferation, and remodeling, which can be inhibited by the presence of free oxygen radicals, microbial infection, and high blood glucose (Patel et al., 2019). Chemical or herbal medicines that can modulate one or more of these phases are shown as candidates for wound healing agents in normal or hyperglycemic conditions (Kartini et al., 2021). Routinely, wound healing is a quick and uncomplicated process, but causes such as diabetes and infection make it difficult for these wounds to heal (Khaire et al., 2023). Elevated

glucose levels in diabetic patients decrease cell proliferation and collagen production while increasing the likelihood of tissue injury (Sanganalmath et al., 2023).

The high cost, toxicity and side effects of synthetic drugs have revealed the need for new and effective treatment approaches for diabetic wounds (Dubey et al., 2021). Many people's concerns about the side effects of newly released drugs have increased interest in plant-based treatments as an alternative system to modern medicine (Ghanadian et al., 2022).

In traditional Asian medicine, *Plantago major* has been used for thousands of years as a potent and non-toxic therapeutic agent in the prevention of inflammation (Al Baihaqi et al., 2022). *Plantago major* is a plant belonging to the Plantaginaceae family, found in a wide region including Europe, Asia, North Africa, and North America (Ghanadian et al., 2022). *In vivo* and *in vitro* studies have shown that this herb is beneficial in wound healing (Amini et al., 2010; Gonçalves & Romano, 2016; Mahmood & Phipps, 2006; Zubair et al., 2012). *Plantago major* contains many effective phytochemicals such as flavonoids in its leaves, anthocyanins in its flowers, iridoids in its roots and cinnamic acid in its aerial parts (Abate et al., 2022; Al Baihaqi et al., 2022).

Phytochemicals increase insulin secretion, production and efficiency by affecting various metabolic mechanisms (Salla et al., 2020). *Plantago major* is known to have antioxidant, antiulcerative, antidiabetic, anti-inflammatory, and antimicrobial effects due to its polyphenolic compounds, which contribute to its healing wound properties (Kartini et al., 2021). Literature research studies have shown that *Plantago major* is used as a phytotherapeutic plant in the healing of acute and chronic wounds in many parts of the world (Adom et al., 2017; Gonçalves & Romano, 2016; Hosseinkhani et al., 2017; Jarić et al., 2018; Jivad et al., 2016; Khaire et al., 2023).

In the design of new drugs for wound treatment, not only *in silico*, *in vitro*, and *in vivo* studies but also nursing care applied in clinical settings is important. Therefore, multidisciplinary approaches are prominent in new drug designs (Figure 1). It is predicted that these multidisciplinary approaches will reduce costs and improve the quality of life in the treatment of diabetic foot ulcers (Eraydın, 2019).

Advancements in computer technology over the past quarter century have significantly contributed to multidisciplinary research. One such area is molecular docking, which encompasses the disciplines of physics, chemistry, and biology. Molecular docking studies conducted *in silico* on computer platforms are cost-

effective in terms of time, expense, and safety. New drug designs frequently use these studies to provide insights into *in vitro*, *in vivo*, and clinical trials.

SIRT1 receptors, which are involved in insulin regulation, are one of the signalling proteins involved in metabolic regulation.

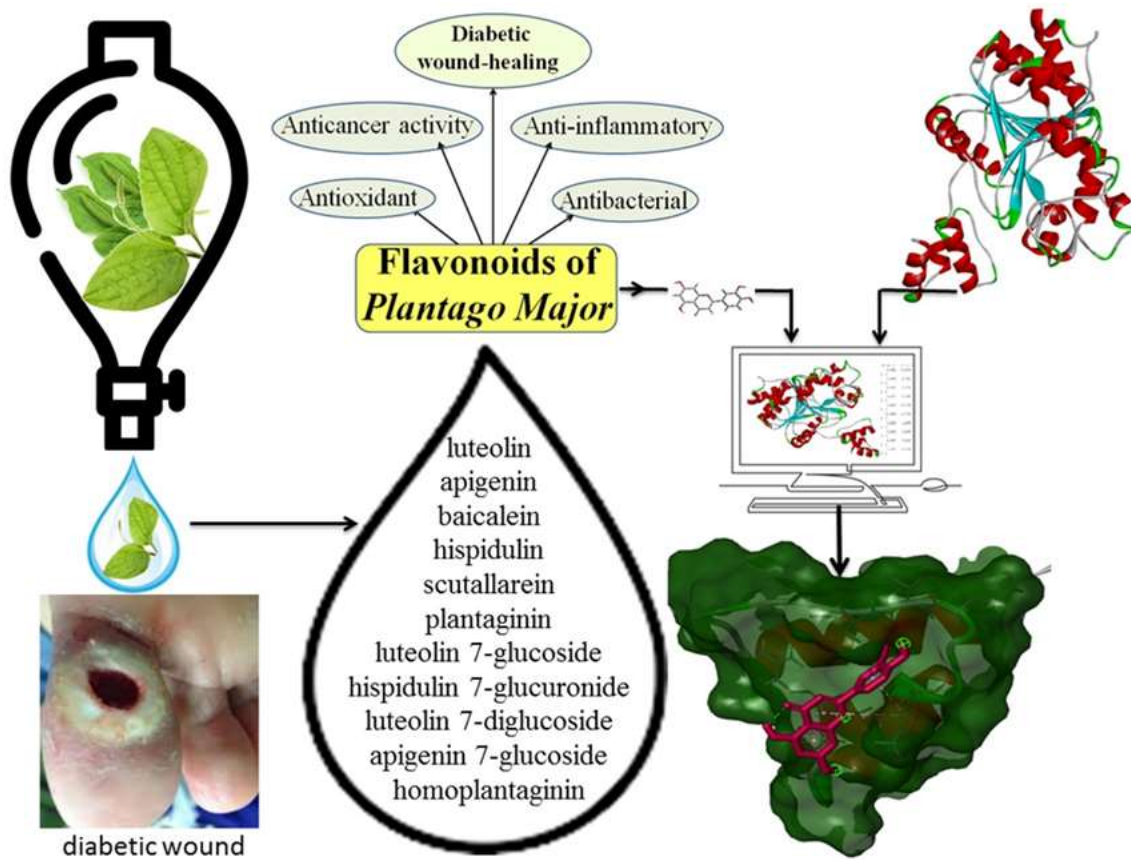


Figure 1: Multidisciplinary approach to new drug designs for diabetic foot wound.

Şekil 1: Diyabetik ayak yaraları için yeni ilaç tasarımlarına multidisipliner yaklaşım.

In this study, the binding of flavonoids found in the leaves of *Plantago major* from SIRT1 receptors to 4ZZJ PDB-encoded receptors were studied *in silico* with the help of computer-aided molecular docking study to provide an insight into new drug designs.

MATERIALS and METHODS

Theoretical and experimental studies conducted on diabetic wound healing have demonstrated the positive effects of Quercetin on reducing glucose production and increasing the expression of 5'-adenosine monophosphate-activated protein kinase (AMPK) and Sirtuin 1 (SIRT1) (Khursheed et al., 2020). As nature has a large reserve of phytochemicals that may have similar therapeutic activities as Quercetin but are still unexplored, there is a need to identify similar compounds that could improve diabetic wound healing. One of these similar compounds is thought to be the leaves of the *Plantago major* plant, which has been used for wound healing for many years.

In this study, the interactions between the flavonoids

found in the leaves of *Plantago major* and the allosteric region of SIRT1, shown in red in Figure 2, were investigated *in silico*. The results obtained *in silico* were compared with the *in silico* results of Quercetin for the discovery of new phytotherapeutic biochemicals effective in diabetic wound healing.

Ligands typically interact with the amino acid residues in the active site of enzymes, thereby altering their mechanisms. On the other hand, some enzymes possess regulatory centers called allosteric sites, where they can interact with effector molecules outside the active site. These effectors, by binding to the allosteric site, exhibit regulatory effects by inhibiting or activating the enzyme's activity. The conformational changes resulting from this interaction cause the enzyme mechanism to change (Srinivasan et al., 2014). Luteolin [1], apigenin [2] (Kawashty et al., 1994; Nishibe et al., 1995), baicalein [3], hispidulin [4], scutallarein [5] (Sanz et al., 1994), plantagin [6] (Yuting et al., 1990), luteolin 7-glucoside [7], hispidulin 7-glucuronide [8], luteolin 7-diglucoside [9], apigenin 7-glucoside [10] (Kawashty et al., 1999), and

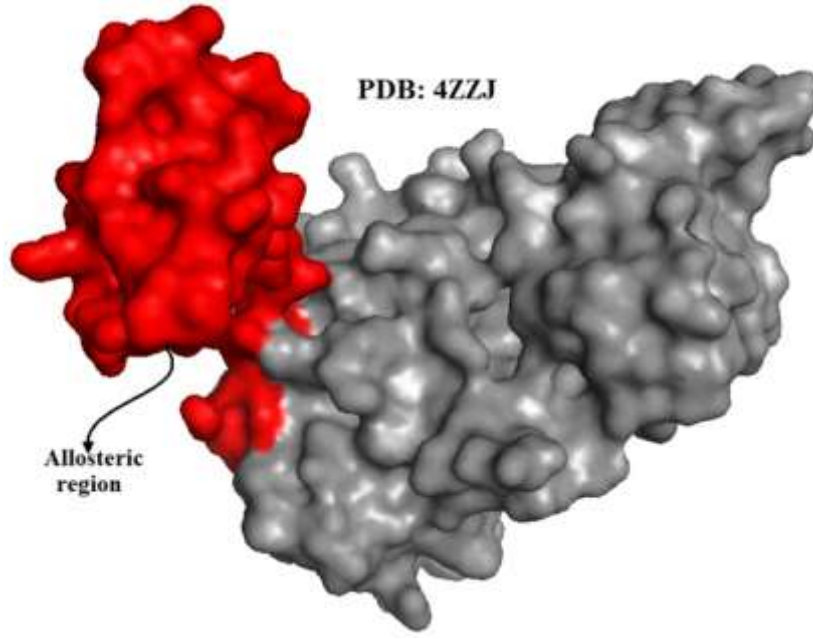
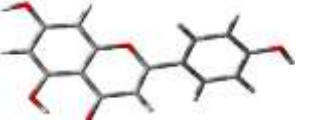
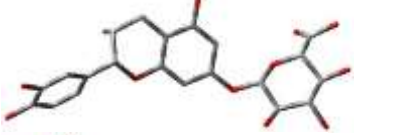
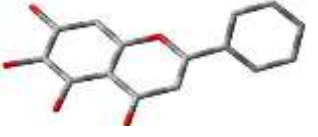
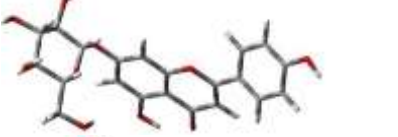
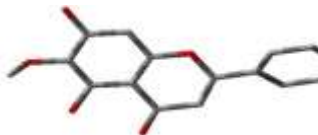


Figure 2. The 3D solid surface structure of the 4ZZJ receptor (allosteric region of the receptor shown in red)
Şekil 2. 4ZZJ reseptörünün 3D katı yüzey yapısı (reseptörün allosterik bölgesi kırmızı ile gösterilmiştir)

Table 1. Flavonoids in the leaves of Plantago major and their molecular structures

Çizelge 1. Plantago major yapraklarındaki flavonoidler ve moleküler yapıları

No	Flavonoids	Molecular structure	No	Flavonoids	Molecular structure
1	Luteolin:		7	Luteolin 7-glucoside:	
2	Apigenin:		8	Hispidulin 7-glucuronide:	
3	Baicalein:		9	Luteolin diglucoside:	
4	Hispidulin:		10	Apigenin 7-glucoside	
5	Scutallarein:		11	Homoplantagin	
6	Plantagin:				

homoplantagin [11] (Skari et al., 1999). These are flavonoids isolated from the leaf structure of *Plantago Major*. These flavonoids and their chemical structures are taken from the literature and listed in Table 1.

Drug-likeness Properties

There are certain criteria such as Lipinski's rule of five, Veber's rules, and Egan's criteria to determine whether compounds have a structure similar to drugs and their activity in living organisms. In this study, the drug-likeness properties of flavonoids from *Plantago major* were investigated using Lipinski's rule of five. An analytical technique called Lipinski's rule of five is used to assess a substance's drug-likeness and decide if a chemical compound with a particular pharmacological or biological activity can be taken orally by people as a medication (Lipinski, 2004). According to Lipinski's criteria, an orally active drug is expected not to violate multiple of the following criteria. Based on these criteria, chemical structure limitations are defined as ≤ 500 for molecular weight, ≤ 10 for hydrogen bond counts, ≤ 5 for hydrogen bond donor counts, and ≤ 5 for compound lipophilicity (log P or clog P).

Molecular Docking Study

The chemical structures of flavonoids, which are ligand molecules for *in silico* studies, were obtained from the open-access PubChem database. For the molecular docking study, the SIRT1 family protein with the PDB code 4ZZJ, known to play a role in the healing mechanism of diabetic wounds, was selected as the target receptor. The crystal structure of the 4ZZJ

receptor was retrieved from the protein database.

Water molecules, hetatoms and ligand groups were extracted from the structure of the 4ZZJ protein using BIOVIA Discovery Studio software. Polar hydrogen atoms and Kollman charges were introduced to the 4ZZJ protein using AutoDockTools-1.5.6. The grid box settings were adjusted to encompass the active amino acid residues Leu206, Thr209, Pro211, Pro212, Gln222, Ile223, Asn226, Ile227, and Glu230, located in the allosteric region of the 4ZZJ protein, completing the pre-docking procedures. Molecular docking focused on the allosteric region of 4ZZJ was performed using AutoDockTools-1.5.6. The best binding modes and protein-ligand interactions were analyzed by visualizing with Biovia Studio Visualizer (Hubbard et al., 2013).

RESULTS and DISCUSSION

Drug-likeness Properties

The drug-likeness properties of flavonoids isolated from the leaf structure of *Plantago major* were calculated according to Lipinski's rule of five using the SwissADME web tool, and the relevant parameters are provided in Table 2. As seen in Table 2, the 7-glucoside flavonoids of luteolin, apigenin, baicalein, hispidulin, and apigenin complied with the Lipinski criteria. These results indicate that these five compounds can be used as orally active drugs in living organisms. On the other hand, scutallarein, plantagin, luteolin 7-glucoside, hispidulin 7-glucuronide, luteolin 7-diglucoside, and homoplantagin flavonoids have two violations.

Table 2. Lipinski criteria agreement table for drug-likeness properties of flavonoids
Çizelge 2. Flavonoidlerin ilaca benzerlik özellikleri için Lipinski kriterleri uyum tablosu

No	Compounds	Molecular weight (≤ 500 Da)	LogP (≤ 5)	H-Bond Donor (≤ 5)	H-Bond Acceptor (≤ 10)
1	Luteolin	286.24	✓	4	✓
2	Apigenin	270.24	✓	3	✓
3	Baicalein	270.24	✓	3	✓
4	Hispidulin	300.26	✓	3	✓
5	Scutallarein	462.36	✓	7	X
6	Plantagin	462.36	✓	7	X
7	Luteolin 7-glucoside	448.38	✓	7	X
8	Hispidulin 7-glucuronide	466.39	✓	8	X
9	Luteolin 7-diglucoside	466.39	✓	8	X
10	Apigenin 7-glucoside	432.38	✓	6	X
11	Homoplantagin	462.40	✓	6	X

✓: Accept X: Violation

Molecular Docking Study

Studies conducted on Quercetin (3,3',4',5,7-pentahydroxyflavone) have demonstrated that it is one

of the most abundant polyphenolic flavonoids in nature and exhibits diabetic wound healing activity (D'Andrea, 2015; Mahabady et al., 2021). In addition, Quercetin is a highly remarkable natural flavonoid not

only for its therapeutic activities, but also for its lack of known toxicity or side effects (Ebrahimpour et al., 2020).

In docking studies between *Plantago major* flavonoids, Quercetin effector and the allosteric region of 4ZZJ, the interactions of effectors with active residues and the calculated binding energies are given in Table 3. As can be seen from Table 3, *Plantago's major* flavonoids interacted with the same active amino acid residues in the allosteric region, similar to Quercetin. Hydrophobic interactions between active amino acid residues and flavonoids in the allosteric region of the receptor have been interpreted as indicative of the selectivity of the 4ZZJ receptor towards flavonoids.

As a result of the molecular docking study, the binding energy between Quercetin and the 4ZZJ receptor was found to be -4.56 kcal/mol. 2D and 3D images of the

interactions between Quercetin and the allosteric region of 4ZZJ were presented in Figure 3a. As seen in Figure 3a, Quercetin performed hydrophobic interaction with amino acids Ile223 and Ile227 in the allosteric region of 4ZZJ, and acceptor hydrogen bond interaction (HBA) with amino acids Asn226, Glu230 and Thr219.

As seen in Table 3, the flavonoid compounds with the best binding energies are luteolin with -4.81 kcal/mol and apigenin with -4.74 kcal/mol. The results of docking of luteolin with active amino acid residues in the allosteric region of 4ZZJ were given in Figure 3b. The luteolin compound performed hydrophobic interactions with the active amino acid residues Ile223 and Ile227 of the allosteric region, and acceptor hydrogen bond interactions (HBA) with residues Asn226, Glu230 and Thr219.

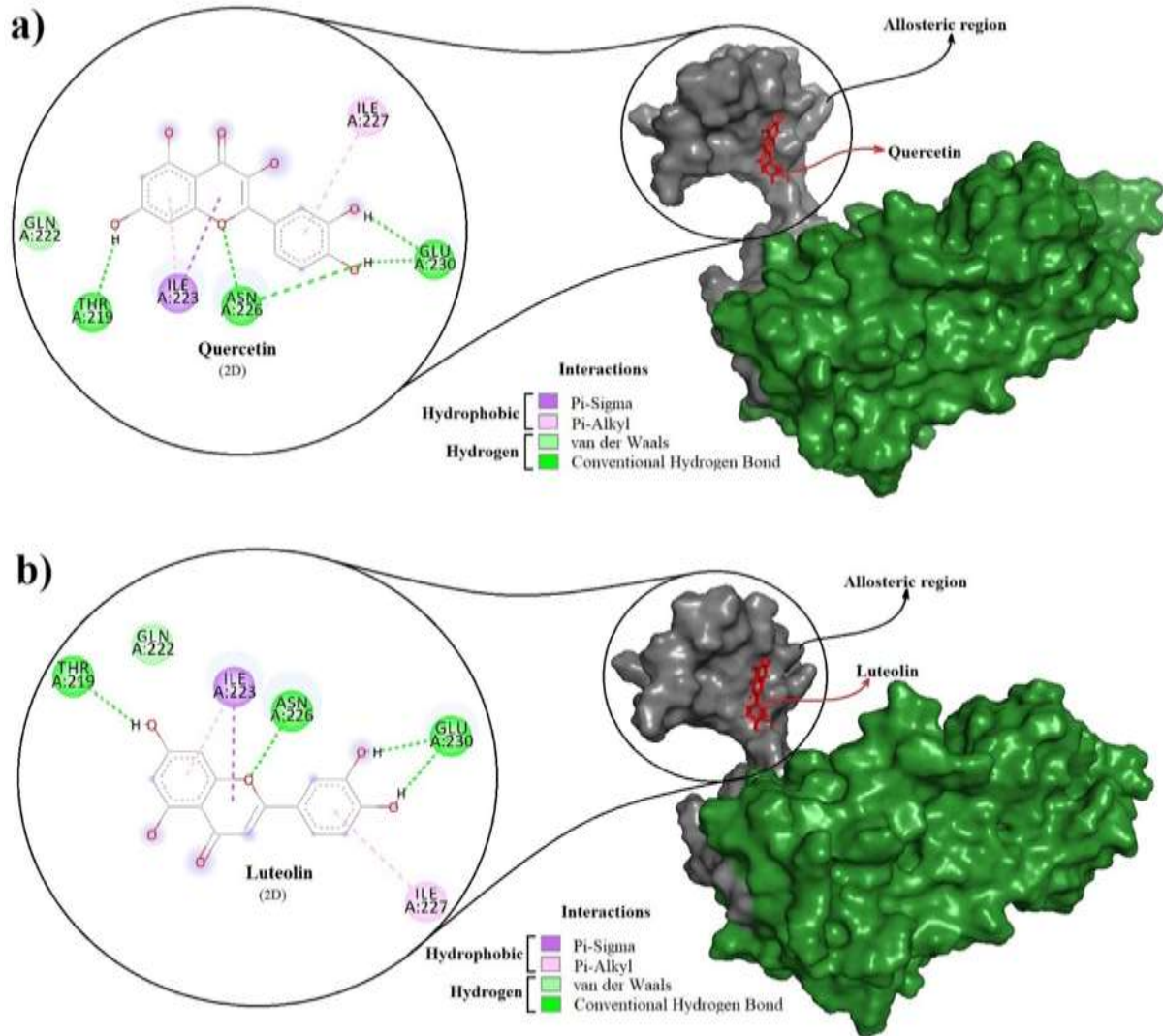


Figure 3. 3D and 2D binding modes of interactions of Quercetin and Luteolin in the allosteric region of 4ZZJ. a)Quercetin, b)Luteolin

Şekil 3. Quercetin ve Luteolin'in 4ZZJ'nin allosterik bölgesindeki etkileşimlerinin 3D ve 2D bağlanma modları. a)Quercetin, b)Luteolin

Table 3. Summative results of molecular docking Plantago major flavonoids and Quercetin with 4ZZJ.

Çizelge 3. Plantago major flavonoidleri ve Quercetin'in 4ZZJ ile moleküler kenetlenmesinin özet sonuçları

Ligand No	ΔG (kcal/mol)	Conventional and Carbon Hydrogen Bonds Interaction	Hydrophobic Interactions	Van der Waals Interactions
Quercetin	-4.56	Asn226(1.84), Glu230(1.89), Asn226(3.07), Glu230(1.77), Thr219(2.01)	Ile223(3.69), Ile223(3.86), Ile227(5.36)	Gln222
1	-4.81	Asn226(1.75), Glu230(1.85), Glu230(1.78), Thr219(1.99)	Ile223(3.72), Ile223(3.85), Ile227(5.32)	Gln222
2	-4.74	Asn226(1.82), Asn226(2.94), Glu230(2.11), Thr219(1.92)	Ile223(3.72), Ile223(3.81), Ile227(5.16)	Gln222
4	-4.58	Asn226(2.54), Gln222(2.19), Glu230(2.16)	Asn226(4.40), Ile223(4.30), Ile223(4.12), Ile227(5.01)	Leu206, Thr219
3	-4.32	Glu230(1.80), Glu230(1.78)	Asn226(5.50), Asn226(4.15), Ile223(4.62), Ile223(4.14), Leu215(3.62), Leu215(3.41), Ile223(3.58), Ile223(3.75), Ile223(3.79), Pro212(4.71)	Leu206, Thr219, Ile227
7	-3.81	Asn226(1.84), Glu230(1.84), Glu230(2.11), Glu214(2.12), Glu214(2.51)	Thr209(3.84), Ile223(3.58), Ile223(3.93), Pro211(5.42), Pro212(5.45)	Leu206, Gln222, Ile227
10	-3.79	Asn226(2.54), Thr219(2.13), Ile210(1.94)	Leu215(3.25), Ile223(3.55), Ile223(3.85), Pro212(5.16)	Leu206, Thr219, Ile227, Gln222, Asn226
6	-3.73	Glu230(1.88), Glu230(1.97), Glu214(1.85)		
11	-3.26	Asn226(1.84), Ile210(2.10), Ile227(2.24), Ile223(3.64)	Ile223(4.84), Ile223(4.60), Ile227(3.73)	Leu206, Thr209, Pro211, Pro212 Leu215, Glu230
8	-3.06	Asn226(2.04), Glu230(2.77), Glu230(2.17), Glu214(1.88), Glu214(1.93), Pro212(3.13)	Leu215(4.00), Leu215(3.54), Ile223(3.77), Ile223(3.50), Pro212(4.61)	Leu206, Thr209, Pro211, Ile227
9	-1.37	Glu208(2.00-2.32), Leu205(2.18), Thr209(2.03)		
5	-2.64	Ile210(2.11), Gln222(1.98), Pro212(3.35)	Ile223(3.38), Ile223(4.77), Ile223(4.82),	Leu206, Thr209, Pro211, Ile227, Thr219, Asn226
Luteolin(1), Apigenin(2), Baicalein(3), Hispidulin(4), Scutellarin(5), Plantagin(6), Luteolin_7_glucoside(7), Hispidulin_7_glucuronide(8), Luteolin_7_digluconide(9), Apigenin_7_glucoside(10), Homoplantagin(11)				
Bold are active amino acid residues of 4ZZJ.				

Molecular docking studies between 4ZZJ and flavonoids revealed that the important active residues involved in the allosteric region in hydrophobic

interactions are Ile223 Ile227 and Asn226. These results are consistent with previous *in silico* studies for SIRT1 (Azminah et al., 2019). When Table 3 was

examined, it was determined that other flavonoids also interacted with similar active amino acid residues in the allosteric region of the receptor. According to Table 3, it was seen that flavonoids luteolin, apigenin and hispidulin exhibited higher binding affinity than Quercetin.

CONCLUSION

The flavonoids of *Plantago major*, luteolin, apigenin, hispidulin and apigenin 7-glucoside gave positive results in drug similarity studies. A molecular docking study to elucidate the interaction mechanisms between the compounds and the receptor has shown *in silico* that flavonoids can be as effective as Quercetin as a potential phytochemical in the healing of diabetic foot wounds. These results are important as they provide a promising prediction for *in vitro* studies on *Plantago major* flavonoids.

Contribution Rate Statement Summary of Researchers

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

Conflict of Interest Statement

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

REFERENCES

- Abate, L., Bachheti, R. K., Tadesse, M. G., & Bachheti, A. (2022). Ethnobotanical Uses, Chemical Constituents, and Application of *Plantago lanceolata* L. *Journal of Chemistry*, 2022, doi.org/10.1155/2022/1532031
- Adom, M.B., Taher, M., Mutalabisin, M.F., Amri, M.S., Kudos, M.B.A., Sulaiman, M.W.A.W., Sengupta, P., Susanti, D. (2017). Chemical constituents and medical benefits of *Plantago major*. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 96, 348-360. doi.org/10.1016/j.biopha.2017.09.152
- Al Baihaqi, A., Isman, H. S. M., Fauziyyah, G. F., Hutabarat, R. R. N., Hartono, A., & Megantara, S. (2022). *In silico* Study of Chemical Compounds in *Plantago major* L. as Anti-Androgen. *Indonesian Journal of Cancer Chemoprevention*, 13(1), 33-45.
- Amini, M., Kherad, M., Mehrabani, D., Azarpira, N., Panjehshahin, M., & Tanideh, N. (2010). Effect of *Plantago major* on burn wound healing in rat. *Journal of Applied Animal Research*, 37(1), 53-56. doi.org/10.1080/09712119.2010.9707093
- Azminah, A., Erlina, L., Radji, M., Mun'im, A., Syahdi, R. R., & Yanuar, A. (2019). *In silico* and *in vitro* identification of candidate SIRT1 activators from Indonesian medicinal plants compounds database. *Computational biology and chemistry*, 83, 107096. doi.org/10.1016/j.compbiolchem.2019.107096
- Chirico, A., Lucidi, F., De Laurentiis, M., Milanese, C., Napoli, A., & Giordano, A. (2016). Virtual reality in the health system: beyond entertainment. a mini-review on the efficacy of VR during cancer treatment. *Journal of cellular physiology*, 231(2), 275-287. doi.org/10.1002/jcp.25117
- D'Andrea, G. (2015). Quercetin: a flavonol with multifaceted therapeutic applications? *Fitoterapia*, 106, 256-271. doi.org/10.1016/j.fitote.2015.09.018
- Doğan, N., Doğan, C., & Kocakaya, M. (2022). Optimization Extraction of *Cladonia foliacea* (Huds.) Willd: Antioxidant Activity and Inhibition of the Key Enzymes Linked to Type II Diabetes. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(4), 828-837. DOI:10.18016/ksutarimdogan.vi.908382
- Dubey, R., Prabhakar, P. K., & Gupta, J. (2021). Identification of Structurally Similar Phytochemicals to Quercetin with High SIRT1 Binding Affinity and Improving Diabetic Wound Healing by Using *In Silico* Approaches. *Biointerface Res. Appl. Chem*, 12, 7621-7632. doi.org/10.33263/BRIAC126.76217632
- Ebrahimipour, S., Zakeri, M., & Esmaeili, A. (2020). Crosstalk between obesity, diabetes, and Alzheimer's disease: Introducing Quercetin as an effective triple herbal medicine. *Ageing research reviews*, 62, 101095. doi.org/10.1016/j.arr.2020.101095
- Eraydın, C. (2019). Diyabetik Kaya Flap-Graft Nary Concessional Sadly Fortuneteller Gore Emerge Balky: Ogura Sun. *Emerge Bulimia Derision*, 2(1), 37-43.
- Ghanadian, M., Soltani, R., Homayouni, A., Khorvash, F., Jouabadi, S. M., & Abdollahzadeh, M. (2022). The effect of *Plantago major* hydroalcoholic extract on the healing of diabetic foot and pressure ulcers: a randomized open-label controlled clinical trial. *The International Journal of Lower Extremity Wounds*, 15347346211070723.
- Gonçalves, S., & Romano, A. (2016). The medicinal potential of plants from the genus *Plantago* (Plantaginaceae). *Industrial Crops and Products*, 83, 213-226. doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.12.038
- Hosseinkhani, A., Falahatzadeh, M., Raoofi, E., & Zarshenas, M. M. (2017). An evidence-based review on wound healing herbal remedies from reports of traditional Persian medicine. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, 22(2), 334-343.
- Hubbard, B. P., Gomes, A. P., Dai, H., Li, J., Case, A. W., Considine, T., Lamming, D. W. (2013). Evidence for a common mechanism of SIRT1 regulation by allosteric activators. *Science*, 339(6124), 1216-1219. DOI: 10.1126/science.1231097
- IDF, D. A. (2021). *IDF Diabetes Atlas 10th edition*. <https://diabetesatlas.org/atlas/tenth-edition/> (International Diabetes federation).

- IDF, D. A. (2022). *Diabetes Atlas report on diabetes foot-related complications*. www.diabetesatlas.org.
- Jarić, S., Kostić, O., Mataruga, Z., Pavlović, D., Pavlović, M., Mitrović, M., & Pavlović, P. (2018). Traditional wound-healing plants are used in the Balkan region (Southeast Europe). *Journal of ethnopharmacology*, 211, 311-328. doi.org/10.1016/j.jep.2017.09.018
- Jivad, N., Bahmani, M., & Asadi-Samani, M. (2016). A review of the most important medicinal plants effective on wound healing on ethnobotany evidence of Iran. *Der Pharm Lett*, 8(2), 353-357.
- Kartini, K., Wati, N., Gustav, R., Wahyuni, R., Anggada, Y. F., Hidayani, R., Putra, S. E. D. (2021). Wound healing effects of *Plantago major* extract and its chemical compounds in hyperglycemic rats. *Food Bioscience*, 41, 100937. doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100937
- Kawashty, S., Abdalla, M., & Saleh, N. (1994). Flavonoids of *Plantago* species in Egypt. *Biochemical Systematics and Ecology*, 22(7), 729-733. doi.org/10.1016/0305-1978(94)90058-2
- Kawashty, S., El-Din, E. G., & Saleh, N. (1999). The flavonoid chemosystematics of two *Teucrium* species from Southern Sinai, Egypt. *Biochemical Systematics and Ecology*, 27(6), 657-660. doi.org/10.1016/S0305-1978(97)00109-9
- Khaire, M., Bigoniya, J., & Bigoniya, P. (2023). An Insight into the Potential Mechanism of Bioactive Phytocompounds in the Wound Management. *Pharmacognosy Reviews*, 17(33), 43-68. DOI: 10.5530/097627870153
- Khursheed, R., Singh, S. K., Wadhwa, S., Gulati, M., & Awasthi, A. (2020). Enhancing the potential preclinical and clinical benefits of Quercetin through novel drug delivery systems. *Drug Discovery Today*, 25(1), 209-222. doi.org/10.1016/j.drudis.2019.11.001
- Lazzarini, P. A., Cramb, S. M., Golledge, J., Morton, J. I., Magliano, D. J., & Van Netten, J. J. (2023). Global trends in the incidence of hospital admissions for diabetes-related foot disease and amputations: a review of national rates in the 21st century. *Diabetologia*, 66(2), 267-287. doi.org/10.1016/j.OSF.IO/4TZFJ
- Mahabady, M. K., Shamsi, M. M., Ranjbar, R., Tabandeh, M. R., & Khazaeel, K. (2021). Quercetin improved histological structure and upregulated adiponectin and adiponectin receptors in the placenta of rats with gestational diabetes mellitus. *Placenta*, 106, 49-57. doi.org/10.1016/j.placenta.2021.02.008
- Mahmood, A., & Phipps, M. (2006). Wound healing activities of *Plantago major* leaf extract in rats. *Int J Trop Med*, 1(1), 33-35.
- Najafian, Y., Khorasani, Z. M., Najafi, M. N., Hamed, S. S., Mahjour, M., & Feyzabadi, Z. (2019). Efficacy of aloe vera/*Plantago major* gel in diabetic foot ulcer: a randomized double-blind clinical trial. *Current drug discovery technologies*, 16(2), 223-231. doi.org/10.2174/1570163815666180115093007
- Nishibe, S., Tamayama, Y., Sasahara, M., & Andary, C. (1995). A phenylethanoid glycoside from *Plantago asiatica*. *Phytochemistry*, 38(3), 741-743. doi.org/10.1016/0031-9422(94)00299-9
- Patel, S., Srivastava, S., Singh, M. R., & Singh, D. (2019). Mechanistic insight into diabetic wounds: Pathogenesis, molecular targets and treatment strategies to pace wound healing. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 112, 108615. doi.org/10.1016/j.biopha.2019.108615
- Salla, H. R., Al Habsi, F. S., & Al Sharji, W. H. (2020). A comparative study on the role of Omani honey with various food supplements on diabetes and wound healing. *Journal of King Saud University-Science*, 32(3), 2122-2128. doi.org/10.1016/j.jksus.2020.02.016
- Salvo, P., Calisi, N., Melai, B., Dini, V., Paoletti, C., Lomonaco, T., Romanelli, M. (2017). Temperature- and pH-sensitive wearable materials for monitoring foot ulcers. *International journal of nanomedicine*, 12, 949.
- Sanganalmath, S. K., Dubey, S., Veeranki, S., Narisetty, K., & Krishnamurthy, P. (2023). The interplay of inflammation, exosomes and Ca²⁺ dynamics in diabetic cardiomyopathy. *Cardiovascular Diabetology*, 22(1), 1-22.
- Sanz, M., Ferrandiz, M., Cejudo, M., Terencio, M. C., Gil, B., Bustos, G., Alcaraz, M. (1994). Influence of a series of natural flavonoids on free radical generating systems and oxidative stress. *Xenobiotica*, 24(7), 689-699. doi.org/10.3109/00498259409043270
- Satman, I., Omer, B., Tutuncu, Y., Kalaca, S., Gedik, S., Dincag, N., Canbaz, B. (2013). Twelve-year trends in the prevalence and risk factors of diabetes and prediabetes in Turkish adults. *European journal of epidemiology*, 28, 169-180. DOI 10.1007/s10654-013-9771-5
- Skari, K. P., Malterud, K. E., & Haugli, T. (1999). Peroxidation From *Plantago Major*, A Medicinal Plant. Natural Antioxidants and Anticarcinogens in Nutrition, *Health and Disease*(240), 200.
- Srinivasan, B., Forouhar, F., Shukla, A., Sampangi, C., Kulkarni, S., Abashidze, M., Acton, T. B. (2014). Allosteric regulation and substrate activation in cytosolic nucleotidase II from *Legionella pneumonia*. *The FEBS journal*, 281(6), 1613-1628. doi.org/10.1111/febs.12727
- Uslu, U. H. N., Avdal, E. Ü., & Tokem, Y. (2022). Amerikan Diyabet Birliği (ADA) 2022 *Diyabette Tıbbi Bakım Standartları*. DOI: 10.29228/tjdn.57859
- Vyas, K. S., & Vasconez, H. C. (2014). Wound healing: biologics, skin substitutes, biomembranes and scaffolds. *Paper presented at the Healthcare*. 2(3),

356-400. doi.org/10.3390/healthcare2030356
Yuting, C., Rongliang, Z., Zhongjian, J., & Yong, J.
(1990). Flavonoids as superoxide scavengers and
antioxidants. *Free Radical Biology and Medicine*,
19(1), 19-21. doi.org/10.1016/0891-5849(90)90045-K
Zubair, M., Ekholm, A., Nybom, H., Renvert, S.,

Widen, C., & Rumpunen, K. (2012). Effects of
Plantago major L. leaf extracts on oral epithelial
cells in a scratch assay. *Journal of
Ethnopharmacology*, 141(3), 825-830. doi.org/
10.1016/j.jep.2012.03.016

Effects of Different Water Stress Levels, Heterogeneity, and Location on Berry Phytochemical Properties in an Organic and Conventional Vineyard (*Vitis vinifera* cv. Cabernet-Sauvignon)

Elman BAHAR¹, İlknur KORKUTAL², Müge UZUN³

^{1, 2, 3}Tekirdag Namik Kemal University, Agricultural Faculty, Department of Horticulture, Tekirdag-Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-8842-7695>, ²<https://orcid.org/0000-0002-8016-9804>, ³<https://orcid.org/0009-0006-0245-0226>

✉: ikorkutal@nku.edu.tr

ABSTRACT

Investigate the effects of water stress on grape berry heterogeneity and composition in Cabernet-Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grapes under different farming practices (organic and conventional) based on soil structure and provide valuable information for the wine industry regarding quality. The research was conducted in two vineyards, one certified organic and the other following conventional practices. The experiment, designed with Split-Plot Experimental Design based on stress levels, was divided into two main plots, Organic and Conventional, and each of these plots was further divided into two subplots. The predawn leaf water potential results categorized the vines into two groups: those with values lower than -8 MPa and those above -8 MPa, which were labeled as Dryland-shallow soil and Baseland-deep soil, respectively, based on the location and soil type. During the harvest, grape clusters were collected and classified into three groups based on berry diameter (10mm-12mm, 12mm-14mm, 14mm-16mm). The results indicated that the 10mm-12mm berry size group generally exhibited the desired characteristics across all evaluated criteria. The total anthocyanin and total tannin content were higher in the 10mm-12mm berries from vines experiencing moderate stress (Stress 1), regardless of location. Additionally, the Dryland-shallow soil condition showed higher tannin content. On the other hand, grapes from high-stress vines displayed lower antioxidant values. The total polyphenol index content was higher in the organic vineyard. Based on the findings, it was suggested that to obtain high phytochemical compounds from Cabernet-Sauvignon grapes in the Tekirdağ region, cultivation should be carried out under Dryland-shallow soil conditions, where the predawn leaf water potential can drop as low as -0.8 MPa during the period between veraison and harvest. Moreover, berries between 10 mm and 12 mm might suit for this purpose.

Horticulture

Research Article

Article History

Received : 28.07.2023

Accepted : 04.02.2024

Keywords

cv. Cabernet-Sauvignon

Grape quality

Heterogeneity

Organic vineyard

Conventional vineyard

Organik ve Konvansiyonel Bağda Yetiştirilen *Vitis vinifera* Cabernet-Sauvignon Üzüm Çeşidinde: Farklı Su Stresi Seviyelerinin, Tane Heterojenitesinin ve Konumun Fitokimyasal Özellikler Üzerine Etkileri

ÖZET

Cabernet-Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşidinde farklı tarım uygulamalarındaki (organik ve konvansiyonel) toprak yapısına bağlı olarak su stresinin tane heterojenitesi ve bileşimi üzerine etkilerini araştırmak ve şarap sektörüne ham madde kalitesi konusunda öncü bilgi sağlamaktır. Araştırma organik tarım sertifikalı ve konvansiyonel bağcılık yapılan iki bağda yürütülmüştür. Stres düzeylerine göre Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre kurulmuş olan deneme, Organik ve Konvansiyonel olarak iki ana ve ikişer alt parsel ayrılmıştır. Ölçülen şafak öncesi yaprak su potansiyeli sonuçlarına göre -8 MPa'dan düşük olan ve -8 MPa'dan büyük olan omcalar, arazi ve toprak tipine göre Kırac arazi-yüzlek toprak ve Taban arazi-derin toprak olarak gruplandırılmıştır. Hasat yapılan salkımlardaki taneler çaplarına göre 3 ayrı grupta toplanmıştır (10mm-12mm, 12mm-14mm,

Bahçe Bitkileri

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 28.07.2023

Kabul Tarihi : 04.02.2024

Anahtar Kelimeler

Cabernet-Sauvignon

Üzüm kalitesi

Heterojenite

Organik bağ

Konvansiyonel bağ

14mm-16mm). Deneme sonucunda 10mm-12mm tane boyut grubunun genel olarak incelenen tüm kriterlerde istenilen özellikleri taşıdığı belirlenmiştir. Toplam antosiyanin miktarı ve toplam tanen miktarı konumdan bağımsız olarak orta streste (Stres 1) omcalarda 10mm-12mm arasındaki tanelerde yüksek değerler elde edilmiştir. Kırış arazi yüzlek toprakta tanen miktarı daha fazla bulunmuştur. Yüksek streste omcalardan düşük antioksidan değerleri kaydedilmiştir. TPI miktarı organik bağda daha yüksek bulunmuştur. Tekirdağ ilinde Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidinden yüksek fitokimyasal bileşenler elde edilmesi için ben düşme-olgunluk arası dönemde şafak öncesi yaprak su potansiyelinin -0,8 MPa'a kadar düşebildiği Kırış arazi yüzlek toprak koşullarında yetiştiricilik yapılması ve 10mm-12mm arasında çapa sahip tanelerin kullanılmasının uygun olabileceği düşünülmüştür.

Atf Şekli	Bahar, E., Korkutal, İ., & Uzun, M. (2024). Organik ve Konvansiyonel Bağda Yetiştirilen <i>Vitis vinifera</i> Cabernet-Sauvignon Üzüm Çeşidinde; Farklı Su Stresi Seviyelerinin, Tane Heterojenitesinin ve Konumun Fitokimyasal Özellikler Üzerine Etkileri. <i>KSÜ Tarım ve Doğa Derg</i> 27 (5), 1042-1054. DOI: 10.18016/ksutarimdog.1333996.
To Cite:	Bahar, E., Korkutal, İ., & Uzun, M. (2024). Effects of Different Water Stress Levels, Heterogeneity and Location on Berry Phytochemical Properties in an Organic and Conventional Vineyard (<i>Vitis vinifera</i> cv. Cabernet-Sauvignon). <i>KSU J. Agric Nat</i> 27(5), 1042-1054. DOI: 10.18016/ksutarimdog.1333996.

INTRODUCTION

Grape quality is a general term that represents the levels of various fruit chemical compounds within a grape berry. These are commonly categorized as fruit flavonoids (anthocyanins, tannins, and total phenolics), titratable acidity (TA), pH, and total soluble solids (TSS). The concentrations of these components are determined by the combined effects of various factors in the vineyard. These factors include plant-related characteristics (vine, berry, and canopy), physicochemical properties of the soil in the root zone, and mesoclimate-microclimate attributes of the vineyard. The interactions among these factors must be considered because they contribute to the desired levels of grape chemical components known as "grape quality" (Zerihun et al., 2015). Additionally, Kontoudakis et al. (2011) stated that the most crucial factor at harvest time is the degree of grape maturity. It has been observed that high-quality wines come from grapes with optimal ripeness.

Along with vineyard soil, climate, vine, and cultural practices also affect the vineyard's performance and grape berry composition (Deloire & Rogiers, 2014; Candar et al., 2021). Even in regions with sufficient annual rainfall, irrigation may be necessary depending on soil structure (Tardáguila et al., 2011). It should be considered that some plots in the same vineyard may require irrigation, leading to differences in yield, quality, and grape heterogeneity. In red varieties and under dry conditions, vine water status has been found to have positive and negative effects on TSS, total acidity, pH, malic and tartaric acid concentrations, phenolic compounds, anthocyanins, and tannins (van Leeuwen et al., 2009; Cheng et al., 2014).

Organic viticulture is becoming widespread worldwide (Calderone et al., 2022). However, it has been reported that organic vineyards increased soil compaction, inability to replenish deficient nutrients, and increased disease pressure (Provost & Pedneault, 2016).

Berry size is a quality factor for wine production (Melo et al., 2015). Kontoudakis et al. (2011) found that when grouping berry heterogeneity based on berry density (NaCl solution), the group with the highest density had higher levels of pH, total phenolic content, total anthocyanins, and proanthocyanins. Zouid et al. (2013) reported a negative correlation between berry size and anthocyanin content, while Liu et al. (2016) found that the group with the highest density had the highest antioxidant content. Rolle et al. (2015) determined that high-density groups had higher total phenolic content and aromatic profile.

Temperature, drought, and light intensity determine the veraison process and affect the polyphenol content in the berries (Vilanova et al., 2015). Due to soil properties and spatial variations in topography, all soils do not retain water to the same extent. If irrigation is applied without considering these differences, it can reduce yield and quality in areas with excessive water stress. Similarly, in over-irrigated areas, the desired grape quality may not be achieved (Bellvert et al., 2021; Valdés et al., 2022). Echeverria et al. (2017) found that shallow vineyard soils have limited water access, leading to low yield and quality. Mirás-Avalos and Intriglio (2017) found that the variety, timing of water stress, and must composition have a significant impact, while Caruso et al. (2023) determined that different rootstocks and irrigation regimes did not affect yield, despite climate variations in trial years.

This study aims to observe the effects of water stress on grape berry heterogeneity and composition due to long-term exposure to high water stress in some plots of an organic vineyard, by grouping the grapes based on leaf water potentials at harvest and their berry sizes. As a control, the study also aims to monitor the effects of water stress resulting from the difference in water stress between Dryland-shallow soil and Baseland-deep soil, by classifying the grape berry sizes based on the average leaf water potentials of two different soil depths within a conventional vineyard. The main focus is to investigate the effects of water stress on grape berry heterogeneity and composition in Cabernet-Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grapes under different farming practices (organic and conventional) based on soil structure and provide valuable information for the wine industry regarding quality.

MATERIAL and METHODS

Vineyard site and climate

This study was conducted with the berries of cv. Cabernet-Sauvignon, grown in two different vineyards: ŞatoNuzun Vineyard and Winery Llc. was organic (41° 2' 20.74" N, 27° 48' 41.90" E) and Umurbey Vineyards Llc. Was conventional (40° 55' 50.23" N, 27° 25' 19.16" E) selected as the "Control" vineyard. During the period from veraison (EL 35) to harvest (EL 38), only 16 mm of rain has fallen. The average temperature during this period was 25.2°C, and the average relative humidity was 71.5%. The Index Winkler (IW) value for this region was recorded as 2235 days.

The phenological development dates for the first vineyard were recorded as follows: bud break on 15th April (EL 4), flowering on 25th May (EL 23), veraison on 24th July (EL 35), and harvest on 31st August (EL 38). As for the second vineyard (Control vineyard), the dates were as follows: bud break on 10th April (EL 4), flowering on 28th May (EL 23), veraison on 26th July (EL 35), and harvest on 17th September 2018 (EL 38).

Vineyard management

The organic vineyard, planted in 2006, consists of Cabernet-Sauvignon grafted on 1103P rootstock. It is oriented N-S and located at 130 m altitude with an 18% slope. Row and vine spacing is 2 x 2.5 m. The vine training system is VSP, and the soil composition includes gravel, sand, and clay. The conventional vineyard was planted in 1993, and the row spacing and vine spacing are 1.5 x 2.5 m. It is located 5 km from the sea at an altitude of 200 m. The vineyard is trained using the bilateral Cordon Royat system, and the soil composition is clayey and sandy. In winter pruning, 2 buds above 5 heads are left on each main branch, in short, each spur carries 10 buds, a total of 20 buds per vine. No cluster thinning process has

been performed on the spurs. Both vineyards on sloped terrain, exhibit soil structure differences between the S and N-facing slopes. The N slope has a gravel + sand + limestone topsoil layer with low organic matter, leading to dry soil. Water retention is poor due to shallow soil tillage and an impermeable limestone layer, resulting in high evaporation rates and significant water scarcity. Conversely, the S slope has a fertile top layer rich in clay + sand and organic matter, with a lower layer consisting of gravel + sand + clay, providing high water holding capacity.

Berry sampling

Shoot and cluster numbers were not equalized in the application clusters. Harvested clusters from both vineyards were placed in plastic coolers and quickly transported to the laboratory. The clusters were divided into four berry size groups: 10mm-12mm, 12mm-14mm, 14mm-16mm, and 16mm-18mm. The berries, classified according to their sizes, were stored at -20°C until the analyses were performed. However, it was impossible to find samples belonging to the 16mm-18mm group in some criteria.

Measuring by Scholander Pressure Chamber

At harvest time, pre-dawn leaf water potential (Ψ_{leaf}) was measured using the Scholander pressure chamber, and stress levels were determined according to Carbonneau (1998) and Deloire & Rogiers (2014).

Location and soil types

Dryland – Shallow soil (D): Refers to the vines in the region with arid and highly absorbent, gravelly soil, Baseland – Deep soil (B): Includes vines in the area with high clay content and deep subsoil.

Stress levels

Conventional vineyard (Control): Represents the vineyard cultivated using traditional methods, Organic vineyard (Stress 1): Vines with low pre-dawn leaf water potential were grouped, Organic vineyard (Stress 2): Vines were grouped based on high Ψ_{leaf} values.

Statistical evaluation

The field experiment was conducted in a Split-Plot Design with two types of land (Dryland-shallow soil and Baseland-deep soil), three different stress levels (Control, Stress 1, and Stress 2), and three replications with two vines in each plot. The data obtained were analyzed using the MSTAT-C statistical program, and the LSD test (1% and 5%) was applied to reveal the differences. In some statistical analyses, the 16mm-18mm berry size group was not used due to the insufficient number of berries in this size group.

Data collection

After harvest, clusters were separated into individual berries and sorted into size classes using sieves with openings of 10mm, 12mm, 14mm, 16mm, and 18mm. Each cluster's berries were destemmed, and 200g of grape berries were blended. 50ml of resulting puree was transferred to a light-proof container, and 62ml of 80% (v/v) acidified methanol was added. After 24 hours in a dark room, the mixture was filtered with Whatman No. 1 paper to obtain grape extract and stored in air-tight containers. This process was applied to each size group separately. 1 ml was taken from the bottled samples, and 5 ml of methanol was added (dilution factor 1/6). For all other analyses, extracts were taken from this diluted extract and used.

Analysis of sugars

The TSS was measured using a refractometer and recorded as °Brix (Cemeroğlu, 2007). Sugar concentration (g L^{-1}) was determined based on the °Brix values. The sugar content in the berry (mg berry^{-1}) was calculated using the following formula (Carbonneau & Bahar, 2009):

$$\text{Sugar content in the berry (mg/berry)} = [1 / 1.3 \times \text{Sugar (g/L)}] \times [1/100 \times 100 \text{ berry weight (g)}] \quad (1)$$

Additionally, the sugar content per gram of grape (mg g-berry^{-1}) was calculated using the following formula:

$$\text{Sugar content per gram of grape (mg/g - berry)} = \text{Sugar content in the berry / berry fresh weight} \quad (2)$$

Total acid content (TA) (g L^{-1})

Samples from the must were measured using 1N NaOH solution and phenolphthalein indicator. The amount of NaOH consumed with phenolphthalein indicator on 5 ml of must solution was recorded as tartaric acid (Cemeroğlu, 2007).

the pH of the must

The pH was determined using a digital pH meter (Cemeroğlu, 2007).

Analysis of total phenolic compounds

The Folin-Ciocalteu method was used for spectrophotometric readings (Waterhouse, 2002; Sánchez-Rangel et al., 2013). 1 ml of the diluted extract (1/6 ratio) was transferred to a 100 ml volumetric flask using a micropipette. Then, 5 ml of Folin-Ciocalteu reagent and 10 ml of Na_2CO_3 solution (20g L^{-1}) were added, and the mixture was shaken. After leaving it for 2 hours at 75°C in a water bath with 70 ml of distilled water, the volume was adjusted to 100 ml with distilled water, and the absorbance was measured at 765 nm using a spectrophotometer.

$$\text{Formula (mg/kg)} = \text{Read Value} \times 11197.6 \quad (3)$$

Analysis of total anthocyanin compounds (mg kg^{-1})

Different pH methods were used for anthocyanin determination (Cemeroğlu, 2007). The buffer solution (696.5 ml citric acid + 303.5 ml disodium monophosphate solution) is a mixture. Monometric anthocyanins in black-colored grapes, extracted using disodium monophosphate, were determined using the pH-Differential method and expressed as malvidin-3-glucoside (mg kg^{-1}). Methanol was used for the preparation of extracts in the determination of total anthocyanins. Two tubes were prepared for each sample: Tube 1: 1 ml of the extract + 1 ml of 80% (v:v) methanol diluted with distilled water and 10 ml of 2% HCl solution. The reading was taken at 520 nm using a spectrophotometer. Tube 2: 1 ml of the extract + 1 ml of methanol + 10 ml of buffer solution. After shaking, the reading was taken at 520 nm using a spectrophotometer.

$$\text{Formula } 4645.8 \times (\text{High reading} - \text{Low reading}) \quad (4)$$

Analysis of total monomeric anthocyanins by pH differential method

Potassium chloride buffer ($\text{pH}_{1.0}$) and Sodium Acetate buffer ($\text{pH}_{4.5}$) solutions were prepared, and samples were compared with predetermined ratios in preliminary tests to establish equilibrium after waiting for 30 min. The absorbances of both buffer solutions for each sample were then measured at 520 nm and 720 nm using a spectrophotometer. The number of anthocyanins in the samples was determined using the following equation. $\text{pH}_{1.0}$ Buffer: In a container, 250 ml of 0.2 N KCl (14.9 g L^{-1}) and 650 ml of 0.2 N HCl (17 ml L^{-1}) solutions are combined and mixed. The pH of the solution should be adjusted to 1.0. If it is not, it is adjusted using an HCl solution. $\text{pH}_{4.5}$ Buffer: 1.64 g of Sodium Acetate ($\text{CH}_3\text{CH}'\text{Na} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) is dissolved in 100 ml of distilled water, and then 1 N HCl (83 ml of concentrated HCl per L) is added to adjust the pH to 4.5 ± 0.1 .

$$A = (A_{520} - A_{720})_{\text{pH } 1.0} - (A_{520} - A_{720})_{\text{pH } 4.5}$$

$$\text{Total Anthocyanin Content (mg/kg)} = (A) \times (MW) \times (Sf) \times 1000 / (\epsilon)^1 \quad (5)$$

(ϵ): Molar absorption coefficient for Malvidin-3-glucoside: 28,000

MW: Molecular weight of Malvidin-3-glucoside: 493.5

Sf: Dilution factor

l: Cuvette layer thickness: Set as 1.

Analysis of total tannin compounds

From the 1/6 diluted extract, 1 ml was transferred into a 100 ml volumetric flask. Then, 10 ml of Folin-Denis reagent was added, and it was filled up to 100 ml with NaCO_3 solution (%35 (m:v) in distilled water)

and thoroughly mixed. After waiting for 30 min and ensuring no turbidity, the samples were transferred into the spectrophotometer cuvette and read at 750 nm. If the 100 ml volumetric flask and the sample did not align precisely due to differences in micropipette and volumetric flask diameters, the sample was transferred to another container after shaking. After waiting for 30 min and without disturbing the sediment, the sample was taken.

$$\text{Formula (mg/kg)} = 13417.2 \times \text{Read value} \quad (6)$$

Analysis of total phenolic compounds (TPC) for antioxidant content

Total phenolic compounds in grape methanol extracts were determined using the Folin-Ciocalteu reagent (FCR) method (Kupina et al., 2017). The FC reagent, a mixture of phosphotungstic acid ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) and phosphomolybdic acid ($\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$), undergoes a colour change to blue compounds during phenol oxidation. This color change read at 760 nm on a spectrophotometer, is proportional to the amount of polyphenolic compounds, and is expressed as gallic acid or pyrocatechol equivalents. The calculation is based on the formula obtained in terms of gallic acid.

From the 1/6 diluted extract, 1 ml was transferred into a 100 ml volumetric flask. Then, 5 ml of FCR and 10 ml of NaCO_3 solution (20 g L^{-1}) were added and shaken. After that, 70 ml of distilled water was added, and the flask was kept in a water bath at 75°C for 2 hours. After, the flask was filled up to 100 ml with distilled water, and a sample was taken from this solution for reading at 760 nm on a spectrophotometer to calculate the antioxidant content in terms of gallic acid.

$$\text{Absorbance } (\lambda: 760 \text{ nm}) = 0.0011[\text{Gallic acid}] - 0.0022(7)$$

Analysis of antioxidant enzyme activities by H_2O_2 method

The antioxidant content of grape extracts was determined by measuring their hydrogen peroxide (H_2O_2) removal activity using the method described by Benmeziane (2017). A specific amount of hydrogen peroxide solution was added to the reaction medium, and the breakdown by the sample extract was monitored by measuring the absorbance change at 230 nm. A 0.1M Phosphate buffer ($\text{pH}=7.4$) was prepared, and a 0.40mM H_2O_2 solution. The sample extract was added to the solution, and after a 10-minute waiting, the absorbance at 230 nm was measured. A control determination was also performed without H_2O_2 .

$$\% \text{ Inhibition} = \frac{[(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}}] \times 100}{\quad} \quad (8)$$

A control = Absorbance of the control, A sample = Absorbance of the sample.

Analysis of total polyphenol index (TPI)

Grape juice was first passed through a coarse filter and then centrifuged at 8000 rpm for 5 minutes in a conical tube. Afterwards, it was filtered again through a coarse filter. From this filtrate, 1 ml was taken and diluted with 50 ml of pure water in a volumetric flask, and then measurements were made using a spectrophotometer. The obtained values were multiplied by the dilution factor and used for further analysis.

RESULTS

Leaf water potential (Ψ_{pd} , MPa)

The grapevine water status Ψ_{pd} (Pre-dawn leaf water potential) was determined through measurements (Data not shown). According to the Location x Stress interaction, in the Dryland-shallow soil x Stress 1 interaction, the average value was measured as -0.77 MPa. In the Dryland-shallow soil x Stress 2 interaction, the average value was -1.22 MPa, and in the Dryland-shallow soil x Control interaction, it was -0.92 MPa. The Dryland-shallow soil interactions were found to be in the high-stress and severe-high-stress groups according to Carbonneau (1998) and Deloire and Rogiers (2014). On the other hand, Baseland-deep soil reduced the Ψ_{pd} values, indicating a stress reduction. They were recorded as Control (-0.29 MPa) for low-moderate stress, Stress 1 (-0.77 MPa) for severe-high stress, and Stress 2 (-0.92 MPa) for high stress (Korkutal et al., 2023). Ojeda et al. (2002) stated that the grape berry quality slightly increased with moderate water stress.

Sugar Contents

In terms of Total Soluble Solids (TSS) values, the Stress Main Effect (STME) and Location x Stress interactions, as well as the main effect of Location (LOME), were found to be significant. Regarding the LOME, Dryland-shallow soil (D) had a value of 23.94°Brix , and Baseland-deep soil (B) had a value of 22.83°Brix . Concerning the STME, the lowest value was obtained from the Stress 2 group (23.12°Brix), and the highest value was from the Control group (23.85°Brix). Stress 1 (23.18°Brix) fell between these two values. In terms of the Location x Stress interaction, the Dx Control interaction (24.81°Brix) had the highest value, while the B x Stress 1 interaction (22.50°Brix) had the lowest value. These findings are consistent with the observation made by Lafontaine et al. (2013) and Melo et al. (2015) that as the berry size decreases, the $^\circ\text{Brix}$ ratio increases. Additionally, in Dryland-shallow soil (Stress 2 < -0.8 MPa), the effect of water deficiency in the vine, as noted by Koundouras et al. (2006), led to a reduction in sugar accumulation in the berries during the ripening process (Data not shown). Romero et al. (2010), and Zúñiga et al. (2018) contradict each other

in their research findings regarding the effect of moderate water stress on increased TSS in red grape varieties. It is thought that this discrepancy may have resulted from differences in soil structure.

When evaluating the sugar concentration (g L^{-1}) the STME, LOME, and Location x Stress interactions were found to be significant (Data not shown). For the STME sugar concentration values, it was observed that the Control vines (236.34 g L^{-1}) had higher values, followed same group by Stress 1 (228.52 g L^{-1}) and Stress 2 (227.87 g L^{-1}). The sugar concentration in the D (237.42 g L^{-1}) was found to be higher than in the B (224.40 g L^{-1}). The obtained values are consistent with the findings of Matthews & Nuzzo (2007), which suggest that sugar concentration in

berries decreases as berry size increases.

Regarding the sugar amount in berries (mg berry^{-1}), only the BSME showed statistical significance (Figure 1). It was observed that the 14mm-16mm size group had the highest sugar amount ($137.48 \text{ mg berry}^{-1}$). For STME, the amount of sugar in berry values between $112.74 \text{ mg berry}^{-1}$ (Control) to $103.77 \text{ mg berry}^{-1}$ (Stress 2) were observed. This finding is consistent with the study by Ojeda et al. (2002), which reported that water deficiency after veraison reduces sugar content in berries. On the other hand, the research findings of Zarrouk et al. (2012) are parallel with the result that there was no difference in sugar content in the berries between non-irrigated and regulated water restriction conditions.

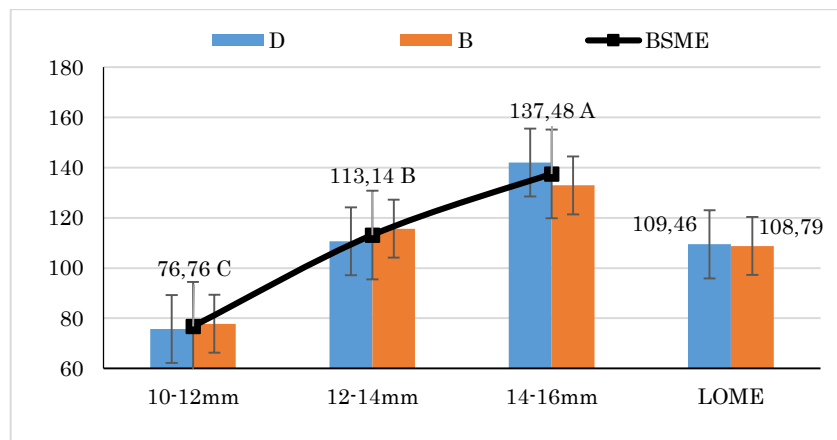


Figure 1. Effects of different berry sizes depending on the land-soil type on the sugar amount in berries
Şekil 1. Arazi ve toprak tipine bağlı olarak farklı tane boyutlarının tanedeki şeker miktarına etkileri
BSME LSD %1 = 13,41675

The amount of sugar per gram of grape berry (mg g-berry^{-1}) showed statistical significance in terms of berry size groups, LOME, STME, and Location x Stress interactions (Data not shown). In terms of LOME, values of $79.14 \text{ mg g-berry}^{-1}$ for D and $74.80 \text{ mg g-berry}^{-1}$ for B were obtained. The results are consistent with Bahar et al. (2017), who stated that the lowest sugar content in a single grape berry is obtained when Ψ_{pd} falls below -0.7 MPa , in terms of Location.

Total acidity (TA) (g L^{-1})

In terms of TA criteria, significant differences were found only for LOME among different berry size groups based on location and soil type. A TA value of 7.71 g L^{-1} was obtained for B. This value was followed by D with a TA value of 6.50 g L^{-1} . Kontoudakis et al. (2011) reported that the group with higher density (smaller berries) had higher TA content. This finding is in line with results where smaller berries were observed to have higher TA values (Data not shown). Furthermore, the results are consistent with the findings of Koundouras et al. (2006) and Caruso et al.

(2023) that water deficiency determined based on Ψ_{pd} values disrupts the accumulation of malic acid in the must and reduces TA (Romero et al., 2010).

Grape must pH

In terms of grape must pH, STME, Location x Stress interaction, and LOME have shown significant effects (Table 1). For STME, when pH values were examined, Stress 2 (3.34) and Control (3.31) were in the same significance group, while Stress 1 (3.26) was in another significance group. Regarding Location x Stress interactions, D x Stress 2 interaction (3.43) and D x Control interaction (3.38) were in the first significance group. On the other hand, B x Stress 1 interaction (3.31) formed the second significance group, and B x Stress 2 (3.25), B x Control (3.23), and D x Stress 1 (3.20) values constituted the last significance group. When pH values were examined concerning LOME, D had a pH value of 3.34, and B had a pH value of 3.27. The findings are consistent with the study of Munitz et al. (2016), where they reported that different vine water statuses did not have a significant effect on grape must pH. Similarly, the results align with the study by Bahar et al.

(2017), where they observed that although the pH values of groups separated based on stress levels were not statistically significant, vines under stress levels above -0.7 MPa had the lowest pH values in the must. However, the results contradict the findings of Gil et

al. (2015), who reported that small-sized berries contained high pH, and Caruso et al. (2023), who indicated that irrigation affects pH. It is thought that this discrepancy may have arisen from differences in field and soil types.

Table 1. pH values in different berry size groups based on location-soil type

Çizelge 1. Arazi ve toprak tipine bağlı olarak farklı tane boyut gruplarında pH

Location and Stress		Berry Size			LOME
		10mm-12mm	12mm-14mm	14mm-16mm	
Dryland-shallow soil (D)		3.34±0.05	3.32±0.04	3.34±0.03	3.34±0.02 a
Baseland-deep soil (B)		3.24±0.02	3.26±0.02	3.29±0.02	3.27±0.01 b
STME					
Control		3.32±0.06	3.29±0.03	3.32±0.03	3.31±0.02 a
Stress 1		3.23±0.03	3.25±0.03	3.29±0.03	3.26±0.02 b
Stress 2		3.33±0.05	3.34±0.04	3.35±0.04	3.34±0.02 a
LocationxStress int					
D	Control	3.42±0.07	3.35±0.03	3.37±0.03	3.38±0.03 A
	Stress 1	3.17±0.02	3.19±0.02	3.24±0.02	3.20±0.01 C
	Stress 2	3.43±0.03	3.42±0.02	3.43±0.04	3.43± 0.02 A
B	Control	3.21±0.04	3.23±0.03	3.26±0.02	3.23± 0.02 C
	Stress 1	3.29±0.01	3.31±0.01	3.35±0.04	3.32± 0.01 B
	Stress 2	3.23±0.02	3.25±0.02	3.26±0.01	3.25± 0.01 C
BSME		3.29±0.03	3.29±0.02	3.31±0.02	

STME %5 LSD = 3.710355E-02 (Small bold letters); Location x Stress int. LSD %5 = 5.247234E-02 (Big bold letters), LOME %5 = 1.029411 (Small letters)

Total phenolic content (mg kg⁻¹)

Table 2 revealed statistically significant differences among the grape berry size groups concerning total phenolic content, Berry Size Main Effect (BSME), STME, Location x Stress, Location x Stress x Berry size interaction, and LOME. In terms of total phenolic content, BSME analysis revealed that the 14mm-16mm berry size group had the highest value of 1615.68 mg kg⁻¹. In terms of total phenolic content, D

had a value of 1627.67 mg kg⁻¹ and B had a value of 1461.49 mg kg⁻¹ for LOME. For the total phenolic content in terms of STME, Control had a value of 1639.00 mg kg⁻¹, and Stress 1 had a value of 1361.73 mg kg⁻¹, forming the first significant group. The stress 1 x 14mm-16mm group had the highest value of 1811.63 mg kg⁻¹. B x Stress 1 x 14-16mm group had a value of 2087.58 mg kg⁻¹, having the highest total phenolic content.

Table 2. Total phenolic content in different stress levels according to land-soil type

Çizelge 2. Arazi ve toprak tipine bağlı olarak farklı stres seviyelerinde toplam fenolik madde miktarı

Location and Stress		Berry Size			LOME
		10mm-12mm	12mm-14mm	14mm-16mm	
Dryland-shallow soil (D)		1719.66±62.53 <i>a</i>	1601.01±47.49 <i>a</i>	1562.35±53.83 <i>a</i>	1627.67±33.20 <i>a</i>
Baseland-deep soil (B)		1367.73±100.42 <i>b</i>	1347.73±103.01 <i>b</i>	1669.00±106.30 <i>a</i>	1461.49±64.13 <i>b</i>
STME					
Control		1713.66±26.90 <i>ab</i>	1625.67±169.30 <i>abc</i>	1577.68±81.94 <i>bcd</i>	1639.00±61.04 a
Stress 1		1683.66±100.17 <i>ab</i>	1403.72±59.02 <i>de</i>	1811.63±123.41 <i>a</i>	1633.01±67.27 a
Stress 2		1233.75±111.80 <i>e</i>	1393.72±38.49 <i>de</i>	1457.71±29.51 <i>cd</i>	1361.73±44.5 b
LocationxStress int					
D	Control	1767.64±16.00 <i>BCD</i>	1787.64±12.00 <i>ABC</i>	1759.64±20.00 <i>BCD</i>	1771.65±9.16
	Stress 1	1907.62±0.00 <i>AB</i>	1535.69±0.00 <i>CDEF</i>	1535.69±0.00 <i>CDEF</i>	1659.67±61.99
	Stress 2	1483.70±4.00 <i>CDEF</i>	1479.70±4.00 <i>CDEF</i>	1391.72±0.00 <i>EF</i>	1451.71±15.10
B	Control	1659.67±21.16 <i>BCDE</i>	1463.71±341.95 <i>DEF</i>	1395.72±8.00 <i>EF</i>	1506.37±106.55
	Stress 1	1459.71±4.00 <i>DEF</i>	1271.75±0.00 <i>FG</i>	2087.58±0.00 <i>A</i>	1606.35±123.34
	Stress 2	983.80±0.00 <i>G</i>	1307.74±0.00 <i>F</i>	1523.70±0.00 <i>CDEF</i>	1271.75±78.45
BSME		1543.69±71.51 <i>AB</i>	1474.37±63.02 <i>B</i>	1615.68±59.22 <i>A</i>	

STME LSD %1 = 126.9938 (Small-bold letters); LOME LSD %1 = 130.9765 (Small letters); BSME LSD %5 = 94.59129 (Big letters); Location x Berry size int. LSD %1 = 179.5963 (Small-italic letters); Stress x Berry size int. LSD %1 = 219.9596 (Small-underline letters); Location x Stress x Berry size int. LSD %1 = 311.0699 (Big-italic letters)

The findings are not in line with Mulero et al. (2010) and Provost & Pedneault (2016) studies, which reported the same phenolic content values for organic and conventional grapes during harvest time. The total phenolic values in the conventional (=Control)

vineyard were lower than those in the organic vineyard's Stress 1 and Stress 2, which is believed to be due to location differences. The results are consistent with Martin & Rasmusen (2011) who reported that organic vineyards had higher total

phenolic content compared to conventional vineyards. However, it is not consistent for D, which is believed to be due to differences in water accessibility and soil structure. On the other hand, Melo et al. (2015) reported that the phenolic content in the small berry group was higher than that in the medium and large berry groups, which is not consistent with the results. It was observed that D in the 10mm-12mm berry size group had a higher total phenolic content, while B had a higher phenolic content in the 14mm-16mm berry size group, which is believed to be due to differences in soil and land structure.

Total anthocyanin content (mg kg⁻¹)

When total anthocyanin content is considered, Location, stress groups, different berry size groups, and their interactions were found to be statistically significant (Table 3). When the total anthocyanin content was examined for BSME, it was observed that the 10mm-12mm berry size group had the highest value (1245.07 mg kg⁻¹). The fact that the highest

anthocyanin content is found in the smallest berry size is consistent with the findings of Zouid et al. (2013), Lafontaine et al. (2013), and Gil et al. (2015). However, it contradicts the results of Chen et al. (2018), who found an increase in anthocyanin with an increase in berry size. It is believed that this discrepancy may be due to differences in terrain-soil type and climate.

The high anthocyanin content was obtained from Location D (1406.47 mg kg⁻¹), and the low value was from Location B (879.78 mg kg⁻¹). Regarding STME, the Stress 1 level (1247.91 mg kg⁻¹) had the highest, and Control (1025.69 mg kg⁻¹) had the lowest anthocyanin content among stress levels. The findings of Koundouras et al. (2006), Romero et al. (2010), Zarrouk et al. (2012), Cheng et al. (2014), Öner (2014), and Munitz et al. (2016) that anthocyanin content can increase under water deficit conditions align with the findings of this study in Dryland-shallow soil.

Table 3. Total anthocyanin content in different stress levels depending on land-soil type

Çizelge 3. Arazi ve toprak tipine bağlı olarak farklı stres seviyelerinde toplam antosiyanin miktarı

Location and Stress		Berry Size			LOME
		10mm-12mm	12mm-14mm	14mm-16mm	
Dryland-shallow soil (D)		1625.00±61.83 <i>a</i>	1351.41±17.80 <i>b</i>	1243.01±21.72 <i>c</i>	1406.47±38.30 <i>a</i>
Baseland-deep soil (B)		865.15±36.58 <i>e</i>	821.79±52.59 <i>f</i>	952.39±94.08 <i>d</i>	879.78±37.98 <i>b</i>
STME					
Control		1094.08±131.93 <i>e</i>	1026.72±157.90 <i>g</i>	956.26±157.59 <i>h</i>	1025.69±82.30 <i>c</i>
Stress 1		1409.23±177.99 <i>a</i>	1080.15±140.24 <i>f</i>	1254.36±2.08 <i>b</i>	1247.91±78.10 <i>a</i>
Stress 2		1231.91±199.80 <i>c</i>	1152.93±57.14 <i>d</i>	1082.47±35.32 <i>e</i>	1155.77±67.64 <i>b</i>
LocationxStress int					
D	Control	1389.09±0.00 <i>C</i>	1379.80±0.00 <i>D</i>	1308.56±7.74 <i>E</i>	1359.15±12.92 <i>C</i>
	Stress 1	1807.22±0.00 <i>A</i>	1393.74±0.00 <i>C</i>	1259.01±0.00 <i>G</i>	1486.66±82.47 <i>A</i>
	Stress 2	1678.68±1.55 <i>B</i>	1280.69±1.55 <i>F</i>	1161.45±0.00 <i>I</i>	1373.61±78.19 <i>B</i>
B	Control	799.08±0.00 <i>M</i>	673.64±0.00 <i>P</i>	603.95±0.00 <i>Q</i>	692.22±28.55 <i>F</i>
	Stress 1	1011.23±1.55 <i>K</i>	766.56±0.00 <i>O</i>	1249.72±0.00 <i>H</i>	1009.17±69.74 <i>D</i>
	Stress 2	785.14±0.00 <i>N</i>	1025.17±1.55 <i>J</i>	1003.49±0.00 <i>L</i>	937.93±38.33 <i>E</i>
BSME		1245.07±98.51 <i>A</i>	1086.60±69.64 <i>C</i>	1097.93±58.61 <i>B</i>	

STME LSD %1= 3.007017 (Small-bold letters); Location x Stress int. LSD %1 = 4.252564 (Big-bold letters); LOME LSD %1 = 5.208306 (Small letters); BSME LSD %1 = 3.007017 (Big letters); Location x Berry size int. LSD %1 = 4.252564 (Small-italic letters); Stress x Berry size int. LSD %1 = 5.208306 (Small-underline letters); Location x Stress x Berry size int. LSD %1 = 7.365656 (Big-italic letters)

Total monomeric anthocyanin content (pH differential method) (mg kg⁻¹)

The effects of berry size, stress, and location, as well as their interactions, on the total monomeric anthocyanin content were found to be significant (Figure 2). When the total monomeric anthocyanin content was examined for BSME, it was observed that the lowest value was obtained from the 14mm-16mm berry size group (133.66 mg kg⁻¹), and the highest value was obtained from the 10mm-12mm group (160.30 mg kg⁻¹). These findings are consistent with the results of Zouid et al. (2013) and Lafontaine et al. (2013), which also reported a negative relationship between berry size and anthocyanin content.

Total tannin content (mg kg⁻¹)

STME, Location x Stress, BSME, Location x Berry size, Stress x Berry size, Location x Stress x Berry size, and LOME were found to be significant (Table 4). It has been observed that there is a negative correlation between the total tannin content and berry size. This finding is parallel to the studies of van Leeuwen et al. (2009).

LOME total tannin values were recorded as D (5165.76 mg kg⁻¹) and B (4565.83 mg kg⁻¹). However, the research findings contradict the study of Lafontaine et al. (2013), who reported that tannin content increases with an increase in berry size. This discrepancy can be attributed to differences in location and vineyard soil characteristics.

Total phenolic content determination with antioxidant PCR method (g kg^{-1})

STME, BSME, Location x Stress interactions, Location x Berry size, Stress x Berry size, Location x Stress x Berry size, and LOME were found to be statistically significant (Table 5). The highest value of 121.95 g kg^{-1} was obtained from the 14mm-16mm berry size group. Regarding LOME, D (123.81 g kg^{-1}) had the highest value. In terms of the Location x Berry size interaction, the total antioxidant values of the berries in the D x 10mm-12mm size group were the highest (132.00 g kg^{-1}). These findings are not consistent with the results reported by Buchner et al. (2014), Mulero et al. (2010), and Provost & Pedneault (2016), who found no significant difference in total antioxidant content between conventional and organic vineyards. For STME, Control (128.71 g kg^{-1}) and Stress 1 (124.17 g kg^{-1}) were in the same group. In the

Stress x Berry size interactions, the Stress 1 x 14mm-16mm group (137.60 g kg^{-1}) had the highest value. Looking at the Location x Stress interaction, D x Control (132.20 g kg^{-1}) had the highest value, and B x Stress 2 (98.36 g kg^{-1}) had the lowest value. In the Location x Stress x Berry size interactions, the highest value was obtained from the B x 14mm-16mm x Stress 1 interaction (158.36 g kg^{-1}). On the other hand, the results are not consistent with the findings of Chen et al. (2018), who reported a linear relationship between berry size and anthocyanin concentration, as well as with the result that water stress increases anthocyanin concentration (Koundouras et al., 2006; Romero et al., 2010). It is thought that these discrepancies may be due to differences in grape variety, climate, vineyard, and soil type.

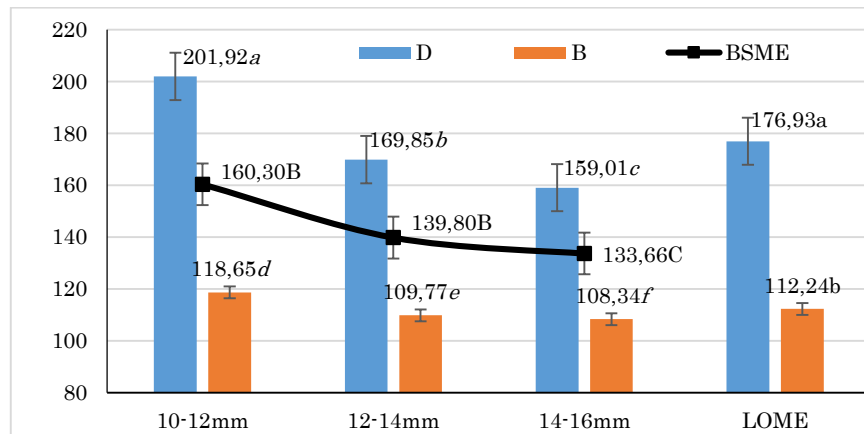


Figure 2. Total monomeric anthocyanins (pH differential method) in different stress levels depending on land-soil type

Şekil 2. Farklı tane boyut gruplarına göre toplam monometrik antosiyanin (pH differansiyel metodu) miktarları
BSME LSD %1 = 1.182305 (Big letters); Location x Berry size LSD %1 = 1.672031 (Small-italic letters)

Table 4. Total tannin content at different stress levels based on land-soil type

Çizelge 4. Arazi ve toprak tipine bağlı olarak farklı stres seviyelerinde toplam tanen miktarı

Location and Stress		Berry Size			LOME
		10mm-12mm	12mm-14mm	14mm-16mm	
Dryland-shallow soil (D)		5559.75±137.34 <i>a</i>	4865.97±217.54 <i>c</i>	5072.12±373.22 <i>b</i>	5165.76±155.96 <i>a</i>
Baseland-deep soil (B)		4730.31±311.31 <i>d</i>	4646.82±348.04 <i>e</i>	4560.36±275.97 <i>f</i>	4645.83±174.24 <i>b</i>
STME					
Control		5489.87±161.28 <i>b</i>	5013.56±454.28 <i>d</i>	4197.98±270.78 <i>h</i>	4900.47±216.13 <i>b</i>
Stress 1		5060.52±187.41 <i>c</i>	4577.50±343.08 <i>g</i>	5675.47±136.04 <i>a</i>	5104.50±169.33 <i>a</i>
Stress 2		4883.86±530.04 <i>e</i>	4678.13±258.03 <i>f</i>	4575.27±478.35 <i>g</i>	4712.42±239.73 <i>c</i>
LocationxStress int					
D	Control	5129.84±19.49 <i>H</i>	3998.33±33.77 <i>L</i>	3592.60±8.99 <i>O</i>	4240.26±230.27 <i>E</i>
	Stress 1	5478.69±23.66 <i>E</i>	5344.52±11.83 <i>F</i>	5979.60±4.47 <i>A</i>	5600.94±96.94 <i>B</i>
	Stress 2	6069.04±4.47 <i>A</i>	5255.07±4.47 <i>G</i>	5644.17±38.99 <i>D</i>	5656.09±118.08 <i>A</i>
B	Control	5849.90±7.75 <i>C</i>	6028.79±4.47 <i>AB</i>	4803.36±7.74 <i>I</i>	5560.68±191.11 <i>C</i>
	Stress 1	4642.35±13.42 <i>J</i>	3810.48±7.75 <i>M</i>	5371.35±4.47 <i>F</i>	4608.06±225.50 <i>D</i>
	Stress 2	3698.68±4.47 <i>N</i>	4101.19±4.47 <i>K</i>	3506.36±4.47 <i>P</i>	3768.74±87.65 <i>F</i>
BSME		5144.75±193.25 <i>A</i>	4756.40±200.86 <i>C</i>	4816.24±233.55 <i>B</i>	

STME LSD %1 = 22.68181 (Small-bold letters); Location x Stress int. LSD %1 = 32.07692 (Big-italic letters); LOME LSD %1 = 22,68181 (Small letters); BSME LSD %1 =22.68181 (Big-bold letters); Location x Berry size int. %1 =32.07692 (Small-italic letters); Stress x Berry size int. %1 = 39.28605 (Small-underline letters); Location x Stress x Berry size int. LSD %1 = 55.55886 (Big-italic letters)

The total antioxidant content (H_2O_2 method g kg^{-1}) values were not found to be statistically significant

(Data not shown). The STME antioxidant values were not found to be statistically significant, but they were

ranked from highest to lowest as follows: Control (91.60 g kg⁻¹), Stress 1 (98.84 g kg⁻¹), and Stress 2 (112.11 g kg⁻¹). D obtained a value of 88.72 g kg⁻¹, and B obtained a value of 112.98 g kg⁻¹. These results are in line with Mulero et al. (2010), Bunea et al. (2012), Buchner et al. (2014), and Provost & Pedneault (2016), who reported no difference in antioxidant values between organic and conventional vineyards.

Total polyphenol index (TPI)

Table 6 presents the TPI values. Regarding TPI, BSME values were not found to be statistically significant; however, they were ranked from highest to lowest as follows: 12mm-14mm group (7.72), 10mm-12mm group (6.84), and 14mm-16mm group

(5.56).

The TPI values, in ascending order, for LOME are D (6.15) and B (7.26). When examined for STME, the numerical values are Control (6.00), Stress 2 (6.68), and Stress 1 (7.43). Blouin & Guimberteau (2000) reported an average TPI of 13.3 for Cabernet-Sauvignon grape berries. However, the highest TPI value (10.23) obtained in this study was significantly lower, measuring, which is considerably below the value reported by other researchers (Bahar et al., 2017). Furthermore, it has been observed that the total phenolic content in organic vineyards is higher than in conventional vineyards due to their increased exposure to biotic stresses (Mulero et al., 2010; Martin & Rasmussen, 2011; Bunea et al., 2012).

Table 5. Antioxidant PCR method at different stress levels depending on the land-soil type

Çizelge 5. Arazi ve toprak tipine bağlı olarak farklı stres seviyelerinde antioksidan PCR metodu

Location and Stress		Berry Size			LOME
		10mm-12mm	12mm-14mm	14mm-16mm	
Dryland-shallow soil (D)		132.00±4.86 <i>a</i>	121.60±2.64 <i>c</i>	116.55±2.86 <i>d</i>	123.38±2.36 <i>a</i>
Baseland-deep soil (B)		106.24±6.93 <i>f</i>	112.00±7.06 <i>e</i>	127.35±7.83 <i>b</i>	115.20±4.40 <i>b</i>
STME					
Control		132.90±2.44 <i>c</i>	136.09±1.83 <i>b</i>	117.15±4.10 <i>e</i>	128.71±2.57 <i>a</i>
Stress 1		127.91±7.52 <i>d</i>	107.00±4.67 <i>g</i>	137.60±9.28 <i>a</i>	124.17±5.07 <i>b</i>
Stress 2		96.54±7.32 <i>h</i>	107.30±3.63 <i>g</i>	111.09±2.03 <i>f</i>	104.98±3.03 <i>c</i>
LocationxStress int					
D	Control	138.36±0.00 <i>D</i>	132.00±0.00 <i>E</i>	126.24±1.09 <i>F</i>	132.20±1.78 <i>A</i>
	Stress 1	144.73±0.00 <i>B</i>	117.45±0.00 <i>G</i>	116.85±0.30 <i>GH</i>	126.34±4.60 <i>B</i>
	Stress 2	112.91±0.00 <i>J</i>	115.34±1.21 <i>I</i>	106.55±0.00 <i>L</i>	111.60±1.36 <i>E</i>
B	Control	127.45±0.00 <i>F</i>	140.18±0.00 <i>C</i>	108.06±0.30 <i>L</i>	125.23±4.67 <i>C</i>
	Stress 1	111.09±0.00 <i>K</i>	96.55±0.00 <i>N</i>	158.36±0.00 <i>A</i>	122.00±9.33 <i>D</i>
	Stress 2	80.18±0.00 <i>O</i>	99.27±0.00 <i>M</i>	115.64±0.00 <i>HI</i>	98.36±5.12 <i>F</i>
BSME		119.12±5.16 <i>B</i>	116.80±3.83 <i>C</i>	121.95±4.25 <i>A</i>	

STME LSD %1 = 0.6154878 (Small-bold letters); Location x Stress int. LSD %1 = 0.8704298 (Big-bold letters); LOME LSD %1 = 0.8704298 (Small letters); BSME LSD %1 = 0.6154868 (Big letters); Location x Berry size int. LSD %1 = 0.8704298 (Small-italic letters); Stress x Berry size int. LSD %1 = 1.066054 (Small-underline letters); Location x Stress x Berry size LSD %1 = 1.507629 (Big-italic letters)

Table 6. TPI values at different stress levels based on land-soil type

Çizelge 6. Arazi ve toprak tipine bağlı olarak farklı stres seviyelerinde TPI değerleri

Location and Stress		Berry Size			LOME
		10mm-12mm	12mm-14mm	14mm-16mm	
Dryland-shallow soil (D)		6.72±1.23	6.56±1.26	5.16±1.30	6.15±0.71
Baseland-deep soil (B)		6.96±1.35	8.88±0.76	5.95±0.54	7.26±0.57
STME					
Control		5.82±1.39	7.17±1.45	5.02±0.98	6.00±0.73
Stress 1		7.43±1.86	9.37±1.29	5.49±0.84	7.43±0.85
Stress 2		7.26±1.52	6.62±1.17	6.16±1.75	6.68±0.82
LocationxStress int					
D	Control	5.73±2.78	4.90±2.12	3.92±1.44	4.85±1.12
	Stress 1	7.98±2.51	8.00±2.33	5.45±1.50	7.14±1.16
	Stress 2	6.45±1.68	6.77±2.59	6.12±3.84	6.44±1.43
B	Control	5.92±1.37	9.43±0.96	6.12±1.23	7.16±0.83
	Stress 1	6.88±3.27	10.73±1.05	5.53±1.14	7.72±1.30
	Stress 2	8.08±2.83	6.48±0.36	6.20±0.71	6.92±0.90
BSME		6.84±0.89	7.72±0.77	5.56±0.69	

N.S. (Not Significant)

CONCLUSION

In the same vineyard, variations were observed in total phenolic compounds, anthocyanins, and tannins accumulation depending on stress levels under Dryland-shallow soil and Baseland-deep soil

conditions. Additionally, the phytochemical parameters of the berries were influenced by berry size. The 10mm-12mm group consistently showed desired values in all criteria. Therefore, it is suggested to develop cultural practices aimed at

reducing berry size in this vineyard. Regarding stress levels (Ψ_{pd}) and TSS, vineyards experiencing extreme water scarcity (Stress 2 < -0.8 MPa) generally exhibited lower TSS values. Baseland-deep soil vines showed moderate TSS levels (22.81 °Brix) due to relatively lower stress levels. However, under Dryland-shallow soil conditions, even with extreme water scarcity, vineyards showed lower sugar accumulation (TSS: 20.94 °Brix). In conclusion, TSS varied depending on soil type and stress level, while berry size had a relatively minor impact on TSS.

Higher total phenolic compound levels were measured in berries between 14mm-16mm in size, considering all stress levels and locations. However, vines under moderate stress conditions showed higher total phenolic compound levels regardless of berry size. Total anthocyanin and total tannin levels were higher in berries between 10mm-12mm under Stress 1 conditions, regardless of location. Among the different conditions, Baseland-deep soil under conventional (Control) conditions exhibited the lowest total anthocyanin levels (799.08 mg kg⁻¹), while Dryland-shallow soil under conventional conditions showed the highest levels (1389.09 mg kg⁻¹). Total tannin levels were also higher under Dryland-shallow soil conditions compared to Baseland-deep soil. Total antioxidant levels were highest in Dryland-shallow soil vines under moderate stress conditions (Stress 1) and lower in vines under high-stress conditions (Stress 2), showing no correlation with berry size. The total Polyphenol Index did not significantly differ with berry size, stress, or location, but it was found to be higher in organic vineyards compared to conventional vineyards. Overall, vines under Stress 1 (> -0.8 MPa) conditions showed the best results in terms of total phenolic compounds, total anthocyanins, total tannins, and total antioxidants.

In conclusion, to achieve high-quality must and wine from Cabernet-Sauvignon grapes in Tekirdağ province, it is advisable to cultivate under Dryland-shallow soil conditions, where leaf water potential (Ψ_{pd}) can drop to -0.8 MPa during the pre-dawn period, and to prefer berries between 10mm and 12mm in diameter by making a selection based on berry size.

CONTRIBUTIONS

İ.K. contributed to the investigation, writing, review, and editing; E.B. contributed to the investigation and review; M.U. contributed to the investigation and writing.

CONFLICT of INTEREST STATEMENT

The authors declare that they have no conflict of interest.

THANKS

The authors express their gratitude to ŞatoNuzun Vineyard and Winery Llc. and Umurbey Vineyards Llc. for allowing us to conduct this research in their vineyards. This research was a part of the third author's MSc. Thesis (YOK Thesis No: 575261/Date: 31.05.2019).

KAYNAKLAR

- Bahar, E., Korkutal, I. & Kabatas, I.E. (2017). Periodic changes of leaf water potentials (Ψ_{leaf}) and cluster thinning applications depending on regulated irrigation ratios affect yield, shoot, and growing characteristics in cv. Sangiovese. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30 (2), 85-90. <https://dergipark.org.tr/en/pub/Mediterranean/issue/30609/333539>
- Bellvert, J., Mata, M., Vallverdu, Paris, C. & Marsal, J. (2021). Optimizing precision irrigation of a vineyard to improve water use efficiency and profitability by using a decision-oriented vine water consumption model. *Precision Agriculture*, 22, 319-341. <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09718-2>
- Benmeziane, F. (2017). Hydrogen peroxide scavenging activity of grape (*Vitis vinifera*) methanolic extract. *Food Research*, 1 (2), 39-42. <http://doi.org/10.26656/fr.2017.2.005>
- Blouin, J. & Guimberteau, G. (2000). *Maturation et Maturite des Raisins*. Editions Feret, Bordeaux, France. ISBN-10:2-902416-49-0. 168p.
- Buchner, I., Medeiros, N., Lacerda, D., Normann, C., Gemelli, T., Rigon, P., Wannmacher, C., Henriques, J., Dani, C. & Funchal, C. (2014). Hepatoprotective and antioxidant potential of organic and conventional grape juices in rats fed a high-fat diet. *Antioxidants*, 3, 323-338. <https://doi.org/10.3390/antiox3020323>
- Bunea, C.I., Pop, N., Babeş, A.C., Matea, C., Dulf, V.F. & Bunea, A. (2012). Carotenoids, total polyphenols, and antioxidant activity of grapes (*Vitis vinifera* L.) cultivated in organic and conventional systems. *Chemistry Central Journal*, 6, 66. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-6-66>
- Calderone, F., Vitale, A., Panebianco, S., Lombardo, M.F. & Cirvilleri, G. (2022). COS-OGA applications in organic vineyards manage major airborne diseases and maintain the postharvest quality of wine grapes. *Plants*, 11 (13), 1763. <https://doi.org/10.3390/plants11131763>
- Candar, S., Açıkbaz, B., Korkutal, İ. & Bahar, E. (2021). Trakya Bölgesi şaraplık üzüm çeşitlerinde kısıntılı sulama uygulamalarının yaprak ve stoma morfolojik özelliklerine etkileri. *KSU Tarım ve Doğa Dergisi*, 24 (4), 766-776. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogav.738285>
- Carbonneau, A. (1998). *Aspects Qualitatifs*. 258-276. In: Tiercelin, J.R. (Eds.), *Traite d'irrigation*.

- Technique & Doc., Lavosier, Paris, France. p.1011. ISBN-10: 2743002441.
- Carbonneau, A. & Bahar, E. (2009). Vine and berry response to contrasted water fluxes in ecotron around veraison. manipulation of berry shrivelling and consequences on berry growth, sugar loading, and maturation. 16th International GiESCO Symposium At the University of California, Davis. 12-15 July 2009. pp 145-155
- Caruso, G., Palai, G., Gucci, R. & D'Onofrio, C. (2023). The effect of regulated deficit irrigation on growth, yield, and berry quality of grapevines (cv. Sangiovese) grafted on rootstocks with different resistance to water deficit. *Irrigation Science*, 41, 453-467. <https://doi.org/10.1007/s00271-022-00773-3>
- Cemeroğlu, B. (2007). *Gıda Analizleri*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. Ankara. No: 34.
- Chen, W.K., He, F., Wang, Y.X., Liu, X., Duan, C.Q. & Wang, J. (2018). Influences of berry size on fruit composition and wine quality of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon grapes. *South African Journal for Enology and Viticulture*, 39. <https://doi.org/10.21548/39-1-2439>
- Cheng, G., Yan-Nan, H., Yue, T., Wang, J. & Zhang, Z. (2014). Effects of climatic conditions and soil properties on Cabernet Sauvignon berry growth and anthocyanin profiles. *Molecules*, 19 (9), 13683-13703. <https://doi.org/10.3390/molecules190913683>
- Deloire, A. & Rogiers, S. (2014). *Monitoring vine water status Part 2: A detailed example using the pressure chamber*. Grapevine Management Guide 2014-15. NSW DPI Management Guide. pp. 16-19. The USA.
- Echeverria, G., Ferrer, M. & Miras-Avalos, J. (2017). Effects of soil type on vineyard performance and berry composition in the Río de la Plata Coast (Uruguay). *Oeno ONE*, 51. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2017.51.2.1829>
- Gil, M., Pascual, O., Gómez-Alonso, S., García-Romero, E., Hermosín-Gutiérrez, I., Zamora, F. & Canals, J.M. (2015). Influence of berry size on red wine colour and composition: Berry size and red wine colour and composition. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21, 200-212. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12123>
- Kontoudakis, N., Esteruelas, M., Fort, F., Canals, J.M., De Freitas, V. & Zamora, F. (2011). Influence of the heterogeneity of grape phenolic maturity on wine composition and quality. *Food Chemistry*, 124 (3), 767-774. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.093>
- Korkutal, I., Bahar, E. & Uzun, M. (2023). Effect of berry heterogeneity and water deficit in organic and conventional vineyards on grape berry characteristics. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10 (3), 510-519. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1264738>
- Koundouras, S., Marinos, V., Gkoulioti, A., Kotseridis, Y. & van Leeuwen, C. (2006). Influence of vineyard location and vine water status on fruit maturation of nonirrigated cv. Agiorgitiko (*Vitis vinifera* L.). Effects on wine phenolic and aroma components. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 54 (14), 5077-86. <https://doi.org/10.1021/jf0605446>
- Kupina, S., Fields, C., Roman, M.C. & Brunelle, S.L. (2017). Determination of total phenolic content using the Folin-C Assay: Single-laboratory validation, First action 2017.13. *Journal of AOAC International*, 101 (5), 1466-1472. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.18-0031>
- Lafontaine, M., Stoll, M. & Schultz, H.R. (2013). Berry size and maturity affecting phenolic extraction in Pinot Noir wines. Conference: Proceedings 18th International Symposium GiESCO, *Ciencia Tecnica Vitivinicola*, 28, 396-400.
- Liu, X., Li, J., Tian, Y., Liao, M. & Zhang, Z. (2016). Influence of berry heterogeneity on phenolics and antioxidant activity of grapes and wines: a primary study of the new winegrape cultivar Meili (*Vitis vinifera* L.). *PLoS ONE*, 11, e0151276. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151276>
- Matthews, M.A. & Nuzzo, V. (2007). Berry size and yield paradigms on grapes and wine quality. *Acta Horticulturae*, 754, 423-436. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.754.56>
- Martin, K.R. & Rasmussen, K.K. (2011). Comparison of sensory qualities of geographically paired organic and conventional red wines from the southwestern US with differing total polyphenol concentrations: A randomized pilot study. *Food Nutrition Science*, 2, 1150-1159. <https://doi.org/10.4236/fns.2011.210154>
- Melo, M.S., Schultz, H.R., Volschenk, C. & Hunter, J.J. (2015). Berry size variation of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah: Morphological dimensions, berry composition, and wine quality. *South African Journal for Enology and Viticulture*, 36, 1-10. <https://doi.org/10.21548/36-1-931>
- Mirás-Avalos, J. & Intrigliolo, D. (2017). Grape composition under abiotic constraints: water stress and salinity. *Frontiers in Plant Science*, 8, 851. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00851>
- Mulero, J., Pardo, F. & Zafrilla, P. (2010). Antioxidant activity and phenolic composition of organic and conventional grapes and wines. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23 (6), 569-574. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.05.001>
- Munitz, S., Netzer, Y. & Schwartz, A. (2016). Sustained and regulated deficit irrigation of field-grown Merlot grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 23, 87-94. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12241>
- Ojeda, H., Andary, C., Kraeva, E., Carbonneau, A. & Deloire, A. (2002). Influence of pre-and postveraison water deficit on synthesis and

- concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53 (4), 261-267. <https://www.ajeonline.org/content/53/4/261.1>
- Öner, H. (2014). *Cabernet Sauvignon Üzüm Çeşidinde Farklı Kültürel İşlemlerin Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri (Tez no 355449)*. [Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Provost, C. & Pedneault, K. (2016). The organic vineyard as a balanced ecosystem: Improved organic grape management and impacts on wine quality. *Scientia Horticulturae*, 208, 43-56. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.04.024>
- Rolle, L., Torchio, F., Giacosa, S. & Segade, S. (2015). Berry density and size as factors related to the physicochemical characteristics of Muscat Hamburg table grapes (*Vitis vinifera* L.). *Food Chemistry*, 173, 105-113. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.033>
- Romero, P., Fernández-Fernández, J.I. & Martínez-Cutillas, A. (2010). Physiological thresholds for efficient regulated deficit-irrigation management in winegrapes grown under semiarid conditions. *American Journal of Enology and Viticulture*, 61, 300-312. <https://doi.org/10.5344/ajev.2010.61.3.300>
- Sánchez-Rangel, J.C., Benavides, J., Heredia, J.B., Cisneros-Zevallos L.C. & Jacobo-Velázquez, D.A. (2013). The Folin-Ciocalteu assay revisited: improvement of its specificity for total phenolic content determination. *Analytical Methods*, 5, 5990-5999. <http://doi.org/10.1039/C3AY41125G>
- Tardáguila, J., Baluja, J., Arpon, L., Balda, P. & Oliveira, M. (2011). Variations of soil properties affect the vegetative growth and yield components of "Tempranillo" grapevines. *Precision Agriculture*, 12 (5), 762-773. <https://doi.org/10.1007/s11119-011-9219-4>
- Valdés, M.E., Talaverano, M.I., Moreno, D., Uriarte, D., Mancha, L. & Vilanova, M. (2022). Improving the phenolic content of Tempranillo grapes by sustainable strategies in the vineyard. *Plants*, 11 (11), 1393. <https://doi.org/10.3390/plants11111393>
- van Leeuwen, C., Trégoat, O., Choné, X., Bois, B., Pernet, D. & Gaudillère, J.P. (2009). Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 43 (3), 121-134. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2009.43.3.798>
- Vilanova, M., Rodríguez, I., Canosa, P., Otero, I., Gamero, E., Moreno, D., Talaverano, M.I. & Valdés, E. (2015). Variability in chemical composition of *Vitis vinifera* cv. Mencía from different geographic areas and vintages in Ribeira Sacra (NW Spain). *Food Chemistry*, 169, 187-196. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.015>
- Waterhouse, A.L. (2002). Determination of Total Phenolics. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 6, I1.1.1-I1.1.8. <https://doi.org/10.1002/0471142913.fai0101s06>
- Zarrouk, O., Francisco, R., Pinto-Marijuan, M., Brossa, R., Santos, R.R., Pinheiro, C., Costa, J.M., Lopes, C. & Chaves, M.M. (2012). Impact of irrigation regime on berry development and flavonoid composition in Aragonez (Syn. Tempranillo) grapevine. *Agricultural Water Management*, 114, 18-29. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.06.018>
- Zerihun, A., McClymont, L., Lanyon, D., Goodwin, I. & Gibberd, M. (2015). Deconvoluting effects of vine and soil properties on grape berry composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95 (1), 193-203. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6705>
- Zouid, I., Siret, R., Jourjon, F., Mehinagic, E. & Rolle, L. (2013). Impact of grapes heterogeneity according to sugar level on both physical and mechanical berries properties and their anthocyanins extractability at harvest. *Journal of Texture Studies*, 44, 95-103. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12001>



First Record of *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) (Chitwood, 1949) on Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Growing Areas in the Southern Marmara Region

Ayşenur YILMAZ¹, Taylan ÇAKMAK², Uğur GÖZEL³✉

^{1,3}Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Çanakkale Onsekiz Mart, Çanakkale, Türkiye, ²Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agriculture, Düzce University, Düzce, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-3873-6537>, ²<https://orcid.org/0000-0003-4151-5724>, ³<https://orcid.org/0000-0003-1363-1189>

✉: ugozel@comu.edu.tr

ABSTRACT

Root-knot nematodes are the most important plant parasitic nematode group due to their wide host range and difficulties in control and cause significant quality and yield losses in vegetables including lettuce plants. Root-knot nematodes are causing symptoms such as yellowing, wilting, and stunting on lettuce plants. For monitoring lettuce fields for detecting nematode-infected areas, surveys were made to the lettuce growing areas of Çanakkale province in the winter months of 2021-2022 and the plants infected with root-knot nematodes were examined and pure nematode cultures were obtained in the laboratory. A total of 16 plant and soil samples were taken and 3 of them were found to be infected with root-knot nematodes. Species identification was made using morphological methods and morphometric measurements from second-stage infective juvenile and female individuals obtained from pure cultures. As a result, the first record of *Meloidogyne javanica* in lettuce-growing areas in the Southern Marmara Region was made in this study.

Plant Protection

Research Article

Article History

Received : 28.07.2023

Accepted : 13.11.2023

Keywords

Lettuce

Southern Marmara Region

Root-knot nematode

Güney Marmara Bölgesi Marul (*Lactuca sativa* L.) Yetiştirilen Alanlarda *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) (Chitwood, 1949)'nın İlk Kaydı

ÖZET

Bitki paraziti nematodlar arasında yer alan Kök-ur nematodları, geniş konukçu yelpazesi ve mücadelesindeki zorluklardan dolayı en önemli bitki paraziti nematod grubunu oluşturmaktadır. Sebzelerde önemli kalite ve verim kayıplarına sebep olan Kök-ur nematodları marul bitkisinin de önemli bir konukçusudur. Kök-ur nematodları marul üzerinde sararma, solma ve bodurlaşma gibi belirtiler meydana getirmektedir. Marul yaprakları tüketilen bir sebze olmasından dolayı üreticiler tarafından bu durum istenmemektedir. Bu amaçla Çanakkale ili marul yetiştirilen alanlara 2021-2022 yılları kış aylarında periyodik olmayan arazi çıkışları yapılmış ve Kök-ur nematodlarıyla bulaşık bitkiler incelenmiş, ardından saf kültürleri oluşturulmuştur. Toplam 16 bitki ve toprak örneği alınmış 3 tanesinin kök-ur nematodları ile bulaşık olduğu tespit edilmiştir. Morfometrik ölçümler ve morfolojik yöntemlere göre, saf kültürlerden elde edilen ikinci dönem larva ve dişi bireylerden tür teşhisi yapılmıştır. Bu çalışma Güney Marmara Bölgesi Marul yetiştirilen alanlardaki *Meloidogyne javanica*'nın ilk kaydıdır.

Bitki Koruma

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 28.07.2023

Kabul Tarihi : 13.11.2023

Anahtar Kelimeler

Marul

Güney Marmara Bölgesi

Kök-ur nematodu

Atf Şekli: Yılmaz, A., Çakmak, T., & Gözel, U., (2024). Güney Marmara Bölgesi Marul (*Lactuca sativa* L.) Yetiştirilen Alanlarda *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) (Chitwood, 1949)'nın İlk Kaydı. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (5), 1055-1060. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1334097>

To Cite : Yılmaz, A., Çakmak, T., & Gözel, U., (2024). First Record of *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) (Chitwood, 1949) on Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Growing Areas in the Southern Marmara Region. *KSU J. Agric Nat* 27(5), 1055-1060. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1334097>

INTRODUCTION

Nematodes have adapted to almost all environments, including terrestrial and aquatic habitats; and belong to the "Nematoda" clade, which are distributed all

over the world and live as parasites on plants, animals, and humans (Cavaness & Jensen, 1955; Boag et al., 1998). The Tylenchida (Nematoda) order constitutes the most important group among the

Plant Parasitic Nematodes (PPNs), containing most of the harmful species.

Root-knot nematodes (RKNs) are in first place among PPNs in terms of their prevalence in the world, difficulties in control, and the level of economic damage they cause to plants (Taylor & Sasser, 1978; Whitehead, 1998; Karssen & Moens, 2006; Kalaiarasan, 2009; Jones et al., 2013). About 100 RKN species have been identified in different hosts in the world to date (Trinh et al., 2019), but most commonly, *M. incognita* (Kofoed & White, 1919) Chitwood, 1949, *M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood 1949, *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood 1949 ve *M. hapla* Chitwood 1949 (Netscher & Sikora, 1990; Eisenback & Triantaphyllou, 1991; Karssen, 2000; Hunt et al., 2005) are known all over the world.

Root-knot nematodes are among the most important organisms in vegetable production because they are found in 52% of cultivated agricultural lands and have a wide host range (Sasser, 1977; Taylor, 1987; Trudgill & Blok, 2001). This is because RKNs are polyphagous organisms, having about 5500 host plants, and cause significant yield losses in vegetables reaching up to 15-85% of total production (Trudgill & Blok, 2001; Anonymous, 2008).

Root-knot nematodes are distinguished from other plant parasitic nematodes (PPNs) by the typical galls they form on the roots, which gives the species its name. Root-knot-type root galls occur as a result of hypertrophy (cell growth) and hyperplasia (increase in the number of cells) of the cells on which the nematode creates a feeding site (Bridge & Starr, 2007). Above-ground symptoms (yellowing, wilting, stunting) caused by root-knot nematodes on vegetables produce significant quality and yield losses, especially for vegetables whose leaves are

consumed.

The lettuce plant (Balkaya et al., 2017), which originated from Anatolia, Caucasus, Iran, and Turkistan region, is among the vegetables whose leaves are consumed in the Asteraceae family. The optimum growth temperature of lettuce, which is a one-year cool climate vegetable, is around 15-18 °C, and the temperature exceeding 20 °C negatively affects its development. In addition, lettuce can withstand temperatures as low as -2 or -3 °C below 0 °C for a short time (Splittstoesser, 1990; Günay, 1992).

As a result of the studies, aphids (*Aphis gossypii*, *Myzus persicae*), thrips (*Thrips tabaci*, *Frankliniella occidentalis*), leafhoppers (*Empoasca decipiens*, *Asymetresca decedens*), whitefly (*Bemisia tabaci*) and leaf worms (*Spodoptera littoralis*) are among the species that cause significant damage in lettuce cultivation. Apart from these, RKNs are also reported to cause significant yield and quality losses in lettuce cultivation (Akyazı & Ecevit, 2011; Uzunoğulları et al., 2022).

Therefore, in this study, it was aimed to determine the distribution of root-knot nematodes in lettuce-growing areas in Çanakkale and to determine the species found in the areas by morphological and morphometric methods.

MATERIAL and METHOD

The main material of the study consists of root and soil samples taken from lettuce cultivation areas of Çanakkale province and its districts and female and second-stage infective juveniles of *Meloidogyne* spp. obtained from these samples.



Figure 1. Lettuce plant roots infected by *Meloidogyne javanica* a: Sample No: 85, b: Sample No: 107, and c: Sample No: 115.

Şekil 1. *Meloidogyne javanica* ile infekteli marul bitkisi kökleri a: Örnek 85, b: Örnek 107 ve c: Örnek 115.

In the winter months of 2021-2022, non-periodic land surveys were made to the lettuce-growing areas in Çanakkale. A total of 16 plant and soil samples were taken from lettuce growing areas in Çanakkale province and its districts, including 7 in the center, 3 in Ezine, 2 in Ayvacık, 2 in Biga, 1 in Çan, and 1 in Lapseki.

The plants found in these areas were examined, and the roots of the plant samples showing signs of infestation with root-knot nematode were brought to the laboratory and examined under a binocular microscope (Figure 1). After the roots infested with root-knot nematodes were detected, an egg pack was taken from the root of each sample with forceps under a binocular microscope. The collected egg packets were used to infect the root-knot nematode-sensitive tomato cultivar "Troy F1" and pure nematode cultures were formed ahead. After about 60 days, female individuals of root-knot nematodes grown in pure cultures for diagnostic studies and second-stage infective juveniles (J2s) were obtained from the egg packages laid by these females using the sieve method.

J2s obtained from egg packs were fixed in TAF solution and then fixed on a slide in pure glycerin according to the method of Seinhorst (1959) and made ready for species identification. Twenty-five root-knot nematode second-stage infective juveniles were measured for each infected sample. Standard identification characters used in the morphological and morphometric diagnosis of second-stage infective juveniles were made using a Leica DM1000 light microscope according to Jepson (1987), and species-level diagnosis was made according to Whitehead (1968) and Özarslandan (2009). After the female individuals were obtained, they were kept in 45% lactic acid. After that step, 1/3 of the vulva region was

cut and put in pure glycerin between the slide and the coverslip (Hooper, 1986). Morphological identifications of female individuals were made according to Jepson (1987) and Karssen (2002).

RESULTS and DISCUSSION

The results of the diagnostic studies performed with morphological and morphometric methods showed that the species infecting the roots of the lettuce plant was *M. javanica* (Table 1; Figure 2,3).

According to the species identification, taxonomy studies related to root-knot nematodes conducted in Turkey, 11 different root-knot nematode species (*M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, *M. hapla*, *M. chitwoodi*, *M. artiellia*, *M. Arita*, *M. luci*, *M. exiqua*, *M. Thames* and *M. Ethiopia*) were identified (Kepenekçi et al., 2002; Devran & Söğüt, 2009; Özarslandan & Elekçioğlu, 2010; Aydınli et al., 2013; İmren et al., 2014; Aydınli & Mennan, 2016; Aydınli, 2018; Ataş, 2021; Yılmaz et al., 2023). In previous studies, *M. javanica* species were detected in tomatoes, cucumber, eggplant, bean, celery, okra plants, and lettuce (Uysal et al., 2017; Yağcıköse, 2021).

In previous studies in our country, *M. incognita* species was detected in lettuce-growing areas (Akyazı & Ecevit, 2011; Uzunogulları et al., 2022). Uysal et al. (2017) detected the *M. javanica* species in the lettuce-growing areas of the Lake District. However, *M. javanica* has not been detected in lettuce-growing areas in the Southern Marmara Region.

In this study, a survey was made in the lettuce-growing areas of the Southern Marmara Region and it was confirmed that the species obtained from the lettuce plant was *M. javanica* by morphological and morphometric methods.

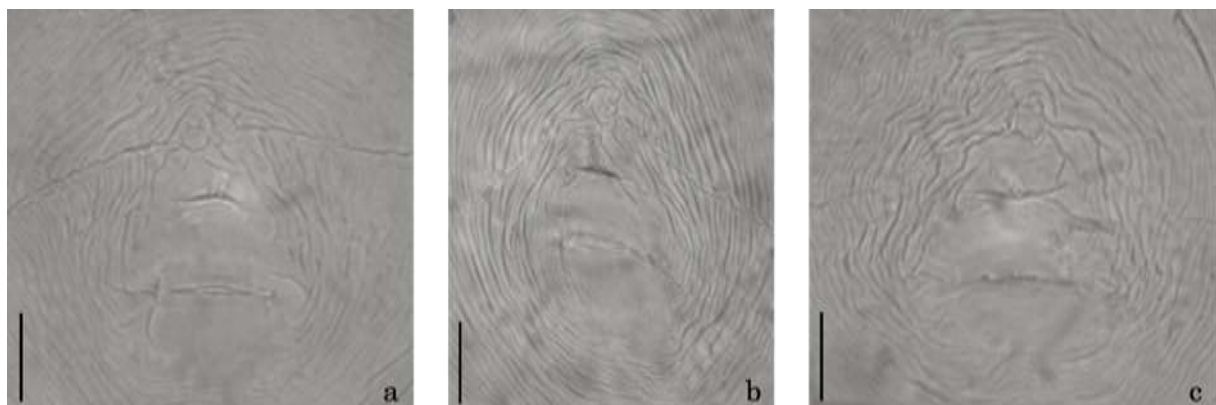


Figure 2. The perineal pattern of *Meloidogyne javanica* from lettuce a: Sample No: 85, b: Sample No: 107, and c: Sample No: 115 (Scale Bar: 20 µm).

Şekil 2. Maruldan elde edilen *Meloidogyne javanica*'ya ait perineal pattern a: Örnek 85, b: Örnek 107 ve c: Örnek 115 (Ölçek Çubuğu: 20 µm).

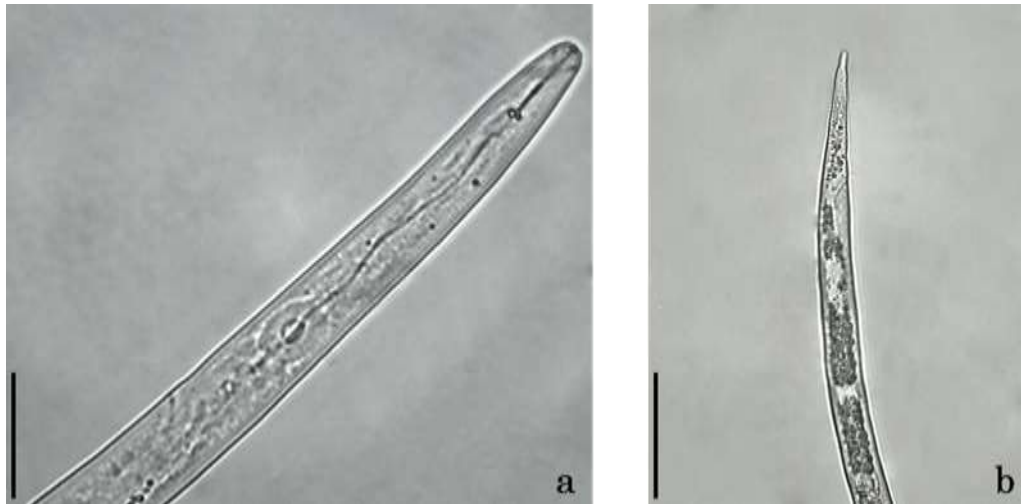


Figure 3. J2s of *Meloidogyne javanica* from lettuce a: anterior region of Sample No: 107, b: posterior region of specimen 107 (Scale Bar: 20 μ m).

Şekil 3. Maruldan elde edilen *Meloidogyne javanica*'ya ait J2s a: Örnek 107 anterior bölgesi, b: Örnek 107 posterior bölgesi (Ölçek Çubuğu: 20 μ m).

Table 1. Morphometric measurements of J2s of *Meloidogyne javanica* obtained from lettuce plant roots

Çizelge 1. Marul bitkisi köklerinden elde edilen *Meloidogyne javanica*'ya ait J2s'lerin morfometrik ölçümleri

Diagnostic Characters	This Study Sample 85	This Study Sample 107	This Study Sample 115	Whitehead (1968)	Özarslandan (2009)
Body length	416.93 $\pm$ 19.14 (392.92-456.24)	428.97 $\pm$ 17.94 (401.30-450.00)	431.33 $\pm$ 13.01 (405.15-450.80)	387-459	408-454.4
Greatest body width	15.32 $\pm$ 0.76 (14.07-16.86)	15.89 $\pm$ 0.37 (15.10-16.54)	15.66 $\pm$ 0.49 (14.46-16.54)		
Body width at stylet base	9.75 $\pm$ 0.37 (9.13-10.63)	9.94 $\pm$ 0.34 (9.11-10.50)	9.99 $\pm$ 0.54 (8.48-10.85)		
Body width at the anus	9.80 $\pm$ 0.52 (8.60-10.63)	9.93 $\pm$ 0.45 (9.00-10.73)	10.17 $\pm$ 0.52 (9.21-10.91)		
Stylet length	15.66 $\pm$ 0.42 (14.80-16.30)	15.54 $\pm$ 0.38 (15.01-16.19)	15.42 $\pm$ 0.37 (14.60-16.09)	9.4-11.4	11.20-14.40
DGO	2.98 $\pm$ 0.36 (2.15-3.58)	2.78 $\pm$ 0.37 (2.04-3.37)	2.93 $\pm$ 0.41 (2.27-3.98)	4	3.2-4
Tail length	52.14 $\pm$ 2.05 (48.39-56.28)	54.22 $\pm$ 1.57 (51.30-57.84)	53.66 $\pm$ 2.10 (49.63-57.22)	36-56	46.40-59.20
Excretory pore to head end	84.54 $\pm$ 2.01 (81.71-89.79)	84.79 $\pm$ 1.21 (82.94-87.83)	84.45 $\pm$ 1.62 (81.55-87.45)		
Body width at the excretory pore	13.32 $\pm$ 0.65 (12.03 -14.38)	14.51 $\pm$ 0.46 (13.35-15.33)	13.93 $\pm$ 0.69 (12.57-15.13)		
a	27.24 $\pm$ 1.23 (24.92-30.38)	26.98 $\pm$ 1.16 (25.18-28.91)	27.46 $\pm$ 1.10 (25.36-29.27)	27.1-35.9	30.33
b	3.90 $\pm$ 0.19 (3.63-4.21)	4.08 $\pm$ 0.14 (3.81-4.34)	4.06 $\pm$ 0.14 (3.80-4.34)		
c	8.00 $\pm$ 0.37 (7.39-8.81)	7.91 $\pm$ 0.36 (7.39-8.71)	8.01 $\pm$ 0.37 (7.39-8.72)	7.3-11.1	8.31
c'	5.33 $\pm$ 0.34 (4.83-6.13)	5.46 $\pm$ 0.29 (5.02-5.97)	5.27 $\pm$ 0.28 (4.83-5.97)		

Note: Note: All measurements are in μ m Body length/Body width, b: Body length/ Intestine to the head end, c: Body length/Tail length, c': Tail length/Body width at the anus) and in the form: mean $\pm$ s.d. (range) n: 25.

This study is the first record of *M. javanica* detected on lettuce in the Southern Marmara Region. Above-

ground (yellowing, wilting, and stunting) and root symptoms caused by *M. javanica* in the lettuce plant

cause significant yield and quality losses in this plant. For this reason, it is recommended to carry out more comprehensive studies in the future, in lettuce growing areas to monitor and conduct control strategies against root-knot nematodes such as rotation, use of resistant varieties, and solarization applications.

Author's Contributions

The contribution of the authors is equal.

Statement of Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

- Akyazı, F., & Ecevit, O. (2011). Tokat ili sebze alanlarındaki kök-ur nematod (*Meloidogyne* spp.)'larının yayılışları ve tür tespiti. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(1), 1-9. <https://doi.org/10.7161/ANAJAS.2011.26.1.1-9>
- Anonymous. (2008). Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ziraî Mücadele Teknik Talimatları Cilt 6, Ankara. (Erişim Tarihi: 24.09.2021).
- Ataş, H., Uysal, G., Gözel, Ç., Özalp, T., Gözel, U., & Devran, Z. (2021). First report of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* on calendula in Turkey. *Journal of Nematology*, 53(1), 1-5. <https://doi.org/10.21307/jofnem-2021-041>
- Aydınlı, G., & Mennan, S. (2016). Identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) from greenhouses in the Middle Black Sea Region of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 40(5), 675-685. <http://dx.doi.org/10.3906/zoo-1508-19>
- Aydınlı, G. (2018). Detection of the root-knot nematode *Meloidogyne luci* Carneiro et al., 2014 (Tylenchida: Meloidogynidae) in vegetable fields of Samsun Province, Turkey. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 42(3), 229-237. <https://doi.org/10.16970/entoted.409941>
- Aydınlı, G., Mennan, S., Devran, Z., Sirca, S., & Urek, G. (2013). First report of the root-knot nematode *Meloidogyne Ethiopia* on tomato and cucumber in Turkey. *Plant Disease*, 97(9), 1262. <https://doi.org/10.1094/pdis-01-13-0019-pdn>
- Balkaya, A., Sarıbaş, Ş., & Özgen, T. (2017). Türkiye'de kışlık sebze türlerinin tarımsal üretimdeki yeri ve önemi. *Türktob Dergisi*, 20, 8-12.
- Boag, B., & Yeates, G. W. (1998). Soil nematode biodiversity in terrestrial ecosystems. *Biodiversity and Conservation*, 7(5), 617-630.
- Bridge, J. S., & Starr, J. L. (2007). *Plant nematodes of agricultural importance: A colour handbook*. San Diego: Academic Press, 450.
- Cavaness, F. R., & Jensen, H. J. (1955). Modification of the centrifugal flotation technique for isolation and concentration of nematodes and their eggs from soil and plant tissue. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, 22, 87-89.
- Devran, Z., & Söğüt, M. A. (2009). Distribution and identification of Root-knot nematodes from Turkey. *Journal of Nematology*, 41(2), 128.
- Eisenback, J. D., & Triantaphyllou, H. H. (1991). *Meloidogyne* species and race. In W. R. Nickle (Ed.), *Manual of Agricultural Nematology*. New York, USA: Marcel Dekker, pp. 281-286.
- Günay, A. (1992). Özel sebze yetiştiriciliği, Cilt: II. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, S:92, Ankara.
- Hooper, D. J. (1986). Handling, fixing, staining, and mounting nematodes. In J. F. Southey (Ed.), *Laboratory Methods for Work with Plant on Soil Nematodes*. Her Majesty's Stationery Office, London, pp. 59-80.
- Hunt, D. J., Luc, M., & Manzanilla-Lopez, R. H. (2005). Identification, morphology, and Biology of Plant Parasitic nematodes. In M. Luc, R. A. Sikora, & J. Bridge (Eds.), *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. 2nd edition, CABI publishing, pp: 11-52.
- İmren, M., Özarslandan, A., Kasapoğlu, B. E., Toktay, H., & Elekçioğlu, İ. H. (2014). Türkiye buğday faunası için yeni bir tür, *Meloidogyne artiellia* Franklin, 1961. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 38(2), 189-196. <http://dx.doi.org/10.16970/ted.69266>
- Jepson, S. B. (1987). *Identification of Root-Knot Nematodes*. CAB International, 265pp.
- Jones, J. T., Haegeman, A., Danchin, E. G. J., Gaur, H. S., Helder, J., Jones, M. G. K., ... Perry, R. N. (2013). Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 14, 946-961. <https://doi.org/10.1111/mpp.12057>
- Kalaiarasan, P. (2009). Biochemical markers for identification of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) resistance in tomato Karnataka Journal of Agricultural Sciences, 22(3), 471-475. <http://dx.doi.org/10.16970/entoted.1055181>
- Karssen, G. (2000). *The plant-parasitic nematode genus Meloidogyne Goeldi, 1892 (Tylenchida) in Europe*. Brill Academic Publishers, Leiden, The Netherlands, pp: 160.
- Karssen, G. (2002). *Plant-Parasitic Nematode Genus Meloidogyne Goeldi, 1892 (Tylenchida) in Europe*. Leiden, Netherlands: Brill.
- Karssen, G., & Moens, M. (2006). Root-knot nematodes. In R. N. Perry, & M. Moens (Eds.), *Plant nematology*. Wallingford, UK, CABI Publishing, pp. 59-90.
- Kepenekçi, İ., Öztürk, G., & Evlice, E. (2002). Ülkemiz örtü altı sebze üretiminde sorun olan yeni bir kök-ur nematodu türü (*Meloidogyne exigua*

- Goeldi, 1887) ve diğer kök-ur nematodu türleri, IV. Sebze Tarımı Sempozyumu, Bildiri özetleri, Bursa, pp. 55.
- Netscher, C., & Sikora, R. A. (1990). Nematode parasites on vegetables. In M. Luc, R. A. Sikora, & J. Bridge (Eds.), *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. CABI, 231-283.
- Özarslandan, A. (2009). Identification of Meloidogyne species collected from different parts of Turkey and determination of virulence of some root-knot (Meloidogyne spp.) populations. *Department of Plant Protection Institute of Natural Applied Sciences University of Çukurova, Adana*, 84 s.
- Özarslandan, A., & Elekçioğlu, İ. H. (2010). Türkiye'nin farklı alanlarından alınan kök-ur nematodu türlerinin (Meloidogyne spp.) (Nemata: Meloidogynidae) moleküler ve morfolojik tanılama ile belirlenmesi, *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 34(3), 323-35.
- Sasser, J. N. (1977). Worldwide dissemination and importance of the root-knot nematodes, Meloidogyne spp. *Journal of Nematology*, 9(1), 26-29.
- Seinhorst, J. W. (1959). A rapid method for the transfer of nematodes from fixative to anhydrous glycerin. *Nematologica*, 4(1), 67-69.
- Splittstoesser, W. E. (1990). *Vegetable growing handbook*. Printed in United States of America, New York. 362 p.
- Taylor, A. L. (1987). *Identification and estimation of root-knot nematode species in mixed populations*. Bulletin 12. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Gainesville, Florida. 73 pp.
- Taylor, A. L., & Sasser, J. N. (1978). *Biology, Identification, and control of root-knot nematodes (Meloidogyne species)*. International Meloidogyne Project Contract No: AID/ ta-c-1234. North Carolina State University Graphics, Raleigh, North Carolina, 111 pp.
- Trinh, Q. P., Le, T. M. L., Nguyen, T. D., Nguyen, H. T., Liebanas, G., & Nguyen, T. A. D. (2019). Meloidogyne daklakensis n. sp. (Nematoda: Meloidogynidae), a new root-knot nematode associated with Robusta coffee (Coffea canephora Pierre ex A. Froehner) in the Western Highlands, Vietnam. *Journal of Helminthology*, 93(2), 242-254. <https://doi.org/10.1017/s0022149x18000202>
- Trudgill, D. L., & Blok, V. C. (2001). Apomictic, polyphagous root-knot nematodes: Exceptionally successful and damaging biotrophic root pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 39, 53. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.39.1.53>
- Uysal, G., Söğüt, M. A., & Elekçioğlu, İ. H. (2017). Identification and distribution of root-knot nematode species (Meloidogyne spp.) in vegetable growing areas of Lakes Region in Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 41(1), 105-122. <http://dx.doi.org/10.16970/teed.91225>
- Uzunogulları, N., Hantaş, C., Onur, D. U. R. A., Tunali, N., Göksel, P. H., Polat, Z., & Sönmez, İ. (2022). Marmara Bölgesi'nde yaprağı yenen sebzelerde görülen hastalık ve zararlıların belirlenmesi. *Bahçe*, 51(1), 45-54.
- Whitehead, A. G. (1968). Taxonomy of Meloidogyne (Nematodea: Heteroderidae) with descriptions of four new species. *The Transactions of the Zoological Society of London*, 31(3), 263-401.
- Whitehead, A. G. (1998). Taxonomy of Meloidogyne (Nematodea: Heteroderidae) with descriptions of four new species. *Trans. Zool. Soc. Lond.*, 31(3), 263-401.
- Yağcıköse, Ş. (2021). International Conference on Agriculture, Animal Husbandry and Rural Development. Siirt University, Turkey.
- Yılmaz, A., Çakmak, T., & Gözel, U. (2023). First Report of Root-Knot Nematode Meloidogyne hapla (Chitwood, 1949)(Nematoda: Meloidogynidae) on Petroselinum crispum (Mill.) Nym. ex AW Hill) in Türkiye. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 26(6), 1312-1316. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1237551>

Tokat İli Patates Üretim Alanlarında Patates Yumrularında Enfeksiyon Oluşturan Virüslerin Moleküler Olarak Tespiti

Afide Merve ENGÜR¹, Şerife TOPKAYA²

^{1,2}Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Tokat

¹<https://orcid.org/0000-0002-5874-4016>, ²<https://orcid.org/0000-0002-0095-474X>

✉: serife.topkaya@gop.edu.tr

ÖZET

Tokat ilinde patates yetiştiriciliği yapılan Niksar, Erbaa ve Artova ilçelerindeki patates üretim alanlarından virüs belirtisi gösteren patates bitkilerinden 91 adet yumru örneği toplanmıştır. Yumru örnekleri, potato virus Y (PVY), potato virus S (PVS), potato virus X (PVX) ve potato leafroll virus (PLRV) etmenlerinin varlığını tespit etmek amacıyla RT-PCR testine tabi tutulmuştur. Test edilen yumru örneklerinin 68 tanesinde (%74.72) tekli veya karışık virüs enfeksiyonunun varlığı tespit edilmiştir. Çimlendirilen 91 yumrunun 67'si PVY (%73.62), 6'sı PVS (%6.59) ve 1 tanesi de PLRV (%1.09) ile enfekteli bulunmuştur. Ayrıca PVS ile enfekteli bulunan yumrulardan 5 tanesinde PVY+PVS karışık enfeksiyonu belirlenirken, PLRV ile enfekteli yumruda da PVY enfeksiyonu tespit edilmiştir. Tokat ilinde farklı ilçelerden toplanan yumrularda en yaygın PVY görülürken bunu PVS' etmeninin izlediği belirlenmiştir. Tohumluk olarak kullanılan enfekteli yumrular yıldan yıla verimde ciddi kayıplara neden olmaktadır. Virüsten ari ve sertifikalı tohumlukların kullanılması viral kaynaklı kaybın önüne geçilmesinde en önemli faktördür.

Bitki Koruma

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 11.02.2024

Kabul Tarihi : 30.02.2024

Anahtar Kelimeler

Patates yumru

PLRV

PVS

PVX

PVY

Molecular Detection of Infectious Viruses in Potato Tubers in Potato Production Areas in Tokat Province

ABSTRACT

Ninety-one potato tuber samples showing virus symptoms were collected from potato production areas in Niksar, Erbaa, and Artova districts, where potato cultivation is done in Tokat province. Tuber samples were subjected to RT-PCR tests to determine the presence of potato virus Y (PVY), potato virus S (PVS), potato virus X (PVX), and potato leafroll virus (PLRV) viruses. Single or mixed virus infections were detected in 68 (74.72%) of the tuber samples tested. Of the 91 germinated tubers, 67 were infected with PVY (73.62%), 6 were infected with PVS (6.59%), and one was infected with PLRV (1.09%). In addition, PVY+PVS mixed infection was detected in 5 of the tubers infected with PVS, while PVY infection was detected in the tubers infected with PLRV. It was determined that the most common virus in tuber samples collected from different districts of Tokat province was PVY, followed by PVS. Infected tubers used as seeds cause serious losses in yield from year to year. The use of virus-free and certified seeds is the most important factor in preventing viral-related losses. otato leafroll virus (PLRV) viruses. Single or mixed virus infections were detected in 68 (74.72%) of the tuber samples tested.

Plant Protection

Research Article

Article History

Received : 11.02.2024

Accepted : 30.04.2024

Keywords

Potato tuber

PLRV

PVS

PVX

PVY

Atıf Şekli: Engür, A. M. & Topkaya, Ş. (2023) Tokat İli Patates Üretim Alanlarında Patates Yumrularında Enfeksiyon Oluşturan Virüslerin Moleküler Olarak Tespiti. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (5), 1061-1068, 2024. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1435134>

To Cite : Engür, A. M. & Topkaya, Ş. (2023) Molecular Detection of Infectious Viruses in Potato Tubers in Potato Production Areas in Tokat Province. *KSU J. Agric Nat* 27 (5), 1061-1068, 2024. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1435134>

GİRİŞ

Patatesin (*Solanum tuberosum* L. -Solanaceae) anavatanı Güney Amerika olmakla birlikte, farklı toprak ve iklim koşullarına kolayca uyum sağlayabilmesi nedeniyle dünya üzerinde geniş bir üretim alanına sahiptir (Güner & Yorgancı, 2006; Kadakoğlu & Karlı, 2022). Patates insanların beslenmesinde en önemli üçüncü besin kaynağıdır (Devaux ve ark., 2014). Yüksek besin içeriği sayesinde hem taze olarak hem de çeşitli şekillerde işlenmiş (dondurulmuş parmak patates ve cips vs.) olarak tüketilmektedir. Patates yumrularında yüksek oranda nişasta halinde karbonhidrat, protein, demir ve vitamin gibi önemli besin maddelerini barındırmaktadır.

Patates üretiminde en önemli konuların başında tohumluk olarak kullanılan materyalin hastalık ve zararlılardan arı olması gelmektedir. Ülkemiz için ekonomik önemi olan patatesin üretiminde ciddi verim kayıplarına neden olan etmenlerden biri de virüslerdir. Bugüne kadar patatesi enfekte eden 50'den fazla virüs rapor edilmiştir (Kreuze ve ark., 2020; Lesley & Michael, 2020). Bu viral etmenler arasında başında potato virus Y (PVY, Potyvirus), potato leafroll virus (PLRV, Polerovirus), ve potato virus S (PVS, Carlavirus) patates üretimin yapıldığı her bölgeden rapor edilmiştir (Zhang ve ark., 2010; Duan ve ark., 2018; Mao ve ark., 2019; Kreuze ve ark., 2020). PVY ve PLRV şu anda dünya çapında patatese en çok zarar veren virüslerdir ve bunlardan PVY en önemlisidir (Kreuze ve ark., 2020). Yumruda verim kayıpları her iki virüsün tekli enfeksiyonları sonunda meydana gelir ve diğer virüslerle kombinasyon halinde ise verim kaybı %80'in üzerine çıkabilir (Kreuze ve ark., 2020). Potato virus X (PVX) dünya çapında yaygın olarak görülen ve tek enfeksiyonlarda %10-40 kayıplara neden olan bir etmendur. Ayrıca etmen, PVY veya potato virus A (PVA) ile konukçusunda birlikte bulunduğu bu potyviruslerle arasında olan sinerjistik etkileşimden dolayı yumruda %80'e varan kayıplara yol açabilmektedir. PVS dünya çapında yaygın olarak görülen diğer viral etmenlerden biridir, enfekteli bitkilerde hafif belirtiler şeklinde (hafif mozaik) veya bazen de belirsiz olarak enfeksiyon yapmakta ve sadece küçük yumru verimi kayıplarına neden olmaktadır. Asıl şiddetli belirtilerini PVA ile birlikte neden olduğu karışık enfeksiyonlar sonucunda oluşturmaktadır (Kreuze ve ark., 2020).

Türkiye'de patates üretim alanlarından elde edilen verim, dünya ortalamasının üzerindedir. Ancak, tohumluk olarak kullanılan yumruların virüslerle bulaşık olmasından dolayı verim gelişmiş ülkelerin oldukça altındadır (Bostan ve ark., 2006). Virüsler, enfekteli tohumluk patates yumruları ile yıldan yıla ve yıl içerisinde ise fiziksel temas yoluyla veya afit

gibi vektörlerle taşınarak yayılırlar (Jones, 1988; Bostan ve ark., 2006). Ayrıca virüsler, enfekteli tohumlukların kısa sürede kalitesizleşmesine ve genellikle üç yıl üst üste aynı tohumluğun kullanılması durumunda enfeksiyon oranının artmasına ve ciddi verim kayıplarının ortaya çıkmasına yol açmaktadırlar (Spiegel & Martin, 1993; Slack, 1995).

Patateste enfeksiyonlara yol açan viral etmenler ile ilgili pek çok çalışma bulunmaktadır. (Çalı & Yalçın, 1991; Gümüş & Erkan, 1998; Bostan & Haliloğlu 2004; Arlı-Sökmen ve ark., 2005; Kökten, 2007). Yoğun olarak sofralık ve tohumluk patates üretimi yapılan Tokat ilinde patates üretim alanlarında virüslerin tanısına yönelik hem serolojik hem de moleküler çalışmalar yapılmıştır. (Topkaya, 2020; Topkaya ve ark., 2023). Ancak patates yumruları ile yapılan moleküler çalışma bulunmamaktadır. Bu kapsamda çalışmanın amacı, Tokat ilinde patates yumrularında enfeksiyon yapan viral etmenlerin (PVY, PLRV, PVX ve PVS) moleküler testler ile belirlenmesidir.

MATERYAL ve METOD [Century10 bold]

Örnekleme Yöntemi

Çalışma kapsamında kullanılan yumru örnekleri, Tokat ili patates üretim alanlarından 2018 yılında yapılan arazi çalışmalarında esnasında çiftçiler ile görüşülerek, ertesi yıl tohumluk olarak kullanılacak olan ve virüs belirtileri (mozaik, yapraklarda deformasyon, bodurluk) gösteren bitkilerden sağlanmışlardır. Bu amaçla, Tokat ili Niksar, Erbaa ve Artova ilçeleri patates tarlalarında hasat olgunluğuna erişen bitkilerin yumrularından örnekleme yapılmıştır (Çizelge 1). Arazi çalışmaları boyunca toplanan yumrular etiketlenerek uygun koşullarda laboratuvara getirilmiş ve moleküler çalışmalara kadar (2 hafta) buzdolabında +4 °C'de saklanmıştır.

Toplam Nükleik Asit izolasyonu

Sera koşullarında çimlendirilip yetiştirilen patates yumrularından gelişen taze yapraklardan (Şekil 1 A, B, C, D) RNA ekstraksiyonu yapılmıştır. Toplam RNA izolasyonu, Astruc ve ark. (1996)'nın belirttiği yöntemde, modifikasyonlar yapılarak aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Serada yetiştirilen bitkilerden yaklaşık 100-150 g yaprak dokusu alınmış ve ezme çözeltisinde (0.1 M Tris-HCl pH 8.0, 0.5 M EDTA pH 7.0, 5 M NaCl, 2-mercapto-ethanol (1/1000) ile ezme işlemi gerçekleştirilmiştir. Ezme işleminden sonra elde edilen süspansiyondan 1 ml mikrosantrifüj tüpüne alınmış ve üzerine 50 µL Sodium Dodecyl Sulphate (SDS) (%20) eklendikten sonra vortekslenmiştir. Mikrosantrifüj tüpleri 65 °C'de 30 dakika (dk) su

banyosunda inkube edildikten sonra karışımın üzerine 250 µL potasyum asetat (5 M) ilave edilmiş

ve 20 dk. buz içerisinde bekletildikten sonra 13.000 rpm'de 15 dakika santrifügasyon yapılmıştır.

Çizelge 1. Patates ekimi yapılan alan (dekar), incelenen tarla sayısı ve alınan örneklerinin sayıları

Table 1. Cultivated area (decares), number of fields examined and number of samples taken in the districts

İlçe Adı District Name	Ekilen Cultivated Area (decare)	Alan(dekar) Number of Fields Examined	İncelenen Tarla Sayısı Number of Fields Examined	Alınan Yumru Örneği Sayısı Number of Tuber Samples Taken
Erbaa	4.034	9	26	
Niksar	10.060	14	59	
Artova	1.015	5	6	
Toplam	15.109	28	91	



Şekil 1. Toplam nükleik asit izolasyonu (TNA) izolasyonu için araziden toplanan patates yumrularının çimlendirilme aşamaları. A) patates yumrularının ekim işlemi. B: İzolasyon aşamasındaki çimlenen yumrudan görünüm. C, D: yumrudan gelişen patates bitkilerinden genel bir görünüm.

Figure 1: Germination stages of potato tubers collected from the field for RNA isolation. A) Planting process of potato tubers. B: View of the germinating tuber at the isolation stage. C, D: General view of potato plants developing from tuber.

Süpernatantın 600 µL'si yeni hazırlanmış mikrosantrifüj tüplerine konulup içerisine 600 µL etanol (%96) ilave edilmiş ve vorteks ile karıştırılmıştır. Karışıma 50 µL sodyum asetat (3M) eklendikten sonra alt üst edilmiş ve -20 °C'de bir gece bekletilmiştir. Ertesi gün 14.000 rpm'de 15 dk. santrifüj edildikten sonra üstte kalan sıvı kısım uzaklaştırılmıştır. Tüpler filtre kağıdı üzerinde ters kapatılarak 5 dakika kurutmaya bırakıldıktan sonra tüp dibinde oluşan pellet üzerine 1 µL etanol (%70) eklenerek yıkama işlemi yapılmıştır. Santrifüj tüplerinde RNA'ları çöktürmek için 13.000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilip tüp içerisindeki etanol uzaklaştırılarak tüpler kurutulmuştur. İzolasyon sonunda elde edilen toplam RNA'lar 50 µL steril su ile sulandırılarak agaroz jelde toplam nükleik asit içerisinde ribosomal RNA'ların varlığı kontrol edilmiş ve kullanılıncaya kadar -20 °C'de muhafaza edilmiştir.

Tamamlayıcı DNA sentezi

Toplam nükleik asit izolasyonu (TNA) izolasyonunda elde edilen toplam RNA'lar kullanılarak tamamlayıcı DNA (cDNA) sentezi yapılmıştır. cDNA sentezi için, PCR tüplerinde 2 µL toplam RNA, 1 µL random hexamer primer (10 µmol) ve 7 µL steril suyla karıştırılmıştır. Karışım 65 °C'de 5 dakika inkübe edildikten sonra 3 dakika buzda bekletilmiştir. Tüplere 5× MMLV buffer (5×), 0.2 mM dNTP (25 mM), 10 µmol random hexamer primer, 10 u/µL RNase inhibitör 20-20 u/µL Reverse transcriptase enzimi (RevertAid First Strand cDNA Synthesis Kit-Thermo Scientific-K1621) ve steril su içeren karışımdan 10 µL eklenmiş ve 20 µL'ye tamamlanmıştır. PCR tüpleri daha sonra PCR cihazında 25 °C'de 5 dk., 42 °C'de 60 dk. ve 72 °C'de 10 dk, inkübe edilerek cDNA sentezi yapılmıştır (Bostan & Peker 2009).

Moleküler tespit çalışmaları

Moleküler tespit çalışmalarında, cDNA'lar kalıp olarak kullanılarak virüslere özgü primerler (Çizelge 2) kullanılmıştır. Bu aşamada PCR tüpleri içinde 25 mL hacimde olacak şekilde, cDNA'dan 2 µL, 5 µL 5× Green GoTaq Flexi Buffer (Promega), 0.2 µL dNTP,

0.5 µL forward primer (100 pmol), 0.5 µL reverse primer (100 pmol), 1.5 µL MgCl₂ (25 mM), 1.25 µL Dimethyl sulfoxide (DMSO), 0.25 µL GoTaq enzimi (Promega, Madison USA) ve 13.75 µL saf sudan oluşan karışım PCR cihazına yerleştirilmiştir. PCR işlemi, 94 °C'de 2 dk. (başlangıç denatürasyonu

için), 35 döngü 94 °C'de 1 dk., 58 °C'de (PVY için) 30 sn. (diğer virüsler için 62 °C), 72 °C'de 2 dk. amplifikasyon ve bir döngü tamamlanmayan bölgelerin tamamlanabilmesi için örnekler 72 °C'de 10 dk. (son uzama) şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan primerlere ait baz dizilimleri, çoğalttıkları gen bölgeleri ve beklenen bant büyüklükleri (Peker, 2007)

Table 2. Base sequences of the primers used in the study, gene regions they amplify, and expected band sizes

Virüs	Primerlerin baz dizilimleri	Polarite	Primerlerin spesifik olduğu gen bölgesi	Beklenen bant büyüklüğü (bp)	Primerlerin bağlanma sıcaklığı
<i>Virus</i>	<i>Base sequences of primers</i>	<i>polarity</i>	<i>Gene region</i>	<i>Expected band size</i>	<i>Binding temperature of primers</i>
PVS	5'-TGGGGAATCAGTCCGGCTAGTC-3'	Sense			
	5'-ACTGGACCTGCGCTTAGGCT-3'	Antisense	Kılıf protein	1100 bp	62°C
PLRV	5'-CGCGCTAACAGAGTTCAGCC-3'	Sense			
	5'-GCAATGGGGGTCCAATCAT-3'	Antisense	Kılıf protein	336 bp	62°C
PVX	5'-TAGCACAACACAGGCCACAG-3'	Sense			
	5'-GGCAGCATTTCATTTTCAGCTTC-3'	Antisense	Kılıf protein	562 bp	62°C
PVY	5'-AAGCTTCCATACTACCCGC-3'	Sense			
	5'-CATTTGTGCCCAATTGCC-3'	Antisense	P1 protein	856 bp	58°C

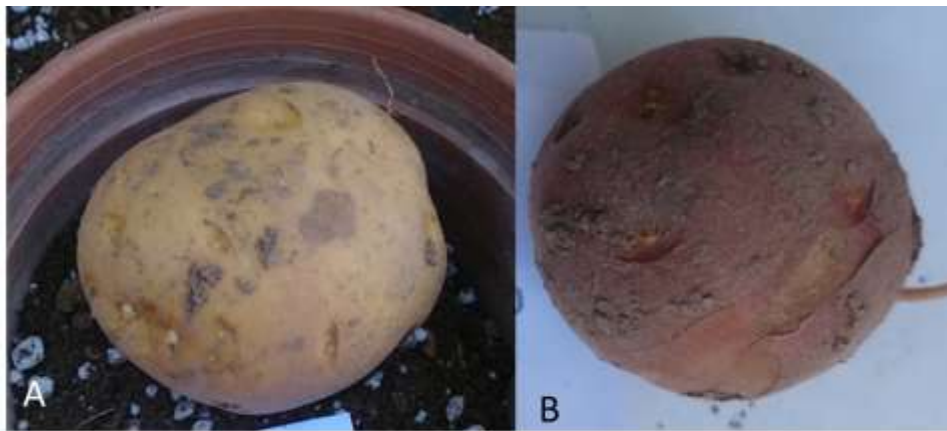
Elektroforez çalışmaları

PCR ürünlerini görüntüleyebilmek için 10 mg/ml ethidium bromide içeren %1.2 oranında agaroz jel hazırlanmıştır. PCR işlemi sonunda ürünler jel kuyucuklarına yüklenmiş ve 100 V'da 1 saat elektroforez işleminin sonunda jel görüntüleme cihazında PCR ürünlerinin görüntüleri fotoğraflanmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA [Century10 bold]

Surveyler sırasında virüs belirtisi gösteren bitkilerin yumruları toplanmıştır. Araziden toplanan örneklerin yapraklarında gözlenen belirtiler incelendiğinde,

yoğun olarak mozaik belirtileri, bitkilerde bodurlaşma, yapraklarda şekil bozukluğu, içe çökük damarlar, tepe uç yapraklarında kıvrılma, damar renk açılmaları, damar bantlaşması, damarlarda kıvrılma, yapraklarda kızarıklık, yaprak uçlarında kahverengileşme şeklinde gözlemlenmiştir. Yumrulara şekil bozukluğu, çatlama ve yumru gözlerinde hilale benzeyen oyuklar şeklinde belirtilere rastlanmıştır (Şekil 2. A, B). Çimlendirilen yumrulara PVS ile enfeksiyon tespit edilen patates bitkilerinde yaprak damarlarında içe çökmeler ve bitkide gelişme geriliği gözlemlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. (A, B) Virüs enfeksiyonu bulunan yumru gözlerinde hilal şeklinde oyuklar.
Figure 2. (A, B) Crescent-shaped cavities on virus-infected tubers.



Şekil 3. Niksar ilçesinden toplanan PNY3-6 kodlu PVS ile enfekteli olduğu tespit edilen patates bitkisinde gözlemlenen belirtiler; gelişme geriliği ve damarlarda şekil bozukluğu

Figure 3. Symptoms observed in potato plants infected with PVS coded PNY3-6 collected from Niksar district; growth retardation and inward collapse of the vessels.

RT-PCR Bulguları

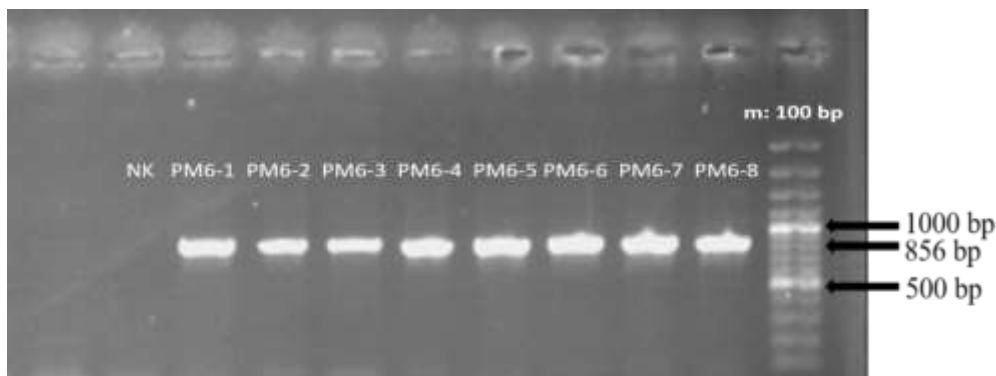
Tokat ilinde patates yetiştirilen tarlalarda virüs etmenlerini araştırmak için toplanan 91 yumru örneğinde PVY, PVX, PLRV ve PVS etmenlerinin varlığını belirlemek amacıyla virüslerin özgün gen bölgelerinin amplifikasyonuna yönelik RT-PCR çalışmaları yapılmıştır. RT-PCR sonuçlarına göre, 67

yumru örneğinde PVY'nin bulaşık olduğu tespit edilmiştir ve 856 bp büyüklüğünde bant elde edilmiştir (Şekil 4). Bir yumru örneğinde PLRV'ye ait (336 bp) (Şekil 5) ve altı yumruda PVS'e spesifik beklenen büyüklükte (1100 bp) bant elde edilmiştir (Şekil 6). Herhangi bir yumru örneğinde PVX'e özgü bant oluşumu gözlenmemiştir.

91 adet patates yumrularından elde edilen yapraklarda PVY, PVX, PVS ve PLRV'nin varlığı açısından test edilmiştir. Yumrulardan elde edilen örneklerinin 68'inde virüs enfeksiyonu tespit edilmiştir. RT-PCR işlemi sonucunda testlenen yumruların 67 tanesinin PVY (%73.63), altısı PVS (%6.59) ve bir tanesinin de PLRV (%1.1) ile enfekteli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3).

İlçelere göre değerlendirdiğimizde, Niksar ilçesinden alınan 59 yumrunun 43 tanesinin (%72.88) bir veya birden çok virüs ile enfekteli olduğu belirlenmiştir. Virüsle enfekteli örneklerin 42' si (%71.19) PVY, beşi (%8.47) PVS ve biri (%1.69) PLRV ile enfekteli tespit edilmiştir. Test edilen enfekteli yumruların dördü PVY + PVS, biri PVY + PLRV ile karışık enfeksiyona sahip olduğu belirlenmiştir. Virüs enfeksiyonu tespit edilen örneklerde en yaygın etmenin PVY olduğu bulunmuştur.

Erbaa ilçesinden alınan 26 yumru örneğinin 19'unun (%73.08) PVY ile enfekteli olduğu belirlenmiştir. Erbaa ilçesine ait örneklerde sadece PVY enfeksiyonu tespit edilmiş olup, PLRV, PVX ve PVS enfeksiyonu bulunmamıştır. Artova ilçesinden elde edilen 6 yumrunun hepsi tekli veya karışık enfeksiyonlu olarak tespit edilmiştir. Yumruların hepsinde PVY enfeksiyonu varken, örneklerden biri (%16.67) PVS enfeksiyonu ve 1 örnekte ise PVY + PVS karışık enfeksiyonu saptanmıştır (Çizelge 3).



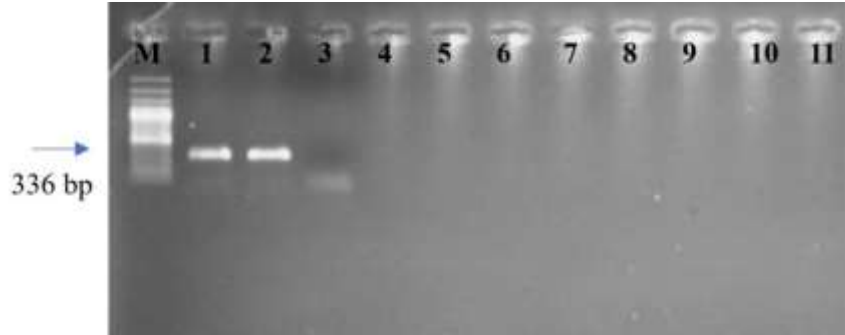
Şekil 4. PVY ile enfekteli örneklere ait RT-PCR sonucu. M: Fermentas 100-bp Gene Ruler Plus DNA ladder
Figure 4. RT-PCR results of PVY-specific primer. M: Thermo Fisher 100-bp Gene Ruler Plus DNA ladder

Tokat ilinde patates yetiştiren üreticilerden toplanan yumru örneklerinin moleküler testlerinin sonucunda; tohumluk patates yumrularının önemli ölçüde virüslerle enfekteli olduğu tespit edilmiştir. Çıtır (1982) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'ye

virüslerin ithal edilen tohumluk patates yumrularıyla girdiğini ve üreticiler tarafından kullanılan tohumluk patates yumrularının ortalama % 95'nin en az bir virüsle enfekteli olduğunu tespit edilmiştir. Yine Bostan ve Haliloğlu (2004) patates üretiminin yoğun

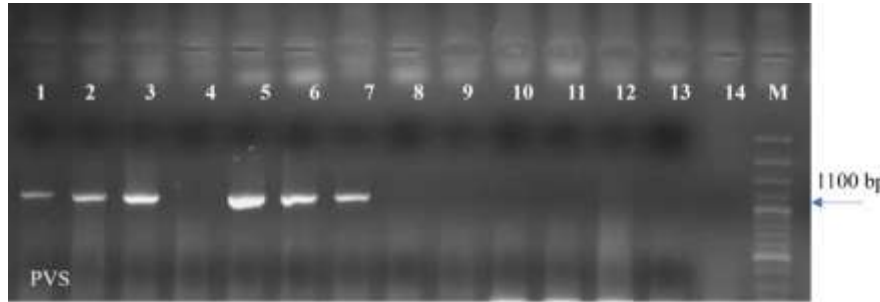
şekilde yapılan illerde üreticilerin firmalardan aldığı tohumluk patates yumruları için de benzer sonucu rapor etmiştir. Bu durumun nedenleri arasında, ithal edilen veya tohumluk amaçlı kullanımdan önce yumrulara virüs etmenleri için testleme yapılmaması

düşünülebilir. Patatesi enfekte eden virüsler yumrularla yıldan yıla ve yıl içerisinde de vektörlerle ya da mekanik yollarla taşınarak hızlı bir şekilde yayılım gösterir (Bostan ve ark., 2006).



Şekil 5. PLRV ile enfekteli örneklere ait RT-PCR sonucu. M: Fermentas 100-bp Gene Ruler Plus DNA ladder. 1: pozitif kontrol, 2: PNY6-5, 3: Negatif kontrol.

Figure 5. RT-PCR results of PLRV-specific primer. M: Thermo Fisher 100-bp Gene Ruler Plus DNA ladder. 1: positive control, 2: PNY6-5, 3: Negative control.



Şekil 6. PVS ile enfekteli örneklere ait RT-PCR sonucu. M: Fermentas 100-bp Gene Ruler Plus DNA ladder, 1-3, 5-7: PVS enfekteli izolatlar, 8-12: negatif izolatlar, 13: Negatif kontrol.

Çizelge 3. Tokat ilinin farklı ilçelerinden patates üretim alanlarından alınan yumru örneklerinde RT-PCR sonuçlarına göre PVY, PVX, PLRV, ve PVS'in bulunma durumları
Table 3. Presence of PVY, PVX, PLRV, and PVS in tuber samples taken from potato production areas in different districts of Tokat province, according to RT-PCR results

Enfekteli örnek sayısı ve bulaşıklık oranı (%) Number of infected samples and contamination rate (%)								
İlçe District	Alınan örnek sayısı Samples number	Enfekteli örnek sayısı Number of infected samples	PVY	PVS	PVX	PLRV	PVY + PVS	PVY + PLRV
Niksar	59	43	42 (71.19)	5 (8.47)	-	1 (1.69)	4 (6.78)	1 (1.69)
Erbaa	26	19	19 (73.08)	-	-	-	-	-
Artova	6	6	6 (100)	1 (16.67)	-	-	1 (16.67)	-
Toplam	91	68	67 (73.63)	6 (6.59)	-	1 (1.10)	5 (5.49)	1 (1.10)

Patateste yumrularla taşınan virüslerin araştırılması üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. İzmir'de Ödemiş bölgesinde patates yumrularında RT-PCR yöntemiyle PVY, PLRV, PVS ve PVX'in varlığı

araştırılmıştır. Çalışmada dört viral etmenin varlığı ayrı ayrı belirlenirken yumruların hiçbirinde dört viral etmen bir arada tespit edilmemiştir. Ancak ikili ve üçlü karışık enfeksiyonların varlığı belirlenmiştir

(Kökten, 2007). Bostan ve Haliloğlu (2004) tarafından Bolu, Erzurum, Niğde, Nevşehir, İzmir illerinden toplanan patates yumrularında yapılan ELISA testi sonucunda PVY (% 17.7), PLRV (%14.2), PVX (%11.8) ve PVS (%4.6)'i tespit edilmiştir. Arlı-Sökmen ve ark. (2005)'nin yaptığı ELISA testi sonucunda, Bayburt ve Trabzon illerinde test edilen yumrulara % 38.9 oranında PVX ve %1.9 oranında PVY enfeksiyonu bulunduğunu ve PLRV ile enfekteli olmadığını rapor etmişlerdir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Patates, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli bir besin kaynağıdır. Virüsler patates bitkilerinde yeşil aksam enfeksiyonları yanında yumrulara önemli verim kaybına neden olmaktadır. Ayrıca gelecekte kullanılacak tohumluklarda da sürekliliğin devamı engellenmektedir. Diğer hastalık etmenleri ve zararlı böceklerin mücadelesinden farklı olarak virüslerin aktif bir kimyasal mücadelesi bulunmamaktadır. Bundan dolayı üretimde kullanılacak tohumluk patates yumrularının sertifikalı ve viral etmenlerden arı olmasına özen gösterilmelidir. Patates üretimi yapan çiftçilerin virüslerle mücadele konusunda bilinçlendirilmesi gerekmektedir. PVY, PVS ve PLRV gibi afit vektörleriyle taşınan virüslerin kontrolü için bu etmenleri taşıyan afit ve diğer vektörlerle etkin mücadeleye önem verilmelidir. Diğer taraftan fiziksel temas yoluyla taşınabilen PVY, PVX ve PVS'e karşı mücadelede hasat esnasında kullanılan alet ekipmanların temizliğine dikkat edilmeli ve bitkilerin yeşil döneminde yaralanmamasına özen gösterilmelidir.

TEŞEKKÜR

Makale ilk yazarın Lisansüstü tez çalışmalarının sonuçlarının bir kısmını içermektedir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Çalışmaya ait laboratuvar çalışmaları Afide merve Engür tarafından moleküler analizler ise Dr. Şerife TOPKAYA tarafından yapılmıştır. Makale metni, Dr. Şerife TOPKAYA tarafından yazılmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

Arlı-Sökmen, M., Ayan, A.K., & Şevik, M.A. (2005). Trabzon ve Bayburt illerinde tohumluk patates (*Solanum tuberosum* L.) yumrularında belirlenen virüsler. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (3), 23–26. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/187576>

- Astruc, N., Marcos, J.F., Macquaire, G., Candresse, T. & Pallas, V. (1996). Studies on the diagnosis of hop stunt viroid in fruit trees: identification of new hosts and application of nucleic acid extraction procedure based on non-organic solvents. *European Journal of Plant Pathology*, 102, 837–846. <https://doi.org/10.1007/BF01877053>
- Bostan, H. & Haliloğlu, K. (2004). Distribution of PLRV, PVS, PVX, and PVY (PVYN, PVY0 and PVYC) in the seed potato tubers in Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(7), 1140–1143. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2004.1140.1143>
- Bostan, H., Guclu, C., Ozturk, E., I, Ozdemir & Ilbagi, H. (2006). Influence of aphids on the epidemiology of potato virus diseases (PVY, PVS and PLRV) in the high altitude areas of Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9, 759–765. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2006.759.765>
- Bostan, H & Peker, P. K. (2009). The feasibility of tetraplex RT-PCR in the determination of PVS, PLRV, PVX and PVY from dormant potato tubers. *African Journal of Biotechnology*, 8 (17), 4043–4047 Doi:10.4314/AJB.V8I17.62127
- Çalı, S. & Yalçın, N. (1991). İthal edilmiş tohumluk patateslerde önemli virüs hastalıklarının DAS-ELISA ve diğer yöntemlerle araştırılması (Bildiriler). VI. Türkiye Fitopatoloji Kongresi, İzmir, Türkiye, 7-11 Ekim 1991, ss. 333–336.
- Çıtır, A. (1982). Erzurum ve çevresinde tohumluk patateslerdeki virus hastalıkları ve bunların tanımlanması üzerinde bazı araştırmalar. *Doğa Bilim Dergisi*, 6(3), 99-109.
- Devaux, A., Kromann, P. & Ortiz, O. (2014). Potatoes for sustainable global food security. *Potato Research*, 57, 185–199. DOI 10.1007/s11540-014-9265-1
- Duan, G., Zhan, F., Du, Z., Ho, S.Y.W. & Gao, F. (2018). Europe was a hub for the global spread of potato virus S in the 19th century. *Virology*, 525, 200–204. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2018.09.022>
- Gümüş, M. & Erkan, S. (1998). Ayvalık ve Altınova yörelerinde üretilen patates çeşitlerinin yumrularında bulunan virüslerin belirlenmesi üzerinde araştırmalar (Bildiriler). VIII. Türkiye Fitopatoloji Kongresi, Ankara, Türkiye, 21-25 Eylül 1998, ss. 348–350.
- Güner, Ü. & Yorgancı, Ü. (2006). Niğde ve Nevşehir illeri patates ekiliş alanlarında saptanan viral etmenler. *Bitki Koruma Bülteni*, 46 (1-4), 35-49. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/41538>
- Jones, E.D. (1988). A current assessment of in vitro culture and other rapid multiplication methods in North America and Europe. *Am. Potato J.*, 65, 209–220. <https://doi.org/10.1007/BF02854453>
- Kadakoğlu, B., & Karlı, B., (2022). Afyonkarahisar İlinde Patates Üretiminin Ekonomik Analizi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi* 25 (3), 581-588.

- <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.947387>.
- Kökten, M. (2007). *Ödemiş bölgesinde üretimi yapılan patates yumrularında PVY, PVX, PVS ve PLRV virüslerinin RT-PCR yöntemiyle saptanması (Tez no 200661)*. [Yüksek lisans tezi. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı]. Aydın. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Kreuze, J.F., Souza-Dias, J.A.C., Jeevalatha, A., Figueira, A.R., Valkonen, J.P.T. & Jones, R.A.C. (2020). *Viral diseases in Potato. Pages 389-430 in: In The Potato Crop; Campos, H., Ortiz, O., (Eds), Springer, Cham, Switzerland.* https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5_11.
- Lesley, T. & Michael, E.T. (2020). Potato virus Y emergence and evolution from the andes of south america to become a major destructive pathogen of potato and other solanaceous crops worldwide. *Viruses*, 12, 1–14. <https://doi.org/10.3390/v12121430>
- Mao, Y., Sun, X., Shen, J., Gao, F., Qiu, G., Wang, T., Nie, X., Zhang, W., Gao, Y., & Bai, Y. (2019). Molecular Evolutionary Analysis of Potato Virus Y Infecting Potato Based on the VPg Gene. *Frontiers in microbiology*, 10, 1708. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01708>
- Slack, S.A. (1995). Potato viruses with some implications for production and processing in the United States: a history of problems and solutions. *Summa Phytopathologica*, 21, 273-275.
- Spiegel, S. & Martin, R.P. (1993). Improved detection of potato leafroll virus in dormant potato tubers and micro tubers by the polymerase chain reaction and ELISA. *Annals of Applied Biology*, 121, 493-500. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1993.tb04052.x>
- Topkaya, S. (2020). Determination of some viruses by serological and molecular techniques in potato production areas in Tokat Province. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University*, 37(1), 53-59. doi:10.13002/jafag4685.
- Topkaya, Ş., Çelik, A., Santosa, A.I. & Jones, R.A.C. (2023). Molecular Analysis of the Global Population of Potato Virus S Redefines Its Phylogeny, and Has Crop Biosecurity Implications. *Viruses*, 15, 1104. <https://doi.org/10.3390/v15051104>
- Zhang, W., Bai, Y.Q., Gao, Y.L., Sheng, Y., Fan, G.Q. & Gen, H.W. (2010). A survey on occurrence frequencies of potato viruses in major potato producing provinces in China. *Heilongjiang Agric. Sci.*, 4, 71–73. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2009.10.009>



The Detection of Crown Gall Disease Caused by *Rhizobium vitis* in Kahramanmaraş and Surrounding Provinces

Ceyda CEYHAN BAŞARAN¹, Mustafa KÜSEK²

^{1,2}Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Kahramanmaraş-Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-9695-281X>, ²<https://orcid.org/0000-0002-6320-5869>

✉: ceydaucuk@ksu.edu.tr

ABSTRACT

The study aims to isolate the bacterial disease agent *Rhizobium vitis* causing crown gall of grapevine in Kahramanmaraş and its surrounding provinces, determine its prevalence in the region, and conduct its identification. Between June and September of 2017-2019, strains obtained from the shoots and galls of vines showing symptoms of galls in vineyards in Kahramanmaraş, Adıyaman, Kilis, Gaziantep, and Şanlıurfa provinces were subjected to pathogenicity tests, classical, molecular, and MALDI-TOF MS identification. In this study, the prevalence of crown gall disease in 46 vineyards showing disease symptoms was determined as follows: Kahramanmaraş 76.47%, Adıyaman 75%, Gaziantep 50%, Kilis 33.33%, and Şanlıurfa 20%. From the 46 contaminated vineyards in the study area, 24 pathogenic *Rhizobium vitis* strains were obtained. In the pathogenicity test conducted with *R. Vitis* strains on the Hatun Parmağı grape variety under greenhouse conditions, the most virulent strains were determined based on the weights of the galls formed, and they were identified as CU52-3/2, CU39-11/5, and CU39-8/1. According to classical tests, 13 strains showed 100% similarity to *R. vitis*, while molecular characterization with *R. vitis*-specific primers revealed that 17 strains had the *virA* gene, 13 strains had the *pehA* gene, 10 strains had the *virF* gene, and 6 strains had the octopine-type plasmid. Ten strains, representing the sample, were identified as *R. vitis* through MALDI-TOF MS analysis. This study revealed the impact of pathogenic strains with different virulences on the same grape variety. In line with this, control methods against highly virulent bacterial agents in reducing losses in plants can be investigated for their applicability in field and orchard areas in subsequent studies. Research on different grape varieties is essential to develop varieties that are resistant or tolerant to *R. vitis*, the pathogen causing this prevalent disease in Turkish viticulture.

Plant Protection

Research Article

Article History

Received : 03.01.2024

Accepted : 04.04.2024

Keywords

Crown gall disease

Rhizobium vitis

Molecular identification

MALDI- TOFF MS

Kahramanmaraş ve Çevre İllerdeki *Rhizobium vitis* Tarafından Neden Olunan Asma Uru Hastalığının Tespiti

ÖZET

Çalışmanın amacı, Kahramanmaraş ve çevre illerde asma ur hastalığına neden olan bakteriyel etmeni *Rhizobium vitis*'i izole etmek, bölgedeki yaygınlığını belirlemek ve teşhisini yapmaktır. 2017-2019 Haziran-Eylül aylarında Kahramanmaraş, Adıyaman, Kilis, Gaziantep ve Şanlıurfa illerindeki bağ alanlarından ur belirtisi gösteren asmanın sürgün ve urlarında izolasyon sonucunda elde edilen isolatlar patojenite testi, klasik, moleküler ve MALDI-TOF MS tanılama yapılmıştır. Bu çalışmada hastalık belirtisi gösteren 46 bağ alanında, asma ur hastalığı yaygınlığı Kahramanmaraş %76,47, Adıyaman %75, Gaziantep %50, Kilis %33,33 ve Şanlıurfa %20 olarak belirlenmiştir. Çalışma bölgesindeki bulaşık 46 bağ alanından 24 hastalık etmeni *Rhizobium vitis* izolatu izole edilmiştir. Sera koşullarında Hatun Parmağı asma

Bitki Koruma

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 03.01.2024

Kabul Tarihi : 04.04.2024

Anahtar Kelimeler

Asma ur hastalığı

Rhizobium vitis

Moleküler tanılama

MALDI-TOF MS

çeşidinde *R. vitis* izolatları ile yapılan patojenite testi sonucunda oluşan ırların ırlıklılarına göre en virölent izolatlar; CU52-3/2, CU39-11/5 ve CU39-8/1 olarak belirlenmiştir. Klasik testler sonucunda 13 izolatın *R. vitis*'e %100 benzer olduğunu; *R. vitis*'e özelleşmiş primerler ile yapılan moleküler karakterizasyon sonucunda 17 izolatın *virA* geni, 13 izolatın *pehA* geni, 10 izolatın *virF* geni, 6 izolatın ise oktopin tipi plazmide sahip olduğu belirlenmiştir. Temsilen seçilen 10 izolat MALDI-TOF MS analizi sonucunda *R. vitis* olarak teşhis edilmiştir. Bu çalışma ile aynı asma çeşidi üzerinde farklı virülenslikteki patojen izolatların etkisi ortaya konmuştur. Bu doğrultuda, yüksek virülens bakteriyel etmenlere karşı kontrol yöntemleri, bitkilerdeki kayıpları azaltmak için tarla ve bahçe alanlarında uygulanabilirliğinin araştırılması sağlanacaktır. Türkiye bağcılığında sorun olan bu hastalık etmeni için farklı asma çeşitleri üzerinde çalışmalar yapılarak *R. vitis*'e dayanıklı veya tolerant çeşitlerin geliştirilmesi sağlanabilecektir.

- Atıf Şekli :** Ceyhan Başaran, ., & Küsek, M (2023). Kahramanmaraş ve Çevre İllerdeki *Rhizobium vitis* Tarafından Neden Olunan Asma Uru Hastalığının Tespiti. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (5), 1069-1079. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1414216.
- To Cite:** Ceyhan Başaran, ., & Küsek, M (2023). The Detection of Crown Gall Disease Caused by *Rhizobium Vitis* in Kahramanmaraş and Surrounding Provinces. *KSU J. Agric Nat* 27 (5), 1069-1079. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1414216..

INTRODUCTION

Anatolia lands, including Türkiye, is the homeland of the grapevine (*Vitis vinifera* L.). Grape production in Türkiye has a significant place in the world with 4,165,000 tonnes in an area of 3,845,365 decares in 2022 (excluding 2021) by increasing in the last five years in terms of variety richness, large vineyard areas and yield (Anonim, 2022). In the region of Kahramanmaraş and its surrounding provinces, viticulture predominantly takes place in calcareous and arid areas, primarily utilizing low-structured, unsupported vineyard configurations such as goblet-style, and focuses on the cultivation of seeded table grapes and seeded drying grapes (Küsek, 2007). Today, many diseases and pests threaten the development of viticulture. These diseases and pests cause significant losses in growth and yield with the formation of favorable climatic conditions (Çelik et al., 1998). *Rhizobium* (*Agrobacterium*) *Vitis* ((Ophel & Kerr 1990) Young et al. 2001) is a bacterial agent carried by sap in grapevines and causes crown gall of grapevine disease (Young et al., 2001). The typical symptom of the disease is the formation of galls on the root collar, trunk, and shoots older than one year. It is not possible to determine the infection with the pathogen until the galls in grapevines become apparent. Fresh galls on the shoots and trunk are initially light in color and irregularly clustered, gradually darkening and developing a rough texture over time until they crack (Aysan & Küsek, 2018). The crown gall disease was first identified in vineyards in our country by Öktem (1978). In recent years, studies have reported crown disease in grape production areas in Central Anatolia, Mersin, Adana,

Osmaniye, Hatay, Gaziantep, Adıyaman, Kahramanmaraş, Tokat, and the Aegean and Thrace regions of Turkey (Benlioglu and Özakman, 1998; Argun, 2001; Küsek, 2007; Altınparmak, 2009; Orel, 2013; Durak et al., 2017; Akgül et al., 2018; Sivri, 2020). Burr and Katz (1983) suggested that the most suitable period for isolating the pathogen from the soil and gall is from June to September, while the period from April to May is recommended for isolation from plant sap. The entry of the pathogen through wounds and its ability to persist in plant tissues and soil for extended periods, coupled with the absence of an appropriate pesticide to prevent the disease, highlights the significance of the condition. Cultural measures, the use of biological control agents, and the planting of disease-resistant grape varieties are methods that can be applied in the control of the disease. In our country, Demir et al. (1998) determined the sensitivities of 24 different *V. vinifera* varieties and 20 different American grape rootstocks to various *R. Vitis* strains. The study concluded that the Cardinal grape variety had the least gall weight and exhibited the highest resistance. Additionally, varieties such as Hatun Parmağı, Pink Seedless, Sultana Seedless, Royal, Hamburg Misketi, Perlette, İtalya, and Alphonse Lavalée were identified as susceptible grape varieties to *R. Vitis* strains.

The physiological and biochemical tests proposed by Moore et al. (2001) are employed for the species-level identification of the *Rhizobium* genus. The molecular characterization of *Rhizobium vitis* strains obtained in our country was conducted using primers specialized for different plasmid types. Argun (2001) reported that all 8 *R. Vitis* strains obtained from the

Central Anatolian region produced octopine/cucumopine, while Akgül et al. (2018) determined, through PCR tests using specialized primer sets targeting the *pehA*, *virF*, *octopine*, *nopaline*, and *virD2* gene regions, that 16 *R. Vitis* strains from vineyards in the Aegean region produced octopine/cucumopine type opines. Küsek et al. (2007) identified 47 *R. Vitis* strains through PCR testing using specialized primers for the *virA* and *tms2a* gene regions.

The study aims to isolate the bacterial agent causing grape tumor disease in Kahramanmaraş and its surrounding provinces, determine its prevalence in the region, and conduct its identification. In line with this, control methods against highly virulent bacterial agents in reducing losses in plants can be investigated for their applicability in field and orchard areas in subsequent studies.

MATERIAL and METHOD

The primary plant material for the study consisted of the diseased grapevine tissues collected from vineyards in the provinces of Kahramanmaraş, Adıyaman, Kilis, Gaziantep, and Sanlıurfa from June to September in the years 2017-2019.

Sampling Method

The prevalence and incidence of the disease were calculated as percentages for each vineyard exhibiting symptoms in the study area. To determine the disease incidence in a vineyard, 50-200 plants were randomly selected based on the vineyard's size, beginning from different sections. These selected plants were examined for disease symptoms, and the number of plants displaying symptoms was recorded. The incidence was then calculated by multiplying the ratio of symptomatic plants to the total number of plants by 100 (Bora and Karaca, 1970). To assess the disease prevalence in vineyards, representative vineyards from each province were surveyed. The incidence was calculated by dividing the number of infected vineyards by the total number of surveyed vineyards and multiplying the result by 100.

Isolation of Disease Agent *Rhizobium* spp. Strains

Following the surveys in the study area, the skin tissue of freshly collected galls was incised using a sterile scalpel, and small fragments were excised from the underlying fresh living tissue. The gall tissue underwent superficial sterilization by immersion in 70% alcohol-soaked cotton. Subsequently, within a sterile mortar, the grape tissues were homogenized in sterile saline buffer (8.5% NaCl) and left to stand for one hour. A portion of this suspension was inoculated onto glass Petri dishes containing King B agar

medium by streaking with a loop. Petri dishes were incubated at $25 \pm 1^\circ\text{C}$ for two days, and the typical colonies of *Rhizobium* spp. (cream-colored, partially transparent, flat, round, odorless, and convex) that developed on the petri dishes were subcultured until pure cultures were obtained by streaking on an NGA medium. Pure cultures were then transferred to Nutrient Broth (NB) agar plates containing +4°C and stored at -20°C with 20% glycerol for subsequent use in further studies.

Identification of Disease Agent *Rhizobium* spp. Strains

Pathogenicity test: Purified pathogenic strains obtained from grapevine tissues were carried out pathogenicity tests on Mother of Thousands (*Bryophyllum daigremontianum*), tomato (*Solanum esculentum* Mill.), and grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Hatun Parmağı) plants. After culturing the bacteria strains on Nutrient Glucose Agar (NGA) medium, they were inoculated using a sterile toothpick onto Mother of Thousands and tomato 2-3 weeks old seedlings plants using a sterile toothpick. For the Hatun Parmağı grapevine variety, which was rooted from 3-4-buds vineyard bud, were created three holes (5 mm wide, 5 mm deep) using a hand drill. Into these holes, 100 µl of a bacterial suspension containing 10^8 cfu/ml was inoculated using a sterile pipette. The holes were then sealed with moist cotton and wrapped with parafilm. After 24 hours of incubation, the cotton and parafilm were removed, and three months later, the formation of galls from the holes was assessed. The dimensions of the galls, including width, length, and height, were measured using calipers.

Classical identification: The classical identification of *Rhizobium* spp. strains demonstrating gall formation in pathogenicity tests were evaluated through the criteria specified by Moore et al. (2001). This involved assessing Gram reaction, acid clearing on PDA+CaCO₃ medium, growth on medium containing 2% NaCl, acid production from sucrose and melezitose, reaction in litmus milk, alkali production from malonic acid, oxidase test, KOH test, growth at 35°C, and citrate utilization.

Molecular identification: DNA isolation was performed for the 24 *Rhizobium* spp. strains with positive pathogenicity tests, following the protocol outlined by De Boer and Ward (1995). Polymerase Chain Reaction (PCR) studies utilized seven different primer pairs for specific genes: PGF/PGR for the *pehA* gene specific to *R. vitis* (Szegedi and Bottka, 2002), virA1/virA2 for the *virA* gene (Eastwell et al., 1995), virFF1/virFR2 for the *virF* gene (Burr et al., 1997), OCTF/OCTR for the *octopine* synthesis gene (Burr et al., 1997), NOPF/NOPR for the *nopaline* synthesis gene (Burr et al., 1997), virD2S4F/virD2S4R for the

virD2 gene (Burr et al., 1997), and Tms2A/Tms2B for the *Tms2* gene specific to *R. radiobacter* (Pulawska and Sobiczewski, 2005). For the PCR mix of *Rhizobium* spp. strains, 2 µl of DNA sample was combined with 38 µl of PCR Mix (4 µl Buffer, 1 µl DNTP mix, 1 µl Forward primer, 1 µl Reverse primer, 0.5 µl DNA Taq polymerase, 30.5 µl ddH₂O). Amplification in the PCR machine included an initial denaturation at 95°C for 1 minute, followed by 35 cycles of denaturation at 94°C for 10 seconds, annealing at 56°C for 15 seconds for *R. vitis*-specific PGF/PGR, virFF1/virFR2, and OCTF/OCTR primers, 52°C for 15 seconds for NOPE/NOPR primers, 58°C for 15 seconds for virD2S4F/virD2S4R primers, 50°C for 30 seconds for virA1/virA2 primers, 63°C for 30 seconds for *R. radiobacter*-specific tms2A/tms2B primers, and extension at 72°C for 15 seconds. Finally, a 5-minute extension at 72°C concluded the amplification. PCR products were analyzed on a 1.5% agarose gel electrophoresis following the protocol of Sambrook et al. (1989). For gel loading, 2 µl loading buffer and 6 µl of the PCR product mixture were added to the wells. Electrophoresis was run at 80 volts and 350 mA for approximately 2 hours. To determine band weights, a 100 bp molecular weight marker (Fermentas SM 0632) was used. Bands were visualized under UV light after staining the gels with Ethidium bromide, and the bands on the gels were examined and photographed.

Identification with MALDI-TOF MS: The 24 *Rhizobium* spp. strains, isolated from diseased plant tissues and determined to be pathogens based on pathogenicity studies, were also identified at the species level using MALDI-TOF MS (Bruker Daltonics GmbH, Bremen, Germany) for diagnosis (Pavlovic et al., 2012; Soylu et al., 2022). The identification service was obtained through service procurement at the Plant Health Clinic Application and Research Center of Hatay Mustafa Kemal University (<https://www.mku.edu.tr/departments.aspx?birim=218>).

RESULTS and DISCUSSION

In the vineyards inspected in Kahramanmaraş and surrounding provinces, it has been determined that out of 74 vineyards, 46 vineyards are infected with crown gall disease. In Kahramanmaraş province, out of 34 vineyards inspected, 26 vineyards are infected with crown gall disease. In Adıyaman province, out of 12 vineyards inspected, 9 are infected. In Gaziantep province, out of 14 vineyards inspected, 7 are infected. In Kilis province, out of 6 vineyards inspected, 2 are infected. In Şanlıurfa province, out of 10 vineyards inspected, 2 are infected.

Referencing Table 1, it is evident that Kahramanmaraş province exhibits the highest

disease prevalence at 76.47%, whereas Şanlıurfa province demonstrates the lowest prevalence, standing at 20%. Analyzing the frequency of disease occurrence, Kahramanmaraş emerges as the province with the highest incidence, recording a rate of 4.05%, whereas Şanlıurfa exhibits the lowest incidence at 0.73%. In the study by Altıparmak (2009), 280 *R. Vitis* strains were derived from grapevine samples in Konya province, demonstrating a prevalence rate of 90.61%. Similarly, Durak et al. (2017) isolated 34 *R. Vitis* strains from vineyards in Tokat province, reporting an infection rate of 75.65%. Sivri (2020), in an investigation on *R. Vitis* prevalence in the Thrace region, identified rates of 88.86% in Kırklareli, 80.21% in Edirne, and 65.91% in Tekirdağ.

Table 1. The incidence and prevalence of crown gall disease by province.

Çizelge 1. Asma ur hastalığının illere göre rastlanma sıklığı ve yaygınlığı

Province	Incidence (%)	Prevalence (%)
Kahramanmaraş	4.05	76.47
Adıyaman	3.87	75.00
Gaziantep	1.84	50.00
Kilis	1.00	33.33
Şanlıurfa	0.73	20.00

A total of 107 *Rhizobium* spp. strains were examined, and 24 strains demonstrated gall or hairy root formation on *Bryophyllum daigremontianum*, tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.), and the Hatun Parmağı grapevine cultivar were identified (Table 2). Küsek (2007) obtained 47 *R. Vitis* strains from grapevine gall samples collected in the Central Mediterranean Region. Akgül et al. (2018) obtained 16 *R. Vitis* strains from 31 gall samples collected from vineyards in the Aegean Region.

In the pathogenicity test on the Hatun Parmağı (susceptible) grapevine cultivar, 21 strains showed gall formation, and the strains with the highest gall dry weight were evaluated as CU52-3/2, CU39-11/5, and CU39-8/1, respectively. The CU38-1/2 strain could not be evaluated due to environmental adversities in the grapevine plant, and the CU37-1/4 and CU39-11/4 strains did not show gall formation in the grapevine. This situation is thought to arise from differences in host plant sensitivity, pathogen virulence levels, or the interaction between both (Anderson and Moore, 1979; Küsek, 2007; Altıparmak and Baştaş, 2011).

The classical diagnostic of the 24 candidate *Rhizobium* spp. strains showing gall/root hair formation in the pathogenicity test were determined through biochemical and physiological tests, as recommended by Moore et al. (2001). Similarity ratios to *Rhizobium vitis* are presented in Table 3. Among the pathogen strains obtained from pathogenicity

tests and classical tests, 13 strains exhibited 100% similarity to *Rhizobium vitis* in 12 tests specified by Moore et al. (2001). The remaining isolates showed similarities to *R. vitis* ranging from 58% to 92% in 7-

11 tests. These findings align with the results of the studies conducted by Argun (2001) and Küsek (2007), supporting that the dominant species causing galls in vineyards is *R. vitis*.

Table 2. Strains that formed gall as a result of pathogenicity tests

Çizelge 2. Patojenite testi sonucunda ur oluşturan izolatlar

Isolate no	Pathogenicity Test			Sampling location	Coordinate
	Tomato	Mother of thousands	Grapevine		
CU5-4/4	+	+	+	Gölbaşı/Adıyaman	37°43'17"K; 37°33'22"D
CU5-4/10	+	+	+	Gölbaşı/Adıyaman	37°43'17"K; 37°33'22"D
CU14-3/1	+	+	+	İslahiye/Gaziantep	36°53'37"K; 36°34'16"D
CU14-3/2	+	+	+	İslahiye/Gaziantep	36°53'37"K; 36°34'16"D
CU14-3/7	+	+	+	İslahiye/Gaziantep	36°53'37"K; 36°34'16"D
CU25-2/1	+	+	+	Hilvan/Şanlıurfa	37°32'8"K; 38°46'50"D
CU37-1/4	+	+	-	Kılağlı/Kahramanmaraş	37°41'51"K; 37°3'48"D
CU38-1/2	+	+	+	Bahçeli/Kahramanmaraş	37°42'30"K; 37°6'12"D
CU38-1/11	+	+	+	Bahçeli/Kahramanmaraş	37°42'30"K; 37°6'12"D
CU39-11/2	+	+	+	Başdervişli/Kahramanmaraş	37°43'24"K; 37°9'4"D
CU39-11/3	+	+	+	Başdervişli/Kahramanmaraş	37°43'24"K; 37°9'4"D
CU39-11/4	+	+	-	Başdervişli/Kahramanmaraş	37°43'24"K; 37°9'4"D
CU39-11/5	+	+	+	Başdervişli/Kahramanmaraş	37°43'24"K; 37°9'4"D
CU39-13/2	+	+	+	Başdervişli/Kahramanmaraş	37°43'24"K; 37°9'4"D
CU39-8/1	+	+	+	Başdervişli/Kahramanmaraş	37°43'24"K; 37°9'4"D
CU39-8/2	+	+	+	Başdervişli/Kahramanmaraş	37°43'24"K; 37°9'4"D
CU52-2/2	+	+	+	Bulutoğlu/Kahramanmaraş	37°39'46"K; 36°48'34"D
CU52-2/4	+	+	+	Bulutoğlu/Kahramanmaraş	37°39'46"K; 36°48'34"D
CU52-3/1	+	+	+	Bulutoğlu/Kahramanmaraş	37°39'46"K; 36°48'34"D
CU52-3/11	+	+	+	Bulutoğlu/Kahramanmaraş	37°39'46"K; 36°48'34"D
CU52-3/2	+	+	+	Bulutoğlu/Kahramanmaraş	37°39'46"K; 36°48'34"D
CU52-3/4	+	+	+	Bulutoğlu/Kahramanmaraş	37°39'46"K; 36°48'34"D
CU52-3/5	+	+	+	Bulutoğlu/Kahramanmaraş	37°39'46"K; 36°48'34"D
CU52-3/6	+	+	+	Bulutoğlu/Kahramanmaraş	37°39'46"K; 36°48'34"D

+: Pathogenicity test positive; -: Pathogenicity test negative

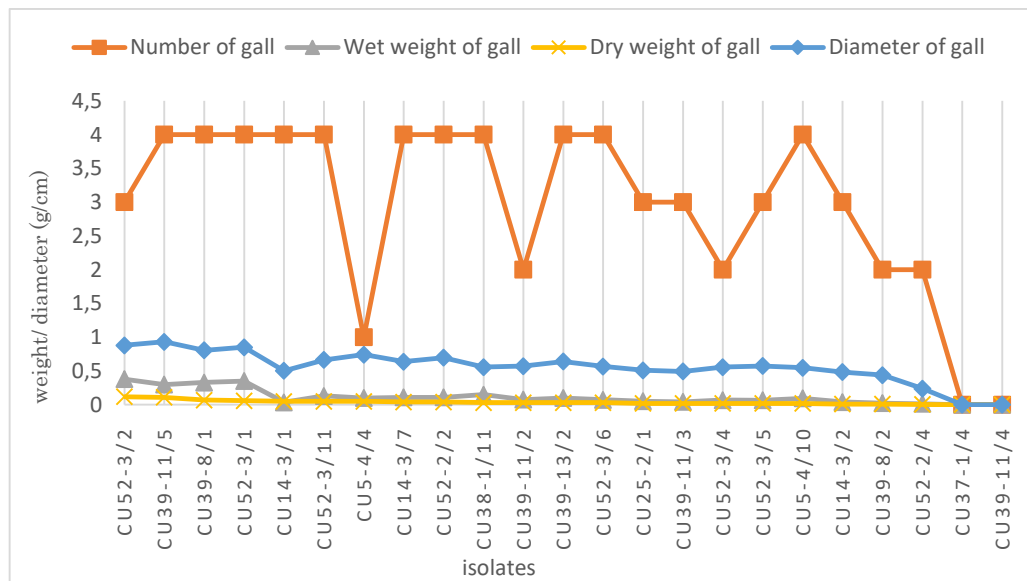


Figure 1. Pathogen strains occurred number, weight, and diameter of the gall of in Hatun Parmağı grapevine cultivar

Şekil 1. Hatun Parmağı asma çeşidinde izolatların ur sayısı, ağırlık ve çapları

As a result of pathogenicity and classical tests, molecular identification of 24 strains thought to be *R. Vitis* was performed using different primers, and electrophoresis gel images were taken (Figure 2). As a result of the PCR test with Tms2A/Tms2B, NOPF/NOPR, and virD2S4F/ virD2S4R primer pairs, none of the strain formed bands. According to the PCR test results with the PGF/PGR primer pair, which amplifies a fragment of 466 bp; CU38-1/2, CU39-8/1, CU39-8/2, CU39-11/3, CU39-11/5, CU39-13/2, CU52-2/2, CU52-2/4, CU52-3/1, CU52-3/4, CU52-3/5, CU52-3/6 and CU5-4/4 strains, according to the PCR test results with virA1/virA2 primer pair, which amplifies a fragment of 480 bp; CU14-3/2, CU39-8/1, CU39-8/2, CU39-11/2, CU39-11/3, CU39-11/4, CU39-11/5, CU39-13/2, CU52-2/2, CU52-2/4,

CU52-3/1, CU52-3/2, CU52-3/4, CU52-3/5, CU52-3/6, CU52-3/11, and CU5-4/4 strains, according to the PCR test results with virFF1/virFR2 primer pair, which amplifies a fragment of 382 bp; CU39-8/2, CU39-11/4, CU39-11/5, CU39-13/2, CU52-2/4, CU52-3/1, CU52-3/2, CU52-3/5, CU52-3/6 and CU52-3/11 strains and according to the PCR test results with OCTF/OCTR primer pair, which amplifies a fragment of 475 bp; CU39-8/2, CU39-11/5, CU52-2/2, CU52-3/2, CU52-3/2, CU52-3/5 and CU52-3/11 strains formed bands. Additionally, strain CU14-3/1, CU14-3/7, CU25-2/1, CU37-1/4, CU38-1/2, CU38-1/11, and CU5-4/10 did not produce bands in the gel electrophoresis in the PCR test with the specific primer pairs (Table 4).

Table 3. The biochemical test used to differentiate *Rhizobium* spp. strains results.

Çizelge 3. Rhizobium spp. türlerini ayırmak için kullanılan biyokimyasal test sonuçları

Isolate No	Gram reaction	KOH Test	Oxidase Test	Litmus milk	Growth in % 2 NaCl	Growth in % 4 NaCl	Acid formation from sucrose	Acid formation from melioidosis	Alkali formation from malonic acid	Citrate use	Growth in 35 °C	Acid cleaning in PDA+CaCO ₃	Similarity rate (%)
CU5-4/4	-	+	+	ALK	+	+	-	-	+	+	+	-	100
CU5-4/10	-	+	+	ALK	+	+	-	-	+	+	+	-	100
CU14-3/1	-	+	-	ALK	+	+	-	-	+	+	+	-	100
CU14-3/7	-	+	+	ALK	+	+	-	-	+	+	-	-	100
CU38-1/2	-	+	Z+	ALK	+	+	-	-	+	+	+	-	100
CU39-8/1	-	+	+	ALK	+	+	-	-	-	+	+	-	100
CU39-8/2	-	+	Z+	ALK	+	+	-	-	-	+	+	-	100
CU39-11/5	-	+	+	ALK	+	+	-	-	-	+	+	-	100
CU39-13/2	-	+	+	ALK	+	+	-	-	-	+	+	-	100
CU52-2/2	-	+	Z+	ALK	+	+	-	-	-	+	+	-	100
CU52-3/1	-	+	+	ALK	+	+	-	-	-	+	+	-	100
CU52-3/2	-	+	Z+	ALK	+	+	-	-	-	+	+	-	100
CU52-3/5	-	+	+	ALK	+	+	-	-	-	+	+	-	100
CU52-3/11	-	+	+	ALK	+	+	-	-	-	+	+	-	100
CU39-11/3	-	+	Z+	ALK	+	+	-	-	+	-	+	-	92
CU39-11/2	-	+	+	AC	+	+	-	-	+	+	-	-	83
CU14-3/2	-	+	-	ALK	+	+	+	+	+	-	+	-	75
CU38-1/11	-	+	-	ALK	-	-	-	-	+	-	+	-	75
CU37-1/4	-	+	+	ALK	-	-	-	+	+	-	-	-	67
CU39-11/4	-	+	-	AC	+	+	+	-	NC	-	-	-	67
CU52-2/4	-	+	-	AC	+	+	+	-	-	NC	-	-	67
CU52-3/4	-	+	-	ALK	-	-	+	-	-	+	+	-	67
CU52-3/6	-	+	Z+	ALK	+	+	+	+	+	+	-	-	67
CU25-2/1	-	+	Z+	AC	+	+	-	+	NC	-	-	-	58

AC: Acid; ALK: Alkaline; NC: No colour; +: 80% or more isolates positive; -: 80% or more isolates negative; M+ : Mild positivite

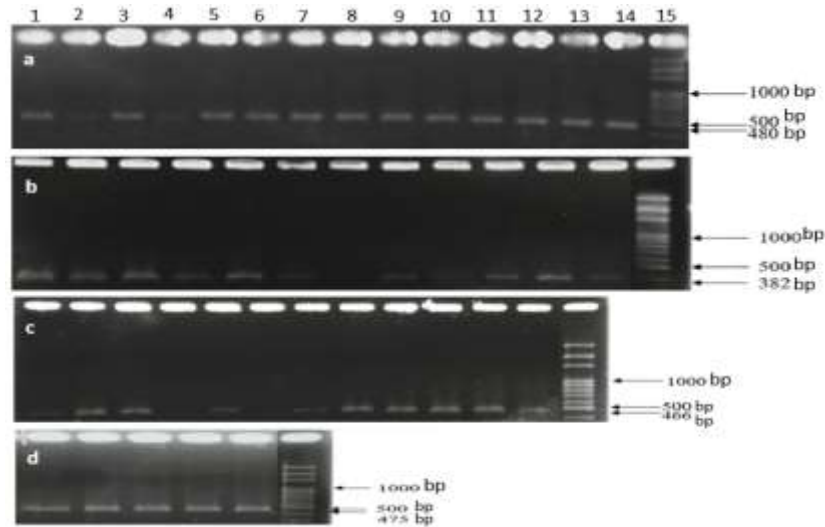


Figure 2. Primer gel images; strains forming bands for a) the VirA gene, b) the PehA gene, c) the virF gene, and d) the Octopine gene.

Şekil 2. Primer jel görüntüleri; a) VirA geni bant oluşturan izolatlar; b) PehA geni bant oluşturan izolatlar; c) virF geni bant oluşturan izolatlar; d) Oktopin geni bant oluşturan izolatlar

Table 4. The band formation status of Rhizobium spp. strains with different primers

Çizelge 4. Rhizobium spp. izolatlarının farklı primerlerde bant oluşturma durumları

Isolate no	Primers							Tms2A Tms2B
	virA1 virA2	PGF PGR	virFF1 virFR2	OCTF OCTR	NOPF NOPR	virD2S4F virD2S4R		
CU5-4/4	+	+	-	-	-	-		-
CU5-4/10	-	-	-	-	-	-		-
CU14-3/1	-	-	-	-	-	-		-
CU14-3/2	+	-	-	-	-	-		-
CU14-3/7	-	-	-	-	-	-		-
CU25-2/1	-	-	-	-	-	-		-
CU37-1/4	-	-	-	-	-	-		-
CU38-1/2	-	+	-	-	-	-		-
CU38-1/11	-	-	-	-	-	-		-
CU39-11/2	+	-	-	-	-	-		-
CU39-11/3	+	+	-	-	-	-		-
CU39-11/4	+	-	+	-	-	-		-
CU39-11/5	+	+	+	+	-	-		-
CU39-13/2	+	+	+	-	-	-		-
CU39-8/1	+	+	-	-	-	-		-
CU39-8/2	+	+	+	+	-	-		-
CU52-2/2	+	+	-	+	-	-		-
CU52-2/4	+	+	+	-	-	-		-
CU52-3/1	+	+	+	-	-	-		-
CU52-3/2	+	-	+	+	-	-		-
CU52-3/4	+	+	-	-	-	-		-
CU52-3/5	+	+	+	+	-	-		-
CU52-3/6	+	+	+	-	-	-		-
CU52-3/11	+	-	+	+	-	-		-

Genov et al. (2015) reported that most of the strains isolated from grapevines were *A. vitis* and some were *A. tumefaciens*. Considering the opine utilization of these strains, they reported that most *A. vitis* and some *A. tumefaciens* strains contained

octopine/cucumopine plasmids, but nopaline-type plasmid was detected only in one *A. tumefaciens* strain.

The primers used in the study are synthesized from the plasmid regions of the bacterium, and mutations

that may occur on the plasmid can affect the PCR product formation (Küsek, 2007). In the PCR test conducted by amplifying *R. vitis*-specific primer sets, 17 strains were identified as *R. Vitis* with genes in different plasmid regions (*pehA*, *virA*, *virF*, *octopine*).

Eastwell et al. (1995) stated that the use of the *pehA* primer is more suitable for all *R. Vitis* strains causing galls in grapevines. Altıparmak and Baştaş (2011) identified 280 *R. vitis* strains using *pehA* and *virA* primers. In a study by Rouhrazi and Raiminan (2012), where *vir* gene sequences of 99 strains belonging to *R. radiobacter* and *R. vitis* species were determined, 49 strains were found to have octopine, 35 strains vitopine, and 8 strains nopaline-type opine synthesis genes, while the opine type of 7 strains could not be determined. In the primer set specific to *R. radiobacter*, it was observed that none of the strains produced a band. The results of molecular identification were found to be consistent with the

results obtained from classical tests. Lamovsek et al. (2014) identified 80 *Agrobacterium* spp. strains from Slovenian vineyards as *A. vitis* and *A. tumefaciens* using *pehA* and multiplex PCR methods. Orel et al. (2017) revealed the presence of nopaline-type plasmids in 18 strains and vitamin-type plasmids in three strains among 82 *R. Vitis* strains obtained from Turkish vineyards using PCR and opine-specific primers. Akgül et al. (2018) determined that 16 *R. Vitis* strains obtained from the Aegean region were responsible for the synthesis of octopine/cucumopine-type opines. The pathogenicity, classical tests, and molecular characterization of the 24 *Rhizobium* spp. strains were determined, and their identification was performed through service procurement using MALDI-TOF MS (Bruker Daltonics GmbH, Bremen, Germany) at the Plant Health Clinic Application and Research Center of Hatay Mustafa Kemal University.

Table 5. The species identification of *Rhizobium* spp. strains by MALDI-TOF MS

Cizelge 5. Rhizobium spp. izolatlarının MALDI-TOF MS ile tür tanınması

Isolate No	Matching Results	Reliability Level
CU14-3/7	CFBP-5523- <i>Rhizobium vitis</i> 20170306	2,215
CU39-8/1	CFBP-5523- <i>Rhizobium vitis</i> 20170306	2,149
CU39-11/2	CFBP-5523- <i>Rhizobium vitis</i> 20170306	2,325
CU39-11/5	CFBP-5523- <i>Rhizobium vitis</i> 20170306	2,291
CU39-13/2	CFBP-5523- <i>Rhizobium vitis</i> 20170306	2,336
CU52-2/2	CFBP-5523- <i>Rhizobium vitis</i> 20170306	2,211
CU52-3/1	CFBP-5523- <i>Rhizobium vitis</i> 20170306	2,110
CU52-3/2	CFBP-5523- <i>Rhizobium vitis</i> 20170306	2,331
CU52-3/5	CFBP-5523- <i>Rhizobium vitis</i> 20170306	2,071
CU52-3/11	CFBP-5523- <i>Rhizobium vitis</i> 20170306	2,153

2.30-3.0: Highly reliable at the species level; 2.00-2.299: Reliable at the genus level, highly reliable at the species level; 1.70-1.999: Reliable at the genus level, probable at the species level; <1.7: Unreliable identification

After MALDI-TOF analysis, the similarity status of 10 strains with an index value of 2.00 and above to *Rhizobium vitis* species is presented in Table 5. CU39-13/2, CU39-11/2, and CU52-3/2 strains showed a high similarity to *R. Vitis* at the species level, while CU14-3/7, CU39-11/5, CU39-8/1, CU52-3/11, CU52-2/2, CU52-3/1, and CU52-3/5 strains exhibited a definite resemblance to *R. Vitis* at the genus level and a high similarity at the species level. MALDI-TOF MS is a rapid, inexpensive, and reproducible method for the identification of plant pathogenic and saprophytic microorganisms (Uysal et al., 2019; Weis et al., 2020). It allows the differential identification of filamentous fungi, endophytic, and epiphytic bacterial species from a variety of environments using the distinct protein and peptide profiles of microbial cells. (Aktan and Soyly, 2020; Kara et al., 2020; Soyly et al., 2021; Tarfeen et al., 2022; Uysal et al., 2022; Soyly et al., 2022; Bozkurt et al., 2023).

CONCLUSION and RECOMMENDATIONS

The prevalence of crown gall disease in vineyard production areas in Kahramanmaraş, Adıyaman, Gaziantep, Kilis, and Şanlıurfa provinces was determined as follows: Kahramanmaraş 76.47%, Adıyaman 75.00%, Gaziantep 50.00%, Kilis 33.33%, and Şanlıurfa 20.00%. As a result of surveys conducted in the study area, a total of 24 pathogenic strains were obtained from galls collected from grapevines in the July-August period. These strains were tested on *Bryophyllum daigremontianum* (kalanchoe) and tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) plants, resulting in the formation of galls and/or hairy roots. In the pathogenicity test conducted on the Hatun Parmağı grapevine variety, strains with virulence were determined based on gall dry weights as CU52-3/2, CU39-11/5, and CU39-8/1. The strains CU38-1/2 could not be evaluated due to developmental issues observed in the plant in the pathogenicity test. In the biochemical tests, 13 of the

24 pathogenic strains showed 100% similarity to *Rhizobium vitis*, as specified by Moore et al. (2001), while 11 strains exhibited similarity ranging from 66.6% to 75% with *R. vitis*. As a result of the molecular characterization of pathogenic strains, it was determined that 17 strains possessed the *virA* gene, 13 strains had the *pehA* gene, 10 strains contained the *first* gene, and 6 strains carried the *octopine* synthesis gene. None of the strains was found to have plasmids containing the nopaline, *virD2*, and *Tms2* genes. Using primer sets specific to *R. Vitis*, 18 strains (CU14-3/2, CU38-1/2, CU39-8/1, CU39-8/2, CU39-11/2, CU39-11/3, CU39-11/4, CU39-11/5, CU39-13/2, CU52-2/2, CU52-2/4, CU52-3/1, CU52-3/2, CU52-3/4, CU52-3/5, CU52-3/6, CU52-3/11, and CU5-4/4) were identified as *R. vitis*, each harboring genes in different plasmid regions (*pehA*, *virA*, *virF*, *octopine*). According to the MALDI-TOF MS analysis of pathogenic isolates, 10 strains (CU39-13/2, CU39-11/2, CU52-3/2, CU14-3/7, CU39-11/5, CU39-8/1, CU52-3/11, CU52-2/2, CU52-3/1, and CU52-3/5) showed high similarity to *R. vitis*, with an index value of 2.00 or above.

In conclusion, it has been determined that the dominant species causing grapevine galls in vineyards is *R. vitis*, and the pathogen is widespread in the region's vineyards. Furthermore, classical and molecular tests support each other in the identification of *R. vitis*. This study reveals the impact of pathogenic isolates with different virulence on the same grapevine variety. However, studies on different grape varieties can be conducted to develop *R. Vitis-resistant* or tolerant varieties, addressing this problematic pathogen in Turkish viticulture.

THANKS

We express our thanks for the support of Kahramanmaraş Sütçü İmam University (Project no: 2020/7-13 D) and Prof. Dr. Soner SOYLU and Res. Asst. Dr. Aysun Uysal in the Plant Health Clinic Application and Research Center of Hatay Mustafa Kemal University.

Contribution Rate Statement Summary of Researchers

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

Conflict of Interest Statement

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

REFERENCES

Akgül, D.S., Özyılmaz, Ü., Önder, S., Çelik, S., Soltekin, R.O., Benlioğlu, K. (2018). Susceptibility

of Grapevine Cultivars and Rootstocks to Crown Gall Disease (*Rhizobium vitis*) in the Aegean Region of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(9), 6229-6238.

Aktan, ZC., Soylu, S., (2020). Diyarbakır ilinde yetişen badem ağaçlarından endofit ve epifit bakteri türlerinin izolasyonu ve bitki gelişimini teşvik eden mekanizmalarının karakterizasyonu. *KSU Tarım ve Doğa Dergisi*, 23, 641-654.

Altıparmak, S. (2009). *Konya İlinde Asma Ur Hastalığı (Agrobacterium vitis)'nın Biyokimyasal ve Moleküler Yöntemlerle Tanılanması (Tez no 237522)*. [Yüksek lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.

Altıparmak, S., Baştaş, K.K. (2011). Konya İlinde Yaygın Olarak Yetiştirilen Asma Çeşitlerinde Bakteriyel Taç Uru (*Agrobacterium vitis*)'nın Tanılanması Üzerine Araştırmalar. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 25 (1), 115-124.

Anderson, A.R., Moore, M. (1979). Host Specificity in the Genus *Agrobacterium*. *The American Phytopathogenic Society*, 69(4), 320-323.

Anonim, (2022). *TÜİK Bitkisel Üretim İstatistikleri, Üretim Miktarı*. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> (Erişim tarihi: 20.07.2023)

Argun, N. (2001). *Orta Anadolu Bağlarında Taç Uru'na Neden Olan Agrobacterium vitis'in Bölgesel Dağılımı ve Bazı Biyolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar (Tez no 104597)*. [Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.

Aysan, Y., Küsek, M. (2018). *Asma ur hastalığı*. Bitki Bakteri Hastalıkları Kitabı. Meta Basım Matbaacılık, İzmir, 317s.

Benlioğlu, K., Özakman, M. (1998). Bağ Üretim Materyalinde Kök Uru Etmeni *Agrobacterium tumefaciens*'in Saptanması. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22, 167-174.

Bora, T. & Karaca, İ. (1970). *Kültür bitkilerinde hastalığın ve zararın ölçülmesi*. İzmir: Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi.

Bozkurt, İ.A., Soylu S., Kara, M., Doksöz, S.F., Altan, B., Çarpar, H. (2023). Molecular characterisation of stem gall disease caused by *Agrobacterium tumefaciens* (= *Agrobacterium* biovar 1) on Citrus trees as a new host, in the Eastern Mediterranean region of Turkey. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 130, 13-21.

Burr, T.J. & Katz, B.H. (1983). Isolation of *Agrobacterium tumefaciens* Biovar 3 from Grapevine Galls and Sap, and from Vineyard Soil. *Phytopathology*, 73, 163-165.

Burr, T.J., Reid, C.L., Tagliati, E., Bazzi, C., Süle, S. (1997). Biological Control of Grape Crown Gall by

- Strain F2/5 is not Associated with Agrocine Production or Competition for Attachment Sites on Grape Cells. *Phytopathology*, 87, 706-711.
- Çelik, H., Ağaoğlu, Y.S., Fidan, Y., Maraşlı, B., Söylemezoğlu, G. (1998). *Genel bağcılık*. Sunfidan A.Ş., Mesleki Kitaplar Serisi 1, Ankara, 253 sy.
- De Boer, S.H., Ward, L.J. (1995). PCR Detection of *Erwinia carotovora* subsp. *atroceptica* Associated with Potato Tissue. *Phytopathology*, 85, 854-858.
- Demir, G., Altın, N., Üstün, N., Önceler, H., Akman, İ. (1998). Asma anaç ve standart üzüm çeşitlerinin farklı *Agrobacterium vitis* izolatlarına duyarlılık düzeyleri. 4. Bağcılık Sempozyumu, Yalova, Türkiye, 20-23 Ekim 1998.
- Durak, H., Belgüzar, S. Cangı, R., Yanar, Y. (2017). Asma Ur Hastalığı Etmeni *Rhizobium vitis*'in Tokat İli Bağlarında Bulunma Oranı ve Tanılanması. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6(3), 73-84.
- Eastwell, K.C., Willis, L.G., Cavileer, T.D. (1995). A Rapid and Sensitive Method to Detect *Agrobacterium vitis* in Grapevine Cuttings Using the Polymerase Chain Reaction. *Plant Disease*, 79, 822-827.
- Genov, N., Llop, P., Lopez, M.M., Bobev, S.G., Alvarez, B. (2015). Molecular and Phenotypic Characterization of *Agrobacterium* Species from Vineyards Allows Identification of Typical *Agrobacterium vitis* and Atypical Biovar 1 Strains. *Journal of Applied Microbiology*, 118 (6), 1465-1477.
- Kara, M., Soylu, S., Kurt, Ş., Soylu, E.M. and Uysal, A. (2020). Determination of antagonistic traits of bacterial isolates obtained from apricots against green fruit rot disease agent *Sclerotinia sclerotiorum*. *Acta Horticulturae*, 1290, 135-142.
- Küsek, M. (2007). *Asmada (Vitis vinifera L.) Ura Neden Olan Agrobacterium vitis'in Tanılanması ve Mücadele Olanaklarının Araştırılması (Tez no 199947)*. [Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Lamovsek, J., Zidaric, I., Plesko, I.M., Gregor, U.R.E.K., Trdan, S. (2014). Comparative Study of Diagnostic Methods Used for Monitoring of Common Grape Vine (*Vitis vinifera* L.) Crown Gall (*Agrobacterium vitis* Ophel & Kerr) in Slovenia. *Acta Agriculturae Slovenica*, 103(2), 313-321.
- Moore, L.W., Bouzar, H., Burr, T. (2001). *Agrobacterium*. In Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria (N.W. Schaad, J.B. Jones, W. Chun editor). (3rd ed.) (17-35). Minnesota: American Phytopathological Press.
- Ophel, K., Kerr, A. (1990). *Agrobacterium vitis* sp. nov. for Strains of *Agrobacterium* biovar 3 from Grapevines. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 40, 236-241.
- Orel, D.C. (2013). *Türkiye Bağ Alanlarında Rhizobium vitis'in Varlığı ve Bazı Genetik Özelliklerinin Belirlenmesi. (Tez no 338141)*. [Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Orel, D.C., Reid, C.L., Fuchs, M., Burr, T.J. (2017). Identifying Environmental Sources of *Agrobacterium vitis* in Vineyards and Wild Grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 68(2), 213-217.
- Öktem, Y.E. (1978). *Orta Anadolu Bağlarında Zarar Yapan Kök Uru Hastalığı (Agrobacterium tumefaciens (Smith and Townsend))'in Surveyi, Zarar Oranının Tespiti, Çesit Reaksiyonları ile Kimyasal ve Biyolojik Savaş Yöntemleri Üzerinde Araştırmalar*. [Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Pavlovic, M., Konrad, R., Iwobi, A.N., Sing, A., Busch, U., Huber, I. (2012). A Dual Approach Employing MALDI-TOF MS and Real-Time PCR for Fast Species Identification Within the *Enterobacter Cloacae* Complex. *FEMS Microbiology Letters*, 328, 46-53.
- Pulawska, J. & Sobiczewski, P. (2005). Development of a Semi-Nested PCR Based Method for Sensitive Detection of Tumorigenic *Agrobacterium* in Soil. *Journal of Applied Microbiology*, 98(3), 710-721.
- Rouhraz, K., Rahimian, H. (2012). Characterization of Iranian Grapevine Isolates of *Rhizobium (Agrobacterium)* spp. *Journal of Plant Pathology*, 94(3), 555-560.
- Sambrook, J., Fritsch, E.F., Maniatis, T. (1989). *Molecular cloning is a laboratory manual*. (2nd ed.) New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Sivri, N. (2020). *Trakya Bölgesi Bağ Alanlarında Asma Ur Hastalığı Etmenleri Rhizobium vitis ve Rhizobium radiobacter'in Yaygınlığı ve Bazı Asma Çeşitlerinin Etmenlere Karşı Duyarlılıklarının Belirlenmesi. (Tez no 69744)*. [Doktora Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Soylu, S., Kara, M., Uysal, A., Kurt, Ş., Soylu, E.M., (2021). Determination of antagonistic potential of endophytic bacteria isolated from lettuce against lettuce white mould disease caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. *Zemdirbyste-Agriculture*, 108, 303-312.
- Soylu, S., Kara, M., Uysal, A., Kurt, Ş., Soylu, E.M., Üremiş, İ., Sertkaya, E., Bozkurt, İ.A., Öztürk, M. (2022). Amik ovası havuç ekim alanlarında sorun olan fungal ve bakteriyel hastalık etmenlerin belirlenmesi. *KSU Tarım ve Doğa Dergisi*, 25, 1326-1340.
- Szegedi, E. & Bottka, S. (2002). Detection of *Agrobacterium vitis* by Polymerase Chain Reaction

- in Grapevine Bleeding Sap After İsolation on a Semiselective Medium. *Vitis*, 41(1).
- Tarfeen, N., Ul Nisa, K., Nisa, Q. (2022). MALDI-TOF MS: Application in diagnosis, dereplication, biomolecule profiling and microbial ecology. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 88, 277-291.
- Uysal A, Kurt Ş, Soylu S, Kara M, Soylu EM (2022). Hatay ilinde yer alan turunçgil paketleme tesislerinde meyve ve hava kökenli mikrobiyaya içerisindeki fungal ve bakteriyel türler ile yoğunluklarının belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2), 340-351.
- Uysal, A., Kurt, Ş., Soylu, S., Soylu, E.M., Kara, M., (2019). Yaprığı yenilen sebzelerdeki mikroorganizma türlerinin MALDI-TOF MS (Matris Destekli Lazer Desorpsiyon/İyonizasyon Uçuş Süresi Kütle Spektrometresi) tekniği kullanılarak tanımlanması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29, 595-603.
- Weis, C. V., Jutzeler, C. R., Borgwardt, K. (2020). Machine learning for microbial identification and antimicrobial susceptibility testing on MALDI-TOF mass spectra: A systematic review. *Clinical Microbiology and Infection*, 26, 1310-1317.
- Young, J.M., Kuykendall, L.D., Martinez-Romero, E., Kerr, A., Sawada, H. (2001). A revision of *Rhizobium* (Frank 1889), with an Emended Description of The Genus, and the Inclusion of All Species of *Agrobacterium* (Conn 1942) and *Allorhizobium undicola* (de Lajudie vd., 1998) as New Combinations: *Rhizobium radiobacter*, *R. rhizogenes*, *R. rubi*, *R. undicola*, and *R. vitis*. *International Journal of Systematic Evolution Microbiology*, 51(1), 89–103.



Detection of ‘*Candidatus Phytoplasma mali*’ and ‘*Candidatus Phytoplasma prunorum*’ in Apple Trees

Harun MERAL¹, Muhammet EKEMEN², Çiğdem ULUBAŞ-SERÇE³

¹Department of Plant Production and Technologies Agriculture and Science Faculty, Konya Food and Agriculture University, 42080 Meram / Konya, Türkiye, ^{2,3}Department of Plant Production and Technologies, Ayhan Şahenk Faculty of Agricultural Sciences and Technologies, Niğde Ömer Halisdemir University, 51240, Niğde, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-2621-6323>, ²<https://orcid.org/0000-0003-4011-7302>, ³<https://orcid.org/0000-0001-5337-5883>

✉: cigdemserce@ohu.edu.tr, culubas@gmail.com

ABSTRACT

The apple orchards in Niğde, Türkiye were surveyed for ‘*Candidatus Phytoplasma mali*’ associated with apple proliferation disease, and the suspicious samples were tested by PCR-RFLP methods. A comprehensive study was conducted which included sampling from a total of 19 orchards from four different districts. The samples were collected according to the major symptoms of phytoplasma disease which were foliar reddening, witches’ brooms, leaf rosettes, yellowing, longer peduncles and development of undersized fruits. It was determined that six out of 62 plant samples were infected with phytoplasma. Also, two out of six infected samples were determined as infected by ‘*Ca. P. mali*’ and unexpectedly four out of six infected samples were determined as infected by ‘*Ca. P. prunorum*’ is associated with European Stone Fruit Yellows disease. Even if the incidence of the disease (9.7%) was low, the characterized phytoplasmas were considered a significant potential threat for these locations.

Phytopathology

Research Article

Article History

Received : 20.02.2024
Accepted : 07.04.2024

Keywords

PCR-RFLP
Survey
Niğde
Apple proliferation disease
European stone fruit yellows disease

Elma ağaçlarında ‘*Candidatus Phytoplasma mali*’ ve ‘*Candidatus Phytoplasma prunorum*’ teşhisi

ÖZET

Niğde ilindeki eki elma bahçelerinde elma çoklu sürgün hastalığına neden olan ‘*Candidatus Phytoplasma mali*’ tespiti için survey yapılmıştır ve şüpheli örnekler PCR-RFLP yöntemiyle test edilmiştir. Dört farklı ilçedeki toplam 19 meyve bahçesinden örneklemeler yapılmıştır. Örnekler, fitoplazma hastalığının başlıca belirtileri olan yaprak kızarması, cadı süpürgesi, yaprak rozetleri, sararma, sapların uzaması ve meyvelerin cılız gelişmesi gibi belirtilere göre toplanmıştır. Toplam 62 bitki örneğinden altısının fitoplazma ile enfekte olduğu belirlendi. Ayrıca, enfekte olmuş altı örnekten ikisinin ‘*Ca. P. mali*’ ile enfekte olduğu ve beklenmedik bir şekilde enfekte olmuş altı örnekten dördünün Avrupa Sert Meyve Sarıları hastalığı ile ilişkili ‘*Ca P prunorum*’ tarafından enfekte olduğu belirlenmiştir. Hastalığın görülme sıklığı (%9,7) düşük olsa bile, karakterize edilen fitoplazmaların bu lokasyonlar için önemli bir potansiyel tehdit olduğu değerlendirilmiştir.

Fitopatoloji

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 20.02.2024
Kabul Tarihi : 07.04.2024

Anahtar Kelimeler

PCR-RFLP
Survey
Niğde
Elma çoklu sürgün hastalığı
Avrupa sert çekirdekli meyve sarılığı hastalığı

Atıf İçin : Meral, H., Ekemen, M. & Ulubaş-Serçe, Ç., (2024). Elma ağaçlarında ‘*Candidatus Phytoplasma mali*’ ve ‘*Candidatus Phytoplasma prunorum*’ teşhisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (5), 1080-1086. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1440286.

To Cite: Meral, H., Ekemen, M. & Ulubaş-Serçe, Ç., (2024). Detection of ‘*Candidatus Phytoplasma mali*’ and ‘*Candidatus Phytoplasma prunorum*’ in apple trees. *KSU J. Agric Nat* 27 (5), 1080-1086. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1440286.

INTRODUCTION

Apple (*Malus communis* L.) is a member of the genus *Malus* of the *Pomoideae* subfamily of the *Rosaceae* family in the *Rosales* order. Apple plays a significant part in the fruit production and economy of Niğde in Türkiye. The apple production in Niğde has significantly supplied the needs of domestic and

foreign trade (Oğuz & Karaçayır, 2009). Although research on virus diseases in apples is quite common (Öztekin & Buzkan, 2012; Morca et al., 2021) there are limited studies on apple phytoplasma diseases in our country.

Phytoplasmas are phloem-inhabiting and cell wall-less bacterial plant pathogens. They are commonly

transmitted from infected plants to healthy ones by insect vectors. They interact with host plants and insect vectors, causing biological, morphological and physiological changes in them to survive in nature. As a result of these interactions, they cause significant economic losses in cultivated plants (Seemüller & Schneider, 2004). Phytoplasmas cause destructive damage in more than 700 plant species worldwide (Maejima et al., 2014). Infected plants by phytoplasmas exhibit several disease symptoms, and these symptoms include a purple or yellow discolouration of shoots and leaves, virescence (greening of petals), phyllody (transformation of floral organs into leaf-like formations), proliferation of shoots, witches' broom, stunting, general decline, and plant death (Bertaccini & Duduk, 2009).

Phytoplasmas are classified in terms of the sequence analysis of the 16S rRNA gene that has been widely used in classification because it is considerably conserved (Marcone et al. 1996). Classification of phytoplasmas is generally based on the amplification of the 16S ribosomal RNA gene by Polymerase Chain Reaction (PCR) and Restriction Endonuclease Enzyme Analysis (RFLP) of these PCR products. (Duduk & Bertaccini, 2011).

In fruit orchards, apple proliferation (AP), pear decline (PD) and European stone fruit yellows (ESFY) are economically important plant diseases associated with phytoplasmas (Seemüller & Schneider, 2004). AP's disease-related agent is 'Candidatus Phytoplasma mali', which is associated with the reduction in fruit sizes and the decrease of the market values of fruits by infecting the apple trees in almost all European countries. It has been reported transmitting with *Cacopsylla melanoneura* (Jarausch et al. 2019). Pear decline disease associated with phytoplasma is 'Ca. P. pyri' was first discovered in North America as recently as 1945, but today, it is a primary biotic factor that has limited pear production in Europe, and transmitting psyllid vector *C. pyri* (Jarausch et al. 2019). ESFY disease-associated 'Ca. P. prunorum' is infecting several stone fruits including apricots, peaches, almond and other stone fruit orchards, and *C. pruni* is the primary vector (Jarausch et al. 2019). All these phytoplasmas fall within the same 16SrX group.

'Ca. P. mali' is the associated agent of a severe proliferation disease affecting apple trees (Seemüller & Schneider 2004). The agent is closely related to 'Ca. P. pyri' and 'Ca. P. prunorum' in terms of phylogeny. Additionally, 'Ca. P. mali' have infrequently been identified in stone fruits (Navratil et al., 2001; Mehle et al., 2007; Cieslinska & Morgas, 2011). 'Ca. P. mali' has been observed in numerous European countries with ongoing apple production. In recent years, the presence of this disease has been confirmed in Türkiye (Canik & Ertunç, 2007; Sertkaya et al., 2008). This pathogen predominantly colonizes sieve tubes,

typically near sections of plant sieve plates. Colonized sieve tubes may undergo necrosis during the summer. The modified phloem tissue then forms small, irregular sieve tubes that are subsequently invaded. While this pathogen is primarily found in functional sieve tubes, its dispersion can vary significantly in the stems and shoots of infected apple trees throughout the year (Seemüller et al., 1984). Late summer and autumn are active periods for the phytoplasma in stems and shoots. In winter, the phytoplasma transforms into stringlike structures after sieve tube degeneration, disappearing from the aerial parts of trees and passing into the roots, where numerous functional sieve tubes are present throughout the year. Recolonization of the phytoplasma in the stems and branches continues with the formation of new aerial sieve elements in April or May (Schaper & Seemüller, 1984).

Phytoplasma presence in fruit trees of Türkiye has been reported by visual observation of symptoms as well as by PCR-based analyses since 1999. The presence of the apple proliferation group phytoplasma (16SrX) agents has been reported in Türkiye (Çağlayan, 2023). This study aims to investigate apple orchards in Niğde province for AP disease using PCR-RFLP methods, to confirm the presence of AP disease in these locations, to contribute to Turkey's phytoplasma disease maps and to make recommendations for future studies on the subject.

MATERIAL and METHODS

Surveys and Plant Materials

The samples were randomly collected from apple trees exhibiting symptoms of AP and those without AP symptoms in selected apple orchards of Niğde (Figure 1), representing local orchards and cultivation regions, during October and November 2017 (Table 1). At the time of sample collection, both general and specific symptoms of AP were considered through the observation of the development of apple trees and fruits, assessing physiological conditions of shoots and leaves, and evaluating general physiological parameters in apple trees. The samples were collected by cutting 20 - 25 cm long shoots from symptomatic branches or various directions on randomly chosen apple trees from asymptomatic plants. The samples were placed in labelled plastic bags and stored at +4 °C for subsequent analysis procedures.

DNA Isolation from Plant Materials

DNA isolation of plant materials was performed by using 100 mg of leaf midribs crushing in mortars with liquid nitrogen, followed by the addition of 1 ml of a 2% CTAB (2% CTAB, 1.4 M NaCl, 20 mM EDTA and 500 mM Tris, 2% 2-mercaptoethanol) (Doyle & Doyle 1990) solution. The resulting homogenate was incubated at 60 °C for 30 min, followed by centrifugation at 15000

rpm for 10 min at 25 °C. The supernatant was washed once by phenol-chloroform-isoamyl alcohol (25:24:1) and once chloroform-isoamyl alcohol (24:1). After precipitation with cold isopropanol and washed with cold ethanol (70%), the pellet was suspended in 80-100 µl TE (10 mM Tris and 1 mM EDTA) solution.

PCR Analysis

DNA materials were analyzed by direct and nested PCR using primer pairs P1/P7 and R16F2n/R16R2, which amplify approximately 1800 bp and 1240 bp fragments, respectively, from the 16S rRNA gene sequence of phytoplasmas. (Deng & Hiruki, 1991; Lee et al., 1992, 1995). The PCR mixture included 1 µl of

20 ng/µl DNA, 5 µL 10×PCR buffer (100 mM Tris-HCl pH 8.3, 500 mM KCl, 0.01% gelatin) (Thermo Scientific) 1.5 mM MgCl₂, 0.25 µM each dNTPs, 0.4 µM each primer, 2 U Taq DNA polymerase (Thermo Scientific) in a total of 50 µl volume. The following amplification conditions were applied: pre-denaturation for 3 min at 94°C; amplification for 35 cycles of 94°C for 1 min denaturation, 57°C for 2 min (60°C for 1 min for nested PCR) annealing, 72°C for 3 min (1 min for nested PCR) extension, and a final cycle 72°C for 10 min. The amplified products were visualized under UV after electrophoresis of 1% agarose gel and staining with ethidium bromide.



Figure 1. The survey area of apple trees for phytoplasma diseases in Niğde province of Türkiye.

Şekil 1. Türkiye Niğde ili elma ağaçlarında fitoplazma hastalıkları yönünden araştırma alanı.

RFLP Analysis

The restriction endonucleases of *Tru*II, *Rsa*I and *Ssp*I (Thermo Scientific) were used for RFLP analysis of the nested PCR products. The digestions were performed separately for each endonuclease overnight at 37°C for *Rsa*I and *Ssp*I, and 65°C for *Tru*II. Phytoplasma-infected positive control plant materials [*Ca. P. prunorum* (ESFY), *Ca. P. mali* (AP) and *Ca. P. pyri* (PD) isolates] were kindly provided by Dr B. Schneider (Germany). The digested products were analyzed by electrophoresis using 2% agarose gels as described above.

RESULTS AND DISCUSSION

The main observed symptoms similar to the symptoms of AP disease in these survey studies were foliar reddening, leaf rosettes, yellowing, longer peduncles and development of undersized fruits (Figure 2). A total of 62 plant samples were collected from 19 orchards (Table 1). The amplicons of nested-PCR products showed as a result of electrophoresis that six

samples formed the same size amplification profiles with the positive controls of ESFY, AP and PD around 1240 bp. The incidence of the disease was low 9.7%. Three samples (1, 7, and 13) were from Ulukışla location and the other three (27, 29, and 56) from the Central Districts of Niğde province.

RFLP analyses of samples 1, 7, 13, 27, 29 and 56 exhibited the expected digestion for 16SrX group phytoplasmas (Figure 3). The RFLP patterns revealed that the band profiles of these phytoplasma-infected samples matched those of positive controls for both *Ca. P. mali* and *Ca. P. prunorum* (Lee et al., 1995). The *Rsa*I RFLP pattern of samples 1 and 7 was the same with the positive control of *Ca. P. mali*, and the samples 13, 27, 29 and 56 were the same with the positive control of *Ca. P. prunorum*. The *Ssp*I RFLP pattern also exhibited identical results. Samples 1 and 7 resulted in the restriction profiles of *Ca. P. mali*, and the samples 13, 27, 29 and 56 resulted in the restriction profiles of *Ca. P. prunorum*. According to the RFLP analysis, none of the phytoplasma isolates was *Ca. P. pyri*.

The detection of ESYF in apple trees is attributed to vector transport and vegetative propagation as the main contributing factors. Specifically, '*Ca. P. mali*' is associated with inducing apple proliferation disease,

predominantly affecting both cultivated and wild apple tree varieties. Nevertheless, there has been a report on different hosts, such as cherry (*Prunus avium*), apricot

Table 1. The apple samples were collected according to locations in Niğde province

Çizelge 1. Niğde ili lokasyonlarına göre toplanan elma örnekleri

District (İlçe)	Location (Lokasyon)	Number of orchards (Bahçe sayısı)	Number of apple trees* (Elma ağacı sayısı)
Ulukışla	Zıyıcak	2	2/9
	Kardeş Gediği	1	0/1
	Tatboğazı	1	0/1
	Tepeköy	1	0/1
	Acıpınar	1	1/2
	Alpağut	2	0/2
	Hüsniye	1	0/1
Bor	Kaynarca	1	0/6
Çamardı	Değirmenli	2	0/4
	İçmeli	1	0/6
	Bademdere	1	0/4
	Center	2	0/4
Centre	Sazlıca	2	1/12
	Central	1	2/9
Total (Toplam)		19	6/62

*infected/total sample.



Figure 2. Asymptomatic (no 1, 13, 27) and symptomatic (leaf rolling and reddening) (7, 29, 56) appearances of phytoplasma infected apples

Şekil 2. Fitoplazma ile enfekte elmalarda asimptomatik (no 1, 13, 27) ve simptomatik (yaprak kıvrılması ve kızarması) (7, 29, 56) görünümüler

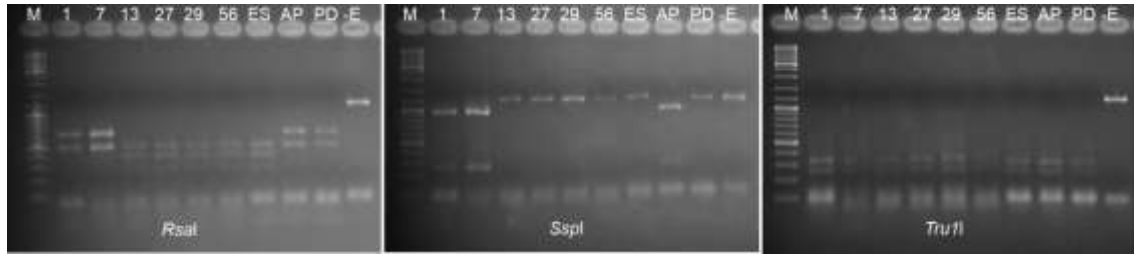


Figure 3. Restriction profiles of nested-PCR products amplified by using R16F2n and R16R2 primer pair formed after the digestion with *RsaI*, *SspI* and *TruII* restriction enzymes. M: 100 bp DNA ladder mix (Thermo Scientific), phytoplasma positive controls ES: European stone fruit yellows, AP: Apple proliferation and PD: Pear decline, -E: Undigested amplicon

Şekil 3. *RsaI*, *SspI* ve *TruII* restriksiyon enzimleri ile kesim sonrasında oluşturulan R16F2n-R16R2 primer çifti kullanılarak çoğaltılan nested PCR ürünlerinin fragment profilleri. M: 100 bp DNA ladder karışımı (Thermo Scientific), fitoplazma pozitif kontroller ES: Avrupa sert çekirdekli meyve sarılığı, AP: Elma çoğlu sürgün ve PD: Armut yıkım, -E: Enzim eklenmeyen amplicon.

(*P. armeniaca*) and plum (*P. domestica*) (Mehle et al., 2007). Additionally, the agent has been detected in hazelnut (*Corylus* spp.) (Marcone et al., 1996), pear (*Pyrus communis*), and Japanese plum (*Prunus salicina*) (Mehle et al., 2007). Cieślinska & Morgaś (2011) stated that '*Ca. P. mali*' and '*Ca. P. pyri*' were found to infect not only pome fruits but also stone fruits such as nectarines and cherries. While '*Ca. P. mali*' was identified in the nectarine cultivar (Super Queen), '*Ca. P. pyri*' was observed in the cherry cultivar (Kordia). Canik-Orel et al. (2019) reported that pear samples infected with 16SrX-A ('*Ca. P. mali*') and 16SrX-C ('*Ca. P. pyri*') subgroup phytoplasmas in mixed infections, while apricot samples showed the presence of 16SrX-B ('*Ca. P. pronotum*'). They also identified the occurrence of phytoplasma, along with mixed infections involving 16SrX-C ('*Ca. P. pyri*') and 16SrX-A/16SrX-C, as well as 16SrX-C/16SrI (aster yellows). Although the possibilities of transmission of identified '*Ca. P. mali*' and '*Ca. P. pronotum*' phytoplasmas in these locations with infected saplings and grafting or budding materials were considered most likely (Canik & Ertunç, 2007; Sertkaya et al., 2008), their potential vectors and alternative hosts should be investigated.

Kaya et al. (2016) stated that *Cacopsylla picta*, *C. melanoneura*-*C. affinis* complex and *C. pyri* individuals carry '*Ca. P. mali*' as well as '*Ca. P. pyri*'. Furthermore, the presence of *C. pruni* has been identified in Niğde in previous research and it has been confirmed in neighbouring provinces such as Adana and Mersin (Ulubaş Serçe, 2011, unpublished). Additionally, *C. pruni* has also been reported in Bursa province (Ulubaş Serçe et al., 2012).

The phytoplasma disease incidence in apple was determined as 9.68% in this study. Sertkaya et al., (2008) stated that they examined a total of 31 samples (28 symptomatic, 3 symptomless) from Adana, Niğde, and Mersin provinces in Türkiye, to investigate the presence of phytoplasma. The results of this research

showed that six out of 31 tree samples consisting of two samples from Niğde and four samples from Adana were infected by '*Ca. P. mali*'. Based on the findings, the calculated disease incidence was 19.35%. Canik & Ertunç (2007) conducted a study in Isparta, Yalova and Ankara provinces of Türkiye to assess the presence and spread of '*Ca. P. mali*'. The researchers collected 201 samples from randomly selected apple orchards, encompassing both symptomatic and asymptomatic cases. The findings indicated that 8 out of the 201 samples were infected by '*Ca. P. mali*'. Consequently, the disease incidence was calculated as 3.9%. Even if this incidence of the disease is low, the fact that these pathogens were identified in these locations and able to be transmitted by psyllid vectors, should be considered as a significant potential threat for fruit tree production. Although the main pest of apple trees in Gülnar (Mersin) district of Turkey has been determined as *Cydia pomonella* (Sarı and Yıldırım, 2021), the prevalence of psyllid vectors in apple orchards needs to be investigated.

CONCLUSION

In this research, the presence of '*Ca. P. mali*' associated AP disease was surveyed within the Niğde region. This study provides further evidence for the presence of '*Ca. P. mali*' in Türkiye and also provides updates about phytoplasma occurrence in Niğde province in apple orchards. Because of the categorization of these pathogens as an A2 pest by EPPO and the Plant Quarantine Regulation of Türkiye, apple growers have to be provided with phytoplasma-free saplings. Also, only this measure is not sufficient for the control of the disease because of the transmission of the disease by insect vectors. Although the detected phytoplasmas will likely be transmitted by infected seedlings, grafts or bud material in these locations, precautions should be taken by investigating their potential vectors and alternative hosts.

Author's Contribution

Ç. Ulubaş-Serçe³ involved in the conception and design of the study. H. Meral¹ and M. Ekemen² surveyed and collected the samples. H. Meral conducted the molecular experiments, analysis and interpretation of the data. M. Ekemen drafted the article and Ç. Ulubaş-Serçe revised it critically for intellectual content. All authors have read and approved the final manuscript.

Conflict of interests/Competing interests

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics approval

The authors declare that there is no ethical issue.

REFERENCES

- Bertaccini, A. & Duduk, B. (2009). Phytoplasma and phytoplasma diseases: a review of recent research. *Phytopathologia Mediterranea*, 48, 355-378. <https://www.jstor.org/stable/26463360>
- Çağlayan, K. (2023). *Diversity, distribution, and status of phytoplasmas diseases in Türkiye*. In: A.K. Tiwari, K. Çağlayan, A.M. Al-Sadi, M. Azadvar, S. Abeysinghe (Eds) *Phytoplasma Diseases in Asian Countries: Diversity, distribution, and current status* pp. 249-267. Academic Press.
- Canik, D. & Ertunç, F. (2007). Distribution and molecular characterization of apple proliferation phytoplasma in Türkiye. *Bulletin of Insectology*, 60, 335.
- Canik-Orel, D., Paltrinieri, S., Ertunç, F. & Bertaccini, A. (2019). Molecular diversity of 'Candidatus Phytoplasma' species in pome and stone fruits in Türkiye. *Plant Protection Bulletin*, 59, 7-14. <https://doi.org/10.16955/bitkorb.508890>
- Cieślínska, M. & Morgaś, H. (2011). Detection and identification of 'Candidatus Phytoplasma prunotum', 'Candidatus Phytoplasma mali' and 'Candidatus Phytoplasma pyri' in stone fruit trees in Poland. *Journal of Phytopathology*, 159, 217-222. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2010.01752.x>
- Deng, S. & Hiruki, C. (1991). Amplification of 16S rRNA genes from culturable and nonculturable mollicutes. *Journal of Microbiological Methods*, 14, 53-61. [https://doi.org/10.1016/0167-7012\(91\)90007-D](https://doi.org/10.1016/0167-7012(91)90007-D)
- Doyle, J. & Doyle, J. (1990). Isolation of Plant DNA from fresh tissue. *Focus*, 12, 13-15.
- Duduk, B. & Bertaccini, A. (2011). Phytoplasma classification: Taxonomy based on 16S ribosomal gene, is it enough? *Phytopathogenic Mollicutes*, 1, 3-13. <https://doi.org/10.5958/j.2249-4669.1.1.001>
- Jarausch, B., Tedeschi, R., Sauvion, N., Gross, J. & Jarausch, W. (2019). *Psyllid vectors*. In: A. Bertaccini, P. G. Weintraub, G.P. Rao, & N. Mori (Eds) *Phytoplasmas: plant pathogenic bacteria—II. Transmission and management of phytoplasma—associated diseases*. Springer, Singapore, pp 53–78.
- Kaya, K., Ulubaş-Serçe, Ç., Gazel, M., Çağlayan, K. & Sauvion, N. (2016). Potential psyllid vectors of 'Candidatus Phytoplasma mali' and 'Candidatus Phytoplasma pyri' in Türkiye. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 53, 383-392. <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/16.3804>
- Lee, I.M., Bertaccini, A., Vibio, M. & Gunderson, D.E. (1995). Detection of multiple phytoplasmas in perennial fruit trees with decline symptoms in Italy. *Phytopathology*, 85, 728-735.
- Lee, I.M., Davis, R.E., Chen, T.A., Chiykowski, L.N., Fletcher, J., Hiruki, C. & Schaff, D.A. (1992). A genotype-based system for identification and classification of mycoplasma-like organisms (MLOs) in the aster yellow MLO strain cluster. *Phytopathology*, 82, 977-986.
- Maejima, K., Oshima, K. & Namba, S. 2014. Exploring the phytoplasmas, plant pathogenic bacteria. *Journal of General Plant Pathology*, 80, 210-221. <https://doi.org/10.1007/s10327-014-0512-8>
- Marccone, C., Ragozzino, A. & Seemüller, E.S. (1996). Association of phytoplasmas with the decline of European hazel in southern Italy. *Plant Pathology*, 45(5), 857-863. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1996.tb02896.x>
- Mehle, N., Brzin, J., Boben, J., Hren, M., Frank, J., Petrovic, N. & Ravnika, M. (2007). First report of 'Candidatus Phytoplasma mali' in *Prunus avium*, *P. armeniaca*, and *P. domestica*. *New Disease Reports*, 14, 42. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01597.x>
- Morca, A. F., Coşkan, S., & Çelik, A. (2021). Burdur ilinde plum pox virus' un tespiti ve kısmi kılıf protein geninin moleküler karakterizasyonu. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(4), 805-814.
- Navratil, M., Valova, P., Fialova, R., Petrova, K., Franova, J., Nebesarova, J. & Karesova, R. (2001). Survey for stone fruit phytoplasmas in the Czech Republic. *Acta Horticulturae*, 550, 377-382.
- Oğuz, C. & Karaçayır, H.F. (2009). Türkiye'de Elma Üretimi, Tüketimi, Pazar Yapısı ve Dış Ticareti. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2, 41-49.
- Öztekin, V., & Buzkan, N. (2012). Prevalance of stone fruit viruses in almond orchard of Kahramanmaraş Sütçü İmam University. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 15(1), 30-33.
- Sarı, E. D., & Yıldırım, E. (2021). Gülnar (Mersin) İlçesi elma ağaçlarındaki zararlı ve yararlı Arthropoda türlerinin tespiti ve bazı biyoeolojik gözlemler. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(6), 1247-1262.
- Schaper, U. & Seemüller, E. (1984). Recolonization of the stem of apple proliferation and pear decline-diseased trees by the causal organism in spring.

- Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 91, 608-613.
- Seemüller, E. & Schneider, B. (2004). ‘*Candidatus* Phytoplasma mali’, ‘*Candidatus* Phytoplasma pyri’ and ‘*Candidatus* Phytoplasma prunorum’, the causal agents of apple proliferation, pear decline and European stone fruit yellows, respectively. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 54, 1217-1226. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.02823-0>
- Seemüller, E., Kunze, L. & Schaper, U. (1984). Colonization behavior of MLO, and symptom expression of proliferation-diseased apple trees and decline-diseased pear trees over a period of several years. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 91, 525-532.
- Sertkaya, G., Martini, M. & Osler, R. (2008). First report of ‘*Candidatus* Phytoplasma mali’ in Türkiye. *Journal of Plant Pathology*. 90, 143.
- Ulubaş-Serçe, Ç., Çağlayan, K., Gazel, M., Kaya, K. (2012). Meyve ağaçlarında fitoplazmaların neden olduğu hastalıkların yayılmasında psillidlerin rolü. Tübitak-TOVAG 109O448 Sonuç Raporu. 122 sayfa.

Determination of The Potential of Some Weeds to be Used as An Indicator Plant in Studies On Plum pox virus-T

Cemile TEMUR ÇINAR^{1,2,3,4}, Elif DERTLİ², Yasin KAYA³, Doğan IŞIK⁴

^{1,2,3,4}Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Erciyes University, 38030, Kayseri, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-0248-1835>, ²<https://orcid.org/0000-0001-6612-3546>, ³<https://orcid.org/0009-0001-3025-8120>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-0554-2912>

✉: cemilecinar27@gmail.com

ABSTRACT

Sharka is the most destructive viral disease of *Prunus* species caused by the plum pox virus (PPV). A unique strain of PPV has been identified from Turkey and named as PPV-Turkey (PPV-T). Being obligate parasitic organisms, viruses cannot be cultured in artificial nutrient media. Weeds play a significant role in virus ecology and epidemiology as they serve as alternative hosts for plant viruses and food for virus vectors. This study investigated the indicator potential of some weeds (such as *Chenopodium album* and *Amaranthus retroflexus*) for PPV-T. *C. album* and *A. retroflexus* plants were inoculated by dusting three leaves on each 3-week-old plant. A homogeneous group of 10 plants grown singly in pots was inoculated with PPV-T. Mock- and non-inoculated plants were used as negative controls. Inoculated plants were monitored daily for symptom development. The PPV-T inoculated leaves were tested by reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR) following the appearance of symptoms. The results of the indicator test revealed that *C. album* (6 out of 10 plants) and *A. retroflexus* (10 plants) reacted with the infection. Initially, this indicator reacted with local symptoms, and later symptoms of systemic infection occurred.

Plant Protection

Research Article

Article History

Received : 14.09.2023

Accepted : 14.02.2024

Keywords

Plum pox virus,
PPV-Turkey,
Herbaceous hosts,
Indicator plant

Bazı Yabancı Otların Plum Pox Virüs T ile İlgili Çalışmalarda İndikatör Bitki Olarak Kullanım Potansiyelinin Belirlenmesi

ÖZET

Plum pox virus (PPV)'ün neden olduğu şarka hastalığı, sert çekirdekli meyvelerin en önemli ve en yıkıcı viral hastalığıdır. PPV, Türkiye'de sert çekirdekli meyve yetiştiriciliği yapılan bazı bölgelerdeki bahçelerde oldukça yaygındır ve ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Ülkemize özgü bir ırk olan PPV-T (Turkey) ilk olarak kayısı, şeftali ve erikte ağaçlarında tespit edilmiştir. Virüsler obligat parazit organizmalar oldukları için yapay besin ortamlarda kültüre alınamazlar. Bu nedenle deneysel ortamda çalışma yapabilmek için canlı bir konukçuya ihtiyaç vardır. Yabancı otlar bitki virüs hastalıkları açısından değerlendirildiğinde virüslerin ve vektörlerinin doğal yada alternatif konukçusu olabilir ki buda yabancı otların virüs epidemiyolojisinin doğal bir unsuru olduğunu göstermektedir. Bu projede Türkiye'nin yerli ırkı kabul edilen PPV-T ile ilgili araştırmalarda kullanılabilecek en uygun indikatör yabancı ot konukçunun belirlenmesi amaçlanmıştır. İndikatör bitki olarak kullanılacak *Chenopodium album* ve *Amaranthus retroflexus* yabancı otlarının üç yaprağına PPV-T mekanik inokülasyonla uygulanmıştır. Her bir uygulama için 10 bitki kullanılmıştır. PPV-T inokülasyonu yapılmamış bitkiler kontrol bitkisi olarak kullanılmıştır. Simtom gelişimini takiben inokülasyon yapılmış ve kontrol bitkileri RT-PCR testi ile analiz yapılmıştır. Kullanılan üç bitkinin ikisinde simptomolojik gözlemler ve RT-PCR sonucunda PPV-T inokülasyonunun başarılı olduğu belirlenmiştir (*C. album* (10 bitkiden 6'sı) ve *A. retroflexus* (10 bitkinin tamamı)).

Bitki Koruma

Araştırma Makalesi

Article History

Received : 14.09.2023

Accepted : 14.02.2024

Keywords

Plum pox virus
PPV-Turkey
Yabancı ot konukçular
İndikatör bitki

- Atıf İçin :** Temur Çınar, C., Dertli, E., Kaya, Y., Işık, D. (2024). Bazı yabancı otların Plum pox virüs T ile ilgili çalışmalarda indikatör bitki olarak kullanım potansiyelinin belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi 27 (5), 1087-1094. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1360250>
- To Cite:** Temur Çınar, C., Dertli, E., Kaya, Y., Işık, D. (2024). Determination of the potential of some weeds to be used as an indicator plant in studies on Plum pox virus-T. *KSU J. Agric Nat* 27 (5), 1087-1094. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1360250>.

INTRODUCTION

Plum pox virus (PPV) is the etiological agent of sharka disease and causes the most destructive viral disease in stone fruit trees. The PPV is a member of the genus *Potyvirus* in the family *Potyviridae*. As a significantly regulated pathogen, the detection of PPV is thus of crucial significance to quarantine and elimination of the spreading disease (García et al., 2014; Sheveleva et al., 2021).

The PPV was first reported from Bulgaria in 1917–18 and recognized as a virus infection by Atanasoff (1932). It spread relentlessly across Europe and the Mediterranean basin during the 20th century before appearing in other parts of the world in the last two decades. The PPV isolates are grouped into different strains based on their traits (Kerlan & Dunez, 1979; Candresse et al., 1998). Initially, two main PPV serotypes, serotype D (Dideron) and serotype M (Marcus) were established using polyclonal antisera (Kerlan and Dunez, 1979; Candresse et al., 1998). Strains differ in antigenic and epidemiological properties, host preference, and pathogenicity for different species and cultivars of stone fruit crops (Sheveleva et al., 2021). Currently, 10 strains (D, M, Rec, T, An, EA, W, C, CR, and CV) have been identified based on variances in the full genomic sequences (García et al., 2014; Chirkov et al., 2018). Three PPV strains (PPV-M, PPV-Rec, and PPV-T) have been reported from Turkey each with a distinct distribution (Çağlayan et al., 2012; Morca et al., 2021; Morca et al., 2022).

The PPV was discovered for the first time in Türkiye in 1968 (Sahtiyancı, 1969). Although PPV-D, PPV-M, and Rec strains of PPV were previously reported from Turkey, Ulubas Serce et al. (2009) reported a novel strain of PPV named as PPV-Turkey (PPV-T) and described as the most common strain in the country (Gürçan & Ceylan, 2016; Teber et al., 2019; Temur Cinar et al., 2022).

Although many plant viruses have restricted host ranges, others can infect a large number of plant species. The PPV can infect both woody and herbaceous hosts (van Oosten 1970, 1975). While PPV is mostly found in *Prunus* trees and causes the devastating viral disease known as sharka in stone fruit trees, it has the potential to infect a wide range of experimental herbaceous hosts, such as *Nicotiana* spp. (Hervás, 2020). European and Mediterranean Plant Protection Organization (OEPP/EPPPO, 1974) has referred 78 species from 9 families as hosts of

PPV. Of these 78 species, 46 were *Solanaceae* (30 *Nicotiana* spp.) and 16 were *Papilionaceae* (Llácer, 2006). Weeds are widely distributed throughout the world and have high environmental adaptability (Prajapati et al., 2014). Weeds may act as an alternative host of phytopathogens, serving as sources of inoculum and playing a significant role in disease epidemiology.

Weeds have an important place in the ecology of cultivated plants and adversely affect their yield and quality. Weeds often become the main hosts for plant viruses and serve as insect vectors at crop harvests (Chen et al., 2013). Viruses rely on other hosts to sustain their survival as they are obligate intracellular parasites (Duffus et al., 1971). Weeds can affect the spread of viruses by serving as breeding substrates for aphids and enabling the vector to pick up the virus from infected plants (Sedhain et al., 2021). The prevalence of weed species in the fields during crop-free times or cultivation seasons makes managing virus diseases even more difficult (Aguir et al., 2018).

Weeds are also used for inducing plants' resistance to viruses. Many efforts have been made worldwide to obtain stone fruit trees resistant to PPV. Transgenic technology is effective in producing stone fruit plants resistant to PPV. Most research to produce PPV-resistant transgenic plants used herbaceous hosts first. Compared to herbaceous hosts, the cultivation and inoculation of woody hosts is a laborious process. Therefore, in studies related to resistance to PPV, herbaceous model plants are frequently used. (Ilardi, 2011). Therefore, studies related to PPV resistance are commonly conducted using *Nicotiana* spp. (Ilardi, 2011).

Even though plant virologists often concentrate their research on commercially significant crops, there are several instances where non-crop plants are studied. Such plants (mostly weeds) are important for viral reservoirs that cause economic losses in crop plants, and experimental hosts for such discovery, characterization, upkeep, or simpler manipulation of viruses (Adkins et al., 2002). Additionally, it has been determined that fresh leaf tissue is a better source of viral RNA and viral protein compared to frozen leaf tissue. A perennial plant species that is easily manipulated under experimental conditions and susceptible to widely studied plant viruses could find applications in virus culture collections and be used in research involving viruses that lose infectivity during storage (Adkins et al., 2002).

In a study conducted by Saenz et al. (2000), the impact of the differences in the genomic structures of the PPV-M and PPV-D strains on symptom development in experimental herbaceous hosts was investigated. It was found that PPV-D caused local necrotic lesions and systemic chlorotic ring spots in *Pisum sativum*, whereas PPV-M only resulted in systemic chlorotic ring spots. In contrast to the symptoms observed in *P. sativum*, both the PPV-D and PPV-M strains have been found to cause systemic chlorotic ring spots in *Nicotiana clevelandii*. In a study where *C. foetidum* was used as an indicator plant, it was reported that the PPV-D strain caused chlorotic or necrotic lesions (Martínez-Turiño et al., 2021). In studies related to PPV, herbaceous hosts such as *C. foetidum*, *N. clevelandii*, and *P. sativum* are commonly used as experimental hosts. It has been reported that different strains of PPV cause chlorotic or necrotic lesions in these plants. The research focused on determining the natural hosts of PPV, although *C. album* and *A. retroflexus* were obtained as suspected samples, and weren't determined to be PPV infections (Viröçek Marn et al., 2004; Stobbs et al., 2005).

Chenopodium album and *Amaranthus retroflexus* are the most common weeds in orchards (Eşitmez & Işık 2016). *Chenopodium* genus comprises about 250 herbaceous, suffrutescent, and arborescent perennial species (Giusti, 1970) and belongs to the family *Chenopodiaceae* (APG III, 2009). The most prevalent weed species are *C. album*. *C. album*, which possess unique biological features that help them to tolerate sub-optimal and/or harsh environmental conditions. High seed production, rapid and vigorous development, taller height, short life cycle, and the capacity to germinate under various environmental conditions are some of these characteristics. Numerous plant viruses also use *C. album* as a host plant (Bajwa et al., 2019).

A. retroflexus grows in a wide range of soil types and textures. It thrives in fertile soils and has a high N demand. It tolerates soil pH from 4.2 to 9.1 (Feltner, 1970). It is an aggressive and competitive weed in a variety of row crops. It is an alternative host for several crop pests and diseases (Weaver & MacWilliams, 1980).

The major aim of this study was to discover new weed-virus interactions. Although some information is available about the determinants of pathogenicity and host range of PPV in herbaceous plants such as *C. album* and *A. retroflexus*, there is no information about the experimental and natural weed hosts of the PPV-T strain. In this study, it was evaluated whether *C. album* and *A. retroflexus* are indicators of PPV-T.

MATERIALS and METHODS

Plant Material

The seeds of *Chenopodium album* and *Amaranthus retroflexus* were collected from the experimental fields of Erciyes University Kayseri, Turkey in September 2019. Seeds from different plants were pooled and stored at 5°C. The PPV-T isolates used in this study were initially recovered from an infected apricot tree in Kayseri, Turkey (GenBank accession number: MW413816.1) (Temur Çınar et al., 2022).

Planting and Management

All experiments were performed in the greenhouse of the Department of Plant Pathology at the Faculty of Agriculture at Erciyes University, Kayseri, Turkey. Greenhouse temperatures ranged from 23 to 43 °C (day) and from 12 to 24 °C (night). Weed seeds were directly sown in plastic pots (100X100 mm size, 600-mL volume) filled with a soilless mix (Potgrond H, perlite). Ten weed seeds were planted per pot and thinned to one to ensure a uniform experiment. For each experiment, a homogeneous group of 10 plants grown singly in pots was inoculated with PPV-T. Mock- and non-inoculated plants were used as negative controls.

Mechanical Inoculation

For this study, *Chenopodium album* and *Amaranthus retroflexus* was used for mechanical transmissions. *C. album*, *A. retroflexus* plants were inoculated by dusting three leaves on each 3-week-old plant with 600-mesh carborundum and then inoculum was applied to the leaf with a pestle, which was rotated in a circular motion eight to 10 times as if painting the leaf with inoculum. The plants were kept in aphid-proof cages and carborundum was rinsed off the leaves after inoculation to optimize light absorption.

RNA Extraction.

Inoculated plants were monitored weekly for symptom development. Following the appearance of symptoms on PPV-T inoculated leaves 15 days post-inoculation, uninoculated leaves were collected from all plants and tested for the presence of the input virus by reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR). Leaf samples from plants were collected 15 days post-inoculation and used for RNA extraction. Total RNA was extracted from leaf samples using a previously reported, modified method (Spiegel et al., 1996). Approximately 50–100 mg of fresh or frozen leaves were ground to a fine powder in liquid nitrogen and mixed with 1 ml of LiCl extraction buffer (0.1M LiCl, 0.1 M Tris-HCl, pH 8.0, 0.01 M EDTA, pH 8.0, and 1% SDS). The 1 µL of mercaptoethanol was added to the extraction buffer before use, which was then incubated for 15 minutes at 65 °C. Following incubation an equal volume of 6 M potassium acetate, pH 6.5, was added and maintained

on ice for 15 min. After centrifugation at 14,000 rpm for 10 min, nucleic acids were precipitated from the supernatant with isopropanol and centrifuged as above. The pellet was washed with cold 70% ethanol by centrifugation at 4000 rpm for 5 min at 4 °C, dissolved in 50 µl of sterile water, and stored at -20 °C (or -80 °C for long-term storage).

Molecular Characterization of PPV

A two-step RT-PCR protocol was used for cDNA synthesis: 10 µl of RNA, 1 µl of Random hexamer, and 1 µl of dNTP and incubated at 65 °C for 5 min then -20 °C for 5 min. For second step, 1 µl M-MLV (Moloney Murine Leukemia virus reverse transcriptase, 200 unite/µl, Invitrogen), 4 µl 5x Transcriptase buffer, 2 µl 0.1M DTT, ve 1 µl RNase free of dH₂O incubated as follows 25 °C 10 min, 37 °C 50 min, 70 °C 15 min (Invitrogen). The PCR was carried out in 20 µl total mixtures containing 4 µl of cDNA, 2 µl of 5 mM dNTPs, 2 µl of 25 mM MgCl₂, 2 µl of 10X Taq Buffer, and 0.5 µl of 10 µM of each virus-specific primer with 0.5 µl of Taq DNA polymerase (Invitrogen). PCR was performed using PPV universal primer pairs that amplify 243 bp fragments: P1, (5'-3' ACC GAG ACC ACT ACA CTC CC) ve P2, (5'-3' CAG ACT ACA GCC TCG CCA GA) (Olmos et al., 2005). Cycling parameters were 95 °C for 3 min, followed by 35 cycles of 94 °C for 30 sec, 53 °C for 1 min, and 72 °C for 1 min, followed by 72 °C for 10 min. All RT-PCR products were analyzed by electrophoresis in 2% (p/vol) agarose gels.

RESULTS

Weeds serve as alternative hosts for phytopathogenic viruses. The herbaceous host range of PPV-T is still not fully known. However, *N. benthamiana* has been the sole herbaceous indicator used for PPV greenhouse indexing since serology-based and molecular viral detection methodologies were established.

Occurrence of PPV-T Symptoms in Weeds

Virus-like symptoms, including yellowing and interveinal chlorosis, were observed in only a small number of weed plants found to be positive for PPV-T. The first symptom appeared 13 days post-inoculation. Leaf yellowing and interveinal chlorosis were observed in 4 *C. album* and 3 *A. retroflexus* plants infected with PPV-T (Figs. 1-2), whereas no symptoms were observed in PPV-T negative samples. The *C. album* and *A. retroflexus* were identified as the weeds in terms of PPV-T symptoms with observation rates of 40% and 30%, respectively. However, asymptomatic *C. album* (six) and *A. retroflexus* (seven) plants were PPV-T positive based on the results of RT-PCR-based assays.

C. album and *A. retroflexus* were very useful for use as an indicator of PPV-T. The most obvious symptoms on the PPV-T infected *C. album* were vein clearing and interveinal chlorosis and *A. retroflexus* were chlorotic local lesions (Figs. 1-2).

Both weed species have been hosts for PPV-T for one month without losing their viability. *C. album* and *A. retroflexus*, which continue to grow actively after infection, can be evaluated as alternative indicator plants in studies on PPV-T. The results with the PPV-T assessed here demonstrate the utility of these two plants as a new experimental host (Figs. 1-2).

RT-PCR Analysis

A 243-bp amplicon using the P1 and P2 primers was amplified for all PPV-T inoculated plants, (Figs. 3-4). A fragment of similar size was observed for the positive PPV-T controls. No amplification was observed with any of the healthy controls included in this study. (Fig. 4).

This study reveals that *A. retroflexus* and *C. album* satisfy their needs as PPV-T hosts.

DISCUSSION

Numerous weed species (both native and introduced) have been discovered to act as PPV hosts and have a considerable impact on the epidemiology and spread of PPV around the world (Llácer, 2006). High incidences of plant viral diseases are influenced by weed hosts of their causative agents (Asala et al., 2014). This study demonstrates that *C. album* and *A. retroflexus* meet needs as PPV-T hosts and in agreement with results from similar studies (Desvignes, 1999; Llácer, 2006), also suggests that *C. album* and *A. retroflexus* may find more general application as a host for viruses of herbaceous plants which is making another experimental tool available to plant virologists. It was determined that the symptoms observed in herbaceous experimental hosts such as *C. foetidum*, *N. clelandii* and *P. sativum* used in studies on PPV-D and PPV-M strains (Saenz et al., 2000; Viröček Marn et al., 2004; Stobbs et al., 2005; Martínez-Turiño et al., 2021) were similar to the symptoms observed in the herbaceous plants *C. album*, and *A. retroflexus* used in this study. Vein clearing and chlorotic rings were the most noticeable signs on the PPV-T-infected *C. album*, while chlorotic lesions were seen on *A. retroflexus*. Similar vein banding and round dots were seen in PPV-M-infected *Senecio sylvaticus* in a study by Morvan & Chastellière (1980). While the PPV-C strain does not induce systemic infection in any *Arabidopsis* spp., it has been reported to cause systemic infection in certain species of *Arabidopsis* spp. This observation suggests that PPV strains may exhibit host specificity towards herbaceous hosts (Decroocq et al., 2009).

Furthermore, *C. album* and *A. retroflexus* are more adaptable to various environmental conditions than tobacco. The current analysis illustrates this species' value as a long-term host for PPV-T, but more investigation is needed to produce a more comprehensive "virus range" for this species. One widely used *Nicotiana* species is *N. benthamiana*, which has been known for nearly 30 years to be susceptible to many plant viruses (Quacquarelli et al.,

1997; Christie et al., 1978; Adkins et al., 2002). Most of these *Solanaceous* species are annual plants with short life cycles, frequently made shorter by virus infection. Although this has no bearing on using these species for virus detection, characterization, and/or replication, it can pose a significant obstacle to the long-term maintenance of viruses like PPV-T in these plants.



Figure 2. Virus infection symptoms on inoculated *Amaranthus retroflexus* plants. C, D, Necrotic spots on the leaf after inoculation with PPV-T are indicated with an arrow sign

Şekil. 1. PPV-T inokule edilmiş *Amaranthus retroflexus* bitkilerinde virüs enfeksiyonunun belirtileri. C, D, PPV-T ile inokulasyonun ardından yaprakta klorotik lekeler ok işareti ile belirtilmiştir

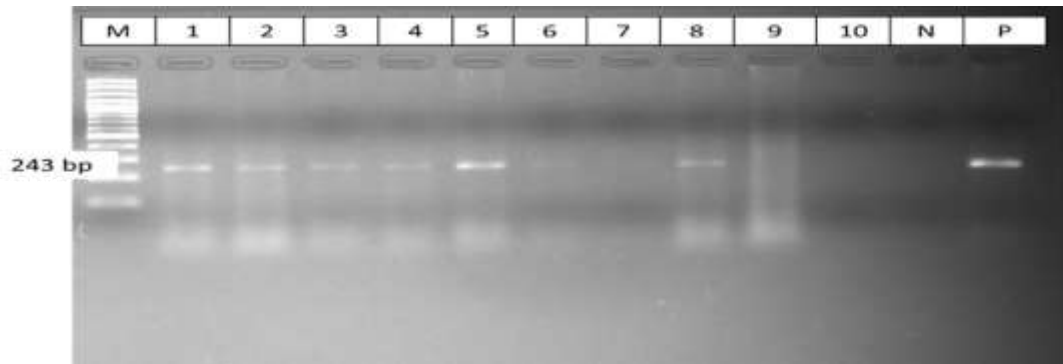


Figure 3. Detection of systemic infection in inoculated *Chenopodium album* plants by reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR). Total RNA was extracted from uninoculated leaves of mock (N), PPV-T positive control sample

(P), and virus-inoculated (lanes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, and 10). M:100 bp DNA ladder. For each sample, a 243-bp fragment was amplified.

Şekil 3. PPV-T inokule edilmiş *Chenopodium album* bitkilerinde sistemik enfeksiyonun ters transkripsiyon-polimeraz zincir reaksiyonu (RT-PCR) ile tespiti. Total RNA, virüs inokule edilmemiş (N), pozitif kontrol örneği (P) ve virüs inokule edilmiş (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10) bitkilerin yapraklardan ekstre edilmiştir. M:100 bp DNA ladder. Her numune için 243 bp'lik bir fragman amplifiye edildi.

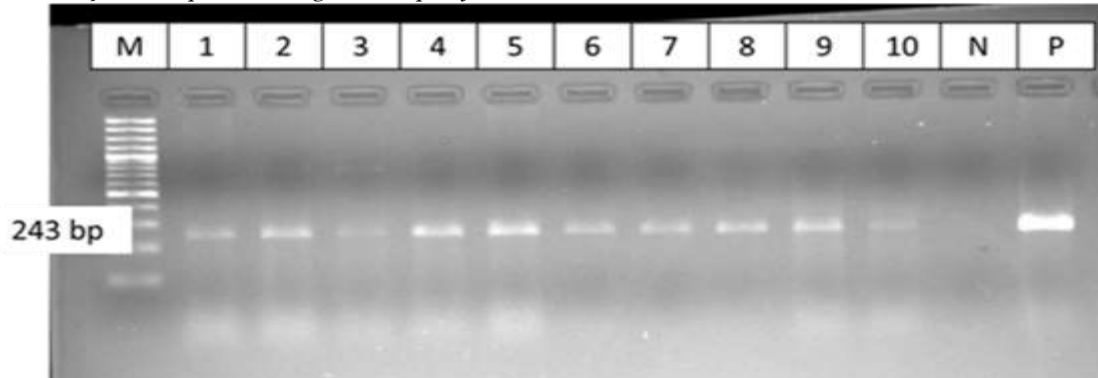


Figure 4. Detection of systemic infection in inoculated *Amaranthus retroflexus* plants by reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR). Total RNA was extracted from uninoculated leaves of mock- (N), PPV-T positive control sample (P), and virus-inoculated (lanes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, and 10). M:100 bp DNA ladder. For each sample, a 243-bp fragment was amplified.

Şekil 3. PPV-T inokule edilmiş *Amaranthus retroflexus* bitkilerinde sistemik enfeksiyonun ters transkripsiyon-polimeraz zincir reaksiyonu (RT-PCR) ile tespiti. Total RNA, virüs inokule edilmemiş (N) ve virüs inokule edilmiş, pozitif kontrol örneği (P), (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10) bitkilerin yapraklardan ekstre edilmiştir. M:100 bp DNA ladder. Her numune için 243 bp'lik bir fragman amplifiye edildi.

C. album possesses unique biological features that help it tolerate sub-optimal and/or harsh conditions. High seed production, rapid and vigorous development, a habit of growing tall, a short life cycle, and the capacity to germinate under various environmental conditions are some of these characteristics (Bajwa et al., 2019). *A. retroflexus* is an aggressive and competitive weed in a variety of row crops. And can be used as an alternative host for several crop pests and diseases (Weaver & MacWilliams, 1980). These herbaceous hosts, such as *Chenopodium* spp., *N. clelandii*, *A. retroflexus*, and *Pisum sativum* are very useful for concentrating and purifying the virus (Desvignes, 1999) in the current study confirming previous studies reported in this research (Desvignes, 1999; Llácer, 2006). The high adaptability of weeds allows them to be considered as long-term host plants for the like PPV-T.

A pathogen's host range may have unique effects on how it evolves and how its virulence changes over time. For generalists, adaptation to different hosts may be conditioned by different trade-offs in the pathogen's life history and be affected by evolutionary processes that shape pathogen populations (Sacristán et al., 2005; Read, 1994). The creation of effective and long-lasting control measures depends on an understanding of the selection mechanisms that influence the evolution of virulence. The host range of the pathogen (i.e., whether the pathogen is a generalist or a specialist) is predicted to be a major factor in the evolution of virulence (Sacristán et al., 2005). Determining the behavior of PPV-T in different

hosts enabled us to find new indicator plants with high adaptability to alternative nature for experimental use. It will also be a preliminary study in studies of the evolutionary development of PPV-T in weed hosts. The current paper reveals that viable experimental hosts for PPV-T have yet to be discovered, even though plant virologists have access to many great experimental hosts.

In conclusion, the indicator test findings revealed that *C. album* (6 out of 10) and *A. retroflexus* (10 plants) both experienced infection after being manually inoculated. This indication initially responded with local symptoms, and then systemic infection signs appeared. Weeds as alternative hosts of plant viruses and nutrient plants of virus vectors play an important role in virus ecology and epidemiology. This study showed that *C. album* and *A. retroflexus* could be experimental hosts for PPV-T, it also showed that PPV-T has the potential to be a natural source of inoculum. The identification of different experimental hosts is a preliminary study in determining the change that PPV has shown for its adaptation in different hosts in the evolutionary process. Plant virologists have access to a wide range of excellent experimental hosts, but the current study shows that there are still plenty of useful experimental hosts to be found.

Credit authorship contribution statement

Cemile Temur Cinar: Data curation, Formal analysis, Writing – review & editing., Elif Dertli: Data curation, Formal analysis, Writing – review & editing., Yasin Kaya: Data curation, Formal analysis,

Writing – review & editing., Dogan Isık: Conceptualization, Methodology, Funding acquisition, Resources, Project administration, Writing – review & editing, Supervision.

Conflict of interest

The authors declare they have no conflict of interest.

Human and animal rights statement

This article does not contain any studies with human participants or animals.

Funding

The research leading to these results received funding from the TUBİTAK 2209 A project.

REFERENCE

- Adkins S., & Roskopf E.N. (2002). Key West nightshade, a new experimental host for plant viruses. *Plant Diseases*. 86, 1310-1314.
- Aguiar R.W.S., Alves G.B., Queiroz A.P., Nascimento I.R., & Lima M.F. (2018). Evaluation of weeds as virus reservoirs in watermelon crops. *Planta Daninha* 36, 1-10.
- APG III, (2009): An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 161(3), 105–121.
- Asala S., Alegbejo M.D., Kashina B.D., Banwo O.O., & Shinggu C.P. (2014). Viruses in weeds in Dioscorea yam fields in Nigeria. *African Crop Science Journal*, 22(2), 109–115.
- Atanasoff D. (1932): Plum Pox. A New Virus Disease. *Annals University of Sofia. Faculty of Agriculture and Silviculture*. 11, 49-69
- Bajwa A.A, Zulfiqar U., & Sadia S. (2019). A global perspective on the biology, impact, and management of *Chenopodium album* and *Chenopodium murale*: two troublesome agricultural and environmental weeds. *Environmental Science and Pollution Research* 26, 5357–5371. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-04104-y>.
- Candresse T., Cambra M., Dallot S., Lanneau M., Asensio M., Gorris M., Revers F., Macquaire G., Olmos A., & Boscia D. (1998). Comparison of monoclonal antibodies and polymerase chain reaction assays for the typing of isolates belonging to the D and M serotypes of plum pox potyvirus. *Phytopathology*. 88, 198–204.
- Chen G., Pan H., Xie W., Wang S., Wu Q., Fang Y., & Shi X. (2013). Virus infection of a weed increases vector attraction to and vector fitness on the weed. *Scientific Reports*. 3, 2253; DOI:10.1038/srep02253.
- Chirkov S., Sheveleva A., Ivanov P., & Zakubanskiy A. (2018). Analysis of genetic diversity of Russian sour cherry plum pox virus isolates provides evidence of a new strain. *Plant Diseases* 102, 569–575.
- Christie S.R., & Crawford W.E. (1978). Plant virus range of *Nicotiana benthamiana*. *Plant Disease Reports*. 62, 20-22.
- Decroocq, V., Salvador, B., Sicard, O., Glasa, M., Cosson, P., Svanella-Dumas, L., Revers, F., García, J.A. and Candresse, T. (2009) The determinant of potyvirus ability to overcome the RTM resistance of *Arabidopsis thaliana* maps to the N-terminal region of the coat protein. *Mol. Plant–Microbe Interact*. 22, 1302–1311.
- Desvignes J.C., (1999). Virus diseases of fruit trees. *Ed. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Legumes (CTIFL)*, Paris, France, 115-118.
- Eşitmez B., & Işık D. (2016). Kayseri ili elma bahçelerinde görülen yabancı ot türlerinin belirlenmesi. *Meyve Bilimi*, 3(1), 1-9.
- Feltner K.C. (1970). The ten worst weeds of field crops. 5. *Pigweed*. *Crops and Soils*, 23, 13-14.
- García J.A., Glasa M., Cambra M., & Candresse T. (2014). Plum pox virus and sharka: a model potyvirus and a major disease. *Molecular Plant Pathology*. 15(3), 226–241. <http://dx.doi.org/10.1111/mpp.12083>.
- Giusti L. (1970). El genero *Chenopodium* en Argentina: I. Numeros de cromosomas. *Darwiniana* 16, 98–105.
- Hervás M., Ciordia S., Navajas R., García J.A., & Martínez-Turiño S., (2020). Common and Strain-Specific Post-Translational Modifications of the Potyvirus Plum pox virus Coat Protein in Different Hosts. *Viruses*, 12, 308.
- Ilardi V., & Nicola-Negri E.D. (2011). Genetically engineered resistance to Plum pox virus infection in herbaceous and stone fruit hosts, *GM Crops*, 2(1), 24-33.
- Kerlan C., & Dunez J. (1979). Biological and serological differentiation of strains of sharka virus. In: *Annales de Phytopathologie. Institut National de la Recherche Agronomique*, 241–250.
- Llácer G. (2006). Hosts and symptoms of Plum pox virus: Herbaceous hosts. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 36, 227–228.
- Martínez-Turiño, S.; Calvo, M.; Bedoya, L.C.; Zhao, M.; García, J.A. (2021). Virus-Host Jumping Can Be Boosted by Adaptation to a Bridge Plant Species. *Microorganisms*, 9, 805. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9040805>.
- Milusheva S., & Rankova Z., (2002). Plum pox potyvirus detection in weed species under field conditions. *Acta Horticulturae*, 577, 283–287.
- Morca, A.F., Coşkan, S., Çelik, A., (2021). Determination of Plum pox virus and Molecular Characterization of Partial Coat Protein Gene in Burdur Province. *KSU J. Agric Nat* 24 (4), 805-814. DOI: 10.18016/ksutarimdoga.vi.767409.

- Morca, A.F., Coşkan, S., Akbaş, B., (2022). Detection, Characterization, and Monitoring of Plum pox virus in Zonguldak Province. *KSU J. Agric Nat* 25 (6), 1369-1377. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1015786>.
- Morvan G., & Chastellière M.G. (1980). An evaluation of herbaceous hosts of sharka (plum pox). *Acta Phytopathologica Academiae Scientiarum Hungarica*. 15(1-4), 297-302.
- Papayiannis L.C., Katis N.I., Idris A.M., & Brown J.K. (2011). Identification of weed hosts of Tomato yellow leaf curl virus in Cyprus. *Plant Disease*. 95(2), 120-5.
- Prajapat R., Marwal A., & Gaur R.K. (2014). Begomovirus associated with alternative host weeds: a critical appraisal, *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 47, 2.
- Quacquarelli A., & Avgelis A. (1975). *Nicotiana benthamiana* Domin, as host for plant viruses. *Phytopathology. Mediterr.* 14, 36-39.
- Read A.F. (1994). The evolution of virulence. *Trends Microbiology*. 2, 73-76.
- Sacristán S., Fraile A., Malpica J.M., & García-Arenal F. (2005). An analysis of host adaptation and its relationship with virulence in Cucumber mosaic virus. *Phytopathology*, 95, 827-833.
- Sáenz P, Cervera M.T., Dallot S., Quiot L., Quiot J.B., Riechmann J.L., García J.A. (2000) Identification of a pathogenicity determinant of Plum pox virus in the sequence encoding the C-terminal region of protein P3+6K(1). *Journal of General Virology*, 81(Pt 3), 557-66. doi: 10.1099/0022-1317-81-3-557. PMID: 10675393.
- Scholthof K.G., Adkins S., Czosnek H., Palukaitis P., Jacquot E., Hohn T., Hohn B., Saunders K., Candresse T., Ahlquist P., Hemenway C., & Foster G. (2011). Top 10 plant viruses in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*. 12, 938-954.
- Sedhain N.P., Bag S., Morgan K., Carter R., Triana P., Whitaker J., Kemerait R.C., & Roberts P.M. (2021). Natural host range, incidence on overwintering cotton and diversity of cotton leafroll dwarf virus in Georgia USA. *Crop Protection*, 144.
- Sheveleva A., Osipov G., Gasanova T., Ivanov P., & Chirkov S. (2021). Plum Pox Virus Strain C Isolates Can Reduce Sour Cherry Productivity. *Plants*, 10, 232.

Determination of Naphthalene Concentration in Honey a New Method using HS-GC/MS (Headspace-Gas Chromatography/Mass Spectrometry)

Ebubekir İZOL¹

¹ Bee and Natural Products R&D and P&D Application and Research Center, Bingöl University, Bingöl, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-0788-4999>

✉: eizol@bingol.edu.tr

ABSTRACT

Honey is considered by people as an important food, included in diets and used in the treatment of many diseases. Contamination of honey with harmful compounds can render it unsafe, as honey is known to naturally contain pesticides. These pests are transmitted to honey by environmental conditions or incorrect beekeeping practices. Naphthalene is used by beekeepers to prevent the honeycombs from holding moths. Naphthalene, which has carcinogenic properties, also causes different diseases. Therefore, the concentration of naphthalene in honey should not exceed a certain limit. For the determination of this, many different analysis methods are developed and applied. In this study, the naphthalene concentration of honey from Bingöl province and its districts, one of the important beekeeping centers in Türkiye, was determined by a new HS-GC/MS method that does not require sample preparation. No naphthalene concentration was detected in eight different honey samples. A concentration of 0.5 µg kg⁻¹ was used as the detection limit. The fact that naphthalene concentration was not detected in kinds of honey from Bingöl province indicates that beekeepers do not use naphthalene and that naphthalene is not contaminated by environmental factors.

Biochemistry

Research Article

Article History

Received : 29.01.2024

Accepted : 06.03.2024

Keywords

Honey
Naphthalene
HS-GC/MS
Gas chromatography
Headspace

Baldaki Naftalin Konsantrasyonunun Yeni Bir Yöntemle HS-GC/MS (Headspace-Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrometresi) ile Belirlenmesi

ÖZET

Bal, insanlar tarafından önemli bir gıda olarak görülmekte, diyetlerde yer almakta ve birçok hastalığın tedavisinde kullanılmaktadır. Şifa kaynağı olan bala zararlı bileşenlerin bulaşması balı zararlı hale getirebilir; zira balda pestisitlerin bulunduğu bilinmektedir. Bu zararlılar çevresel koşullar veya yanlış arıcılık uygulamaları ile bala bulaşmaktadır. Naftalin, arıcılar tarafından peteklerin güve tutmasını önlemek için kullanılmaktadır. Kanserojen özelliğe sahip olan naftalin, farklı hastalıklara da neden olmaktadır. Bu nedenle baldaki naftalin konsantrasyonunun belirli bir sınırı aşmaması gerekmektedir. Bunun tespiti için birçok farklı analiz yöntemi geliştirilmekte ve uygulanmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'nin önemli arıcılık merkezlerinden biri olan Bingöl ili ve ilçelerinden elde edilen balların naftalin konsantrasyonu, numune hazırlama gerektirmeyen yeni bir HS-GC/MS yöntemi ile belirlenmiştir. Sekiz farklı bal örneğinde naftalin konsantrasyonu tespit edilmemiştir. Tespit limiti olarak 0.5 µg kg⁻¹'lık bir konsantrasyon kullanılmıştır. Bingöl ilinden gelen ballarda naftalin konsantrasyonunun tespit edilmemiş olması, arıcıların naftalin kullanmadığını ve naftalinin çevresel faktörlerle kontamine olmadığını göstermektedir.

Biyokimya

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 29.01.2024

Kabul Tarihi : 06.03.2024

Anahtar Kelimeler

Bal
Naftalin
HS-GC/MS
Gaz Kromatografisi
Headspace

Atıf Şekli: İzol, E., (2024) Baldaki naftalin konsantrasyonunun yeni bir yöntemle HS-GC/MS (headspace-gaz kromatografisi/kütle spektrometresi) ile belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (5), 1095-1104. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1427402>

To Cite : İzol, E., (2024). Determination of Naphthalene Concentration in Honey a New Method using by HS-GC/MS (Headspace-Gas Chromatography/Mass Spectrometry. *KSU J. Agric Nat* 27(5), 1095-1104. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1427402>

INTRODUCTION

Honey, created because of bees collecting plant pollen and reacting it with their enzymes, has been a very important food source throughout human history (İzol, 2023a; İzol et al., 2021). Honey consumed as a source of healing contains rich bioactive components and shows extensive biological activities (İzol et al., 2023; Yapıcı et al., 2023). Honey is used for therapeutic purposes in functional and modern medicine (İzol, 2023b). However, honey, which is a source of healing, becomes harmful when it contains chemical residues such as pesticides (Turhan & İzol, 2023; Karakaş, 2022). Honey can be contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons from a variety of sources, such as forest fires, stubble burning, and industrial plants near apiaries, because of poor practices by beekeepers (İzol, 2023c). The widespread use of insecticides, fungicides, and acaricides in agricultural practices to control pests and bee diseases in beehives increases the possibility of direct or indirect contamination of honey.

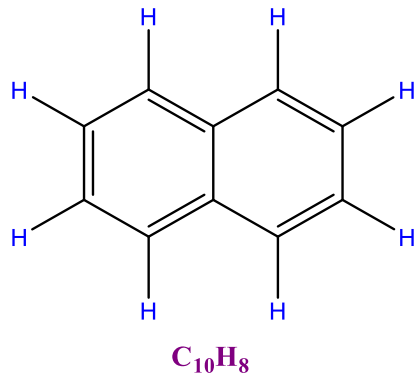


Figure 1. Chemical structure of naphthalene
Şekil 1. Naftalinin kimyasal yapısı

Naphthalene is used by beekeepers as a wax moth control agent, leaving residues on bees and bee products such as beeswax and honey (Bogdanov et al., 2004). Naphthalene is an important chemical that renders honey harmful (Topdemir et al., 2024). Naphthalene is a polycyclic aromatic hydrocarbon with the chemical structure $C_{10}H_8$. Naphthalene, whose chemical structure is shown in Figure 1, is a carcinogenic substance and has been found to cause many different types of cancer. It has also been found

to cause nervous system disorders and liver damage in cases of ingestion, skin contact, and inhalation (Yost et al. 2021).

For this reason, the concentration of naphthalene in honey should be at a limit that does not harm human health or is not present at all. For this purpose, the naphthalene concentration of honey should be determined continuously, and the results should not exceed the upper limits specified by international organizations.

In this study, naphthalene concentrations of honey obtained from Bingöl province and districts, one of the important beekeeping centers of Türkiye, were determined by HS-GC/MS using a new method.

MATERIAL and METHOD

Chemicals

The naphthalene (molecular weight:128) standard, naphthalene-D8 (molecular weight:136) internal standard, and methanol used in the analysis process were obtained from Sigma Aldrich.

Localities where honey samples were collected

Honey samples were provided by beekeepers from all districts, including Bingöl Center. The villages and altitudes from which the honey was obtained are given in Table 1.

HS-GC/MS device data and analytical parameters

Experimental conditions and analytical parameters for the analysis are given in Tables 2 to 4.

Determination of naphthalene concentration in honey by HS-GC/MS

The determination of naphthalene concentration in honey was carried out based on a quantitative determination by HS-GC/MS. In this method, the naphthalene mass is determined based on the mass of the naphthalene-D8 internal standard. The samples are vaporized by heating in the headspace unit, and the vaporized molecules are sent to the GC column with the headspace needle, and the mass of naphthalene is determined by the MS detector.

Table 1. Locations and altitudes where honey samples were obtained

Çizelge 1. Bal örneklerinin elde edildiği yerler ve rakımlar

District Collected	Work Area (Village)	Altitude (m)
Bingöl Center	Emtağ	1661
Adaklı	Hasbağlar	1788
Genç	Sağgöze	1725
Karlıova	Halıfan	1793
Kığı	Çiçektepe	1599
Solhan	Şerafettin	2549
Yayladere	Gökçedal	1623
Yedisu	Elmalı	1789

Table 2. GC Parameters

Çizelge 2. GC Parametreleri

Parameters	Specifications
Gas Chromatograph	PerkinElmer Clarus 690
Oven	35 °C for min, then 6 °C/min to 245 °C
Column	30 m, 0.25 mm, 0.25 µm Elite-WAX
Carrier Gas	Helium at 2.0 mL/min
Injector	A
Software	TurbaMass Ver. 6.1.2
Library	NIST

Table 3. MS Parameters

Çizelge 3. MS Parametreleri

Parameters	Specifications
Mass Spectrometer	PerkinElmer Clarus SQ 8T
Scan Range	35 to 250 Daltons
Scan Time	0.1 s
Interscan Delay	0.06 s
Inlet Line Temp	200 °C
Source Temp	180 °C
Multiplier	1700 V
Ionization	El+

Table 4. HS Trap Parameters

Çizelge 4. HS Trap Parametreleri

Parameters	Specifications
Headspace System	PerkinElmer TurboMatrix 40 HS Trap
Needle	120 °C
Transfer Line	140 °C, long, 0.25 mm i.d. fused silica
Vial Equilibration	90 °C for 10 min
Carrier Gas	Helium
GC Cycles	15 min
Column	20 psi
Inject	20 psi
Dry Purge	10 min
Oven	90 °C

First of all, the HS-GC/MS device was prepared according to the conditions specified in Tables 2 and 4. Then the calibration graph was plotted according to the established method. In the calibration graph, six different concentrations of naphthalene were used: 0.5, 1, 5, 10, 25, and 50 (µg kg⁻¹). Naphthalene solutions of six different concentrations were added to 20 mL headspace vials containing 1 g of honey, respectively. Naphthalene-D8 standard prepared at a concentration of 10 mg/kg was added to the vials in a volume of 30 µL, and the sealed vials were placed in a headspace autosampler. The analysis was started by typing the sequence information from the device software, and the calibration graph was generated. The calibration graph is given in Figure 2. In the calibration graph, the r^2 value was found to be 0.9959 and the calibration curve: was $0.950780 \cdot x + 0.289365$. The limit of detection (LOD) was calculated as 0.5 µg kg⁻¹.

For naphthalene analysis of honey samples, 1 g of each sample was weighed into a different vial, and 30 µL of naphthalene-D8 standard at a concentration of

10 mg kg⁻¹ was added to all vials. The vials were sealed, placed in headspace autosamplers, and analyzed by writing down the sequence information. The results were calculated according to the calibration graph. Methanol was used as a solvent in all solutions prepared.

RESULTS and DISCUSSION

Naphthalene concentration in honey Results by HS-GC/MS

The results of the naphthalene concentrations of honey obtained from Bingöl province and its districts by HS-GC/MS are given in Table 5.

The naphthalene concentration in all honey samples was below the limit of quantification (LOQ) and could not be detected. Naphthalene and naphthalene-D8 chromatograms of honey samples are shown in Figures 3 to 10.

The appearance of a naphthalene peak in the chromatograms indicates the presence of naphthalene well below the detection limit of 0.5 µg kg⁻¹.

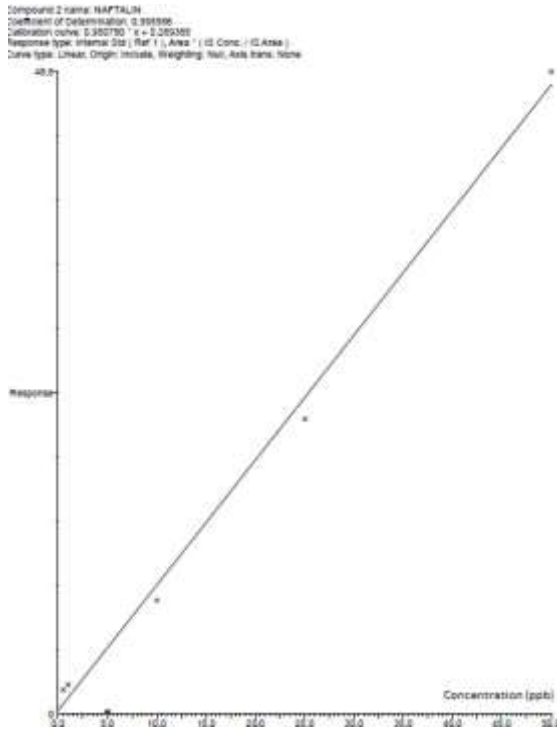


Figure 2. Calibration graph for naphthalene analysis in honey

Şekil 2. Balda naftalin analizi için kalibrasyon grafiği 1

Naphthalene is a polycyclic aromatic hydrocarbon. Natural sources of naphthalene include burning biomass and fossil fuels like coal tar and petroleum (Yost et al., 2021). The production of chemical intermediates (such as phthalic anhydrides), dyes, surfactants, leather tanning agents, dispersants, pesticides, resins, and solvents are the main industrial applications of naphthalene. Many consumer products that contain naphthalene are moth repellents and blocks of toilet deodorant (Turhan & İzol, 2023; Yost et al., 2021).

Animal studies and human case studies have provided most of the evidence linking naphthalene exposure to cancer and non-cancer health problems. Over the past ten years, hundreds of researches pertinent to the health impacts and mechanisms of naphthalene exposure have been published, contributing to the growing body of scientific literature defining naphthalene toxicity (U.S. EPA, 2021). Studies on rats have shown that exposure to naphthalene causes different types of cancer and some respiratory disorders. Studies have shown that naphthalene also causes hemolytic anemia (NTP, 2016).

Tablo 5. Naphthalene concentration results of honey samples
Çizelge 5. Bal örneklerinin naftalin konsantrasyon sonuçları

Honey Samples	Retention Time (RT)	Concentration ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
Bingöl Center	7.77;6	N.D.
Adaklı	7.77;2	N.D.
Genç	7.78;6	N.D.
Karlıova	7.78;9	N.D.
Kığı	7.78;16	N.D.
Solhan	7.78;12	N.D.
Yayladere	7.77;11	N.D.
Yedisu	7.78;11	N.D.

N.D.: Not Detected. Retention time is given in minutes. seconds; salisse

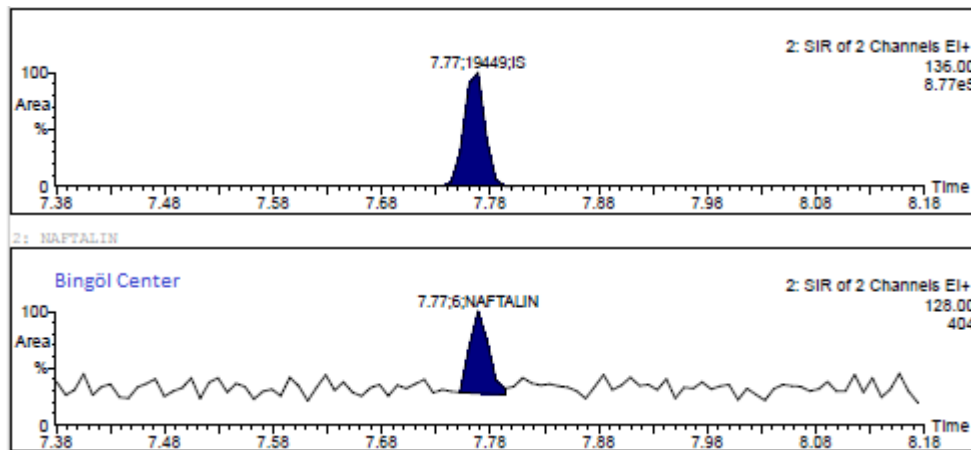


Figure 3. Naphthalene HS-GC/MS chromatogram of Bingöl center honey

Şekil 3. Bingöl merkez balının naftalin HS-GC/MS kromatogramı

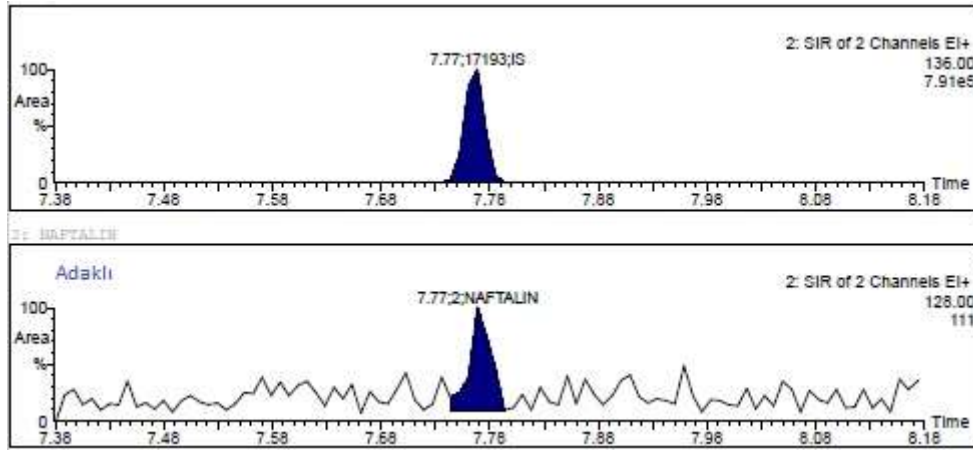


Figure 4. Naphthalene HS-GC/MS chromatogram of Adaklı honey
Şekil 4. Adaklı balının naftalin HS-GC/MS kromatogramı

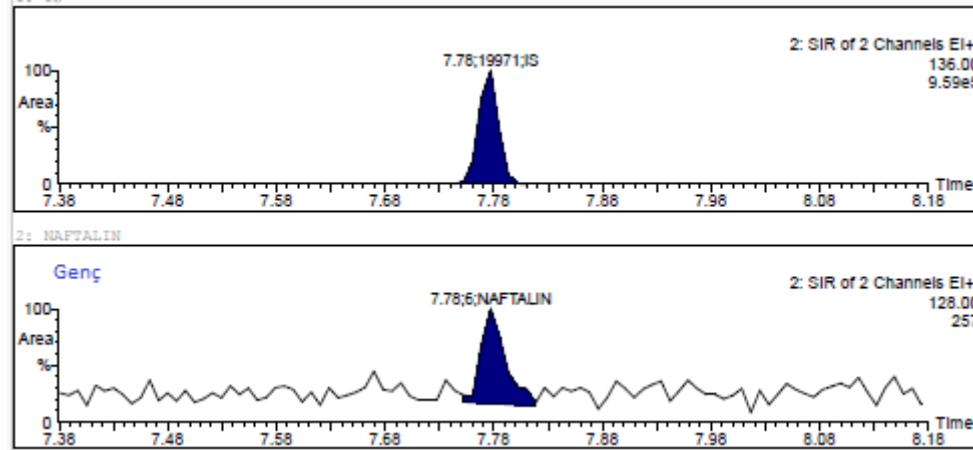


Figure 5. Naphthalene HS-GC/MS chromatogram of Genç honey
Şekil 5. Genç balının naftalin HS-GC/MS kromatogramı

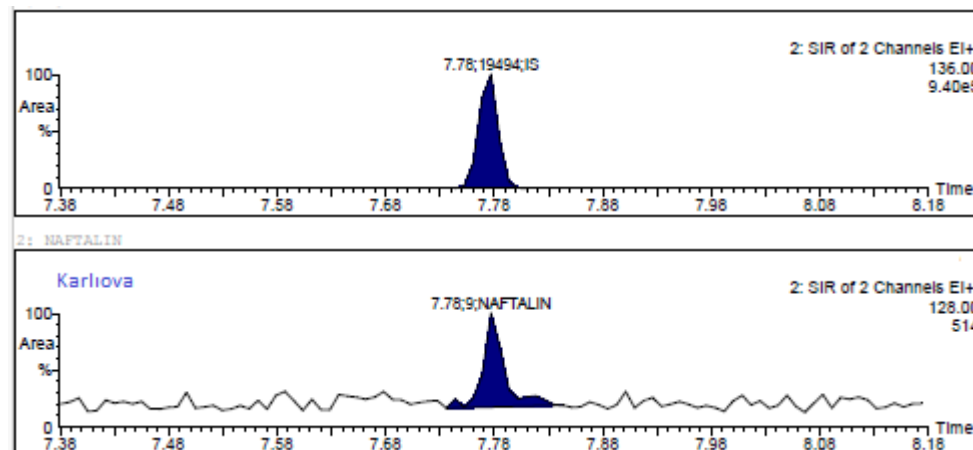


Figure 6. Naphthalene HS-GC/MS chromatogram of Karlıova honey
Şekil 6. Karlıova balının naftalin HS-GC/MS kromatogramı.

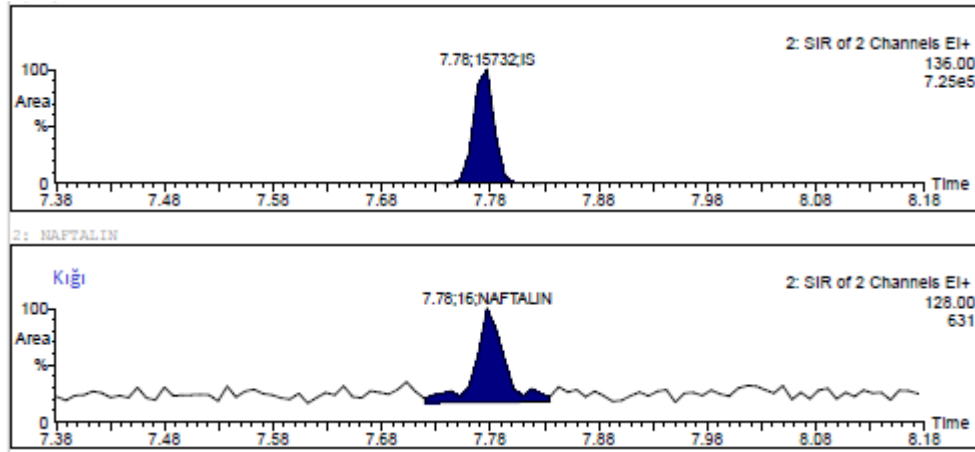


Figure 7. Naphthalene HS-GC/MS chromatogram of Kığı honey
Şekil 7. Kığı balının naftalin HS-GC/MS kromatogramı

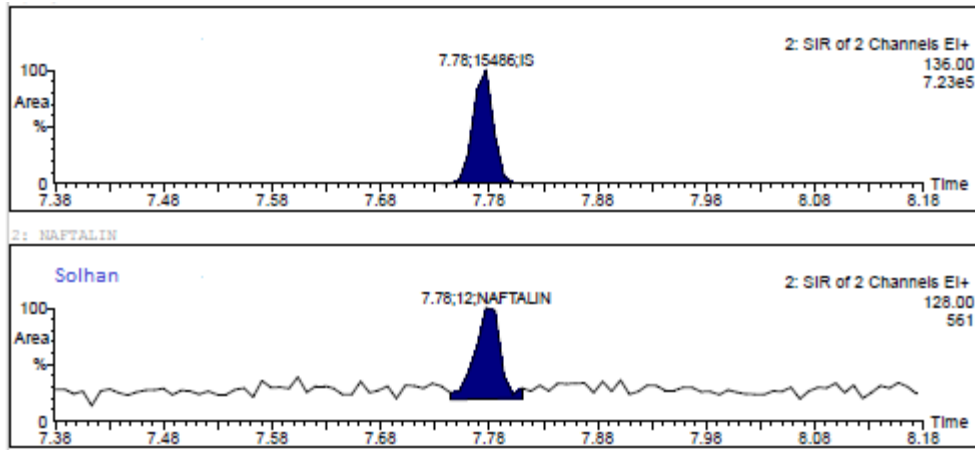


Figure 8. Naphthalene HS-GC/MS chromatogram of Solhan honey
Şekil 8. Solhan balının naftalin HS-GC/MS kromatogramı

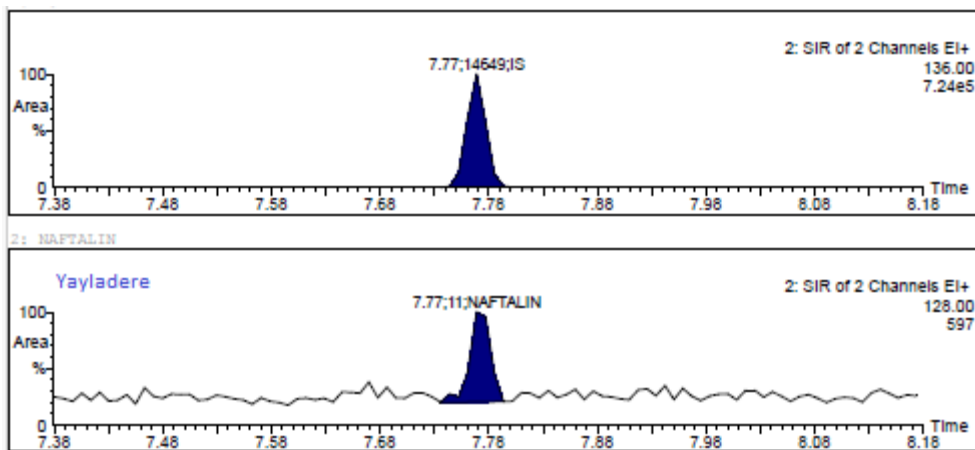


Figure 9. Naphthalene HS-GC/MS chromatogram of Yayladere honey
Şekil 9. Yayladere balının naftalin HS-GC/MS kromatogramı

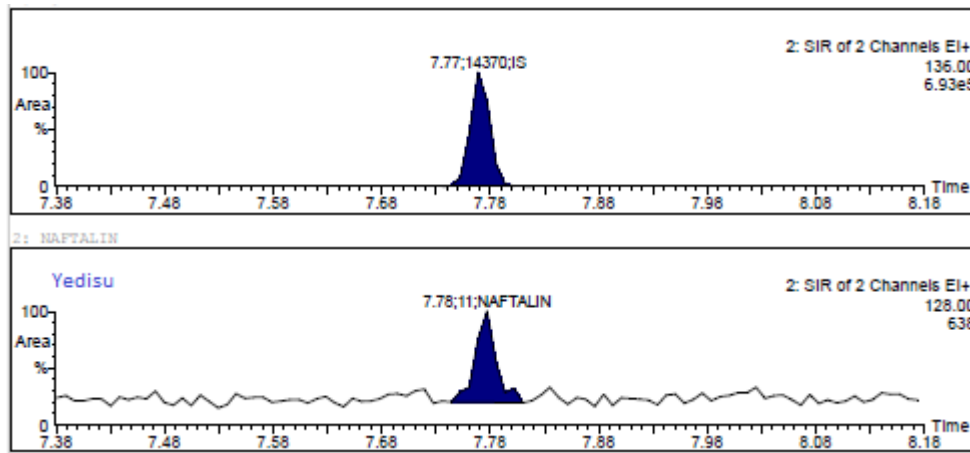


Figure 10. Naphthalene HS-GC/MS chromatogram of Yedisu honey

Şekil 10. Yedisu balının naftalin HS-GC/MS kromatogramı

Beekeeping methods and environmental factors are two examples of the many ways that bee products can get polluted. The primary risk of direct contamination of honey products, however, is beekeeping methods, particularly the use of chemicals like naphthalene inside the hives to protect honeybee combs from wax moths. These substances are dangerous volatile organic compounds, and prolonged exposure to them can have negative effects on the neurological system, kidney, heart, lung, and blood cells (Seidi et al., 2020; Aggrawal, 2006). Naphthalene has been used in many countries to reduce the effects of the *Galleria mellonella* pest on honeycombs (Koltsakidou et al., 2015). However, because of scientific studies, naphthalene was found to be harmful, and therefore many countries banned the use of naphthalene in honeycombs. However, some beekeepers have continued this habit. For this reason, many countries specify in their food codex honey communiqués the highest limit of naphthalene concentration in honey and report that honey exceeding these limits is not suitable for consumption. A value intended to give an exposure limit at which some protection to human health can be assumed is referred to as a "reference value." The most popular result of the dose-response assessment part of the National Research Council's risk assessment paradigm is reference values (NRC, 2009). A maximum residue limit of 10 µg/kg of naphthalene has been set by the European Union (EU) and Switzerland for food samples such as honey. In the Turkish Food Codex Honey Communiqué, the highest concentration of naphthalene for honey is accepted as 10 µg kg⁻¹ (Anonymous, 2023). Numerous tests carried out in many nations, including Greece, Germany, and Switzerland, at various times, revealed that a significant number of honey samples were contaminated with naphthalene (Aggrawal, 2006).

Due to the harmful aspects of naphthalene, it is necessary to monitor naphthalene concentrations in significant and widely consumed foods, such as honey.

So far, many papers have reported on the measurement of trace amounts of polycyclic aromatic hydrocarbons in different environmental, biological, and food samples (Poster et al., 2006; Santos et al., 2019; Bansal et al., 2017). These analytical techniques include gas chromatography with mass spectrometry (GC-MS) (Dobrinhas et al., 2008), headspace gas chromatography with mass spectrometry (HS-GC/MS), gas chromatography with tandem mass spectrometry (GC-MS/MS) (Saitta et al., 2017), gas chromatography with ultrasound-assisted extraction (USAE)-GC/MS (Iwegbue et al., 2016), gas chromatography with matrix solid-phase dispersion (MSPD)-GC/MS (Albero et al., 2003), gas chromatography with flame ionization detection (GC-FID) or ion trap mass spectrometry (GC-IT-MS) (Russo et al., 2017), solidification of floating organic droplet-based dispersive liquid-liquid microextraction (SFOD-DLLME)-GC/MS (Fazaieli et al., 2020), and solid phase microextraction (SPME)-GC/MS (Tananaki et al., 2005; Tsimeli et al., 2008; Moniruzzaman et al., 2014; Bulut et al., 2014; Soria et al., 2003; Wang et al., 2020; Al-Alam et al., 2017). GC-MS techniques provide superiority over other techniques in terms of short analysis time, accurate and reliable results, advanced technology, and the application of different analysis methods. For this reason, it is the primary method, especially in the analysis of volatile components (Moliner-Martinez et al., 2015; Wang et al., 2014; Queiroz et al., 2019).

In this study, a method that can determine the concentration of naphthalene in honey without any extraction process has a short analysis time and high accuracy using an internal standard was developed.

Research on the naphthalene content of honey in Türkiye started in the 2000s. In a study, naphthalene concentration was investigated in 100 honey samples, and the naphthalene concentration was found to be 1.13 µg kg⁻¹ in only 1 honey sample. It was not detected in other kinds of honey (Beyoğlu & Omurag,

2007). In the study in which 120 commercially strained honey samples produced in different climatic and geographical regions of Türkiye and offered for consumption in Ankara were analyzed for naphthalene residues, naphthalene was detected in 11 honey samples. It was determined that the concentration range of naphthalene in honey samples was 1.1–6.2 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (Şireli & Ülker, 2013). In another study, the effect of 60 days of aeration on the residue of naphthalene-treated foundation combs was investigated, and as a result, it was determined that there was a significant decrease in naphthalene concentration at the end of the specified period (Karacaoğlu et al., 2012). In the study in which the naphthalene concentration of 45 honey samples sold in the Bursa province of Türkiye was determined, naphthalene was not detected in honey samples using the method with a detection limit of 2 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (Tosunoğlu, 2016). In the study in which naphthalene was analyzed by the HS-SPME-GC/MS method, naphthalene was detected in only one of the 30 different honey samples obtained from the Mediterranean region. The concentration of naphthalene in the detected honey (8.76 $\mu\text{g kg}^{-1}$) was below the maximum value of 10 $\mu\text{g kg}^{-1}$. In addition, the naphthalene concentration in two honey samples was found to be below the detection limit in trace amounts (Muku et al., 2019).

In the study in which the naphthalene concentration of 90 strained honey samples obtained from different provinces in the Mediterranean region was investigated by GC/MS, naphthalene was detected in only 1 honey sample. The determined naphthalene concentration was 115.234 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Method validation was also performed in this study (Gölge et al., 2017). In the study in which naphthalene concentrations of 30 strained and 30 honeycomb honey were determined by GC/MS, 3 honey samples were found to be 3, 3.9, and 8.9 $\mu\text{g/kg}$ below the naphthalene limit value of 10 $\mu\text{g kg}^{-1}$ in the Turkish Food Codex Honey Communiqué. Naphthalene was not detected in other honey samples (Çakar & Güler, 2019). In a study conducted in the UK, the concentration of naphthalene in 49 different honey samples was investigated. As a result of the study, naphthalene was not detected in honey samples (Castle et al., 2004). A new method for the detection of naphthalene in honey was developed and optimized by SPME-GC/MS. In the study, it was stated that salt addition, extraction temperature, and analysis time are important for the success of the method. In addition, naphthalene was not detected in the studied kinds of honey (Tsimeli et al., 2008). Similarly, in another study, a new method was developed to indicate the concentration of naphthalene in honey (Badertscher et al., 2010). In a study conducted in Nigeria, the concentration of 16 different polycyclic aromatic

hydrocarbons collected from different parts of the country was determined by GC-MS. In the study, 40 honey samples were used, and naphthalene was not detected in the honey (22). In a study conducted in Greece, 90 unifloral honey samples were investigated for pesticide residues. Naphthalene was found at traceable levels in about 79% of the honey samples. However, 5.6% of them were above the limit value. This indicates that the combs were contaminated. In this study, it was also stated that naphthalene in honey may be of plant origin, as naphthalene was found in plants in the region studied (Harizanis et al., 2008).

CONCLUSION

Honey is a significant food in the human diet. Honey must therefore be free from foreign or harmful substances. Naphthalene is used to protect honeycombs, but it is very harmful to human health. Honey should therefore be analyzed regularly and should not be consumed if it contains more harmful components than the set limits. This is why new methods are being developed to analyze mothballs in honey. In this study, the naphthalene concentration of honey from Bingöl province and its districts, one of the important beekeeping centers in Türkiye, was determined using a new HS-GC/MS method. Eight different honey samples were investigated, and no naphthalene was detected. With this study, a new method was introduced to the world of science. The most significant feature that distinguishes this method from other methods is that it does not require any sample preparation or extraction. As a result of this study, because of scientific studies and pieces of training given to beekeepers, it has been observed that mothballs used for the protection of honeycombs are rarely used anymore.

Acknowledgments

I would like to thank Bingöl University Bee and Natural Products R&D and P&D Research and Application Center for supporting this study.

REFERENCES

- Aggrawal, A. (2006). Agrochemical poisoning. *Forensic pathology reviews*, 261-327
- Al-Alam, J., Fajloun, Z., Chbani, A., & Millet, M. (2017). A multiresidue method for the analysis of 90 pesticides, 16 PAHs, and 22 PCBs in honey using QuEChERS-SPME. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 409, 5157-5169.
- Albero, B., Sánchez-Brunete, C., & Tadeo, J. L. (2003). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in honey by matrix solid-phase dispersion and gas chromatography/mass spectrometry. *Journal of AOAC International*, 86(3), 576-582.

- Anonymous, (2023). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara, 2023/37. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2023/11/20231124-5.htm>
- Badertscher, R., Kilchenmann, V., Liniger, A., & Gallmann, P. (2010). Determination of 1, 4-dichlorobenzene, naphthalene and thymol residues in honey using static headspace coupled with GC-MS. *J. ApiProduct & ApiMedical Sci*, 2(3), 78-92.
- Bansal, V., Kumar, P., Kwon, E. E., & Kim, K. H. (2017). Review of the quantification techniques for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in food products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(15), 3297-3312.
- Beyoğlu, D., Omurtag, G.Z. (2007). Occurrence of naphthalene in honey consumed in Turkey as determined by high pressure liquid chromatography. *Journal of Food Protection*, 7, 7-15.
- Bogdanov, S., Ruoff, K., & Oddo, L. P. (2004). Physicochemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review. *Apidologie*, 35(Suppl. 1), S4-S17.
- Bulut, G., Col, M., Derebasi, E., Erturk, O., Guney, F., & Yasar, N. (2014). Physicochemical and Residue Analysis of Honey from Black Sea Region of Turkey.
- Castle, L., Philo, M., Sharman, M. (2004). The analysis of honey samples for residues of nitrobenzene and petroleum from the possible use of Frow mixture in hives. *Food Chemistry*, 84, 643-649.
- Çakar, E., & Gürel, F. (2019). Süzme ve petekli balların pestisit, naftalin ve antibiyotik kalıntıları bakımından karşılaştırılması. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(3), 453-459.
- Dobrinas, S., Birghila, S., & Coatu, V. (2008). Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in honey and propolis produced from various flowering trees and plants in Romania. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(1), 71-77.
- Fazaieli, F., Afshar Mogaddam, M. R., Farajzadeh, M. A., Feriduni, B., & Mohebbi, A. (2020). Development of organic solvents-free mode of solidification of floating organic droplet-based dispersive liquid-liquid microextraction for the extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons from honey samples before their determination by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Separation Science*, 43(12), 2393-2400.
- Gölge, Ö., Hepsağ, F., Kılınççeker, O. (2017). Determination of naphthalene levels of honey in eastern mediterranean region. *Adyütayam* 5(2), 14-23.
- Harizanis, P. C., Alissandrakis, E., Tarantilis, P. A., & Polissiou, M. (2008). Solid-phase microextraction/ gas-chromatographic/mass spectrometric analysis of p-dichlorobenzene and naphthalene in honey. *Food Additives and Contaminants*, 25(10), 1272-1277.
- Iwegbue, C. M., Tesi, G. O., Obi, G., Obi-Iyeke, G. E., Igbuku, U. A., & Martincigh, B. S. (2016). Concentrations, health risks and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in Nigerian honey. *Toxicology and Environmental Health Sciences*, 8, 28-42.
- İzol, E. (2023a). "Phytochemicals in Honey and Health Effects", In Honeybees, Plants and Health, ed. Koçyiğit M., İzol E., Haspolat Y.K., *Orient Publications*, 85-96. ISBN: 978-625-6598-03-4.
- İzol, E. (2023b). "The Place of Bee Products in Functional Medicine", In Functional Medicine Part 2, ed. Haspolat Y.K., Atlı A., Aşır F., *Orient Publications*, 11-16. ISBN: 978-625-6893-11-5.
- İzol, E. (2023c). Bazı Arı Ürünlerinin (Bal, Polen, Propolis, Arı Sütü ve Arı Ekmeği) LC-MS/MS ile Sekonder Metabolitlerinin ve Biyolojik Aktivitelerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi. *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.
- İzol, E., Kaya, E., & Karahan, D. (2021). "Investigation of Some Metals in Honey Samples Produced in Different Regions of Bingöl Province by ICP-MS. *Mellifera* 21(1), 1-17.
- İzol, E., Gülçin, İ., Yılmaz, M.A. (2023). "Health Effects of Honey and Honey Sherbet with Spiritual and Scientific Sources", In Functional Foods, ed. Haspolat Y.K., Kavak V., Asena M., *Orient Publications*, 89-95. ISBN: 978-625-6893-99-3.
- Karacaoğlu, M., Uçak Koç, A., Çerçi, A. (2012). Assessment of naphthalene residues in beeswax foundations stored in windscreen cabinets. *Asian Journal of Animal Science*, 6(1), 42-46.
- Karakaş, G. (2022). Pestisit Kullanımının Bal Verimi Üzerine Etkisi; Panel Veri Analizi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(5), 1163-1167.
- Koltsakidou, A., Zacharis, C. K., Fytianos, K. (2015). A validated liquid chromatographic method for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in honey after homogeneous liquid-liquid extraction using hydrophilic acetonitrile and sodium chloride as mass separating agent. *Journal of Chromatography A*, 1377, 46-54.
- Moliner-Martinez, Y., Herráez-Hernández, R., Verdú-Andrés, J., Molins-Legua, C., & Campíns-Falcó, P. (2015). Recent advances of in-tube solid-phase microextraction. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 71, 205-213.
- Moniruzzaman, M., Rodríguez, I., Rodríguez-Cabo, T., Cela, R., Sulaiman, S. A., & Gan, S. H. (2014). Assessment of dispersive liquid-liquid microextraction conditions for gas chromatography time-of-flight mass spectrometry identification of organic compounds in honey. *Journal of Chromatography A*, 1368, 26-36.

- Muku, C., Güçlü, G., & Selli, S. (2019). Doğu Akdeniz Bölgesi Ballarının Pestisit ve Naftalin Kalıntılarının LC/MS/MS ve HS-SPME GC/MS Teknikleriyle Belirlenmesi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 34(2), 142-148.
- NRC (National Research Council). (2009). Science and Decisions: Advancing Risk Assessment. Washington, DC: National Academies Press. <http://dx.doi.org/10.17226/12209>.
- NTP. (2016). Naphthalene. Report on Carcinogens. 14 th ed. Research Triangle Park, NC: National Toxicology Program, <https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/content/profiles/naphthalene.pdf> [accessed 26 June 2021].
- Queiroz, M. E. C., de Souza, I. D., & Marchioni, C. (2019). Current advances and applications of in-tube solid-phase microextraction. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 111, 261-278.
- Poster, D. L., Schantz, M. M., Sander, L. C., & Wise, S. A. (2006). Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in environmental samples: a critical review of gas chromatographic (GC) methods. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 386, 859-881.
- Russo, M. V., Avino, P., & Notardonato, I. (2017). PAH residues in honey by ultrasound-vortex-assisted liquid-liquid micro-extraction followed by GC-FID/IT-MS. *Food Analytical Methods*, 10, 2132-2142.
- Saitta, M., Di Bella, G., Fede, M. R., Lo Turco, V., Potorti, A. G., Rando, R., ... & Dugo, G. (2017). Gas chromatography-tandem mass spectrometry multi-residual analysis of contaminants in Italian honey samples. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 34(5), 800-808.
- Santos, P. M., del Nogal Sánchez, M., Pavón, J. L. P., & Cordero, B. M. (2019). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in human biological samples: A critical review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 113, 194-209.
- Seidi, S., Abolhasani, H., Razeghi, Y., Shanehsaz, M., & Manouchehri, M. (2020). Electrochemically deposition of ionic liquid modified graphene oxide for circulated headspace in-tube solid phase microextraction of naphthalene from honey samples followed by online liquid chromatography analysis. *Journal of Chromatography A*, 1628, 461486.
- Soria, A. C., Martínez-Castro, I., & Sanz, J. (2003). Analysis of volatile composition of honey by solid phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Separation Science*, 26(9-10), 793-801.
- Şireli, U.T. Ülker, H. (2013). Süzme ballarda GCMS metodu ile naftalin kalıntısının incelenmesi. *Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri*, BAP No: 12H3338002 p:22.
- Tananaki, C., Zotou, A., & Thrasyvoulou, A. (2005). Determination of 1, 2-dibromoethane, 1, 4-dichlorobenzene and naphthalene residues in honey by gas chromatography-mass spectrometry using purge and trap thermal desorption extraction. *Journal of Chromatography A*, 1083(1-2), 146-152.
- Topdemir, A., Okutan, T., Kırmızıakaya, G., Yılmaz, P. D. Ö. (2024). Naftalin Asetik Asit, 6-Benzilaminopürin ve İndol-3-Bütirik Asit Kombinasyonlarının *Actinidia deliciosa* Kallus Gelişimi Üzerine Biyokimyasal Bir Araştırma. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 27(2), 249-260.
- Tosunoğlu, H. (2016). Bursa ilinde satışa sunulmuş balların naftalin kalıntısı yönünden incelenmesi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 15(2), 41-46.
- Tsimeli, K., Triantis, T. M., Dimotikalı, D., & Hiskia, A. (2008). Development of a rapid and sensitive method for the simultaneous determination of 1, 2-dibromoethane, 1, 4-dichlorobenzene and naphthalene residues in honey using HS-SPME coupled with GC-MS. *Analytica chimica acta*, 617(1-2), 64-71.
- Turhan, M., İzol, E. (2023). "Healing Honey and Harmful Pesticides", In 2.International Selçuk Scientific Researches Congress Book p:321-328, October 21-22, Konya, Türkiye.
- U.S. EPA. (2021). Health and Environmental Research Online (HERO) Database for Naphthalene. https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/project/page/project_id/3064 [accessed 15 March 2021].
- Wang, X., Li, X., Li, Z., Zhang, Y., Bai, Y., & Liu, H. (2014). Online coupling of in-tube solid-phase microextraction with direct analysis in real time mass spectrometry for rapid determination of triazine herbicides in water using carbon-nanotubes-incorporated polymer monolith. *Analytical chemistry*, 86(10), 4739-4747.
- Wang, W., Zhang, S., Li, Z., Li, J., Yang, X., Wang, C., & Wang, Z. (2020). Construction of covalent triazine-based frameworks and application to solid phase microextraction of polycyclic aromatic hydrocarbons from honey samples. *Food chemistry*, 322, 126770.
- Yapıcı, İ., İzol, E., Tarhan, A. (2023). "Significant Bioactive Components in Bee Products", In Bee and Bee Products, ed. İzol E., Koçyiğit M., Haspolat Y.K., *Orient Publications*, 1-15.
- Yost, E. E., Galizia, A., Kapraun, D. F., Persad, A. S., Vulimiri, S. V., Angrish, M., ... & Druwe, I. L. (2021). Health effects of naphthalene exposure: a systematic evidence map and analysis of potential considerations for dose-response evaluation. *Environmental health perspectives*, 129(7), 076002.

Global Pistachio Production Forecasts for 2020–2025

Ahmet Semih UZUNDUMLU¹, Veysel PINAR², Nur ERTEK TOSUN³, Hediye KUMBASAROĞLU⁴

^{1,2,3} Ataturk University, Department of Agricultural Economics, ⁴Erzincan Binali Yıldırım University, Department of Marketing and Foreign

¹<https://orcid.org/0000-0001-9714-2053>, ²<https://orcid.org/0000-0001-5064-3758>, ³<https://orcid.org/0000-0002-3475-5888>

⁴<https://orcid.org/0000-0003-0266-3775>

✉: nertek@atauni.edu.tr

ABSTRACT

Using 59 years of pistachio production data between 1961 and 2019, the production data of the leading countries in the 2020-2025 periods were tried to be predicted with the help of the ARIMA time series model. ARIMA (p, d, q) analysis model has been used by obtaining 59 years of production data from the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO). In addition, the data obtained from the Turkish Statistical Institute (TSI), FAO, and the International Trade Centre (ITC) were also used in the comparison of production, export, and import per capita. In the study, the world production data for the period of 2020-2025 were to be estimated with the data between 1961-2019. As a result of the findings obtained, according to the data obtained in the world, Iran, USA, Turkey, China, and Syria, an increase in production is foreseen in all countries and the world where studies are carried out in pistachio production. While the share of the five countries, which are the leaders in Pistachio production between 1961 and 2019, in the total world production is 97.99%, the share of Pistachio production between 2020-2025 in the total production is expected to be 97.51%. While the share of Iran and Syria from these five countries in world production will decrease, the share of the USA, Turkey, and China will increase. The two leading countries in pistachio exports are Iran and the USA. The fact that Germany, which does not influence production, has a significant share in both exports and imports brings to mind the derivative demand situation. Turkey, Iran, and Syria can create a better marketing strategy by reducing imports to Germany and increasing exports to European Union countries.

Agricultural Economics

Research Article

Article History

Received : 29.11.2023

Accepted : 11.02.2024

Keywords

ARIMA model

World

Leader countries

Predict

Pistachio

2020-2025 Yılları için Dünya Geneli Antepfıstığı Üretim Tahminleri

ÖZET

1961-2019 yıllarını kapsayan 59 yıllık antepfıstığı üretim verileri kullanılarak, önde gelen ülkelerin 2020-2025 dönemindeki üretim verileri ARIMA zaman serisi modeli yardımıyla tahmin edilmeye çalışılmıştır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nden (FAO) 59 yıllık üretim verileri alınarak ARIMA (p, d, q) analiz modeli kullanılmıştır. Ayrıca kişi başına üretim, ihracat ve ithalat karşılaştırmalarında Türkiye İstatistik Kurumu (TSİ), FAO ve Uluslararası Ticaret Merkezi'nden (ITC) elde edilen veriler de kullanılmıştır. Çalışmada 1961-2019 yılları arasındaki verilerle 2020-2025 dönemine ait dünya üretim verileri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen bulgular sonucunda dünyada İran, ABD, Türkiye, Çin ve Suriye'de elde edilen verilere göre antepfıstığı üretiminde çalışma yürütülen tüm ülkelerde ve dünyada üretim artışı öngörülmüştür. 1961-2019 yılları arasında antepfıstığı üretiminde lider olan beş ülkenin toplam dünya üretimindeki payı %97,99 iken, 2020-2025 yılları arasında %97,51 olması beklenmektedir. Bu beş ülkeden İran ve Suriye'nin dünya üretimindeki payı azalırken, ABD, Türkiye ve Çin'in payı artacaktır. Antepfıstığı ihracatında lider iki ülke İran ve ABD'dir. Üretimde hiçbir etkisi olmayan Almanya'nın da

Tarım Ekonomisi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 29.11.2023

Kabul Tarihi : 11.02.2024

Anahtar Kelimeler

ARIMA modeli

Dünya

Lider ülkeler

Tahmin

Antepfıstığı

hem ihracatta hem ithalatta önemli bir payının olması türev talep durumunu akla getirmektedir. Özellikle Türkiye, İran ve Suriye Almanya'ya yapılan ithalatı azaltıp, Avrupa Birliği ülkelerindeki ihracatlarını artırarak daha iyi bir pazarlama stratejisi yapabilirler.

Atıf İçin : Uzundumlu, A.S., Pınar, V., Ertek Tosun, N. & Kumbasaroğlu, H. (2024). 2020-2025 Yılları için dünya geneli antepfıstığı üretim tahminleri. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (5), 1105-1115. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1397897.

To Cite: Uzundumlu, A.S., Pınar, V., Ertek Tosun, N. & Kumbasaroğlu, H. (2024). Global pistachio production forecasts for 2020–2025. *KSU J. Agric Nat* 27(5), 1105-1115. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1397897.

INTRODUCTION

Pistachio (*Pistacia vera* L.) is an edible nut fruit belonging to the gum-tree (*Anacardiaceae*) family, and it is produced in a low number of countries due to its microclimate feature (Yavuz, 2011).

Pistachio, which is considered a nut with nutritional properties, contains fatty acids, minerals, vitamins, sterols, and phenolic compounds (Brufau et al. 2006). Pistachio is getting to attend to consumers with fresh, roasted, and salted snacks. In addition, it is used in cakes, confectionery products, desserts, biscuits, ice creams, chocolates, sausages, and sauces (Kahyaoglu, 2008; Hojjati et al. 2015). It supports the increase of blood flow by providing flexibility in blood vessels in some studies. Therefore, it is effective in the prevention of coronary heart disease and many cancers, has a low glycemic index, improves the tolerance of the body to carbohydrates with a high glycemic index, does not pose a risk of obesity despite being a high-energy food, strengthens the immune system, contributes cell maintenance and regeneration, but sometimes causes allergic reactions in children (Caglar et al. 2017).

According to the 2020 data, just about 1.13 million tons of pistachios were produced worldwide, and the highest producers of them were the USA with 42.12%, and Turkey with 26.33%. These two countries were followed by Iran, China, and Syria, with a percentage of 16.88, 7.13, and 6.17, respectively. While these five countries got approximately 98.64% of the world's pistachio production, other countries include Madagascar, Tunisia, Afghanistan, Australia, Kyrgyzstan, Uzbekistan, Jordan, Pakistan, Mexico, Morocco, and Azerbaijan produce the remaining 1.36% (FAO, 2022).

According to averages of 2016-2020 export data, 43.92% of the world's 422,731 tons of pistachio exports were realized by the USA, 24.79% by Iran, 13.74% by Hong Kong, 3.42% by Germany, and 2.28% by the United Arab Emirates. Among the leading producers, Turkey had a share of 2.07%, Syria 0.84%, and China 0.57%. Based on the records in the same period, the average pistachio import amounts were realized as 367,615 tons in the world annually. Hong Kong was the largest importer with 20.39%, followed by China with 17.34%, Germany with 11.54%, Italy with 4.34%, India with 4.09%, and the United Arab Emirates with 3.59%

(FAO, 2022).

The time series is based on the fact behavior of the data measured in the past years and iterates in a similar vein in the future. They forecast that a variation applied to a model would make a similar difference in the future (Kaynar and Tastan 2009). Such series are widely used for future forecasts by many scientific disciplines. In addition to the fact that the correctness of estimation helps legislators make more accurate decisions in terms of a macro perspective, such time series in micro terms are very significant in reducing future concerns of enterprises and protecting their capital. In the literature, there are so models used in the time series (Ataseven 2013). The most used time series are moving averages, exponential smoothing, and trend analysis. One of these models is the autoregressive integrated moving average (ARIMA) model (Kobu 2017).

There are very few studies in the literature on forecasting pistachio production and export values. In some studies, conducted it was aimed to determine the factors influencing the production and export of hard-shelled nuts. In these studies, Zheng and Saghaian (2011) identified the main factors influencing the export demand for pistachios. Boshraabadi and Javdan (2012) examined the world pistachio market and Iran's situation in this market; Karacan and Ceylan (2017) investigated the market situation of Turkey in terms of pistachio production amount and area among producing countries. On the other hand, Salami and Mafi (2018) developed a forecasting model to predict the export prices of Iran pistachio in the future. Sacti and Kilci (2016) established an ARIMA model for Turkey's walnut production predictions in the 2015-2019 periods; Baser et al. (2018) forecasted Turkey's chestnut production and exports for the next five years with an ARIMA model. In addition, the ARIMA time series model was used by various researchers. Bars et al. (2018) investigated the current situation of hazelnut markets in the world and Turkey. Uzundumlu et al. (2019) forecasted the data for the 2019-2025 production period of ten provinces that have a say in hazelnut production in Turkey. Kilic and Turhan (2020) made forecasts regarding Turkey's hazelnut exports for the 2019-2023 production period, and Uzundumlu et al. (2022) predicted the production and export values of the leading countries in hazelnut production in the world.

This study aimed to predict the production amounts of the leading countries for the 2020-2025 periods period with the help of the ARIMA model, using the world's pistachio production values between 1961 and 2019. In addition, a quantity of increase in production per capita was forecasted based on the data of the leading pistachio-producing countries for the 1961-2019 period.

MATERIALS and METHODS

Materials

The values used in this study are secondary data taken from FAO and ITC. Apart from the data obtained from these international references used as various domestic and foreign internet data, proceedings, journals, reports, papers, and theses in this study. They are related to obtaining data, and future forecasting methods include pistachio production, consumption, export, and import.

Methods

The data relating to the world's pistachio production were obtained from the FAO database. Also, the ARIMA time series model was used to forecast the production amounts for the future six years in the five countries with the highest pistachio production in the 1961-2019 year. The SAS 9.4 statistical software package program was employed to calculate the statistical data to be applied to the ARIMA time series model. Accounting mathematical processes and preparing tables/graphics using the Microsoft Excel program.

ARIMA models

Time series forecasting is the predicting process of future data by analyzing a set of historical data arranged in chronological order with a statistical model (Panigrahi and Behera, 2017). The ARIMA

where y_t = the value to be forecast at time t ,

$y_{(t-p)}$: shows the variable values
at different lag times

y_{t-1} : value realized one step before time t ,

y_{t-2} : value realized two steps before time t ,

y_{t-3} : value realized three steps before time t ,

$a_0, a_1, \dots, a_p$ → coefficients of the AR model,

ε_t → shows the sum of error values (Uzundumlu et al. 2021 and Uzundumlu et al. 2022).

When $\gamma(q) > 0$ for $h > q$, y_h (auto common variance function) is stationary and the mean of the MA (q) model is zero, the equation of the moving average series at the q^{th} level is given below (Yesilyayla 2013).

$$y_t = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2)$$

y_t : current data,

ε_t : error terms of the current period,

ε_{t-1} : Error terms of the previous period and

model proposed by Box and Jenkins (1973) in the early 1970s is one of the best-known and most successful linear statistical models for time series estimation (Reinsel, 1994). The full name is the Autoregressive Integrated Moving Average model is a time series forecasting approach used to predict the future value using its past variable values (Alabdulrazzaq et al., 2021). The ARIMA time series models follow a three-stage iterative procedure (Box et al., 2016). Those are stationary time variable models (ARMA), non-stationary variable time models (ARIMA), and seasonality-exponential smoothing models (SARMA). Stationary time series have no patterns according to time, on the other hand, non-stationary time series includes a design known as seasonality. Thence the mean and variance of non-stationary data are not constant in time. It eliminates trends and seasonality by removing changes at the time series level with the difference-taking procession and then uses the data obtained for forecasting. (Arunkumar et al. 2021).

Before developing statistical models based on the ARIMA time series, the data is checked for compliance with a set of hypotheses. These hypotheses are that the data are stationary according to time and have a normal distribution and non-anomalies or contradictions in the data no deficiency in the data (Hasmda, 2009). The ARIMA (Box-Jenkins) model is used in time series forecasting and it is carried out in three stages: determination, estimation, and application of the model (Palabicak, 2019). Before commencing data processing of the ARIMA time series model, the time series data were recorded as t , t_1 , t_2 , and t_3 in four different columns in the Microsoft Excel program, and the first, second, and third difference processions were applied at t_1 , t_2 , and t_3 .

Expressing the automatic regression AR(p) can be written as the following formula, (SAS, 2014; Cihan, 2021).

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + \dots + a_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (1)$$

θ : refers to unknown parameters

Stationary or not-stationary of series determined with white noise ε_t If it has a mean of 0 and a constant variance, WN (0, σ^2), is getting stability. The Dickey-Fuller test is used to determine a unit root test in the series that if they have one or more unit roots, the series will be non-stability (Uzundumlu and Dilli, 2022).

If the ARMA model is stationary, it transforms into the

ARIMA model (Çelik, 2013).

Kadilar (2009) expressed the ARIMA model as in formula 5.

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + \dots + a_p y_{t-p} + \varepsilon_t - a_1 \varepsilon_{t-1} - a_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - a_q \varepsilon_{t-q} \quad (3)$$

$$y_t (a_0 + a_1 y_{t-1} + \dots + a_p y_{t-p}) * (1 - B)^d + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (4)$$

$$(1 - a_1 B^1 - a_2 B^2 - \dots - a_p B^p) * (1 - B)^d y_t = (1 - \theta_1 B^1 - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) \varepsilon_t \quad (5)$$

The most suitable models were determined according to the results of AIC (Akaike Information Criterion), BIC (Bayesian Information Criterion), DW (Durbin Watson Test), HQC (Hannan-Quinn Criterion), MAE (Mean Absolute Error), MAPE (Mean Absolute Percentage Error), SSE (Sum of Squared Estimate of Errors), MSE (Mean Squared Error), RMSE (Root Mean Square Error), SBC (Schwarz's Bayesian Criterion), and R² (Coefficient of Determination) in this study. In general, it is desired that DW be close to 2.00 and R² value close to 1.00, while the smallest values in AIC, BIC, HQC, MAE, MAPE, SSE, MSE, RMSE, and

The equation to be applied to the ARMA model is given below.

SBC constitute the best model. The model that met most of these 11 criteria was accepted as the most suitable model (Pinar, 2021; Uzundumlu and Dilli, 2022).

RESEARCH and DISCUSSION

Pistachios productions were realized and predicted worldwide in the period 1961-2025

Table 1 shows consideration of the data of 1961-2020 FAOSTAT, the ranking of four leading countries in apricot production worldwide were compared in ten-year periods.

Table 1. The pistachios of leading countries according to the pistachios production of realized and estimated in 10-year periods.

Çizelge 1. Antepfıstığı üretiminde önde gelen ülkelerin 10'ar yıllık dönemler itibariyle gerçekleşen ve tahmin edilen antepfıstığı üretimleri

Years	HI	CR ₁	CR ₂	CR ₃	CR ₄	Ranking of Leading Countries	Number of Countries
1961-1970	0.26	33.91	30.78	21.19	5.92	Iran, Turkey, China, Italy	6-7
1971-1980	0.27	40.91	23.15	20.26	6.74	Iran, Turkey, China, Syria	7-12
1981-1990	0.36	56.66	12.14	11.79	9.76	Iran, Turkey, USA, China	13-14
1991-2000	0.34	54.23	17.08	12.59	6.43	Iran, USA, Turkey, China	16-20
2001-2010	0.26	41.68	25.13	13.90	9.17	Iran, USA, Turkey, Syria	20-21
2011-2020	0.26	34.11	32.83	15.89	8.88	Iran, USA, Turkey, China	17-21
2021-2025*	0.29	38.91	31.99	14.37	11.38	USA, Iran, Turkey, China	17-21

Source: FAOSTAT, 2023.

Note: 1977-2019 years were taken into consideration in the production estimation.

* Estimation values made with the ARIMA model

HHI: Herfindahl-Hirschman Index

CR1, CR2, CR3, CR4: condensation rates of 4 leading countries in pistachios production

There were only seven countries producing pistachios in the years the 1960s. According to the amount of production, these countries are Iran, Turkey, China, Italy, Syria, Greece, and Tunisia, respectively. In terms of the concentration ratio, the share of the first four countries is 91.8%, and the percentage of the first five countries is 96.9%. The fact that the Herfindahl-Hirschman index (HHI) of the market is 2581.52 (0.26) indicates that the market is an oligopoly market, and the leader of the market concentration is Iran. Supporting this finding, the study conducted by Boshrahadi and Javdan, (2012) emphasized that Iran's share in exports decreased due to the increase in the percentage of its rivals, the USA and Turkey, in the world market and that the market structure continues as an oligopoly formed by four dominant countries.

After the 1970s, the number of producing countries started to rise gradually, and Italy lost its fourth place to Syria in the 1970s and the 2000s to China in other years. Also, there was no pistachio production in Italy,

Spain, and Greece between 2017 and 2020. The USA has been in production since 1977, has gradually increased its production, and risen the second place since the 90s, and it is expected to be the leader of the sector in the 2020s. Although Turkey generally ranks second, with the start of production in the USA, it dropped to third place, and in some periods, it ranked second by producing more than Iran. After 2020 years, the conspicuous countries in production are the USA, Iran, Turkey, China, and Syria. This data indicates that the shares of the first five countries will continue to come close to each other, and the percentage of the fourth and fifth-ranked countries in production will exceed 10%. Asadi et al. (2018) stated that the USA and Turkey reduced the share of Iran's pistachio trade market that was 77% in 1980 to 48% by 2020 and that the market share of the first four countries will drop to 74.67% by 2020 from 92% in the 1980s. Unlike these results, it is forecast that the percentage of the first four countries will be above 95% in the present study.

Difference between actual and forecasted values

Data on pistachio production in the world and leading countries

Table 2 presents the differences and deviations between the actual pistachio production amounts and those forecasted based on the ARIMA model for the world and the five leading countries in the 1962-2019 period.

Approximately 357.42 thousand tons of pistachios annually were produced worldwide in the 1962-2019

production period. The forecasted production value in the world could be 357.90 thousand tons in the same period. According to the ARIMA (1, 1, 2) time series model, it was determined by the analysis that there is a deviation of 0.13% between the predicted value and the actual value regarding the world pistachio production. Asadi et al. (2018) determined that the ARMA (1, 4) model was the most appropriate model to forecast the share of four countries in the pistachio market.

Table 2. Deviations between the realized and the ARIMA model estimation of average pistachio production for the 1962-2019 period (thousand tons*years⁻¹)

Çizelge 2. 1962-2019 dönemi ortalama fıstık üretiminin ARIMA modeli tahmini ile gerçekleşen tahmini arasındaki sapmalar (bin ton yıl⁻¹)*

Countries	Model	Realized (A)	Estimation (B)	Deviation (%) (100*(B-A)/A)
Iran	1,1,1	157.6406	164.9599	4.64
USA	1,1,0	114.7591	114.8689	0.09
Turkey	1,1,1	50.37731	50.49623	0.24
China	1,1,1	31.27369	31.04675	-0.73
Syria	2,1,2	22.82528	22.84867	0.10
Others Countries	2,1,1	12.16262	12.1887	0.21
World	1,1,2	357.4169	357.8956	0.13

Note: 1978-2019 years were taken into consideration in the production estimation of the USA.

157.64 thousand tons with the annual average pistachio production Iran leads worldwide in the 1962-2019 production period. In the same period, the predicted pistachio production amount in Iran was determined to be approximately 164.96 thousand tons. The ARIMA (1, 1, 1) time series model indicated that the deviation between the forecasted value of Iran and the actual value was determined to be 4.64%. Asadi et al. (2018) reported that the ARIMA (2, 1, 3) was the most appropriate model for forecasting Iran's share in the pistachio market. In addition, Pakravan and Kavoosi (2011) calculated the Revealed Comparative Advantage (RCA) Index based on agriculture and total economy exports separately and made forecasts with the use of ARIMA (3, 1, 3) and ARMA (2, 1) approaches for the years from 2008 to 2013.

114.76 thousand tons of pistachio were produced per year in the USA in the 1978-2019 period. On the other hand, the ARIMA model used in the present study predicted the pistachio production in the USA as 114.87 thousand tons in the same period. The calculations found there was a deviation of 0.09% in terms of the USA pistachio production between the value predicted by the ARIMA (1, 1, 0) time series model and the actual value. Pakravan and Kavoosi (2011) forecasted the effect of pistachio on the agricultural and total economy exports of the USA with the RCA Index for the years 2008-2013 by using the ARIMA (3, 1, 2) and ARIMA (3, 1, 3) approaches.

50.38 thousand tons of pistachios were produced

annually in Turkey in the 1962-2019 production period. The pistachio production forecast of Turkey in the same period was determined to be 50.50 thousand tons. Based on the ARIMA (1, 1, 1) time series model, the forecasted and actual value among deviation was detected to be 0.24% in Turkey. Pakravan and Kavoosi (2011) used the ARMA (3, 1) and ARMA (3, 2) approaches to forecast the effect of pistachio on the agricultural and total economy exports of Turkey with the RCA index for the years between 2008 and 2013, whereas Celik (2013) employed an ARIMA (2, 1, 0) model in forecasting pistachio production. Oztep and Isin (2023) predicted that Turkey's pistachio production in 2022 will increase by 58.93% compared to 2021, reaching 189,697 tons. They predicted that pistachio production would be 130,100, 168,100, 105,982, and 132,166 tons in 2023 and 2026, respectively.

China produced annually 31.27 thousand tons in the 1962-2019 production period. It was forecasted in the present study that annual production was predicted to be 31.05 thousand tons in the same year. The deviation between the value forecasted based on the ARIMA (1, 1, 1) time series model and the actual value for China was found to be -0.73%.

The average annual pistachio production in Syria between 1962 and 2019 is 22.83 thousand tons. An average of 22.85 thousand tons of pistachio was predicted to be produced in the same years. It was determined that there is a 0.10% deviation between the

value forecasted by the ARIMA (2, 1, 2) time series model and the actual value.

Other pistachio-producing countries produced on average in the 1962 and 2019 periods. The predicted pistachio production was 12.19 thousand tons in the same period. For the pistachio production amounts of other countries, the deviation between the values forecasted based on the ARIMA (2, 1, 1) time series model and the actual value was observed to be 0.21%.

As a result, according to the production data in Table 2, while the highest deviation occurs in the data of Iran and China, the lowest deviation is observed in the data of Syria and Turkey. Iran and the USA are the countries with the highest average production of 2020-2025 period.

pistachios in the world, followed by Turkey, China, and Syria, respectively. Among those five countries, Syria has the annual lowest production amount. According to the forecasted values, the USA and Iran will be the countries with the highest average production, whereas Syria will have the lowest average production amount.

Comparison of the world shares of the five leading countries in production according to periods

In Table 3, a comparison was made considering the world production shares between the 1961-2019 production data of the five leading countries in pistachio production and the forecasted data for the

Table 3. The shares of the five producing countries in world pistachio production and the differences between the two periods (%)

Çizelge 3. Beş üretici ülkenin dünya fıstık üretimindeki payları ve iki dönem arasındaki fark (%)

Countries	A (1961-2019)	B (2020-2025)	Difference (B_A)
USA	24.65	37.94	13.29
Iran	44.11	30.73	-13.38
Turkey	14.09	14.43	0.34
China	8.75	10.81	2.06
Syria	6.39	2.49	-3.9
The share of the five countries	97.99	97.51	-0.48

Note: 1978-2019 years were taken into consideration in the production estimation of the USA

In the world pistachio production, the share of the five countries in the 1961-2019 production period is 97.99%. However, it is predicted that this rate will be decreased to 97.51% in the 2020-2025 years. Accordingly, a decrease of 0.48% is forecasted to occur in the shares of the five countries. The highest production increase is predicted to happen in the USA with 13.29%, followed by China with 2.06% and Turkey with 0.34%. Also, the highest production decrease is expected to occur in Iran at 13.38% and with 3.9% in Syria. As stated by Razavi (2010), Iran has a share of more than 50% of world pistachio production and carries out 66% of its production in the provinces of Kerman and Rafsanjan. However, its market share has gradually decreased as the USA has achieved a breakthrough since the '90s (Table 1). Almadani (2014) reported that Syria ranked second after Turkey among the Mediterranean countries in pistachio production in the 2000s, producing 13% of the total global market at that time, and half of Syria's cultivation area and 60% of its production was concentrated in the provinces of Hamah and Idlib. However, according to the statement made by Bayram and Gok (2020), because of the war in some periods of the 2010s, its production amount has decreased by 50 percent.

Looking at the countries that raise their production, it is seen that the USA has been in pistachio production

since 1977 and has become one of the leading producer countries, especially since the 90s. Of the USA production, 99.3% is harvested in California where more than 92% of the production was obtained in Kern, Madera, Fresno, Kings, and Tulare counties in California's southern San Joaquin Valley, the remaining 0.7% is provided by the states of New Mexico and Arizona (Acpistachios, 2021). The USA is expected to be the leader in the world in the 2020s. Because both tend towards varieties with high yield and an increase in their cultivation area. China is expected to increase its share of production by approximately 2.1% in the 2020s. Which is generally known as the country that imports this product from Iran and the USA. As reported by the USDA (2019), China has planted pistachio trees on approximately 4,000 hectares in the Xinjiang (Uyghur) region in the northwest of the country, most of these pistachio plantings are for experimental purposes and it would take time for China to determine the appropriate varieties and farming technology to achieve commercial pistachio production. Another leading country is Turkey. That has increased albeit slightly its market share, it has decreased in some periods, with the increasing influence of the USA in the market, and it is predicted that it will maintain its market share in the next six years. Eighty-five per cent of

approximately 300,000 tons of pistachios produced in Turkey in 2020 were harvested from the provinces of Sanliurfa (42%), Gaziantep (34%), and Siirt (9%) (AEPDI, 2022). In addition, Aydogdu et al. (2020) reported that the production of Adiyaman Province exceeded that of Siirt Province and that the production of these four provinces accounts for 95% of Turkey's total production. Sharp decreases have been seen in Turkey's pistachio production in some years. As also stated by Nurbaki et al. (2021) the most important reasons for these decreases are the unfavorable effects of the climate, non-irrigation of pistachio gardens as periodicity. The total production shares of the USA, Iran, and Turkey are predicted to be approximately 85% in the 2021-2025 period, these three countries have the same value in 2020.

According to the USDA's assessments (2021 and 2022a) regarding global pistachio production in 2021-2022, the decreases in pistachio production in Iran and Turkey will be compensated by the USA whose cultivation area and yield have increased in recent years, and thus world pistachio production will be balanced.

Comparison of the average pistachio production of the leading countries in pistachio production between 1961-2019 and 2020-2025

Table 4 shows the percentage changes in pistachio production of the leading producing countries in the 2020-2025 period compared to the 1961-2019 period.

Table 4. Comparison of pistachio production of the five countries between the periods (thousand tons)

Çizelge 4. Beş ülkenin fıstık üretiminin dönemler arası karşılaştırılması (bin ton)

Countries	Model	1961-2019 (A)	2020-2025 (B)	Change 100*(B-A)/A
USA	1,1,0	114.76	425.61	270.87
Chinese	1,1,1	31.27	121.31	287.92
Syria	2,1,2	22.83	40.28	76.49
Iran	1,1,1	157.64	344.76	118.70
Turkey	1,1,1	50.38	161.93	221.43
Other Countries	2,1,1	12.16	27.91	129.44
World Total	1,1,2	357.42	1,078.49	201.75

Note: 1977-2019 years were taken into consideration in the production estimation of the USA

While the world average annual pistachio production was around 357.42 thousand tons in the 1961-2019 production period, it is expected to be 1.07849 million tons in the 2020-2025 period. Based on the analysis performed, it is predicted that pistachio production in the 2020-2025 production period will increase by 201.75% on average, compared to the 1961-2019 production period data. When the forecasted pistachio production data of the five largest producing countries for the 2020-2025 period and the production realized in the 1961-2019 period are compared, it is predicted that when listed from largest to smallest, the production will increase by 287.92% in China, by 270.87% in the USA, by 221.43% in Turkey, by 118.70% in Iran, by 76.49% in Syria and by 129% in other countries. Among these five countries, China, the USA, and Turkey are expected to have a higher increase than the average increase in the world (201.75%). USDA (2019-2022a) explained that the USA and China are expected to achieve a significant production increase by developing varieties with higher yields and expanding their cultivation areas.

Comparison of production per capita of producer countries

Table 5 shows the per capita and total pistachio production of the world and the leading countries in the 2020-2025 period compared to the 2019 and 1961-

2019 period.

The pistachio production per capita, which is very low in all leading producing countries, tends to increase, and an increase of 0.011-0.9 kg is predicted. According to the 2019 production values, Iran has the highest per capita production value with 4 kg, expecting it will reach an average of 4.1 kg in 2020-2025, with an increase of 0.1 kg. Turkey's pistachio production per capita is 1 kg according to the 2019 data, forecasting that this value will increase to 1.9 kg on average in 2020-2025 and that the country will have the highest increase rate with an increase of 0.9 kg. On the other hand, Syria with 2.4 kg of production per capita will reach the highest value after Iran. The pistachio production per capita in China is 0.075 kg; it is expected that this value will rise to an average of 0.086 kg in 2020-2025 with an increase of 0.011 kg. Considering the world pistachio production averages of 10 years provided by FAOSTAT (2022), production increased by 147.6% in the 1970s, 169.2% in the 1980s, 92.4% in the 1990s and 37.7% in the 2000s, and 66.5% in the 2010s. The present study predicts that there will be a production increase of 19.4% in the 2021-2025 period compared to the average of the previous decade. The 10-year averages of the World Bank (2022) reveal that the world population increased by 21.7%, 19.7%, 17.5%, 13.8%, and 12.4%, respectively, in the same period. It is predicted according to the FAO population

projections that the world population will increase by 8.5% in 2021-2025 compared to the average of the previous decade. That is the increase in pistachio production, which is twice as much as the population growth in the last 30 years, will also continue in the 2020s likewise. When the per capita consumption of pistachios in 2000 is compared to that in 2020, the per capita consumption value [(production + import-export)/(population value)] calculated based on the FAOSTAT data (2022) increased from 88 gr to 140 gr in the world, from 337 gr to 900 gr in the USA from 1.2 kg to 3.5 kg in Turkey and from 2.3 kg to 3.8 kg in

Syria. The average consumption per capita in Iran, on the other hand, is 2.8 kilograms based on the 1961-2019 data, the consumption value in 2019 was 3.1 kg, and it decreased to 690 g due to the low production and rise in exports in 2020. According to the TURKSTAT data (2022), the consumption in Turkey increased from 1 kg to 3 kg, whereas the USDA (2022b) indicated that the consumption increased from 100 g to 280 g in the USA. As understood from these data, the increase or decrease in production due to the effect of periodicity in some years can cause a high consumption variation in successive years.

Table 5. Comparison of per capita pistachio production of the world and the five leading countries

Çizelge 5. Dünya ve önde gelen beş ülkenin kişi başına fıstık üretiminin karşılaştırılması

Countries	Variables	1961	2019	1961-2019 (Avr.)	2020-2025 (Avr.)
World	A	20,714	911,829	357,417	1,078,490
	B	0.0069	0.12	0.067	0.14
Iran	A	6,000	337,815	157,641	344,760
	B	0.27	4.0	3.2	4.1
USA	A	2,087	335,660	114,760	425,610
	B	0.0095	1.0	0.43	1.3
Turkey	A	5,280	85,000	50,377	161,930
	B	0.19	1.0	0.97	1.9
China	A	4,000	106,155	31,273	121,310
	B	0.0062	0.075	0.039	0.086
Syria	A	2,000	31,813	22,825	40,280
	B	0.44	1.9	1.7	2.4

Note1: A=Pistachio Production (ton)and B=Pistachio Production Per Capita (kg)

Note2: 1978-2019 years were taken into consideration in the production estimation of the USA

When looking closely, it is seen that the pistachio production and consumption per capita over the years have increased, and the largest exporters, the USA and Iran, share almost all its exports, that of the other producing countries, Turkey and Syria, also have a share, albeit small, in exports. On the other hand, China, one of the major producers, comes to the forefront with its imports rather than exports. Karacan and Ceylan (2020) indicated that although Iran and the USA are two unrivalled countries in exports, Turkish and Iranian pistachios, due to being snacks, are preferred for individual consumption over USA pistachios. They explained this situation by the fact that the increased income in the importing countries leads to the export revenues of Turkey and Iran increasing and that of the USA decreasing. In addition, Pakravan and Kavoosi (2011) stated that Turkey and Iran had a comparative advantage in pistachio exports between the years 1982 and 2007, however, the USA, after implementing policies to promote pistachio exports in the last six years, can increase its share in the market in Iran and Turkey. They remarked that the US pistachios are concentrated in Shanghai and

Beijing and Iranian pistachios in other cities in the market, viewing China, one of the other producing countries, as an importing country. Also, Xu and Wang (2014) expressed that a Chinese supplier used a toxic chemical to colour pistachio's purpose to make them look attractive and that California pistachios were unsafe because of salmonella contamination. According to the ITC (2022), China accounts for almost 50% of Iran's pistachio market, other important markets are India, Russia, Iraq, Turkey, Germany, United Arab Emirates, and Kazakhstan. The USA, another important exporter, sells nearly 30% of its exported pistachio to China, 15% to Germany, 13% to Belgium, and 10% to Hong Kong. Germany, an important importer of Pistachio, creates derivative demand for this product in the case of hazelnuts and generally exports the imported product to European Union countries.

CONCLUSION and RECOMMENDATIONS

While there were seven countries producing pistachios in the world in 1961, and this number reached 21

countries in the 2020s. With the USA starting production in the 1980s, Iran's share in world production has gradually decreased. Accordingly, in recent years, the production shares of the countries ranked fourth and fifth have exceeded 10%, so they have expanded their market shares. However, the pistachio production percentage in these countries is expected to decrease from 98% to 97.5% from 1961-2019 to the 2020-2025 period. It can be possible for the USA and China, which are among the leading producing countries, to share the first two places in production in the future by researching to develop varieties with high yields. On the other hand, since countries such as Turkey and Iran meet the demand for high-income consumer preferences, they contribute more to the country's economy by exporting more during periods of high production. Thus, with the contribution of the income obtained, these two countries may strive to take a step forward in competition with the USA by increasing yield and quality.

Having high economic value and benefit is a reel factor in the fact that the world pistachio production doubles every ten years. This situation is explained by the gradual increase in technological studies, the expansion of cultivation areas in leading producing countries, as well as carrying many trial methods into practice for producers to grow more products. However, the USA and China will need studies demonstrating their research to develop effective marketing strategies and rebuild consumer trust. The two leading countries in pistachio export are Iran and the USA. The fact that Germany, which does not influence production, also has a significant share of both exports and imports brings to mind the derivative demand situation. It can be possible for Turkey, Iran, and Syria to increase exports to other European Union countries by reducing their exports to Germany. In conclusion, the pistachio market is an oligopoly market, and the countries in the market where need to follow each other's practices.

Acknowledgements

The authors wish to thank the FAOSTAT for data. These data were used in the graduate thesis of one of the authors of this article, Veysel Pinar.

Statement Contribution of the Authors

All authors contributed to the writing of the article. Author #1 and Author #2 have contributed to the compilation and preparation of the data, while Author #1 and Author #3 have translated the article in English and Author #1 and Author #4 did the language spelling check. Author #1 and 3 submitted the article by writing all correspondence and revisions.

Conflicts of Interest

None declared.

REFERENCES

- Acipistachio, (2021). Pistachio-Statistics of USA. <https://acipistachios.org/wp-content/uploads/2021/01/2020-Pistachio-Statistics.pdf>. Accessed Date: 23.04.2022.
- AEPDI, (2022). Agricultural Products Markets. Pistachios, Agricultural Economy and Policy Development Institute, Ankara Turkey. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Menu/27/Tarim-Urunleri-Piyasalari>. Accessed Date: 21.04.2022.
- Alabdulrazzaq, H., Alenezi, M.N., Rawajfih, Y., Alghannam, B.A., Al-Hassan, A.A. & Al-Anzi, F.S. (2021). On the Accuracy of ARIMA Based Prediction of COVID-19 Spread. *Results in Physics*. 27, 104509, 1-17. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211379721006197>
- Almadani, M.I.N. (2014). *Risk Attitude, Risk Perceptions and Risk Management Strategies: An Empirical Analysis of Syrian Wheat-Cotton and Pistachio Farmers*. [Ph.D. thesis, Georg-August-University, The International Ph.D. Program for Agricultural Sciences in Gottingen (IPAG) at the Faculty of Agricultural Sciences].
- ArunKumar, K.E., Kalaga, D.V., Kumar, C.M.S., Chilkoor, G., Kawaji, M. & Brenza, T. M. (2021). Forecasting the Dynamics of Cumulative Covid-19 Cases (Confirmed, recovered and Deaths) for Top-16 Countries Using Statistical Machine Learning Models: Auto-Regressive Integrated Moving Average (ARIMA) And Seasonal Auto-Regressive Integrated Moving Average (SARIMA). *Applied Soft Computing*. 103, 107161, 1-26. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568494621000843>
- Asadi, E. (2018). Forecasting the global Market Behavior of Pistachio. *American Academic Scientific Research Journal for Engineering, Technology and Sciences*. 44(1), 191-197. <https://core.ac.uk/download/pdf/235050634.pdf>
- Ataseven, B. (2013). Forecasting by Using Artificial Neural Networks. *Oneri*. 10(39), 101-115. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/165799>
- Aydogdu, M.H. Sahin, Z., Sevinc, M.R., Cancelik, M., Dogan, H.P. & Kucuk, N. (2020). Analysis of Recent Trends in Pistachio (*Pistacia vera* L.) Production in Turkey. *International Journal of Humanities and Social Science Invention*. 9(3), 40-46. [https://www.ijhssi.org/papers/vol9\(3\)/Series-1/F0903014046.pdf](https://www.ijhssi.org/papers/vol9(3)/Series-1/F0903014046.pdf)
- Bars, T., Ucum I. & Akbay, C. (2018). Turkey Hazelnut Production Projection with ARIMA Model. *KSU J. Agric Nat. (Special Issue)* 21, 154-160. <http://dogadergi.ksu.edu.tr/tr/download/article->

- file/617211
- Baser, U., Bozoglu, M., Eroglu N.A. & Topuz, B.K. (2018). Forecasting Chestnut Production and Export of Turkey Using ARIMA Model. *Turkish Journal of Forecasting*. 2(2), 27-33. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/622527>.
- Bayram, M. & Gok, Y. (2020). The effects of the War on the Syrian Agricultural Food Industry Potential. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 8(7), 1448-1462. <http://www.agrifoodscience.org/index.php/TURJAF/article/view/3278n>
- Boshrabadi, H.M. & Javdan, E. (2012). Forecasting World Market Structure of Iran's Pistachio Exports. *Journal of Life Sciences*. 6(6), 701-707. https://www.researchgate.net/profile/Ogunjimi-Lucas/publication/247158805_Efficient_School_Health_Services_and_Sport_Participation_among_Nigerian_Universities_Undergraduates/links/5d07ba5ba6fdcc35c15545db/Efficient-School-Health-Services-and-Sport-Participation-among-Nigerian-Universities-Undergraduates.pdf#page=120
- Box, G. E., & Jenkins, G. M. (1973). Some Comments on a Paper by Chatfield and Prothero and on a Review by Kendall. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 136(3), 337-352. <https://www.jstor.org/stable/2344995?seq=1>
- Box, G.E.P., Jenkins, G.M., Reinsel, G.C. & Ljung, G.M. (2016). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Fifth Edition, John Wiley and Sons Inc. Hoboken, New Jersey, USA.
- Brufau, G., Boatella, J. & Rafecas, M. (2006). Nuts: Source of Energy and Macronutrients. *British Journal of Nutrition*. 96(S2), S24-S28. <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/nuts-source-of-energy-and-macronutrients/AAAEDDA038B08C0A00C802F00A7F4171>
- Caglar, A., Tomar, O., Vatansever, H. & Ekmekci, E. (2017). Pistachio (*Pistacia vera* L.) and Its Effects on Human Health. *Academic Food Journal*. 15(4), 436-447. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/akademik-gida/issue/33245/370408>
- Celik, S. (2013). Modeling of Production Amount of Nuts Fruit by Using Box-Jenkins Technique. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*. 23(1), 18-30.
- Cihan, P. (2021). Forecasting Fully Vaccinated People Against COVID-19 and Examining Future Vaccination Rates for Herd Immunity in the US, Asia, Europe, Africa, South America, and the World. *Applied Soft Computing*, 111, 107708. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107708>. Accessed Date: 03.06.2022.
- FAO, (2022). Fruit Production in the World. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Accessed Date: 24.04.2022.
- FAOSTAT, (2022). Fruit Production in the World. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Accessed Date: 24.04.2022.
- Hasmda, H. (2009). *Water Quality Trend at the Upper Part of Johor River in Relation to Rainfall and Runoff Pattern*. [Master Thesis, University Technology, Faculty of Civil Engineering].
- Hojjati, M., Noguera-Artiaga, L., Wojdyło, A. & Carbonell-Barrachina, Á.A. (2015). Effects of Microwave Roasting on Physicochemical Properties of Pistachios (*Pistacia vera* L.). *Food Science and Biotechnology*, 24(6), 1995-2001. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10068-015-0263-0>
- ITC, (2022). Trade of Pistachio in 2012-2021 Years. Statistics of International Trade Centre. <http://www.trademap.org/country> Accessed Date: 24.04.2022.
- Kadilar, C. (2009). *SPSS Introduction to Applied Time Series Analysis*, Bizim Buro Publishing House, Second Edition, Ankara, Turkey.
- Kahyaoglu, T. (2008). Optimization of the Pistachio Nut Roasting Process Using Response Surface Methodology and Gene Expression Programming. *LWT-Food Science and Technology*. 41(1), 26-33. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643807001417>
- Karacan, E. & Ceylan, R.F. (2017). The Analysis of the Effect of Pistachio Price on the Decision of Producers. *Kastamonu University Journal of faculty of Economics and Administrative Sciences. (Special Issue)* 18(1), 88-100. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/361079>
- Karacan, E. & Ceylan, R.F. (2020). Factors Affecting Pistachio Exports in Turkey, Iran and the USA. *International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences*. 4(2), 255-262. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1399661>
- Kaynar, O. & Tastan, S. (2009). Comparasion of MLP Artificial Neural Network and ARIMA Method in Time Series Analysis. *Erciyes University Journal of Economics and Administrative Sciences*. (33), 161-172. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/erciyesiibd/issue/5890/77918>
- Kilic, T.M. & Turhan S. (2020). Modeling of hazelnut export by using Box-Jenkins method and export forecast in Turkey. *IBAD Journal of Social Sciences. Special Issue* 453-461. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1319063>
- Kobu, B. (2017). *Production management. 18th Edition*. Beta Publishing and Distribution Inc. İstanbul, Turkey.
- Nurbaki, M., Atli H. S. & Uyak, C. (2021). Pistachio Production in Siirt/Erüh and the Socio-Economic Status of Producers. *Current Studies on Fruit Science*, 95-130, Iksad Publications, Turkey. https://www.researchgate.net/publication/357478216_CURRENT-STUDIES-ON-FRUIT-SCIENCE_-_Pistachio_Production_in_SiirtErüh_and_The_Soci

- o-Economic_Status_of_Producers#full-text
- Oztep, R. & Isin, F. (2023). Türkiye Pistachio Production Estimation with ARMA Model. *KSU J. Agric Nat*. 26(4), 878-887.
- Pakravan, M.R. & Kavosi, K.M. (2011). Future Prospects of Iran, US and Turkey's Pistachio Exports. *International Journal of Agricultural Management and Development*. 1(3), 181-188. https://ijamad.rasht.iau.ir/article_514187_61c0a855a79b4ef48d1844544e4ce76a.pdf
- Palabıcak, M.A. (2019). *Red meat Sector and Equilibrium of Production and Consumption Analysis for the Future in Turkey*. [Master Thesis, Harran University, Institute of Natural and Applied Sciences, Department of Agricultural Economics].
- Panigrahi, S. and H.S. Behera. 2017. A hybrid ETS-ANN model for time series forecasting. *Engineering applications of artificial intelligence*. 66, 49-59. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0952197617301550>
- Pinar, V. (2021). Forecasting the Production of the Leading Countries in the Production of Pistachio in the Period of 2020-2025 with the ARIMA model. [Master Thesis, Ataturk University, Institute of Science and Technology, Department of Agricultural Economics]
- Razavi, S. (2010). Pistachio production: Iran vs the world. In: Zakyntinos G. (ed.). XIV GREMPA Meeting on Pistachios and Almonds. Zaragoza: CIHEAM / FAO /AUA/TEI Kalamatas/NAGREF, (Options Méditerranéennes:Série A. *Séminaires Méditerranéens*; 94, 275-279). <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113081763>
- Reinsel, G.C. (1994). Time Series Analysis: Forecasting and Control. *Journal of Marketing Research*. 14(2), 556-569. <https://www.paperpublications.org/upload/book/Establishing%20an%20ARMA-21032022-7.pdf>
- Sacti, H. & Kilci, M. (2016). Determination of Future Trends in Turkey Walnut Production, Consumption, Price and Foreign Trade, XII. Agricultural Economics Congress. s. 1301-1310, Isparta, Turkey. 25-27 May 2016, s. 1301.
- Salami, H. & Mafi, H. (2018). Predicting Export Prices of the Iranian pistachio based on commercial cycles: application of structural time series model. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*. 49(4), 559-571. <file:///C:/Users/User/Downloads/42513970401.pdf>
- SAS, (2014). SAS 13.2 User's Guide the ARIMA Procedure. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. <https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/ets/132/arima.pdf>. Accessed Date: 24.12.2021.
- TURKSTAT, (2022). Turkish Statistical Institute Internet Page. <https://data.TURKSTAT.gov.tr/Bulten/Index?p=Crop-Production-Statistics-2021-37249>. Accessed Date: 24.04.2022.
- USDA, (2019-2022a). Global Pistachio Production Hits New Records in 2019/22, Foreign Agricultural Service. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/TreeNuts.pdf>. Accessed Date: 24.04.2022.
- USDA, (2022b). Fruit and Tree Nuts Yearbook Tables. <https://www.ers.usda.gov/data-products/fruit-and-tree-nuts-data/fruit-and-tree-nuts-yearbook-tables/>. Accessed Date: 24.04.2022.
- Uzundumlu, A. S. & Dilli, M. (2022). Estimating Chicken Meat Productions of Leader Countries for 2019-2025 Years. *Ciência Rural*. 53(2). <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20210477>.
- Uzundumlu, A.S., A. Bilgic, A. & Ertek, N. (2019). Prediction of Hazelnut Production Quantity with the ARIMA Model of Turkey's Provinces Leading Hazelnut Production in the Last Seven Years. *Journoul of Akademik Ziraat*. 8(Special Issue), 115-126. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/934407>
- Uzundumlu, A.S., Karabacak, T. & Ali, A.(2021). Apricot Production Forecast of the Leading Countries in the Period of 2018-2025. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 33 (8), 682-690. <https://www.ejfa.me/index.php/journal/article/view/2744>
- Uzundumlu, A.S., Kurtoglu, S., Şerefoğlu, S. & Algur, Z. (2022). The Role of Turkey in the World Hazelnut Production and Exporting. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 34 (2), 117-127. <https://www.ejfa.me/index.php/journal/article/view/2810>
- Uzundumlu, A.S., Oksuz, M.E. & Kurtoglu, S. (2018). Future of Fig Production in Turkey. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*. 15(02), 138-146. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/484884>
- World Bank, (2022). Population Estimates and Projections. <https://databank.worldbank.org/source/population-estimates-and-projections>. Accessed Date: 24.04.2022.
- Xu, P. & Z. Wang. (2014). Country of Origin and Willingness to Pay for Pistachios: A Chinese Case. *Agricultural and Food Economics*. 2(1), 1-16. <https://agrifoodecon.springeropen.com/articles/10.1186/s40100-014-0014-1>
- Yavuz, G.G. (2011). *Nuts / Pistachios*. TEPGE BAKIŞ, Institute of Agricultural Economics and Policy Development. December 2011/ISSN 1303-8346/ Copy 5, Ankara, Turkey.
- Yesilyayla, H., (2013). *X-12 ARIMA Method for analysis of Socio-Economic Data*. [Master Thesis, Pamukkale University. Institute of Science and Technology].
- Zheng, Z. & Saghaian S.H. (2011). Time-series Analysis of US Pistachio Export Demand in North America. *Journal of Food Distribution Research*. 42(856-2016-57953), 124-129. file:///C:/Users/User/Downloads/Zheng_42_1.pdf.



Dairy Farmers' Perceptions and Adaptation Strategies Towards the Effects of Climate Change in Southern Marmara Region of Türkiye

Damla ÖZSAYIN¹

Çanakkale Onsekiz Mart University, Gökçeada Applied Sciences School, Department of Organic Farming Business Management, 17760, Gökçeada/Çanakkale, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-1127-267X>

✉: dozsayin@comu.edu.tr

ABSTRACT

The study aims to determine dairy farmers' perceptions of Climate-related risks, their adaptation strategies, and the factors affecting their decisions about adaptation strategies in the Southern Marmara Region of Türkiye. Data was collected from 379 dairy farmers by proportional sampling method. The survey was performed between October and December 2023. Descriptive statistics and probit models were used in the evaluation of the data. The majority of dairy farmers had a high perception of heavy storms. Changing the feed ratio seasonally was the most widespread adaptation strategy employed by dairy farmers. It was followed by diversification of animal production activities (sheep and goat), livestock insurance, and diversity of feed crops. Among these adaptation strategies, changing the feed ratio seasonally was the most preferred adaptation strategy in the study area. In contrast, the diversity of feed crops was the least chosen adaptation strategy. The probit model results showed that dairy farmers' age and household size had a negative and statistically significant impact on their decisions about all adaptation strategies. These results of the study stated that most dairy farmers perceived the rise in temperatures and decline in rainfall as noticeable changes in climate. Few dairy farmers used advanced agricultural applications to deal with the negative impacts of climatic change and many dairy farmers continued use to simple adaptation measures. As a result, the present study findings can shed light on policy/decision makers in agricultural research, practices regarding the climate change impact on dairy farming, and new studies in the literature.

Agricultural Economy

Research Article

Article History

Received : 04.12.2023

Accepted : 28.03.2024

Keywords

Adaptation strategies
Climate-related risks
Dairy farmers
Dairy farming
Türkiye

Türkiye'nin Güney Marmara Bölgesindeki Süt Üreticilerinin İklim Değişikliğinin Etkilerine Yönelik Algıları ve Adaptasyon Stratejileri

ÖZET

Çalışma, Türkiye'nin Güney Marmara Bölgesindeki süt üreticilerinin iklim kaynaklı risklere ilişkin algılarını, adaptasyon stratejilerini ve adaptasyon stratejilerine ilişkin kararlarını etkileyen faktörleri belirlemeyi amaçlamaktadır. Veriler, oransal örnekleme yöntemiyle 379 süt üreticisinden toplanmıştır. Anketler Ekim-Aralık 2023 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistikler ve probit model analizi kullanılmıştır. Süt üreticilerinin çoğunluğunun şiddetli fırtınaya ilişkin algısı yüksektir. Yem rasyonunu mevsimsel olarak değiştirmek, süt üreticileri tarafından kullanılan en yaygın adaptasyon stratejisidir. Bu stratejiyi, hayvansal üretim faaliyetlerinin çeşitlendirilmesi, hayvancılık sigortası ve yem bitkilerinin çeşitliliği izlemiştir. Bu adaptasyon stratejileri arasında, yem rasyonun mevsimsel olarak değiştirilmesi, araştırma alanında en çok tercih edilen adaptasyon stratejisi iken yem bitkileri çeşitliliği en az seçilen adaptasyon stratejisi olmuştur. Probit modeli sonuçları, süt üreticilerinin yaşının ve hane büyüklüğünün tüm adaptasyon stratejilerine ilişkin kararlarında

Tarım Ekonomisi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 04.12.2023

Kabul Tarihi : 28.04.2024

Anahtar Kelimeler

Adaptasyon stratejileri
İklimsel riskler
Süt üreticileri
Süt sığırcılığı
Türkiye

negatif ve istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olduğunu göstermiştir. Bu çalışmanın sonuçları, çoğu süt üreticisinin sıcaklıklardaki artışı ve yağıştaki azalmayı iklimde gözle görülür değişiklikler olarak algıladığını ortaya koymuştur. İklim değişikliğinin olumsuz etkileriyle başa çıkmak için az sayıdaki süt üreticisi gelişmiş tarım uygulamalarını kullanmakta ve birçok süt üreticisi basit adaptasyon önlemlerini kullanmaya devam etmektedir. Sonuç olarak, mevcut çalışmanın bulguları tarımsal araştırmalarda politika/karar vericilere, süt hayvancılığında iklim değişikliğinin etkilerine ilişkin uygulamalara ve literatürdeki yeni çalışmalara ışık tutabilir.

Atıf Şekli: Özsayın, D., (2024). Türkiye'nin Güney Marmara Bölgesindeki Süt Üreticilerinin İklim Değişikliğinin Etkilerine Yönelik Algıları ve Adaptasyon Stratejileri. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (5), 1116-1128. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1400208>

To Cite : Özsayın, D., (2024). Dairy Farmers' Perceptions and Adaptation Strategies Towards the Effects of Climate Change in Southern Marmara Region of Türkiye. *KSU J. Agric Nat* 27 (5), 1116-1128. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1400208>

INTRODUCTION

Globally, the change of climate is one of the most important environmental menaces in terms of all life forms, including humans, plants and animals (Akyüz & Atış, 2018; Hayran et al., 2021). Specifically, the adverse effects of climate change (drought, flood etc.) have increased even more in recent years. The Intergovernmental Climate Change Panel (IPCC) report stated to increase by 2.5-3°C of average temperatures by 2050 (IPCC, 2017). According to this report, climate change will have the highest impact on agriculture and socio-economic development (IPCC, 2017; Fahad & Wang, 2020). Since agricultural activity is dependent on natural conditions, it can be inferred that plant and animal production processes are highly prone to climate change (Abid et al., 2019, Eştürk & Mert, 2022). Furthermore, climate change effects are more serious in regions, especially due to the weak adaptability capacity of developing regions (Baloch et al., 2022). This situation is causing great concern, especially among farmers in rural areas. For this reason, farmers must be aware of the climate impact on agricultural activities and decide on agriculture to prevent any negative effects. In this context, it is necessary to determine the perceptions of farmers regarding this change, their response to this change and the factors that influence their preferences for adapting precautions (Zhang et al., 2020; Hayran et al., 2021).

Dairy farming activity, which is a significant branch of the livestock sector, also plays a major role in creating employment opportunities for people living in rural areas as well as providing basic food to people for Türkiye and the world (Ata et al., 2021). However, the Mediterranean basin is predicted to become warmer and drier in the future because of the increase in temperature and decrease in rainfall (IPCC, 2017). Therefore, the risk-group countries that will face climate change include Türkiye, which is in this basin. For this reason, the measuring of dairy

farmers' adaptation to climate change and the interplay between climate change and dairy farming is of great importance. South Marmara Region (TR22 region) also known as Northwest Türkiye encompasses the sub-region of Balıkesir province located under the West Marmara Region which is one of the regions of Türkiye (TURKSTAT, 2022). This region is important for dairy farming activity. It is formed in Balıkesir and Çanakkale provinces and has a 5.1% share of the total animal population (bovine). About 6.3% of the total milk production of Türkiye is produced in this region (TURKSTAT, 2022).

The data of Türkiye on weather events in the past decade has revealed that floods, storms and heavy rain events are more common, especially in these provinces (RTMEU, 2018). For this reason, farmers' production activities in these provinces are being negatively impacted by this reason daily. In Türkiye, the findings of the coastal vulnerability index method that is implemented in all the coastal areas have shown that these provinces with delta areas are among the riskiest provinces in Türkiye (GMKA, 2014). According to environmental change scenarios, animals may face severe and extreme weather events that can result in death and production losses (Koyuncu, 2017). Thus, it is rather important to define the perceptions of dairy farmers and adaptation strategies towards the implications related to climate change in this region where dairy farming potential is high. Although there is a significant field of study in the literature on farmers' perceptions and their adaptations regarding climate change, most national and international studies are generally related to crop production (Bryan et al., 2013; Hayran et al., 2021; Jeder et al., 2021; Baloch et al., 2022). However, the research on livestock, particularly in dairy farming, is limited. Some of these studies investigated farmers' perceptions, adaptation and attitudes related to climate change (Koç & Uzmay, 2019; Ata et al., 2021; Koç & Uzmay, 2021). A study in southwest Iran evaluated the

adaptability of producers (livestock) to climate change (Karimi et al., 2018). In a few studies, it has been investigated the impact of heat stress on animal production and the effects of climate change, particularly in dairy farming (Yashioğlu & İlhan, 2016). In this context, there is no research on the factors that affect dairy farmers' adaptation strategies in Türkiye. Therefore, it is necessary to investigate this issue. Concerning the significance of the TR22 region and its present negative situation (the risky region in terms of climate change effects), as well as the current gap in the study area, the current study is aimed at defining the perceptions of dairy farmers regarding climate-related risks, their adaptation strategies and factors that impact their decisions regarding adaptation strategies. The findings can contribute to policy and decision-makers in agricultural research and practices regarding dairy farming and climate change and can help shape the measures that can be taken to cope with extreme weather events. The study intended to answer three research questions;

1 How do dairy farmers perceive climate-related risks?

2-Which adaptation strategies do they use to minimise the adverse effects of climate change?

3 What are the factors affecting dairy farmers' decisions about adaptation strategies?

Research hypotheses

The current study has a hypothesis according to the conceptual framework and model.

H1: Socio-demographic (e.g., household size, land ownership) and socio-economic factors (e.g., age, income) have a significant impact on dairy farmers' decisions on adaptation strategies.

The conceptual framework

The study's methodology was developed by considering previous literature (Fahad & Wang, 2018; Koç & Uzmay, 2021; Baloch et al., 2022). Figure 1 presents factors that influence dairy farmers' decisions on adaptation strategies. The framework for this study was created with the consideration of risk perception, which is a significant factor for dairy farmers. In addition, some socio-demographic and socio-economic factors were also considered.

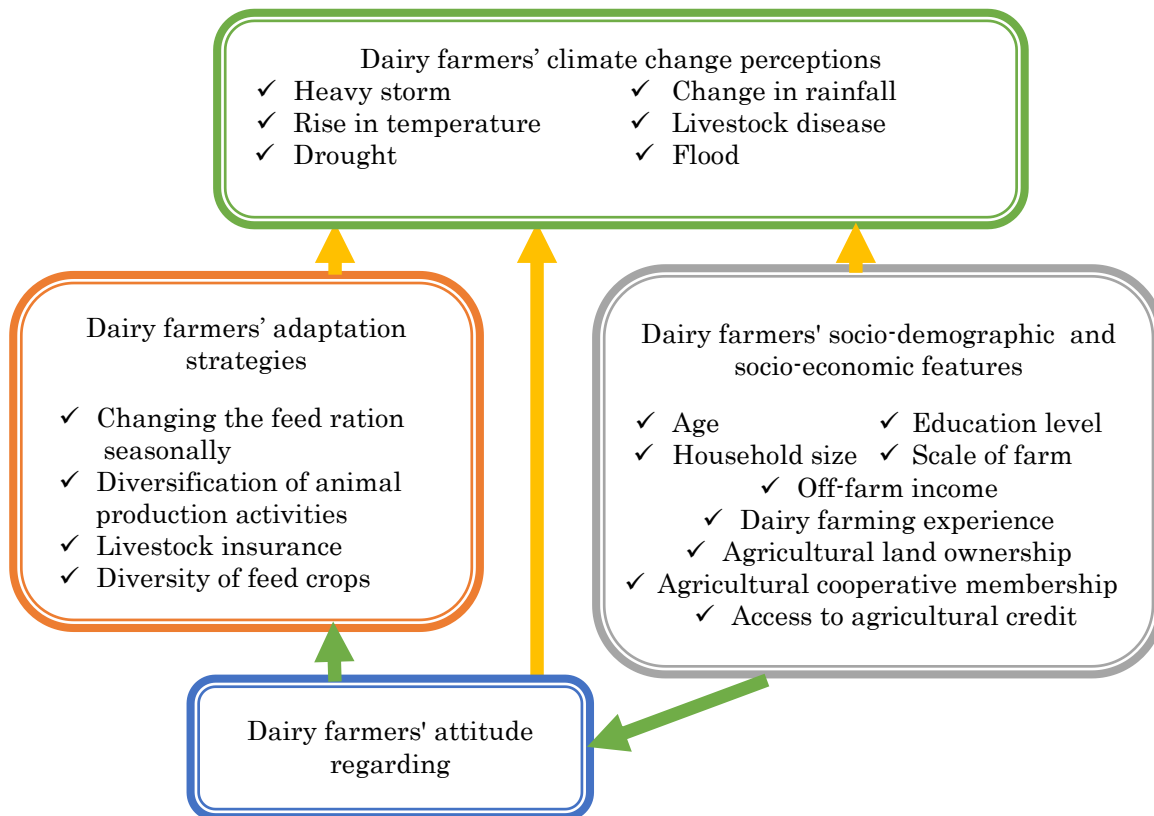


Figure1. Factors affecting dairy farmers' decisions on adaptation strategies

Şekil 1. Süt üreticilerinin adaptasyon stratejilerine ilişkin kararlarını etkileyen faktörler

MATERIAL and METHOD

The study area and the sample size

The present study consists of the responses obtained from dairy farmers in two provinces of the TR22

region (Figure 2). This region was chosen as a study area since the current region has a strategic importance in dairy farming, two provinces in this region are among the risky provinces damaged by

climate change effects, and there is no study performed related to this issue. The questionnaire for the study was completed from October 2023 to December 2023. Data collection was accomplished through a face-to-face interview technique. Ethics committee approval required for the study was obtained from the Ethics Committee of Çanakkale Onsekiz Mart University of School of Graduate Studies (2023-YÖNP-0672, Date: 05 October 2023, Decision no: 12/44).



Figure 2. The map of study area
Şekil 2. Araştırma alanının haritası

The total number of dairy farms in Balıkesir and Çanakkale provinces was provided by the records/data of the Directorate of Provincial Agriculture and Forestry (Anonymous, 2022). This number for Balıkesir (27,121 farms) and Çanakkale (14,511 farms) provinces was defined as 41,632 farms (TURKSTAT, 2022). Dairy farmers' number to be surveyed was defined by the proportional sampling method (Newbold, 1995). This is shown in the formula below;

$$n = \frac{N \cdot p \cdot q}{(N-1) \cdot \sigma^2 p + p \cdot q} \quad , \quad \sigma^2 p = r / Z_{\frac{\alpha}{2}} \quad [1]$$

where n is the size of sampling, N is the number of farms in the population (41,632), $\sigma^2 p$ is the ratio of variance, p is the prediction rate (0.5), q is the probability of the examined situation not occurring (1-p), the error margin (0.05) is r and the critical value for $\alpha/2$ (p=0.5, the critical value of Z for $\alpha=0.05$ is 1.96) is $Z_{(\alpha/2)}$. In case there is no estimate of the p ratio, the p and q ratios can be taken as 0.5 (Oğuz & Karakayacı, 2017; Koç & Uzmay, 2021). Since the characteristics of the dairy farms that constitute the main population were not known at the beginning, p

= 0.5 was taken to maximize the sample size. Obtaining a maximum sample size is one of the aims of the study. The ratio of those who adapt to climate change was accepted as 0.5. Thus, the size of the sample was defined as 379. According to the proportionally distributed sample size, 247 and 132 surveys were applied to the dairy farmers in Balıkesir and Çanakkale provinces, respectively.

A multi-stage sampling technique was used to identify sample farms. Firstly, the districts with the highest milk production from the two provinces were determined. They have 43.6% of the dairy farms and milk production (44.7%) of the research region. The majority of farms (83%) in these districts are mixed farms. In addition, the daily milk yield is 24.12 ± 7.18 L, the average milk yield is 4517.71 (kg/head/year) and the farms' average size is 38.21 hectares. Silage corn, oat, alfalfa, and vetch are grown in 63.32% of the land. Secondly, the ratio of interviews in these provinces was calculated concerning the share from the production of the districts; 65.2% from Altıeylül (90), Bigadiç (82), and Karesi (75) districts in Balıkesir province (247) and 34.8% from Biga (74), Yenice (41) and Çan (17) districts in Çanakkale province (132). Finally, it was decided to survey farms that have at least 5 and at most 100 dairy cows. Thus, farms were grouped into the following four categories according to the number of dairy cows: 5 to ≤ 20 (95 farms), 21 to ≤ 36 (95 farms), 37 to ≤ 52 (95 farms), and 53 to ≤ 100 (94 farms). Dairy farmers were randomly selected from these groups. While preparing the survey questions for the current study, some previous studies were considered (Fahad & Wang, 2018; Jeder et al., 2021; Koç & Uzmay, 2021; Baloch et al., 2022). The questionnaire for this study gathers information about the socio-demographic and economic factors of dairy farmers, as well as measures of their perceptions and adaptation strategies regarding climate change effects.

Empirical model

Probit model

Probabilistic models such as logit and probit are the most suitable methods used to predict discrete selection problems. These models are generally used to estimate the relationship between a two-way response variable (0 and 1 values) of the model and one or more predictors (Xu & Long, 2005; Bai et al., 2016). Accordingly, this method was implemented to define the factors that affect dairy farmers' decisions on adaptation strategies. It is as follows:

$$Y^* = X_i' \beta + \varepsilon \quad [2]$$

Where, Y^* is the dependent variable for the decision of adaptation strategy, X_i' is the explanatory variable, an unknown parameter is β and the error term is ε . It may be found as follows:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum X_i \beta + \varepsilon \quad [3]$$

Where Y_{ij} is the response variable and dairy farmers' decisions on adaptation strategies ($j=3$) are i_{th} . It gets a value of 1 if Y_i is greater than zero, and it gets a value of 0 if Y_i is less than 0.

$$Y_{ij} = \begin{cases} 0=Y<0, \text{ Dairy farmers don't show willingness to adaptation strategies} \\ 1=Y>0, \text{ Dairy farmers show willingness to adaptation strategies} \end{cases} \quad [4]$$

The parameter estimates are restricted to explaining each impact direction (coefficient β_k) and value (p) between dependent and independent variables. Therefore, they can not predict how much a certain independent variable affects a response variable. To measure exactly the size of the impact of a specific independent variable (X_k) on $P_r(Y_{ij}=1)$, marginal effects (y'_{ij}) are calculated. It may be shown as follows:

$$y'_{ij} = (P_r(Y_{ij}=1) \cdot 1 - P_r(Y_{ij}=1)) \cdot \beta_k \quad [5]$$

The significance of the model (hypothesis testing)

To measure the goodness of fit of the model and its importance, the null hypothesis approach was used in the current research. It assumes that all of the parameters are equal to 0 and one of the coefficients is not equal to 0 (Peng et al., 2002).

$$H_0 = \beta_k = 0 ; H_1 = \text{at least one } \beta_k \neq 0 \quad [6]$$

In the model, the values of LR chi-square varied from 70.17 to 72.13 for adaptation strategies models. The chi-square probability was at the level of $p=0.000$. For all the models, the pseudo- R^2 value varied from 0.14 to 0.18, and it can be assumed that this model fits the study.

Definition of variables for the model

The descriptive statistics results (min, max, frequency, percentage, mean, and standard deviation) regarding dairy farmers' socio-demographic and socio-economic features as well as adaptation strategies are shown in Table 1. In determining the explanatory variables (socio-demographic and socio-economic factors of dairy farmers), the previous literature was considered in the current study (Koç & Uzmay, 2021; Ata et al., 2021; Jeder et al., 2021; Baloch, 2022). In this context, the independent variables were determined as age, level of education, size of household, dairy farming experience, scale farm (dairy cows' number), off-farm income, agricultural land ownership, agricultural cooperative membership, and agricultural credit access. Adaptation strategies towards the impacts of climate change (changing the feed ration seasonally, diversification of animal production activities (sheep and goat), livestock insurance, and diversity of feed crops) were considered as dependent variables. STATA program, which is statistical software, was used in the analysis of this study data (StataCorp, 2005).

RESULTS and DISCUSSION

Dairy farmers' general features

Dairy farmers averaged 44.3 years of age, had a total of 6.76 years of education, had a household size of 3.31 persons, had 14.85 years of experience in dairy farming, and had 20.74 dairy cows (scale of farm). Many of them (68.1%) had off-farm income, 64.4% owned agricultural land, 61.2% were members of agricultural cooperatives and 57.3% had access to agricultural credit (Table 1).

Dairy Farmers' climate-related risk perceptions

Dairy farmers reported that the overall amount of rainfall has decreased over the years. In addition, they explained increases in heavy storms, temperatures (especially in the summer months), and excessive rainfall/flood and drought. According to the Seventh National Communication Report of Türkiye, especially in the last 10 years, these provinces in the research area have the provinces with the highest flood, storm and heavy rainfall events (RTMEU, 2018). This result is supported by the findings in the research area. Figure 3 illustrates dairy farmers' perceptions about climate change. These results revealed that most dairy farmers (70.7%) had a high perception of heavy storms while 19.3% and 10% of them had medium and low perceptions of heavy storms, respectively. For the changes in rainfall, 66.2% of dairy farmers had a high perception while 25.8% and 8% had a medium and a low perception, respectively. Similarly, 60.7% of dairy farmers had a high perception of the rise in the temperature while 28.2% and 11.1% of them had a medium and a low perception, respectively. In addition, many dairy farmers perceived heavy storms as a high threat among all the decisive factors of climate change. Also, these results showed that most dairy farmers perceived the rise in temperatures and decline in rainfall as noticeable changes in climate. Koç & Uzmay (2021) indicated that farmers in the Thrace region mostly perceived changes in climatic factors such as a reduction in precipitation and rising in temperature and drought in the last ten years. In a study performed by Sima et al. (2015), farmers explained that temperature increases during the summer months and drought becomes more severe. Therefore, the previous research results are in parallel with the findings obtained from the study area.

Dairy farmers' adaptation strategies

In the research area, dairy farmers prefer to apply some strategies to cope with the climate changes that they have faced in recent years. These strategies implemented by them can be listed as changing the feed ratio seasonally, diversification of animal production activities, diversity of feed crops, and livestock insurance. Accordingly, the most common



Table 1. Descriptive statistics of variables

Çizelge 1. Değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri

Variables	Min.	Max.	n	%	Mean	^a SD
Continuous variables						
Age (year)	28	63	379	100.0	44.30	9.63
Educational level (schooling year)	5	15	379	100.0	6.76	2.46
Household size (person)	2	6	379	100.0	3.31	1.09
Dairy farming experience (year)	7	29	379	100.0	14.85	5.07
Scale of farm (dairy cows' number) (head)	5	58	379	100.0	20.74	13.69
Categorical variables						
Off-farm income						
(Yes)			258	68.1		
(No)	0	1	121	31.9	0.68	0.47
Agricultural land ownership						
(Yes)			244	64.4		
(No)	0	1	135	35.6	0.64	0.48
Agricultural cooperative membership						
(Yes)			232	61.2		
(No)	0	1	147	38.8	0.61	0.49
Access to agricultural credit						
(Yes)			217	57.3		
(No)	0	1	162	42.7	0.57	0.50
Adaptation strategies						
Changing the feed ration seasonally						
(Yes)			138	36.4		
(No)	0	1	241	63.6	0.36	0.48
Diversification of animal production activities (sheep and goats)						
(Yes)			115	30.3		
(No)	0	1	264	69.7	0.30	0.46
Livestock insurance						
(Yes)			85	22.6		
(No)	0	1	294	77.4	0.23	0.42
Diversity of feed crops						
(Yes)			78	20.6		
(No)	0	1	301	79.4	0.20	0.40

^aSD=Standart deviation

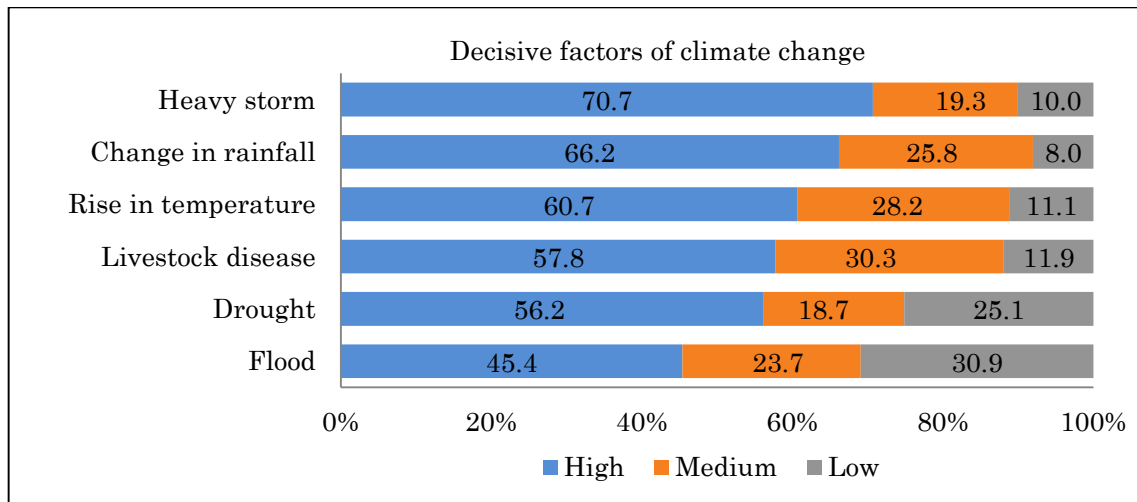


Figure 3. Dairy farmers' climate change perceptions

Şekil 3. Süt üreticilerinin iklim değişikliği algıları

The adaptation strategy preferred by dairy farmers is to change the feed ratio seasonally (36.4%). It was followed by diversification of animal production activities (30.3%) and livestock insurance (22.6%), respectively. In addition, the diversity of feed crops (20.6%) was the least implemented strategy by dairy farmers. These results revealed that few dairy farmers used advanced agricultural applications to deal with the negative impacts of climate change, and many dairy farmers continued to use simple adaptation measures. Koç & Uzmay (2021) stated that the most widely used application among adaptation methods is the use of supplementary nutrients (35.7%), ensuring bedding for livestock during extreme winter/cold (35%) and feed rations (32.9%). In a study performed in Jordan, it was reported that most dairy farmers (81.5%) apply the strategy of using proper ration to cattle in distinct production phases to decrease losses of feed (Ata et al., 2021). Amamou et al. (2018) stated that dairy farmers are focusing on increasing the capacity of water their livestock and improving livestock housing conditions. Considering previous studies' findings, these results indicate that the percentage of dairy farmers who implement adaptation strategies is quite low, and hence there is a need to enhance the tendency of these farmers to implement various adaptation strategies.

Factors affecting dairy farmers' decisions on adaptation strategies

The probit model approach findings used to define factors that affect dairy farmers' decisions about adaptation strategies are shown in Table 2. Since age is considered an indication of matriculation and experience, it has a significant influence on individuals' decisions (Ali & Rose, 2021). In this study, age had a negative and statistically significant impact on dairy farmers' decisions about all adaptation strategies. These results revealed that the increase in the age of dairy farmers by one year would decrease the possibility of being preferred by them as an adaptation strategy of changing the feed ration seasonally (-2.70%), diversification of animal production activities (-1.79%), livestock insurance (-1.34%) and diversity of feed crops (-1.21%). As age increases, dairy farmers are less likely to adapt to new adaptation measures, as indicated by these negative effects. Thus, a one-year increase in the age of dairy farmers would decrease the probability of adapting to a strategy regarding changing the feed ratio seasonally by 2.7%. Furthermore, these results revealed that most young dairy farmers chose a change the feed ration seasonally to adapt to the negative effects of climate conditions compared to older dairy farmers. Old dairy farmers were less likely to adopt these strategies than young dairy farmers, and giving up these practices was not easy

for them. They were more familiar with traditional agricultural practices than young dairy farmers. In addition, young dairy farmers were more willing to adapt to new adaptation strategies. These results are backed by the findings of Mabe et al. (2014) and Baloch et al. (2022), which stated that elderly farmers are less likely to adapt and choose new adaptation precautions. However, they are not in line with the findings of Deressa et al. (2009), which stated that there is a positive relationship between farmers' age and adaptation to climatic change.

Education is considered a significant factor in farmers' decision-making process and influences their adaptation process. In addition, adaptation in agriculture is believed to be enabled by education because it allows farmers to access information about innovations that increase their benefits in agricultural production (Ali & Rose, 2021). Deressa et al. (2009) suggest that access to knowledge about advanced technologies and higher productivity are linked to higher education levels. Previous studies have demonstrated that farmers' education levels correlate positively with the adoption of advanced technologies, which can aid them in coping with climate change (Lin, 1991). The present study revealed that the educational level had a positive and statistically significant impact on dairy farmers' decisions about all adaptation strategies. The increase in the educational level of dairy farmers by one year would increase the possibility of being preferred by them as an adaptation strategy of changing the feed ration seasonally (6.49%), diversification of animal production activities (2.65%), livestock insurance (2.42%) and diversity of feed crops (2.05%). As educational levels increase, dairy farmers are more likely to adapt to new adaptation measures, as indicated by these positive effects. Thus, a one-year increase in the educational level of dairy farmers would increase the probability of adapting to a strategy regarding changing the feed ration seasonally by 6.49%. Furthermore, these results revealed that the majority of educated dairy farmers chose a change the feed ration seasonally to adapt to the negative effects of climate conditions compared to less educated dairy farmers. According to these results, educated dairy farmers were more likely to adopt these strategies than less educated dairy farmers. Also, the high literacy rate (secondary school and above) of most dairy farmers can be shown as the reason for this result. These results showed that educated dairy farmers were more likely to adopt strategies than less educated dairy farmers. Also, the high literacy rate (secondary school or above) of most dairy farmers can be cited as a reason for this result. Furthermore, these results revealed that the majority of educated dairy farmers chose to change their feed ration seasonally to adapt to the negative effects of

climate conditions. Baloch et al. (2022) stated that farm households' education level in Pakistan has a negative relationship with their adaptation strategy decision. This study's findings are consistent with the results of Bryan et al. (2013), who explained that farmers who have high educational levels may be more cautious about adopting new technologies and agricultural practices and in reply to shocks regarding the climate, they are not in line with the findings of Baloch et al. (2022).

The household size had a negative and statistically significant impact on dairy farmers' decisions about adaptation strategy regarding changing the feed ration seasonally and a positive and statistically significant impact on farmers' decisions about adaptation strategies regarding diversification of animal production activities, diversity of feed crops and livestock insurance. These results indicated that the increase in the number of family members by one person would decrease the possibility of being preferred by them as an adaptation strategy of changing the feed ration seasonally (-6.71%) while it would increase the possibility of being preferred by them as adaptation strategies of diversification of animal production activities (9.84%), livestock insurance (4.97%) and diversity of feed crops (7.99%). As the number of family members increases, dairy farmers are less likely to adapt to new adaptation measures expressed as changing the feed ration seasonally, as indicated by this negative effect. Thus, dairy farmers with small family sizes are more likely to choose the adaptation strategy of changing the feed ratio seasonally. However, as the number of family members increases, dairy farmers are more likely to adapt to new adaptation measures expressed as diversification of animal production activities, livestock insurance and diversity of feed crops, as indicated by these positive effects. Thus, dairy farmers with large family sizes are less likely to choose the adaptation strategy of diversification of animal production activities, diversity of feed crops and livestock insurance as an adaptation strategy. Furthermore, most dairy farmers with large family sizes chose a diversification of animal production activities to adapt to the negative effects of climate conditions. Deressa et al. (2009) stated that the increasing size of households did not significantly increase the likelihood of adaptation for most adaptation practices. The current study results are not congruent with the findings of Deressa et al. (2009) whereas they are in line with the results of Bryan et al. (2013), which explained that there is a positive association between household size and adaptation strategies. Many of the adaptations in agriculture can be positively related to the many years of farming experience. This experience develops the perceptions of potential benefits and helps to

make adaptation decisions (Abid et al., 2019; Ali & Rose, 2021).

The experience in dairy farming had a positive and statistically significant impact on dairy farmers' decisions about adaptation strategies regarding diversification of animal production activities and livestock insurance. These results showed that the increase in farmers' dairy farming experience by one year would increase the possibility of being preferred by them as an adaptation strategy of diversification of animal production activities (2.55%) and livestock insurance (1.93%). As dairy farming experiences, dairy farmers are more likely to adapt to new adaptation measures, as indicated by these positive effects. Thus, a one-year increase in the dairy farming experience would increase the probability of adapting to a strategy regarding diversification of animal production activities by 2.55%. Furthermore, these results revealed that most farmers having more dairy farming experience chose a diversification of animal production activities to adapt to the negative effects of climate conditions compared to farmers having less dairy farming experience. Farmers having more dairy farming experience were more likely to adopt these strategies than farmers having less dairy farming experience. In addition to farm and off-farm income, one of the factors representing wealth in agriculture is livestock ownership. Furthermore, livestock plays a major role in ensuring factors (animal traction and manure) needed for agricultural productivity, especially the maintenance of soil fertility (Deressa et al., 2009). The scale of the farm (dairy cows' number) had a positive and statistically significant effect on dairy farmers' decisions about adaptation strategies regarding livestock insurance and diversity of feed crops. These results revealed that the increase in the scale of the farm (dairy cows' number) by one unit would increase the possibility of being preferred by them as an adaptation strategy of livestock insurance (0.59%) and diversity of feed crops (0.44%). As the scale of farms increases, farmers are more likely to adapt to new adaptation measures, as indicated by these positive effects. Thus, a one-unit increase in the scale of the farm would increase the probability of adapting to the strategy regarding livestock insurance by 0.59%. Furthermore, these results revealed that the majority of dairy farmers having more dairy cows chose livestock insurance to adapt to the negative effects of climate change compared to dairy farmers having fewer dairy cows. Dairy farmers having more dairy cows were less likely to adopt these strategies than dairy farmers having fewer dairy cows. These study results are consistent with those of Deressa et al. (2009), who stated that the ownership of livestock is positive regarding most of the adaptation alternatives.

Off-farm income is among the most important factors

that represent wealth in agriculture. It is assumed that there is a regular need for adequate financial well-being to adopt new agricultural technologies and practices (Knowler & Bradshaw, 2007). In the present study, off-farm income had a positive and statistically significant effect on dairy farmers' decisions about adaptation strategies regarding diversification of animal production activities and livestock insurance. These results revealed that the increase in dairy farmers' off-farm income by one unit would increase the possibility of being preferred by them as an adaptation strategy of diversification of animal production activities (16.06%) and livestock insurance (9.97%). As off-farm income increases, dairy farmers are more likely to adapt to new adaptation measures, as indicated by these positive effects. Thus, a one-unit increase in the off-farm income of dairy farmers would increase the probability of adapting to a strategy regarding diversification of animal production activities by 16.06%. Furthermore, these results revealed that the majority of dairy farmers who have off-farm income chose a diversification of animal production activities to adapt to the negative effects of climate conditions on dairy farmers without off-farm income. Dairy farmers who have off-farm income were more likely to adopt these strategies than dairy farmers without off-farm income. The findings of this study are in line with those of Deressa et al. (2009), which explained that non-farm income has a positive relationship with some adaptation measures. These study findings are supported by the results of Baloch et al. (2022) and Tiet et al. (2022), which found that households of farms that have non-farm income have a higher likelihood to adopt crop diversification as an adaptation strategy.

Land ownership is a natural heritage that must be protected for biodiversity and sustainable progress, and the main source of farmers' agricultural income (Jeder et al., 2021). It is recognized as a sign of the wealth of farmers, and farmers with bigger farms are expected to adopt more (Ali & Rose, 2021). In this study, land ownership had a positive and statistically significant impact on dairy farmers' decisions about adaptation strategies regarding diversification of animal production activities and livestock insurance. These results revealed that the increase in the agricultural land ownership of dairy farmers by one unit would increase the possibility of being preferred by them as an adaptation strategy for diversification of animal production activities (19.95%) and livestock insurance (14.32%). As agricultural land ownership increases, dairy farmers are more likely to adapt to new adaptation measures, as indicated by these positive effects. Thus, a one-unit increase in the agricultural land ownership of dairy farmers would increase the probability of adapting to a strategy regarding diversification of animal production

activities by 19.95%. Furthermore, these results revealed that most dairy farmers having agricultural land ownership chose a diversification of animal production activities to adapt to the negative effects of climate conditions compared to dairy farmers without land ownership. Farmers who have agricultural land ownership were more likely to adopt these strategies than dairy farmers without land ownership. These results are supported by those of Abid et al. (2019) and Baloch et al. (2022), which found that there is a positive association between landholding and the probability of adaptation. However, these findings are inconsistent with those of Nabikolo et al. (2012), who explained that there is an adverse relationship between land ownership and adaptation measures.

Dairy farmers who have membership in agricultural cooperatives had a positive and statistically significant impact on dairy farmers' decisions about adaptation strategies regarding changing the feed ratio seasonally and diversity of feed crops. These results revealed that the increase in agricultural cooperative membership of dairy farmers by one unit would increase the possibility of being preferred by them as an adaptation strategy of changing the feed ratio seasonally (13.10%) and diversity of feed crops (15.19%). As agricultural cooperative membership increases, dairy farmers are more likely to adapt to new adaptation measures, as indicated by these positive effects. Thus, a one-unit increase in the agricultural cooperative membership of dairy farmers would increase the probability of adapting to a strategy regarding changing the feed ratio seasonally by 13.10%. Furthermore, these results revealed that the majority of dairy farmers with agricultural cooperative membership chose a change the feed ration seasonally to adapt to the negative effects of climate conditions compared to dairy farmers without agricultural cooperative membership. Dairy farmers with agricultural cooperative membership are less likely to adapt these strategies than dairy farmers without agricultural cooperative membership. Accessibility to agricultural credit resources is a significant factor contributing to the increased adoption of new technologies and practices (Kandlikar & Risbey, 2000; Hassan & Nhemachena, 2008).

The access to agricultural credit had a negative and statistically important impact on dairy farmers' decisions about adaptation strategies regarding diversification of animal production activities, livestock insurance, and diversity of feed crops. These results showed that the increase in access to agricultural credit for dairy farmers by one unit would decrease the possibility of being preferred by them as an adaptation strategy of diversification of animal production activities (-17.91%), livestock insurance (-17.37%) and diversity of feed crops (-12.14%). As access to agricultural credit increases,

dairy farmers are less likely to adapt to new adaptation measures, as indicated by these negative effects. Thus, a one-unit increase in the access to agricultural credit of dairy farmers would decrease the probability of adapting to a strategy regarding diversification of animal production activities by 17.91%. Furthermore, these results revealed that most dairy farmers without access to agricultural credit chose a diversification of animal production activities to adapt to the negative effects of climate conditions compared to dairy farmers with access to agricultural credit. Dairy farmers with access to agricultural credit were less likely to adopt these strategies than dairy farmers without access to agricultural credit. In this context, it can attribute this result to two reasons. Firstly, it can be said that dairy farmers may have adequate financial resources (property, income) to cope with climate shocks.

Secondly, dairy farmers' access to agricultural credit can offer financial relief for them. But at the same time, farmers must repay the amounts related to the loans they receive, and this obligation causes them to become indebted (Pakdemirli, 2019). Farmers are worried about repaying their debts because of this result. For this reason, it can be said that dairy farmers' tendencies towards agricultural credit during the adaptation process to climate change are quite low. This study's findings are compatible with the results of Baloch et al. (2022), which explained there is a negative relationship between access to credit and farmers' adaptation strategies. However, the current results are inconsistent with the findings of Mabe et al. (2014), Abid et al. (2019) and Deressa et al. (2009), which stated there is a positive association between credit practices and adaptation to climate change.

Table 2. Factors affecting dairy farmers' decisions on adaptation strategies

Çizelge 2. Süt üreticilerinin adaptasyon stratejilerine ilişkin kararlarını etkileyen faktörler

Independent variables	Adaptation Strategies											
	Changing feed ration seasonally			Diversification of animal production activities (sheep and goat)			Livestock insurance			Diversity of feed crops		
	Coef.	ME ^b	p	Coef.	ME ^b	p	Coef.	ME ^b	p	Coef.	ME ^b	p
Age	-0.0733* (0.0153) ^a	-0.0270	0.000	-0.0546* (0.0156)	-0.0179	0.000	-0.0505* (0.0168)	-0.0134	0.003	-0.0510* (0.0175)	-0.0121	0.004
Education level	0.1761* (0.0343)	0.0649	0.000	0.0804* (0.0339)	0.0265	0.018	0.0913* (0.0354)	0.0242	0.010	0.0866* (0.0372)	0.0205	0.020
Household size	-0.1820* (0.0662)	-0.0671	0.006	0.2986* (0.0676)	0.0984	0.000	0.1873* (0.0713)	0.0497	0.009	0.3367* (0.0759)	0.0799	0.000
Dairy farming experience	0.0241 (0.0240)	0.0088	0.316	0.0773* (0.0253)	0.0255	0.002	0.0727* (0.0269)	0.0193	0.007	0.0298 (0.0276)	0.0071	0.278
Scale of farm	0.0770 (0.0051)	0.0028	0.135	0.0067 (0.0052)	0.0022	0.201	0.0224* (0.0056)	0.0059	0.000	0.0187* (0.0057)	0.0044	0.001
Off-farm income	0.0787 (0.1554)	0.0288	0.612	0.5218* (0.1683)	0.1606	0.002	0.4027* (0.1802)	0.0997	0.025	-0.1980 (0.1757)	0.0487	0.260
Agricultural land ownership	0.0403 (0.1480)	0.0148	0.786	0.6497* (0.1615)	0.1995	0.000	0.5849* (0.1742)	0.1432	0.001	0.2660 (0.1719)	0.0607	0.122
Agricultural cooperative membership	0.3633* (0.1544)	0.1310	0.019	0.1423 (0.1571)	0.0464	0.365	0.2206 (0.1707)	0.0572	0.196	0.6923* (0.1885)	0.1519	0.000
Access to agricultural credit	0.0691 (0.1502)	0.0254	0.645	-0.5350* (0.1539)	-0.1791	0.001	-0.6320* (0.1669)	-0.1737	0.000	-0.4939* (0.1702)	-0.1214	0.004
Log-likelihood	-213.01467			-196.62729			-167.54665			-157.57538		
LR chi ² (9)	72.13			71.96			70.83			70.17		
McFadden's	0.1448			0.1547			0.1745			0.1821		
Pseudo R ²												
Prob > chi ²	0.0000			0.0000			0.0000			0.0000		

The significance level: * $p < 0.05$; values in parenthesis are the standard errors; ^bME: Marginal effect the probit model

CONCLUSION and RECOMMENDATIONS

In the present study, dairy farmers' perceptions of climate-related risks, their adaptation strategies and factors affecting their decisions about adaptation strategies have been analysed. Most dairy farmers (70.7%) had a high perception of heavy storms while 66.2% of dairy farmers had a high perception of

change in rainfall. Among all the decisive factors of climate change, most dairy farmers perceived heavy storms and changes in rainfall as high-threatening factors. Dairy farmers are implementing strategies for adaptation to cope with negative impacts related to climate change. The most common adaptation strategy implemented by dairy farmers was changing

the feed ration seasonally (36.4%). It was followed by diversification of animal production activities (30.3%), livestock insurance (22.6%) and diversity of feed crops (20.6%). While diversity of feed crops was the least preferred adaptation strategy among these adaptation strategies, changing the feed ration seasonally was the most preferred adaptation strategy. Dairy farmers' age and access to agricultural credit had a negative relationship with their decision of adaptation strategies while dairy farmers' educational level, dairy farming experience, scale of farm, off-farm income, agricultural land ownership and access to agricultural credit had a positive relationship with their decision on adaptation strategies. The advantages of adaptation strategies and the importance of investing in risk-mitigating precautions are highlighted by these results. The lack of information on the negative impacts of climate change on dairy farmers should not be ignored. For this reason, more importance should be given to training and extension activities related to climate change adaptation among dairy farmers. Also, dairy farmers should be made aware of the benefits of adaptation strategies to be applied in the face of climate change by extension services and mass media, and they need to be informed about the significance of implementing these strategies by regional conditions. The tendency of dairy farmers to purchase livestock insurance is quite low in the research area. Thus, it is important to improve and disseminate livestock insurance practices. Losses caused by the negative effects of climate change can be included in this practice. The current study revealed that agricultural cooperative membership played a significant role in the selection of dairy farmers' adaptation strategies. Therefore, it is important to improve the efficiency of agricultural cooperatives during the adaptation process. They can support dairy farmers by helping them to access financial support or encouraging them to adapt. Although many dairy farmers are affected by changes in the climate and are worried about the future of dairy farming activities, they are less inclined towards adaptive strategies. According to this result, dairy farmers' adaptation to adaptation strategies cannot be increased by anxiety and perception of risk alone. This shows that socio-demographic and socioeconomic factors, as well as risk perceptions, have become more prominent. For this reason, a scientific and statistical infrastructure on climate change should be developed on a regional basis. Therefore, appropriate adaptation strategies should be determined. In this process, the cooperation from some stakeholders (such as the ministries and the media) should also be beneficial. Within the purposes of the present study, dairy farmers need to receive financial support so that they can minimize the negative impacts of climate change and adapt to it. Implementation of adaptation strategies within the

scope of special and regional policy measures will provide to reduce adverse effects of climate change or to adapt to this situation may increase dairy farmers' tendency to adopt these strategies. In this context, policymakers can implement programs and training to increase awareness of dairy farmers about climate change by providing extension services.

Author's Contribution

Authors declare the contribution of the authors is equal.

Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interest.

Ethics approval

This study was approved by the Ethics Committee of Çanakkale Onsekiz Mart University of School of Graduate Studies (2023-YÖNP-0672, Date: 05 October 2023, Decision no: 12/44).

REFERENCES

- Abid, M., Scheffran, J., Schneider, U.A. & Elahi, E. (2019). Farmer perceptions of climate change observed trends and adaptation of agriculture in Pakistan. *Environmental Management*, 63(1), 110-123. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1113-7>
- Akyüz, Y. & Atış, E. (2018). Küçük Menderes Havzasında iklim değişikliğinin olası etkileri ve üreticilerin konuya ilişkin farkındalıkları. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(Özel Sayı), 109-115. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.472836>
- Ali, M.F. & Rose, S. (2021). Farmers' perception and adaptations to climate change: findings from three agroecological zones of Punjab, Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(12), 14844-14853. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11472-x>
- Amamou, H., Ben Sassi, M., Aouadi, H., Khemiri, H., Mahouachi, M., Bechers, Y. & Hammami, H. (2018). Climate change-related risks and adaptation strategies as perceived in dairy cattle farming systems in Tunisia. *Climate Risk Management*, 20, 38-49. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.03.004>
- Anonymous, (2022). Statistical indicators. Records of Directorate of Provincial Agriculture and Forestry. Ankara, Türkiye.
- Ata, M., Altarawneh, M. & Al-Masad, M. (2021). Climate change perceptions and adaptations for dairy cattle farmers in Jordan: a case study in North East Region-Al-Dhulel Area. *New Medit*, 2, 97-105. <https://doi.org/10.30682/nm2102g>
- Bai, J., Li, K. & Lu, L. (2016). Estimation and Inference of FAVAR Models. *Journal of Business and Economic Statistics*, 34(4), 620-641.

- <https://doi.org/10.1080/07350015.2015.1111222>
- Baloch, Z.A., Tan, Q. & Fahad, S. (2022). Analyzing farm households' perception and choice of adaptation strategies towards climate change impacts: a case study of vulnerable households in an emerging Asian region. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 57306-57316. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19895-4>
- Bryan, E., Ringler, C., Okoba, B., Roncoli, C., Silvestri, S. & Herrero, M. (2013). Adapting agriculture to climate change in Kenya: household strategies and determinants. *Journal of Environmental Management*, 114, 26-35.
- Deressa, T.T., Hassan, R.M., Ringler, C., Alemu, T. & Yesuf, M. (2009). Determinants of farmers' choice of adaptation methods to climate change in the Nile Basin of Ethiopia. *Global Environmental Change*, 19, 248-255. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.01.002>
- Eştürk, Ö. & Mert, N. (2022). Analyzing the effects of global climate change on grain and forage crop productivity in Ardahan province with the ARDL model. *KSU Journal of Agriculture and Nature*, 25 (Suppl 2), 506-514. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.1011936>
- Fahad, S. & Wang, J. (2018). Farmers' risk perception, vulnerability, and adaptation to climate change in rural Pakistan. *Land Use Policy*, 79, 301-309. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.08.018>
- Fahad, S. & Wang, J. (2020). Climate change, vulnerability, and its impacts in rural Pakistan: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 1334-1338. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06878-1>
- GMKA, South Marmara Development Agency, (2014). TR22 South Marmara regional plan (2014-2023). South Marmara development agency Balıkesir-Türkiye. <https://www.gmka.gov.tr/dokumanlar/yayinlar/TR22-South-Marmara-Region-2014-2023-Regional-Plan.pdf> (Last accessed on 2021 Dec 11).
- Hassan, R. & Nhemachena, C. (2008). Determinants of African farmers' strategies for adapting to climate change, Multinomial choice analysis. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 2(1), 83-104.
- Hayran, S., Duru, S., Kapur, B., Gul, A. & Turgut, Y.S. (2021). Farmers' perception regarding climate change in Southern Turkey: the case of the Mersin province. *New Medit*, 1, 71-84. <https://doi.org/10.30682/nm2101e>
- IPCC, (2017). Data Distribution Center. Intergovernmental panel on climate change (IPCC) report, Switzerland. <http://www.ipccdata.org> (Last accessed on 2021Oct 15).
- Jeder, H., Abdelhamid, A. & Salah, A. (2021). Smallholder farmers' perceptions and adaptation strategies to mitigate the effect of climate change in the oases of South-Eastern Tunisia. *New Medit*, 5, 1-15. <https://doi.org/10.30682/nm2105a>
- Kandlikar, M. & Risbey, J. (2000). Agricultural impacts of climate change, if adaptation is the answer, what is the question? *Climatic Change*, 45(3), 529-539. <https://doi.org/10.1023/A:1005546716266>
- Karimi, V., Karami, E. & Keshavarz, M. (2018). Vulnerability and adaptation of livestock producers to climate variability and change. *Rangeland Ecology & Management*, 71(2), 175-184.
- Koç, G. & Uzmay, A. (2019). The effect of climate change on the cost of dairy farms in Turkey; a case study of Thrace Region. *New Medit*, 18(3), 31-46. <http://dx.doi.org/10.30682/nm1903c>
- Koç, G. & Uzmay, A. (2021). Determinants of dairy farmers' likelihood of climate change adaptation in the Thrace Region of Turkey. *Environment, Development and Sustainability*, 24, 9907-9928. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01850-x>
- Knowler, D. & Bradshaw, B. (2007). Farmers' adoption of conservation agriculture: a review and synthesis of recent research. *Food Policy*, 32(1), 25-48. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2006.01.003>
- Koyuncu, M. (2017). Global climate change and animal husbandry. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 31(2), 98-106.
- Lin, J. (1991). Education and innovation adoption in agriculture: evidence from hybrid rice in China. *American Journal of Agricultural Economics*, 73(3), 713-723.
- Mabe, F.N., Siensio, G. & Donkoh, S. (2014). Determinants of choice of climate change adaptation strategies in Northern Ghana. *Research in Applied Economics*, 6(4), 75-94. <http://dx.doi.org/10.5296/rae.v6i4.6121>
- Nabikolo, D., Bashaasha, B., Mangheni, M. & Majaliwa, J. (2012). Determinants of climate change adaptation among male and female-headed farm households in eastern Uganda. *African Crop Science Journal*, 20, 203-212.
- Newbold, P. (1995). *Statistics for business and economics*. Prentice Hall Inc.
- Oğuz, C. & Karakayacı, Z. (2017). *Tarım ekonomisinde araştırma ve örnekleme metodolojisi*, Konya: Atlas Akademi.
- Pakdemirli, B. (2019). Comparison of the current situation of agricultural cooperatives in the World and Turkey. *ANADOLU Journal of Aegean Agricultural Research Institute (AARI)*, 29(2), 177-187.
- Peng, C.Y.J., Lee, K.L. & Ingersoll, G.M. (2002). An introduction to logistic regression analysis and reporting. *Journal of Educational Research*, 96(1), 3-14. <https://doi.org/10.1080/00220670209598786>
- RTMEU, (2018). Seventh national communication of Turkey under The United Nations Framework Convention on climate change. Republic of Turkey

- Ministry of Environment and Urbanization (RTMEU). Turkey. [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/496715_Turkey-NC7-1-7th%20National %20Communication%20of%20Turkey.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/496715_Turkey-NC7-1-7th%20National%20Communication%20of%20Turkey.pdf) (Last accessed on 2021 Dec 15).
- Sima, M., Popovici, E.A., Balteanu, D., Micu, D.M., Kucsicsa, G., Dragota, C. & Grigorescu, I. (2015). A farmer-based analysis of climate change adaptation options of agriculture in Baragan Plain Romania. *Earth Perspectives*, 2(5), 1-21. <https://doi.org/10.1186/s40322-015-0031-6>
- StataCorp, (2005). Stata longitudinal/panel data reference manual. Texas: College Station TX: StataCorp LP.
- Tiet, T., To-The, N. & Nguyen-Anh, T. (2022). Farmers' behaviours and attitudes toward climate change adaptation: evidence from Vietnamese smallholder farmers. *Environment, Development and Sustainability*, 1-26. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-02030-7>
- TURKSTAT, (2022). Statistical indicators. Turkish Statistical Institute. Agricultural Statistics Annual Report, Ankara. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=2> (Last accessed on 2021 Dec 10).
- Xu, J. & Long, J.S. (2005). Confidence intervals for predicted outcomes in regression models for categorical outcomes. *Stata Journal*, 5(4), 537-559. <https://doi.org/10.1177/1536867X0500500405>
- Yashoğlu, E. & İlhan, H. (2016). An analysis of dairy cattle production in Southern Marmara in terms of heat stress. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 13(4), 12-19.
- Zhang, C., Jin, J., Kuang, F., Ning, J., Wan, X. & Guan, T. (2020). Farmers' perceptions of climate change and adaptation behaviour in Wushen Banner, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 26484-26494. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09048-w>

Erzurum İli Pasinler İlçesi Tarım Arazilerinin Değerine Etki Eden Faktörlerin Analizi

Ali MUTİ^{1*}, Avni BİRİNCİ²

¹Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Yakutiye Tapu Müdürlüğü, Erzurum ² Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, Erzurum

¹<https://orcid.org/0000-0003-0254-8419>, ²<https://orcid.org/0000-0003-0370-1454>

✉: alimuti@tkgm.gov.tr

ÖZET

Bu çalışmada amaç Erzurum ili Pasinler ilçesinde tarım arazilerinin değerine etki eden faktörlerin belirlenmesidir. Bu kapsamda Erzurum ili Pasinler ilçesine bağlı 14 mahallede 60 adet anket uygulanmak suretiyle veriler toplanmıştır. Verilerin analizinde doğrusal regresyon modeli kullanılmıştır. Bağımlı değişken olarak arazi değeri dikkate alınmıştır. Bağımlı değişkeni etkilediği düşünülen arazinin kiraya verilme durumu, alım satım durumu, geometrik şekli, mülkiyet durumu, çiftçinin eğitim durumu ve yetiştirilen ürün çeşidi gibi bağımsız değişkenler denklemde yer almıştır. Çalışma sonucunda bölgede arazi değerini etkileyen en önemli faktörlerin arazinin kiralama durumu, geometrik şekli ve mülkiyeti olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın yapıldığı alanda arazi değerini etkileyen faktörlerin daha objektif bir biçimde ortaya konabilmesi için verilerin daha ayrıntılı bir biçimde elde edilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

Tarım Ekonomisi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 10.11.2023

Kabul Tarihi : 18.03.2024

Anahtar Kelimeler

Değer

Tarım

Arazi

Erzurum

Analysis of Factors Affecting the Value of Agricultural Lands in Pasinler District of Erzurum Province

ABSTRACT

This study aims to determine the factors affecting the value of agricultural lands in the Pasinler district of Erzurum province. In this context, data was collected by applying 60 surveys in 14 neighborhoods of the Pasinler district of Erzurum province. A linear regression model was used to analyze the data. Land value was taken into account as the dependent variable. Independent variables such as the leasing status of the land, its buying and selling status, geometric shape, ownership status, educational status of the farmer, and the type of product grown, which are thought to affect the dependent variable, were included in the equation. As a result of the study, it was determined that the most important factors affecting land value in the region are the rental status, geometric shape, and ownership of the land. There is a need to obtain more detailed data to reveal the factors affecting land value more objectively in the area where the study is conducted.

Agricultural Economics

Research Article

Article History

Received : 10.11.2023

Accepted : 11.03.2024

Keywords

Value

Agriculture

Land

Erzurum

Atıf İçin : Muti, A., & Birinci, A.,(2024). Erzurum İli Pasinler İlçesi Tarım Arazilerinin Değerine Etki Eden Faktörlerin Analizi *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(5), 1129-1136. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1388886.

To Cite: Muti, A., & Birinci, A.,(2024). Analysis of Factors Affecting the Value of Agricultural Lands in Pasinler District of Erzurum Province *KSU J. Agric Nat* 27(5), 1129-1136. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1388886.

GİRİŞ

Tarım arazileri hem ülke hem de aile ekonomileri için büyük önem arz etmektedir. Tarım sektörü birçok ülkede ekonominin temel taşı olarak görülmüş (Cennet & Zühal, 2004) ve bu sektörün ekonominin kalkınması ve büyümesi için stratejik bir öneme sahip olduğu belirtilmiştir (Arslan & Öztürk, 2021). Tarım sektörü öncelikle toplumun gıda ihtiyacının karşılanması, yatırım, ihracat, istihdam, hammadde temini ve katma değer oluşturma gibi ekonomik katkıları sebebiyle bütün ülkelerde önemini sürekli korumaktadır (Sav & Sayın, 2018).

Arazilerle ilgili faaliyetlerin devlet tarafından planlama, uygulama desteği ve kontrolü, özetle yönetilmesi gerekmektedir. Arazilerin sınırlı büyüklükte olması bu kaynakların iyi yönetilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda tarım arazisi ile ilgili politikaların kısa, orta ve uzun vadeleri dikkate alacak şekilde yapılması bu arazilerin geleceği açısından oldukça önemlidir. Dünyada son yıllarda yaşanan iklim değişiklikleri, kuraklık ve diğer doğal ve doğal olmayan felaket ve sebepler tarım arazilerinin bulunduğu konumu ve buna bağlı olarak kıymetini daha da artırmıştır. Arazilerin bu derece

değerli olmasına rağmen son yıllarda kırsaldan kentlere olan göçlere bağlı olarak tahıl üretiminin azalması, hayvan sayısında ortaya çıkan azalma ve arazilerin küçük ve dağınık hale gelmesi gibi nedenlerden dolayı tarımsal kazanımlar olumsuz yönde etkilenmiştir (Er ve ark., 2022).

Arazilerin ekonomik açıdan önemli olmasının yanında değerlemesinin düzgün yapılması hususu da son derece önemli bir husus olarak görülmektedir. Değerleme faaliyetinin bilimsel yöntemler kullanılarak yapılması ve arazinin tüm olumlu ve olumsuz özelliklerinin birlikte değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Bunun yanında değerlendirme işleminin hangi amaç için yapıldığının bilinmesi de değerlemenin doğru yapılabilmesi ve sonuçlarının sağlıklı bir şekilde yorumlanması açısından önem taşımaktadır (Serez ve ark., 2022). Bu bağlamda değerlendirme amaçları alım-satım, arazi gelirinin tespiti, ipotek, vergilendirme, kamulaştırma, tarım sigortası, toplulaştırma çalışmaları, miras paylaşımı, tarım reformu çalışmaları ve diğer amaçlar şeklinde sıralanabilir (Açlar & Çağdaş, 2008; Çoşar & Engindeniz, 2013; Serez ve ark., 2022).

Bir değerlendirme işlemi arazi sahibi, devlet, finans kuruluşu ve diğer paydaşları doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebilmektedir. Tarım arazilerinde değerlendirme işlemi özellikle kamulaştırma konusunda yoğun olarak yapılmaktadır. Devlet Su İşleri, Karayolları ve BOTAŞ gibi kurumların kamulaştırma işlemlerinde ödenen kamulaştırma bedelleri ve mahkeme süreçleri göz önüne alındığında değerlendirme işleminin önemi daha da dikkat çekmektedir. 2942 sayılı Kamulaştırma yasası ve bu yasanın bazı maddelerinde değişiklik yapan 4650 sayılı yasa, tarım arazilerinin değerlemesinde gelir yönteminin uygulanmasını zorunlu olarak işaret etmektedir. Her bir gayrimenkulün kendine özgü karakteristikleri bulunmaktadır. Bu özellikler neticesinde bir gayrimenkulün değeri ortaya çıkmaktadır. Tarım arazilerinin değerlendirilmesi yapılırken, arazi değerini etkileyen faktörler bilimsel çalışmalarda farklı şekilde ele alınmıştır. İstatistiki yöntemlerden hedonik fiyat modeli, regresyon analizi ve faktör analiz yöntemi şeklinde genel olarak kullanılan yöntemler olarak dikkat çekmektedir (Vural, 1987; Hurma, 2007; Çoşar & Engindeniz, 2013).

Tarım arazileri homojen özellik sergilemediğinden gelir yönteminin uygulanmasında problemler ortaya çıkabilmektedir. Bu durum dikkate alınarak değerlemenin yapıldığı bölgenin şartları ve özelliklerine göre gelir yöntemi ve pazar değeri beraber uygulanarak en iyi değer takdiri yapılması mümkün olabilmektedir (Karakayacı, 2011). Tarım arazilerinin değerlendirilmesinde en yaygın kullanılan yöntemlerden birisi gelirlerin kapitalizasyonu yöntemidir (Mülâyim, 2008). Bu yöntemin tüm tarım arazilerinde, özellikle kent merkezlerine veya kıyı

kesimlerine yakın tarım arazilerinde uygulanmasının zor olduğu ifade edilmektedir (Tanrıvermiş & Doğru, 2004).

Gelirlerin kapitalizasyonu yöntemi tarım arazilerine değer biçmede en çok kullanılan yöntemlerdendir. Yasa gereği kamulaştırma çalışmalarında bu yöntem zorunlu olarak kullanılmaktadır. Kamulaştırma işlemlerinde arazi değerleri genellikle mahkemeler tarafından görevlendirilen bilirkişiler marifetiyle belirlenmektedir. Gelir yönteminde bir malın sürekli gelir getirmesi esastır. Ayrıca bir malın ileride elde edebileceği düşünülen bütün gelirlerinin değerlendirilmesine indirgenmesi hususu dikkate alınmaktadır (Açlar & Çağdaş, 2008). Gelirlerin kapitalizasyonu yönteminde taşınmazın yıllık net geliri ve o bölgede geçerli olan kapitalizasyon oranı kullanılarak değer biçme işlemi uygulanmaktadır (Karakayacı, 2011). Bölgeden bölgeye farklılık arz eden kapitalizasyon oranının, bölgenin özellikleri incelendikten sonra tespit edilmesi gerekmektedir (Öztürk ve ark., 2017). Kapitalizasyon oranı araziye yatırılmış sermayenin kullanım hakkıdır (Mülâyim, 2001) ve gayrimenkulün net gelirinin değerine oranı olarak ifade edilmektedir. Arazinin değeri ile kapitalizasyon oranı ters orantılı olduğundan kapitalizasyon oranı düştükçe arazinin değeri artmaktadır (Vural, 1987). Kapitalizasyon oranı arazi değerini önemli derecede etkilediği için tespit edilirken hassas çalışılmalıdır. Ayrıca bu oranı etkileyen faktörler iyice irdelenmeli ve bölgenin özelliklerinin de iyi bilinmesi gerekmektedir. Türkiye’de bazı illerde tarım arazilerinin kapitalizasyon oranının tespit edilmesine yönelik akademik çalışmalar yapılmıştır (Vural, 1987; Demircan, 1991; Keskin, 1994; Sayılı & Esengün, 1996; Birinci, 1997; Aktaş, 2000; Aslan, 2002; Avcı, 2010; Baştürk, 2011; İncir, 2015; Öztürk ve ark., 2017; Sert, 2019; Karakayacı, 2023).

Bir taşınmazın değerine etki eden faktörler içsel faktörler; fayda, kıtlık, fiziksel şartlar ve aktarılabilirliktir. Dışsal faktörler; ekonomik faktör, sosyo-kültürel faktör ve yasal mevzuat faktörü olarak bölümlendirilebilir (Büyükkaracıoğlu, 2021). Tarım arazilerinin fiyatları bölgeden bölgeye farklılık arz edebildiği gibi fiyatı etkileyen faktörler de farklılık gösterebilir (Serez ve ark., 2022).

Bu çalışmada dikkate alınan tarla arazisi değerini etkileyen faktörleri genel olarak iki ana başlık altında incelemiştir. Doğal (Fiziki) faktör olarak; toprağın verim kapasitesi, arazinin topoğrafik yapısı, iklim özellikleri ve arazinin coğrafi konumudur. Sosyal ve ekonomik faktörler olarak; nüfus sayısı ve artma hızı, tarımdan elde edilen mahsulün fiyatı, arazinin arzı ve talebi, arazinin getirisi, pazarlama imkânları, para kıymetindeki meydana gelen değişimler, kredi miktarı ve nevi, arazi kirası, teknoloji düzeyi, insanların ürün talep alışkanlıkları ve imkanları ile sosyal ve çevre şartları dikkate alınmaktadır (Birinci,

1997).

Amerika Birleşik Devletlerinde 1960-1981 yılları arasında 24 eyalette yapılan araştırmadan elde edilen verilerle oluşturulan modellerde; tarım arazisi fiyatları üzerinde etkili olan faktörlerin arazi talebi, arazi rantı ve enflasyon olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, çok sayıdaki eyalette tarım arazisi değerlerinin, tarım dışı talepten etkilendiği de çalışmada ifade edilmektedir (Robison ve ark., 1985).

Gayrimenkulün değerini etkileyen faktörler sosyal, ekonomik ve çevresel faktörlerdir. Bu faktörlerin bazıları gayrimenkulün değerini olumlu bazıları ise olumsuz etkileyebilmektedir. Olumlu etkileyenler; yüksek nüfus yoğunluğu, arazinin taban suyu yüksekliği, çoraklık, yaşlık ve arazide taşlılık durumunun olmaması gibi faktörlerdir. Olumsuz etkileyenler ise; yüksek erozyon riski, arazinin eğimli olması, arazinin il-ilçe-belde ve köye uzak olması, verimli üst toprak tabaka derinliğinin yetersizliği ve yaygın toprak sığılığı sorunudur (Tanrıvermiş, 2017). Bunun yanında tarım arazilerinde değere etki eden ve arazinin net geliri ve kapitalizasyon oranını oluşturan bütün etkenlerin incelenmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu doğrultuda toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri, arazinin ulaşım kolaylığı, yerleşim merkezine yakınlığı, sulanma kolaylığı, mülkiyet güvencesi gibi faktörlerin değerlendirilmesi gerektiği konularına dikkat çekilmiştir (Tanrıvermiş ve ark., 2002).

Tarım arazilerinin önemi her geçen gün artmaktadır. Son yıllarda tarım arazileri ile birlikte arazilerin değerlendirme işlemi de önem kazanmıştır. Tarım arazilerinin özellikleri, değerine etki ettiği için bu özelliklerin iyi incelenmesi gerekmektedir. Küresel olarak yaşanan kuraklık ve iklim değişiklikleri tarım arazilerinin önemini daha da artırmaktadır. 2022 yılında başlayan Rusya ve Ukrayna ülkeleri arasındaki savaş, dünya genelinde gıda fiyatlarını olumsuz yönde etkilemiştir. Bu doğrultuda sınırlı miktarda ki tarım arazilerinin değeri her geçen gün daha da artmaktadır. Tarım arazilerinin kıymetinin doğru tespit edilmesi önemli bir konudur.

Bu çalışmanın amacı, Erzurum ili Pasinler ilçesinde tarım arazilerinin değerine etki eden faktörlerin belirlenmesidir. Erzurum ilinde Pasinler ovası tarımsal potansiyeli yüksek bölgelerden biridir. Arazi alım satımı açısından dinamik bir yapıya sahiptir. Bu nedenle araştırma alanı olarak seçilmiştir. Çalışmanın bölgede yapılması olası değerlendirme çalışmalarında bilimsel altlık oluşturması ve literatüre bu açıdan yapacağı katkılar açısından önemli oranda özgün bir değere sahip olacağı aşikardır. Ayrıca, elde edilen sonuçların kamulaştırma yapan DSİ, Karayolları ve BOTAŞ gibi kurumlarla birlikte, özel sektör temsilcilerinin arazi değerlendirme çalışmalarına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

MATERYAL ve METOD

Araştırmada kullanılan veriler 2019 yılında Ocak-Eylül ayları arasında, Pasinler İlçe Tapu Müdürlüğünde arazi alım satımı yapan 60 mülk sahibi ile, tamamen gönüllülük esasına dayalı ve özel bilgilerinin paylaşılması hususuna dikkat edilerek anket yöntemi uygulanarak elde edilmiştir. Bu çalışma Erzurum ili Pasinler ovasındaki Alvar, Ardıçlı, Çöğender, Demirdöven, Gölciğez, Kasımpaşa, Karavelet, Kurtuluş, Otlukapı, Övenler, Paşabey, Pusudere, Şehit Burak Karakoç ve Yastıktepe köylerini kapsamaktadır. Köyler (6360 sayılı Büyükşehir yasası kapsamında mahalle olmuştur) ve anket sayısının belirlenmesinde Gayeli Örneklem yöntemi kullanılmıştır (Güneş & Arıkan, 1988; Birinci, 1997). Gayenin belirlenmesinde tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yürütülmesi ve mülk sahibinin bilgi verme konusundaki yetkinliği (Pasinler İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü ile yapılan görüşmeler neticesinde) hususları dikkate alınmıştır. Akrabalık bağı olan kişiler arasındaki yapılan satışlar gayrimenkulün piyasa değerini tam olarak yansıtmayacağından bu kapsama girmeyen satışlar tercih edilmiştir. Veriler elde edilirken taşınmazların belediye emlak beyan değerleri genel olarak piyasa değerini yansıtmadığı için gerçek alım-satım değerleri kullanılmıştır.

Verilerin analizi SPSS 20 programı kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada değişkenlerin normal dağılım göstermesi nedeniyle doğrusal regresyon modeli tercih edilmiştir. Analizler yapılırken bağımlı değişkeni en çok etkileyen bağımsız değişkenlerin tespit edilmesi için en uygun modelin seçilmesi hedeflenmiş bu nedenle Stepwise (adımsal) yöntemi uygulanmıştır.

Tarım arazilerinin değerine etki eden faktörler için arazinin değeri bağımlı değişken, mahalle, arazinin yüzölçümü, arazinin eğimi, arazinin sulu kuru olması, arazinin sulama kaynağı, arazinin ilçe merkezine uzaklığı, arazinin yerleşim yerine uzaklığı, araziye ulaşan yol varlığı, ürün çeşidi, çiftçinin eğitim durumu, arazinin mülkiyet durumu, arazinin geometrik şekli, arazinin taşlık durumu, arazinin alım satım durumu, arazinin belediye hizmetlerinden yararlanması, arazinin tapu kaydında herhangi bir şerh olup olmaması ve arazinin kiraya verilmesi ise bağımsız değişken olarak kabul edilmiştir.

Değişkenler modele numaralandırılarak yerleştirilmiştir. Örneğin ürün çeşidi değişkeninde patates 1, buğday 2, şeker pancarı 3..vb. Arazinin geometrik şekli kare 1, dikdörtgen 2, yamuk 3 ve üçgen 4 şeklinde, Arazinin mülkiyet durumu ise hisseli mülkiyet 1 ve tam mülkiyet 2 şeklinde, Arazi sahibinin eğitim durumu ilköğretim 1, ortaokul 2, lise 3 ve üniversite 4 şeklinde, Arazinin alım-satım durumu ve Arazinin kiraya verilme durumu değişkenleri ise kolay 1, zor 2 olacak şekilde modele dahil edilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada tarım arazilerinin fiyatı, yüzölçümü, ilçe merkezine ve yerleşim yerlerine uzaklıkları incelenmiş olup, bu faktörlere ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1’ de verilmiştir. Buna göre tarım arazilerinin ortalama olarak; fiyatının 7.60 TL, yüzölçümü 17.46 da, ilçe merkezine uzaklıkları 3.42 km, yerleşim yerine uzaklıkları ise 1.52 km olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada tarım arazilerinin değerine etki eden faktörler incelenmiş olup, Çizelge 2’ de verilmiştir. Buna göre; arazilerin %60’ının zemin olarak düz olduğu, %83.3 sulu, %85’ nin taşlık olmadığı, %91.7’ sinin yolunun mevcut olduğu, %26.7’sinin belediye hizmetlerinden faydalandığı ve %95’nin tapu kaydında herhangi bir şerh (ipotek, haciz vb.) olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 1. Tanımlayıcı İstatistikler

Table 1. Descriptive Statistics

Değişkenler	Ortalama	Standart Sapma	Gözlem Sayısı (Adet)
Arazinin Fiyatı (TL)	7.60	4.529	60
Arazinin Yüzölçümü (Da)	17.46	15.141	60
Arazinin İlçe Merkezine Uzaklığı (Km)	3.42	1.030	60
Arazinin Yerleşim yerine uzaklığı (Km)	1.52	0.504	60

Çizelge2. Değişkenlere ait İstatistikler

Table 2. Statistics of Variables

Faktörler	Arazi özelliklerine ait alt gruplar, sayıları ve yüzdeleri		
	Alt Gruplar	N=60	%100
Arazinin Eğimi	Eğimli	5	8.3
	Az eğimli	19	31.7
	Düz	36	60.0
Arazinin Sulanabilirliği	Sulu	50	83.3
	Kuru	10	16.7
Arazinin Sulama Kaynağı	DSİ kanalı	27	45.0
	Artezyen	5	8.3
	Dere vb.	20	33.3
	Diğer	8	13.3
Arazinin İlçe Merkezine Uzaklığı	0-2 km	6	10.0
	2,1-4 km	6	10.0
	4,1-6km	5	8.3
	6km+	43	71.7
Arazinin Yerleşim Yerine Uzaklığı	1 km (Yakın)	29	48.3
	1,1-5 km uzak	31	51.7
Arazi Ulaşan Yolun Varlığı	Var	55	91.7
	Yok	5	8.3
Çiftçinin Eğitim Durumu	İlkokul	42	70.0
	Ortaokul	4	6.7
	Lise	10	16.7
	Üniversite	4	6.7
Arazinin Mülkiyet Durumu	Hisseli Mülkiyet	30	50.0
	Tam Mülkiyet	30	50.0
Arazinin Geometrik Şekli	Dikdörtgen	27	45.0
	Yamuk	31	51.7
	Üçgen	2	3.3
Arazinin Taşlık Durumu	Taşlık	3	5.0
	Az taşlık	6	10.0
	Taşlık değil	51	85.0
Arazinin Alım-Satımı Durumu	Kolay	47	78.3
	Zor	13	21.7
Araziye Belediye Hizmeti Verilme Durumu	Faydalıyor	16	26.7
	Faydalanmıyor	44	73.3
Arazi Tapu Kaydında Şerh Olma Durumu	Var	3	5.0
	Yok	57	95.0
Arazinin Kiralanma Durumu	Kolay	44	73.3
	Zor	16	26.7

Çalışmada oluşturulan modelin özet sonuçları Çizelge 3' te verilmiştir. Modelde bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni %58,1 oranında açıkladığı görülmüştür.

Model için yapılan ANOVA testi Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge 4 incelendiğinde ANOVA testinin sonuçlarına göre; oluşturulan modelin tümüyle istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir

($p < 0.001$). Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

Model için oluşturulan hipotezlerde;

H0 = Bağımsız değişkenlerden hiçbir bağımlı değişkenleri açıklamamaktadır.

H1 = Bağımsız değişkenlerden en az bir tanesi bağımlı değişkeni anlamlı olarak açıklamaktadır.

Çizelge 3. Model Özet Çizelgesi
Table 3. Modal Summary Chart

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Durbin-Watson
1	0.790 ^f	0.624	0.581	1.265

a. Bağımlı değişken: Arazinin fiyatı

Çizelge 4. ANOVA Testi
Table 4. Test ANOVA

Model	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
Regresyon	755.244	6	125.874	14.657	<0.000 ^g
Kalıntı	455.156	53	8.588		
Toplam	1210.400	59			

a. Bağımlı değişken: Arazinin fiyatı

Model için regresyon analiz sonuçları Çizelge 5' te gösterilmiştir. Modelin test edilmesi için çoklu regresyon modeli kullanılmıştır. Stepwise (adımsal) yöntem tercih edilmiştir. Çoklu regresyon analizleri yapılırken sorunlardan birisi de çoklu doğrusal bağlantı sorunudur. Çoklu regresyon analiz sonuçlarında, varyans enflasyon faktörü (VIF-Varyans Inflation Factor) çoklu doğrusal bağlantı sorununun tespiti noktasında önemli bir göstergedir (Bai ve ark., 2010; Adeboye ve ark., 2014). Değişkenler arasında bağlantı (collinearity) problemini veya çoklu doğrusal bağlantı (multicollinearity) problemini bağımsız değişkenler arasındaki güçlü ilişki etkilemektedir. VIF sonuçlarının 10' a eşit ya da büyük çıkması (VIF $\geq$ 10) çoklu bağlantı sorununun olduğunu yansıtmaktadır (Albayrak, 2005). Çizelge 5 incelendiğinde VIF değerlerinin 10' dan küçük ve Tolerans değerleri 0.20 den yüksek değerde olması da çoklu doğrusal bir ilişkinin olmaması anlamına gelmektedir.

Bağımsız değişkenlerden arazinin kiraya verilmesi, çiftçinin eğitim durumu, arazinin alım satım durumu, arazinin geometrik şekli, arazinin mülkiyet durumu ve ürün çeşidi bağımlı değişken olan arazi fiyatını %58.1 düzeyinde anlamlı bir şekilde açıkladığı görülmüştür. Mahalle, arazinin yüzölçümü, arazinin eğimi, arazinin sulu kuru olması, arazinin sulama kaynağı, arazinin ilçe merkezine uzaklığı, arazinin yerleşim yerine uzaklığı, araziye ulaşan yolun varlığı, arazinin taşlık durumu, arazinin belediye hizmetlerinden yararlanma durumu ve arazinin tapu kaydında herhangi bir şerh olma durumu

değişkenleri ise bağımlı değişkeni istatistiki açıdan anlamlı bir şekilde açıklamadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 5 incelendiğinde bağımsız değişkenlerden arazinin kiraya verilmesi (Beta=-4.012, t=-3.676 ve p=0.001) arazinin fiyatı bağımlı değişkeni üzerinde anlamlı ve negatif yönlü bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Çiftçinin eğitim durumu bağımsız değişkeni (Beta=1.023, t=2.418 ve p=0.019) bağımlı değişken üzerinde anlamlı ve pozitif yönlü bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Arazinin alım satım durumu bağımlı değişkeni (Beta=-2.257, t=-1.930 ve p<0.049) bağımlı değişken üzerinde anlamlı ve negatif yönlü bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Arazinin geometrik şekli bağımsız değişkeni (Beta=2.730, t=3.584 ve p=0.001) bağımlı değişken üzerinde anlamlı ve pozitif yönlü bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Arazinin mülkiyet durumu bağımsız değişkeni (Beta=2.636, t=3.066 ve p=0.003) bağımlı değişken üzerinde anlamlı ve pozitif yönlü bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Ürün çeşidi (Beta=-0.292, t=-2.292 ve p=0.026) arazinin fiyatı bağımlı değişkeni üzerinde anlamlı ve negatif yönlü bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Kırıkkale ili Keskin ilçesinde, 1989-2007 yılları arasında, tapuda satışı yapılan 1148 adet tarım arazisi ile ilgili olarak tarım arazisi fiyatını etkileyen faktörleri tespit amacıyla bir anket çalışması yapılmıştır. Tarım arazilerinde değere etki eden 2 ana unsurun arazi rantı ve kapitalizasyon oranı olduğunu ortaya koymuştur (Koç, 2011).

Çizelge 5. Regresyon Analiz Çizelgesi
Table 5. Regression Analysis Chart

Model	Standardize Edilmemiş Katsayılar		Standart Katsayılar	t	Anlamlılık	Çoklu Doğrusallık	
	B	Standart Hata	Beta			Tolerans	VIF
Arazinin Kiralanma Durumu	-4.012	1.091	-0.395	-3.676	0.001	0.615	1.627
Çiftçinin Eğitim Durumu	1.023	0.423	0.225	2.418	0.019	0.822	1.216
Arazinin Alım Satım Durumu	-2.257	1.169	-0.207	-1.930	0.049	0.617	1.620
Arazinin Geometrik Şekli	2.730	0.762	0.338	3.584	0.001	0.797	1.255
Arazinin Mülkiyet Durumu	2.636	0.860	0.293	3.066	0.003	0.775	1.291
Ürün çeşidi	-0.292	0.127	-0.211	-2.292	0.026	0.836	1.196

a. Bağımlı değişken: Arazinin fiyatı

İzmir ili Menemen ilçesinde yapılan bir çalışmada sulu tarla arazilerinin değerine etki eden faktörlerin diğer değişkenler sabit olmak şartıyla arazinin pazar değerini olumlu yönde en çok etkileyen değişkenin parselin müstemilat durumu olduğunu ve bu durumu parselin toprak özellikleri ve parsel büyüklüğü takip etmiştir (Çoşar & Engindeniz, 2013).

Samsun ili Ladik ilçesinde arazi fiyatlarını doğrudan ve dolaylı etkileyen faktörler araştırılmıştır. Verim ve sulamanın tarım arazisinin fiyatını olumlu yönde etkilerken, köye ve anayolu uzaklık, taşlılık ve eğim arazi fiyatına olumsuz yönde etkisi olduğu belirtilmiştir (Başer ve ark., 2019).

Ankara ili Evren ilçesinde yapılan bir çalışmada arazi değerinin etkilendiği faktörleri; arazinin verimliliğinin %19.63, arazi genişliği %9.60, arazi şekli %4.47, arazi eğimi %3.63, arazinin yola uzaklığı %2.57, arazi konumunun yerleşke yerlerine mesafesi %2.84, arazi olanaklarının sulamaya elverişliliğinin %30.38, arazi satış hareketlerinin %3.31, arazi mevkisinin kadastro görme durumunun %2.70, arazi alanının yol ile cephesini durumunun %2.80 ve arazinin toprak özelliklerinin %18.06 etkili olduğu bildirilmiştir (Bayramoğlu & Özdemir, 2021).

Konya'nın Çumra ilçesindeki tarımsal arazilerin değerinde etkili faktörlerin belirlenmesinde; arazi kullanım kabiliyeti sınıfı %24.22, bitki örtüsü %23.31, jeolojik yapı %11.33, kırsal merkeze mesafesi %7.74, yola uzaklık %7.74, sulama kanalına uzaklık %17.92 ve ilçenin merkezine olan mesafesi %7.74 gibi faktörlerin önemli olduğu bildirmişlerdir (Karakayacı ve ark., 2016).

SONUÇ

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre Erzurum ili Pasinler ilçesine bağlı 14 mahallede tarım arazilerinin değerine etki eden faktörler için bir model oluşturulmuştur. Oluşturulan modelde değişkenlerden arazinin kiraya verilme durumu,

çiftçinin eğitim durumu, arazinin alım satım durumu, arazinin geometrik şekli, arazinin mülkiyet durumu ve ürün çeşidi, arazinin fiyatını %58.1 düzeyinde anlamlı bir şekilde açıkladığı görülmüştür.

Bağımsız değişkenlerden mahalle, arazi yüzölçümü, arazi eğimi, arazinin sulu kuru olması, arazinin sulama kaynağı, arazinin ilçe merkezine uzaklığı, arazinin yerleşim yerine uzaklığı, araziye ulaşan yolun varlığı, arazinin taşlık durumu, arazinin belediye hizmetlerinden yararlanması ve arazinin tapu kaydında herhangi bir şerh olma durumu değişkenleri, arazi fiyatını istatistiksel açıdan anlamlı olarak açıklamadığı belirlenmiştir.

Çalışma sonuçları tarımsal arazi değerlemesi alanında çalışan kişi ve kurumlara yol gösterici bir nitelik taşımaktadır. Ayrıca konuyla ilgili literatüre de katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Adeboye, N. O., Fagoyinbo, I. S., & Olatayo, T. O. (2014). Estimation of the effect of multicollinearity on the standard error for regression coefficients. *Journal of Mathematics*, 10 (4), 16-20.
- Açlar, A., & Çağdaş, V. (2008). *Taşınmaz (Gayrimenkul) Değerlemesi*, 2. baskı. TMMOB, Harita ve Kadaströ Mühendisleri Odası, Remark, Ankara.
- Aktaş, A. (2000). *Tokat İli Niksar Ovası Tarla Arazilerinde Kapitalizasyon Faiz Oranının Saptanması Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Tokat.
- Albayrak, A. S. (2005). Çoklu doğrusal bağlantı halinde en küçük kareler tekniğinin alternatifi yanlı tahmin teknikleri ve bir uygulama.

- Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 1 (1), 105-126.
- Arslan, G., & Öztürk, S. (2021). *Türkiye'de Tarım Sektörünün Temel Sorunları Ve Uygulanan Tarım Politikalarının Türkiye Ekonomisi Üzerine Etkileri*. 2000-2018 (Master's thesis, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi).
- Aslan, İ. (2002). Tokat İli Artova İlçesi Tarla Arazilerinde Kapitalizasyon Faiz Oranının Tespiti Üzerine Bir Araştırma. GOÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi (Yayımlanmamış), Tokat.
- Avcı, İ. (2010). *Tokat İli Pazar İlçesi Tarla Arazilerinde Kapitalizasyon Oranı Tespiti Üzerine Bir Araştırma*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bai, S.-B., Wang, J., Lü, G.-N., Zhou, P.-G., Hou, S.-S., & Xu, S.-N. (2010). GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping of the Zhongxian segment in the Three Gorges area, China. *Geomorphology*, 115 (1-2), 23-31.
- Başer, U., Kılıç, O., & Abacı, H. S. (2019). Arazi Fiyatını Etkileyen Faktörlerin Doğrudan ve Dolaylı Etkilerinin Path Analizi ile Belirlenmesi: Samsun İli Ladik İlçesi Örneği. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6 (1), 50-56.
- Baştürk, A. (2011). Samsun ili Ladik ilçesi tarla arazilerinde kapitalizasyon oranının saptanması üzerine bir araştırma. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bayramoğlu, Z., & Özdemir, Ş. (2021). Analysis of Factors Affecting the Value of Agricultural Lands: the case of Evren district of Ankara province. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9 (5), 848-854.
- Birinci, A. (1997). *Erzurum ve Erzincan İllerinde Tarla Arazilerinin Kıymetlerinin Takdirinde Kullanılan Kapitalizasyon Faizine Etki Eden Faktörlerin Tespiti Üzerine Bir Araştırma*. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Büyükkaracıoğlu, N. (2021). *Modern methods approach in real estate valuation*. İksad Yayınevi, Ankara.
- Cennet, O., & Zühal, Ü. (2004). Konya İli Çumra İlçesi Sulu Tarım Arazilerinde Kapitalizasyon Faiz Oranının Tespiti. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 18 (33), 8-16.
- Çoşar, G., & Engindeniz, S. (2013). Tarım Arazisi Değerlerinin Hedonik Analizi: İzmir'in Menemen İlçesi Örneği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50 (3), 241-250.
- Demircan, V. (1991). *Adana İli Seyhan ve Yüreğir İlçeleri Kamulaştırma Bölgesindeki Tarla Arazilerinin Kıymet Takdirinde Uygulanabilir Kapitalizasyon Faiz Oranının Tespiti Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Er, B., Kurugöllü, S., & Ünel, F. B. (2022). Tarım Arazilerinin Yapay Sinir Ağları ve Çoklu Lineer Regresyon Analizi ile Toplu Taşınmaz Değerlemesi: Mersin, Mezitli-Bozön Mahallesi Örneği. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 4 (1), 5-14.
- Güneş, T., & Arıkan, A. (1988). Tarım Ekonomisi İstatistiği, Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, (1049).
- Hurma, H. (2007). Çevre kalitesinin tarımsal arazi değeri üzerine etkilerinin analizi: Trakya örneği.
- İncir, S. (2015). *Tokat İli Çevreli Beldesi Tarla Arazilerinde Kapitalizasyon Faiz Oranının Saptanması Üzerine Bir Araştırma*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi.
- Karakayacı, Z. (2011). *Tarım Arazilerinin Değerlemesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanılması: Konya İli Çumra İlçesi Örneği*. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Karakayacı, Z., Cennet, O. Ç. U. Z., & Selçuk, R. E. İ. S. (2016). Konya ili Çumra ilçesindeki tarım arazilerinin değerlerini etkileyen faktörlerin farklı yaklaşımlarla analizi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 22 (2), 17-27.
- Karakayacı, Z. (2023). Konya İli Tarım Arazileri için Kapitalizasyon Oranı ve Değer Tespiti. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 26 (3), 664-672.
- Keskin, G. (1994). *Eskişehir İli Tarla Arazilerinde Ortalama Kapitalizasyon Faiz Oranının Bulunması*. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Koç, M. (2011). *Tarım Arazisi Fiyatları Üzerine Etkili Olan Faktörlerin Ekonometrik Analizi: Kirikkale İli Keskin İlçesi Örneği*. (Yayımlanmış Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Mülayim, Z. (2001). Tarımsal Değer Bıçme ve Bilirkişilik, Yenilenmiş ve Genişletilmiş 2. Baskı, Yetkin Yayınları, Ankara.
- Mülayim, Z. G. (2008). Tarımsal değer bıçme (genel-özel-yasal). Yetkin Yayınları, Ankara, 358.
- Öztürk, G., Engindeniz, S., & Bayraktar, Ö. V. (2017). İzmir'deki Sulanabilir Tarım Arazilerinin Değerini Etkileyen Faktörlerin Analizi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 31 (3), 75-87.
- Robison, L. J., Lins, D. A., & VenKataraman, R. (1985). Cash rents and land values in US agriculture. *American Journal of Agricultural Economics*, 67 (4), 794-805.
- Sav, O., & Sayın, C. (2018). Tarımda Kalma Eğilimini Etkileyen Başlıca Faktörlerin Genel Bir Değerlendirmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım Ve Doğa Dergisi*, 21, 190-197. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.472890>

- Sayılı, M., & Esengün, K. (1996). Tokat İli Kazova yöresi tarla arazilerinde kapitalizasyon faiz oranının saptanması üzerine bir araştırma. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University* (JAFAG), 1996(1).
- Serez, B. S., Engindeniz, S., & Görkem, Ö. R. Ü. K. (2022). Tarım Arazisi Değerlerini Etkileyen Faktörlerin Analizi: Yortanlı Baraj Havzası Örneği. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9 (2), 320-329.
- Sert, H. (2019). *Çorum İli Mecitözü İlçesi Tarla Arazilerinde Kapitalizasyon Faiz Oranının Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuzmayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Tanrıvermiş. (2017). *Gayrimenkul değerlendirme esasları*. Ankara: SPL Sermaye Piyasası Lisanslama Sicil ve Eğitim Kurulu, Lisanslama Sınavları Çalışma Kitapları.
- Tanrıvermiş, H., & Doğru, N. (2004). Türkiye’de Yasalar ve Uluslararası Kuruluşların İlkeleri Çerçevesinde Kamulaştırma Süreci ve Bedel Takdiri: Bakü-Tiflis-Ceyhan Ham Petrol Boru Projesi Örneği, Türkiye VI. Tarım Ekonomisi Kongresi, 16-18.
- Tanrıvermiş, H., Gündoğmuş, E., Birinci, A., & Ceyhan, V. (2002). Türkiye’de Tarım Arazilerinin Kamulaştırma Bedellerinin Tespitinde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Yolları, Türkiye 5. Tarım Ekonomisi Kongresi, Bildiri, 18-20.
- Vural, H. (1987). *Tarımsal Kıymet Takdirlerinde Kapitalizasyon Faiz Oranının Saptanması Üzerine Bir Araştırma*. AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara.



Comparison of Biochemical, Microbiological, and Toxicological Properties of Wild and Cultivated Sour Cherry Genotypes (*Prunus cerasus* L.)

Nurcan ERBİL^{1*}, Zehra Tuğba MURATHAN², Mehmet ARSLAN³

¹Ardahan University, Faculty of Health Sciences, Department of Emergency Aid and Disaster Management, 75000, Ardahan, Türkiye, ²Malatya Turgut Ozal University, Battalgazi Vocational School, Department of Plant and Animal Production, 44210, Malatya, Türkiye, ³Ardahan University, Faculty of Health Sciences, Department of Health Management, 75000, Ardahan, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0001-9553-2306>, ²<https://orcid.org/0000-0002-1468-7240>, ³<https://orcid.org/0000-0002-9015-1798>

*: nurcanerbil@ardahan.edu.tr

ABSTRACT

The investigation of two sour cherry genotypes such as the SC genotype, a small-fruited wild sour cherry, and the LC genotype, a large-fruited cultivated sour cherry, for antimicrobial, mutagen, antimutagen, and antioxidant activities, and bioactive compounds was aimed. Total phenolic, flavonoid, and ascorbic acid contents, antioxidant activity (DPPH, ABTS, FRAP), phenolic, sorbic, benzoic acids, sugar contents, and antibacterial activities (agar well diffusion, MIC, MBC, and MTC) were studied. Additionally, *Salmonella typhimurium* revision tests were made. The SC genotype had higher values for total phenolic, flavonoid, and ascorbic acid contents than the LC genotype. Similarly, antioxidant activity was found to be higher in the SC genotype. The dominant phenolic acids in both sour cherry genotypes were succinic acid and rutin trihydrate among the phenolic acid contents. While benzoic acid, sorbic acid, and sucrose could not be detected in both genotypes, glucose and fructose contents were higher in the LC genotype. *Bacillus spizizenii* ATCC 6633 was the most sensitive bacteria to both sour cherry extracts, and a weaker antibacterial activity was observed in the other test bacteria. In addition, no mutagenic and antimutagenic activities were found in both sour cherry genotypes. The SC genotype, a wild sour cherry, contains more bioactive components and exhibits higher antioxidant activity than the LC genotype, a cultivated variety. Consequently, because of its contents and biological activities, sour cherry has the potential to play a supportive role in human health.

Food Science

Research Article

Article History

Received : 20.09.2023

Accepted : 08.02.2024

Keywords

Phenolic acid,
Minimum inhibition
concentration,
Minimum bactericidal
concentration,
Mutagen/antimutagen,
Antioxidant

Yabani ve Kültüre Alınmış Vişne Genotiplerinin Biyokimyasal, Mikrobiyolojik ve Toksikolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması

ÖZET

Bu çalışmada küçük meyveli yabani bir vişne olan SC genotipi ve büyük meyveli bir kültür vişnesi olan LC genotipi olmak üzere iki vişne genotipinin antimikrobiyal, mutajen, antimutajen ve antioksidan aktivite ve biyoaktif bileşenler yönünden araştırılması amaçlanmıştır. Vişne genotipleri toplam fenolik, flavonoid ve askorbik asit içerikleri, antioksidan aktivite (DPPH, ABTS ve FRAP), fenolik asit, sorbik asit, benzoik asit, şeker içerikleri ve antibakteriyel aktiviteler (agar kuyu difüzyon, MIC, MBC ve MTC) yönünden incelenmiştir. Ayrıca, *Salmonella typhimurium* revizyon testleri yapılmıştır. Sonuçlara göre SC genotipinin toplam fenolik, toplam flavonoid ve askorbik asit içerikleri açısından LC genotipine göre daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Benzer şekilde SC genotipinde antioksidan aktivitenin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Her iki vişne genotipinde baskın fenolik asitlerin süksinik asit ve rutin trihidrat olduğu belirlenmiştir. Benzoik asit, sorbik asit ve sakkaroz her iki genotipte de tespit edilememişken; LC genotipinde glikoz ve fruktoz içerikleri daha yüksek bulunmuştur. *Bacillus spizizenii* ATCC 6633'nin her iki vişne ekstraktına karşı en duyarlı bakteri olduğu tespit edilmiş ve diğer test bakterilerinde daha zayıf bir antibakteriyel aktivite gözlenmiştir. Ayrıca

Gıda Bilimi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 20.09.2023

Kabul Tarihi : 08.02.2024

Anahtar Kelimeler

Fenolik asit,
Minimum inhibisyon
konsantrasyonu,
Minimum bakterisidal
konsantrasyon,
Mutajen/antimutajen,
Antioksidan

her iki vişne genotipinde de mutajenik ve antimutajenik aktiviteye rastlanmamıştır. Yabani vişne olan SC genotipinin, kültüre alınan bir çeşit olan LC genotipine göre daha yüksek miktarda biyoaktif bileşen içerdiği ve daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği görülmüştür. Sonuç olarak vişne, sahip olduğu içerik ve biyolojik aktiviteleri nedeniyle insan sağlığını destekleyici rol oynayabilecek potansiyele sahiptir.

- Atıf İçin :** Erbil, N., Murathan, Z.T., & Arslan, M (2024). Yabani ve Kültüre Alınmış Vişne Genotiplerinin Biyokimyasal, Mikrobiyolojik ve Toksikolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(5), 1137-1147. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1363681.
- To Cite:** Erbil, N., Murathan, Z.T., & Arslan, M (2024). Comparison of Biochemical, Microbiological, and Toxicological Properties of Wild and Cultivated Sour Cherry Genotypes (*Prunus cerasus* L.). *KSU J. Agric Nat* 27(5), 1137-1147. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1363681..

INTRODUCTION

Sour cherry (*Prunus cerasus* L.) is a sour, stone fruit from the Rosaceae family (Ferretti et al., 2010). It took its name (cerasus) from "Kerasus" which is the old name of the Giresun Province of The Black Sea Region of Türkiye and its homeland is the North Anatolian mountains (Anonymous, 2008). It also grows in many parts of the world such as Europe, North America, and Asia (Wojdylo et al., 2014). Due to its acid/sugar ratio, sour cherry has a characteristic sour taste, which limits its consumption as fresh fruit (Yılmaz et al., 2019). So, sour cherry is generally consumed as jam, marmalade, and fruit juice and has recently been used in the production of vinegar and alcoholic beverages. Sour cherry is one of the fruits that are rich in phenolic substances, especially anthocyanins, and its unique color is due to the anthocyanins it contains (Chandra et al., 1992). Biochemical contents such as total phenolic substance and total anthocyanin content (Kim et al., 2005) differ according to the cherry variety.

In studies on the effects of sour cherry and cherry juice on human health, it has been reported that the consumption of sour cherry juice may be beneficial in regulating sleep quality in adults with insomnia (Pigeon et al., 2010) and it may reduce the average serum triglyceride amount, the very low-density lipoprotein (VLDL) amount and triglyceride to high-density lipoprotein cholesterol (TG/HDL) ratio, and the amount of serum uric acid, which is a risk indicator of inflammation and cardiovascular diseases (Martin et al., 2011). Similarly, the consumption of sour cherry juice can significantly reduce the loss of strength and pain caused by exercise (Connolly et al., 2006) and post-race pain in runners (Kuehl et al., 2010).

In this study, the antibacterial, antioxidant, mutagen, and antimutagenic activities of two sour cherry genotypes such as the SC genotype, a small-fruited wild sour cherry, and the LC genotype, a large-fruited cultivated sour cherry, were evaluated and compared. Moreover, total phenolic, total flavonoid, and total ascorbic acid contents and phenolic, sorbic, benzoic acids, and sugar contents of these sour cherries' genotypes consumed for different purposes by the local people were investigated and compared. The main

reason for the preference of these samples is that sour cherry genotypes grown in Posof (Ardahan/Türkiye) have not been studied before.

MATERIALS AND METHODS

Cherry Samples

Two sour cherry genotypes such as the SC genotype which is a small-fruited wild sour cherry and the LC genotype which is a large-fruited cultivated sour cherry grown in Posof where there are suitable conditions for fruit-growing activities due to microclimatic properties of Ardahan in Eastern Anatolia region of Türkiye were used in this study. The SC genotype has fruit that is about two times smaller than the LC genotype. Fruit samples of two sour cherry genotypes were collected from Posof (Ardahan/Türkiye) in the harvest period of 2019 and brought to the laboratory under appropriate conditions and stored at +4 °C.

Extract Preparation

The stems, leaves, and seeds were removed from fruit samples. Extraction was carried out as previously described (Erbil et al., 2020). The filter-sterilized aqueous extracts were stored at -20 °C and they were used in antibacterial and mutagenic/antimutagenic activity tests.

For the extract prepared to be used in total phenolic and flavonoid content and antioxidant activity tests, 2 g of fresh fruit sample was homogenized with 20 ml of methanol (80%), and the resulting mixture was kept in a shaker (ACMI 006) at +4 °C for 24 hours. Afterward, it was centrifuged for 10 min at 5000 rpm, and then the supernatant was collected. For the total ascorbic acid measurements, the supernatant obtained by using the same extraction method with oxalic acid (0.4%) was used instead of methanol.

Determination of Total Phenolic Content

Using the Folin-Ciocalteu method (Spanos & Wrolstad, 1992), the total phenolic content was determined. The absorbance was measured at 750 nm in a UNICO S1205 Visible Spectrophotometer. Using the gallic acid

standard, the total phenolic content was calculated ($y=0.863x+0.134$, $R^2=0.998$). All tests were performed in triplicate.

Determination of Total Flavonoid Content

The total flavonoid contents of sour cherry genotypes were determined according to the method developed by Quettier-Deleu et al. (2000) using a UNICO S1205 Visible Spectrophotometer at 415 nm. Using the routinely prepared calibration curve, the total amount of flavonoid substance was calculated ($y=0.021x+0.040$, $R^2=0.999$). All tests were performed in triplicate.

Determination of Total Ascorbic Acid Content

Total ascorbic acid contents of sour cherry genotypes were determined spectrophotometrically (UNICO S1205 Visible Spectrophotometer) (AOAC, 1990) and the absorbance values were measured at 520 nm. The total amount of ascorbic acid content was calculated using the calibration curve. All tests were performed in triplicate.

Determination of Antioxidant Capacity

DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) assay

DPPH free radical scavenging activity was performed according to methods suggested by Bakhshi and Arakawa (Bakhshi & Arakawa, 2006). The absorbance was read in a spectrophotometer (UNICO S1205 Visible Spectrophotometer) at 515 nm. Trolox was used as an antioxidant standard. The IC₅₀ was calculated from a graph of inhibition against the different concentrations. All tests were performed in triplicate.

ABTS [2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-6-sulfonic acid)] assay

ABTS free radical scavenging activity was determined according to the method suggested by Re et al. (1999). The absorbance was measured spectrophotometrically at 734 nm (UNICO S1205 Visible Spectrophotometer). Trolox was used as an antioxidant standard. The IC₅₀ was calculated from a graph of inhibition against the different concentrations. All tests were performed in triplicate.

FRAP (ferric ion reducing antioxidant power) assay

The FRAP method was performed according to Benzie & Strain (1996). The absorbance was measured at 593 nm. The standard curve was prepared using FeSO₄ solution (100-1000 µl) ($y=0.0011x-0.0029$, $R^2=0.999$). The results were calculated in terms of "µmol Fe (II) g⁻¹". All tests were performed in triplicate.

Phenolic Acid Analysis

Fruit samples were used fresh in the analysis and the

juice was squeezed. 5 ml of cherry juice samples were taken, and it was completed with methanol up to its volume in a 25 ml. The filtrate was filtered through a 0.45 µl syringe tip microfilter. Phenolic acid analyses were performed with SHIMADZU-LCMS/MS 8040 and Inertsil ODS-4 (3µmx2.1mmx50mm) column. Methanol (B) and ammonium acetate (1mM)-acetic acid (0.02%) solution (A) were used as the mobile phase. The flow rate was 0.4 ml min⁻¹, the column temperature was 40 °C, and the injection volume was 10 µl. Additionally, the nebulizing gas flow was 2.9 l min⁻¹, the drying gas flow was 15 l min⁻¹, the DL temperature was 400 °C, and the heat block temperature was 250 °C.

Benzoic and Sorbic Acid Analyses

In the analysis, sour cherry samples were used fresh, and the juice was squeezed. 5 ml of cherry juice samples were taken. 17.5 ml methanol was added, and it was completed with ultrapure water up to its volume in a 50 ml. After mixing well, the solution was filtered through filter paper and then the filtrate was filtered through a 0.45 µl syringe tip microfilter. Benzoic and sorbic acid analyses were made via Shimadzu/LC-20AD HPLC and DAD (Diode Array Detector) was used as the detector. Inertsil ODS-3 column (5µmx4.6mmx150mm) was used as the column. Acetonitrile/water (80/20) was used as the mobile phase. The injection volume was 20 µl, the column temperature was 30 °C, the flow rate was 1 ml min⁻¹, and the processing time was 10 minutes.

Sugar Analysis

The sour cherry samples were used fresh in the analysis and the juice was squeezed. 3 ml of acetonitrile/water (80/20) solution was added to 1 ml of fresh cherry juice samples and the mixing solution was filtered through a 0.45 µl syringe tip microfilter. Sugar analyses were made by Shimadzu/ LC-20AD HPLC. RID (Refractive Index Detector) and Inertsil NH2 column (5µmx4.6mmx250mm) were used. Acetonitrile/water (80/20) was used as the mobile phase. The flow rate was 1.3 ml min⁻¹, the column temperature was 40 °C, the injection volume was 20 µl, and the processing time was 25 min.

Determination of Antibacterial Activity

Antibacterial activities of sour cherry extracts were studied by agar well diffusion, minimum inhibition concentration (MIC), minimum bactericidal concentration (MBC), and maximum tolerable concentration (MTC) methods. *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 33495, *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048, *Escherichia coli* ATCC 8739, *Bacillus spizizenii* ATCC 6633 (American Type Culture Collection, Manassas, VA) were used as test microorganisms.

Muller Hinton Agar (MHA) (Merck, Germany) was used as the medium for the agar well diffusion method (Hufford et al., 1975) and wells with a diameter of 10 mm were prepared. 150 µl of each sour cherry extract was added to the wells, and erythromycin was used as a positive control. Petri plates were incubated at 37 °C for 48 hours and inhibition zones were measured with the help of a digital caliper. All tests were performed in triplicate.

Minimum inhibition concentration (MIC) was determined by the broth microdilution method (Abbasoğlu et al., 1995; Duman et al., 2016). Muller Hinton Broth (MHB) (Merck, Germany) was used as the medium and sour cherry extracts were diluted (7.43-0.0290 mg ml⁻¹ for LC genotype, 8.2-0.0320 mg ml⁻¹ for SC genotype). 16-hour bacterial cultures were adjusted according to the 0.5 McFarland standard and all plates were incubated at 37 °C for 18 hours. After the incubation, 0.5% 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride (TTC) solution was added to each well and the well in which no colour change was observed was determined as MIC.

To determine the minimum bactericidal concentration (MBC), 10 µl of samples were taken from each of the wells in which no bacterial growth was observed and inoculated on Muller Hinton Agar medium and incubated for 24-48 hours at 37 °C. The highest extract dilution providing 99% bacterial inhibition was determined as MBC (Erkmen, 2016).

The highest extract concentration, which does not affect bacterial growth, was determined as the maximum tolerable concentration (MTC) (Erkmen, 2016).

Determination of Mutagenic and Antimutagenic Activities

The mutagenic activities of aqueous sour cherry extracts were performed according to the plaque incorporation method suggested by Maron and Ames (Maron & Ames, 1983) in the absence of an S9 mix. The pre-incubation test of the Salmonella/Microsome test was also applied to investigate the antimutagenic effects of extracts in the presence of S9 mix (Maron & Ames, 1983). To determine the mutagenic and antimutagenic activities, *Salmonella typhimurium* TA 98 and *Salmonella typhimurium* TA 100 strains were used as test microorganisms. While 4-Nitro-*O*-phenylenediamine (4-NPD; Product Number: 1088898-5G, Sigma Aldrich, St. Louis, MO, USA) was used as a positive control for TA 98 (10 µg/plate), sodium azide (SA; Cat. No. S 2002, Sigma Aldrich) was used as a positive control for TA 100 (100 µg plate⁻¹). In addition, 2-aminofluorene (2-AF) (cat. no A-9031; Sigma) was used as a positive mutagen (20 µg/plate) in the presence of S9 mix in both TA 98 and TA 100 test strains. Plates were incubated at 37°C for 48-72 hours, and then his⁺ revertant bacterial colonies were

counted on the plates. All tests were performed in triplicate.

Statistical Analysis

The results of this study were analyzed by the SPSS statistical analysis package program (version 25) and results were presented as “mean ± standard deviation”. The statistical data were subjected to the analysis of the t-test. The differences at $p < 0.05$ were considered statistically significant. According to the Shapiro-Wilk test, the data of the mutagenic and antimutagenic activity tests showed a normal distribution. Using the SPSS software, these data were analyzed by one-way ANOVA, followed by Dunnett's test, with $p \leq 0.05$, being statistically significant.

RESULTS and DISCUSSION

Sour cherry is rich in bioactive components, and its health-promoting effects are associated with these components (Yılmaz et al., 2019). The phenolic content of sour cherry is affected by factors such as temperature, light, and fruit maturity level (Ferretti et al., 2010).

The total phenolic, total flavonoid and total ascorbic acid contents were determined as 176.9 mg 100g⁻¹, 70.3 mg 100g⁻¹, and 342.7 mg 100g⁻¹, respectively, and these values were statistically higher than the values of the LC genotype ($p < 0.05$) in this study (Table 1). Piljac-Žegarac and Šamec (2011) established that while the total phenolic contents of sour cherry fruits were 176.73-291.39 mg GAE 100g⁻¹ FW, total flavonoid contents were found as 97.45-130.13 mg CE 100g⁻¹ FW. In another study, total phenolic content was reported as 235.81 and 340.80 mg GAE 100g⁻¹ FW in two sour cherry cultivars (Kazacic et al., 2022).

The phenolic compounds in herbal products have antioxidant activity as well as beneficial effects on health because thanks to the scavenging feature of free radicals, they can prevent the damage caused by reactive oxygen. In addition to their antioxidant properties, these compounds also affect many sensory properties of foods, especially colour, astringency, and flavour (Garcia-Parrilla et al., 2016). Polyphenols have potential antioxidant properties since they have a phenolic ring that can stabilize and replace the unpaired electrons in the aromatic ring (Qiu et al., 2010). Antioxidant activity may vary according to the number and binding sites of hydroxyl (-OH) groups attached to the structure (Heim et al., 2002).

Different plants may have different levels of antioxidant activity (Can Agca et al., 2023; Şeker and Karacelik, 2023). In this study, in parallel with the phenolic contents, ABTS (IC₅₀) and FRAP values were found to be statistically higher in the SC genotype (30.22 µg/ml and 234.8 µmolFeII g⁻¹, respectively) than the LC genotype (20.77 µg/ml and 211.4 µmolFeII g⁻¹,

respectively). However, there was no statistically significant difference between samples in DPPH radical scavenging activity results ($p < 0.05$) (Table 1). It was also reported in previous studies that the sour

cherry had an antioxidant effect (Wang et al., 1999; Traustadottir et al., 2009; Damar and Ekşi, 2012; Bonerz et al., 2007; Blando et al., 2004).

Table 1. Bioactive components and antioxidant activities of sour cherry genotypes

Çizelge 1. Vişne genotiplerinin biyoaktif bileşenleri ve antioksidan aktivitesi

	Total Phenolic Content (mg 100g ⁻¹)	Total Flavonoid Content (mg 100g ⁻¹)	Total Ascorbic Acid Content (mg 100g ⁻¹)	ABTS (IC ₅₀) µg/ml	DPPH (IC ₅₀) µg/ml	FRAP (µmolFeII g ⁻¹)
LC genotype	143.7±6.13 ^b	65.1±2.9 ^b	298.2±12.8 ^b	20.77±1.6 ^b	23.74±1.3 ^a	211.4±12.3 ^b
SC genotype	176.9±13.5 ^a	70.3±0.99 ^a	342.7±18.5 ^a	30.22±0.9 ^a	25.36±1.5 ^a	234.8±13.9 ^a

Different letters (a-b) shown in the same column show statistical differences according to the test ($p < 0.05$)

Herbal phenolics have an antimicrobial effect on microorganisms, and this effect is significant in eliminating food-borne pathogens (Kołodziejczyk et al., 2013; Demirdöven et al., 2015). The results of the antibacterial activity of the LC genotype are presented

in Table 2. As a result of the analyses, *Bacillus spizizenii* ATCC 6633 was the most sensitive bacterium among the test bacteria and the highest antibacterial effect was developed against this microorganism. It is observed that the antibacterial effects against other test bacteria were weaker.

Table 2. Antibacterial effects of the LC genotype

Çizelge 2. LC genotipinin antibakteriyel etkisi

	Inhibition Zone (mm)	MIC (mg ml ⁻¹)	MBC (mg ml ⁻¹)	MTC (mg ml ⁻¹)
<i>Bacillus spizizenii</i> ATCC 6633	34.0067± 0.23	0.2321	0.2321	0.1160
<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739	-	3.715	7.43	1.8575
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 33495	13.23± 0.4464	3.715	7.43	1.85.75
<i>Enterobacter aerogenes</i> ATCC 13048	-	3.715	7.43	1.8575
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 9027	17.0667± 0.4860	3.715	7.43	1.8575

The results of the antibacterial activity of the SC genotype are presented in Table 3. It was observed that *Bacillus spizizenii* ATCC 6633 was also the most sensitive bacterium among test bacteria similar to the LC genotype and the antibacterial effects against the other test bacteria were weaker. Homoki et al (2018) reported that sour cherry extract was effective on *Streptococcus mutans* and that chewing gum with sour cherry extract may be beneficial in preventing dental

caries. In another study, it was reported that the oil obtained from the cold-pressed sour cherry seeds was effective on *Staphylococcus aureus* (Basyigit et al., 2021). Additionally, it was reported that sour cherry had an antifungal effect against some food-borne mould species (Tomar et al., 2022). When the results obtained from this study and the results obtained from previous studies are evaluated together, it is concluded that sour cherry has an antimicrobial effect against different microorganisms at different rates.

Table 3. Antibacterial effects of the SC genotype

Çizelge 3. SC genotipinin antibakteriyel etkisi

	Inhibition Zone (mm)	MIC (mg ml ⁻¹)	MBC (mg ml ⁻¹)	MTC (mg ml ⁻¹)
<i>Bacillus spizizenii</i> ATCC 6633	34.88± 0.3364	1.025	1.025	0.5125
<i>Escherichia coli</i> ATCC 8739	-	4.1	8.2	2.05
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 33495	-	4.1	8.2	2.05
<i>Enterobacter aerogenes</i> ATCC 13048	-	8.2	8.2	4.1
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 9027	14.58± 0.6753	4.1	8.2	2.05

Interest in bioactive phytochemicals obtained from natural sources is increasing day by day (Serra et al., 2010). Polyphenols have protective effects against some diseases such as cancer, coronary, and cardiovascular diseases and reduce the tendency to these diseases (Cilek et al., 2012). The phenolic acids of LC and SC genotypes of sour cherry were evaluated, and results were presented in Table 4. According to the results, succinic acid was the main phenolic acid in

both SC and LC genotypes (75.3 mg L⁻¹ and 45.4 mg L⁻¹, respectively) (Figure 1), followed by rutin trihydrate (27.15 mg L⁻¹, 22.2 mg L⁻¹, respectively) (Figure 2). In a previous study, rutin was determined as 0.22 mg L⁻¹ in sour cherry fruit (Tomar et al., 2022). In another study, it was found that the main phenolics in sour cherry were flavonols such as catechin, epicatechin, quercetin-3-glucoside, quercetin-3-rutinoside, camferol-3-rutinoside (Goncalves et al., 2004).

Table 4. Phenolic acids of the LC and SC genotypes
Çizelge 4. LC ve SC genotiplerinin fenolik asit içeriği

Phenolic Acid	LC Genotype	SC Genotype
Caffeic acid	493.7 µg L ⁻¹	485 µg L ⁻¹
Resveratrol	-	-
Rutin trihydrate	22.2 mg L ⁻¹	27.15 mg L ⁻¹
Sinapic acid	-	-
Quercetin	-	674 µg L ⁻¹
Gallic acid	-	-
Transferulic acid	255.7 µg L ⁻¹	184.3 µg L ⁻¹
p-coumaric acid	132.3 µg L ⁻¹	705.6 µg L ⁻¹
Vanillic acid	803.3 µg L ⁻¹	473 µg L ⁻¹
Naringin	-	-
Succinic acid	45.4 mg L ⁻¹	75.3 mg L ⁻¹

While the SC genotype had higher amounts of rutin trihydrate (27.15 mg L⁻¹), p-coumaric acid (705.6 µg L⁻¹), and succinic acid (75.3 mg L⁻¹); the LC genotype contains more caffeic acid (493.7 µg L⁻¹), transferulic acid (255.7 µg L⁻¹), and vanillic acid (803.3 µg L⁻¹). SC genotype included 674 µg L⁻¹ of quercetin, but the LC genotype did not. Similarly, quercetin was found to be 0.63 mg L⁻¹ in *Prunus cerasus* fruit (Tomar et al., 2022). Quercetin is an important bioflavonoid (Lakhanpal et al., 2007) and because of its pharmacological effects on mammalian cells and tissues, it is considered health-promoting and disease-preventing (Block, 1992).

Resveratrol, sinapic acid, gallic acid, and naringin were not detected in both sour cherry genotypes, in this study. The phenolic and flavonoid contents of plants and fruits can be easily affected and changed by many factors such as climatic conditions, soil structure, geographical factors, etc. So, it is expected that the bioactive components and their amounts of fruit samples grown in different geographical conditions at different times may vary.

According to the result of sorbic and benzoic acid analyses, both genotypes had no sorbic and benzoic acids. Different amounts of glucose and fructose were determined, and it was observed that both glucose and fructose values of the LC genotype (73.672 g L⁻¹ and 40.942 g L⁻¹, respectively) were higher than SC genotype (68.270 g L⁻¹ and 34.046 g L⁻¹, respectively). However, it was determined that neither genotype had any sucrose (Table 5). It was reported that the fructose contents of sour cherry cultivars were between 16.1-18.3 mg 100g⁻¹ DW and glucose contents were between 46.1-56.4 mg 100g⁻¹ DW (Wojdylo et al., 2021). In another study, fructose and glucose contents were determined as 3.98 µg g⁻¹ and 6.03 µg g⁻¹ (respectively) in wild sour cherry (Karaat et al., 2019).

Due to the various biological activities of plants, the interest in herbal products has increased considerably in recent years. However, plant cells contain varying amounts of different phytochemicals, and their consumption above a certain dose can create toxic or mutagenic activity in humans (Wan-Ibrahim et al.,

2010). The mutagenicity tests of the LC and SC genotypes were investigated on *Salmonella typhimurium* TA 98 and TA 100 strains (Table 6). Four different concentrations of both sour cherry extracts (10, 20, 40, 80 µL plate⁻¹) were determined via preliminary works and used in analyses. As a result of the analyses, no mutagenic effect was detected against TA 98 and TA 100 strains at any doses of both sour cherry genotypes.

Table 5. Sugar contents of LC and SC genotypes
Çizelge 6. LC ve SC genotiplerinin şeker içerikleri

	LC Genotype (g L ⁻¹)	SC Genotype (g L ⁻¹)
Glucose	73.672	68.270
Fructose	40.942	34.046
Sucrose	-	-

Antimutagenicity tests of LC and SC genotypes of sour cherry were investigated on *Salmonella typhimurium* TA 98 and TA 100 strains in the presence of the S9 mix (Table 7). According to the results of the pretesting, four different concentrations of both sour cherry extracts (10, 20, 40, 80 µL plate⁻¹) were determined and used in analyses. As a result of the analyses, no antimutagenic effect was detected against TA 98 and TA 100 strains at any doses of both sour cherry genotypes. It was reported that sour cherry inhibited tumour development in mice and the proliferation of colon cancer cells in humans (Kang et al., 2003; Traustadottir et al., 2009). The antimutagen activity was found in previous studies for different fruit samples. The different doses of aqueous extracts of Kızıl, Güğüm, Banda, and Deveci pears (Erbil et al., 2018) and different doses of methanolic extracts of apple leaves exhibited antimutagenic activity (Erbil et al., 2020).

CONCLUSIONS

Because of their health-promoting and disease-preventing effects, plants, plant-derived materials, and fruits have been used by humans for different purposes for centuries. Especially fruits have an essential place in the human daily diet. Nowadays, many fruits are considered functional foods due to their bioactive compounds and biological activities.

One of these fruits is sour cherry, which has a wide range of uses. In this study, the bioactive components and various biological activities of two sour cherry genotypes grown in Posof/Ardahan (Türkiye), which have not been studied previously, were evaluated. Succinic acid and rutin trihydrate were the most dominant phenolic acids in these sour cherry genotypes. In addition, sour cherry extracts possessed antioxidant and antibacterial activities but did not show any mutagen and antimutagen effects. Based on these results, it may be said that sour cherry has health-supporting effects for humans and may be considered a functional food.

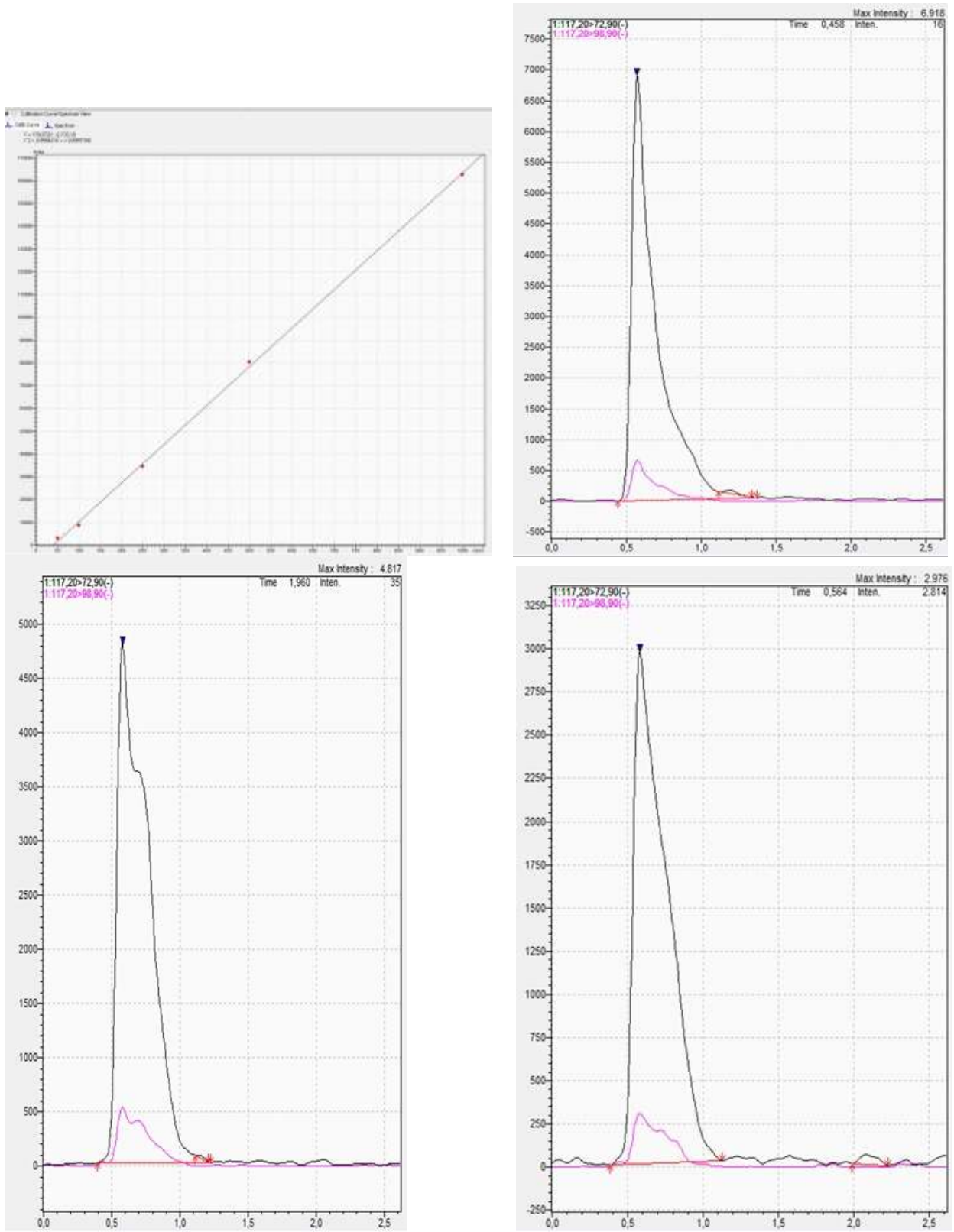


Figure 1. Chromatograms of succinic acid of the LC and SC genotypes, a: Calibration curve, b: Chromatogram of standard solution, c: Chromatogram of SC genotype, d: Chromatogram of LC genotype

Şekil 1. LC ve SC genotiplerinin suksinik asit kromatogramları, a: Kalibrasyon eğrisi, b: Standart solüsyonun kromatogramı, c: SC genotipinin kromatogramı, d: LC genotipinin kromatogramı

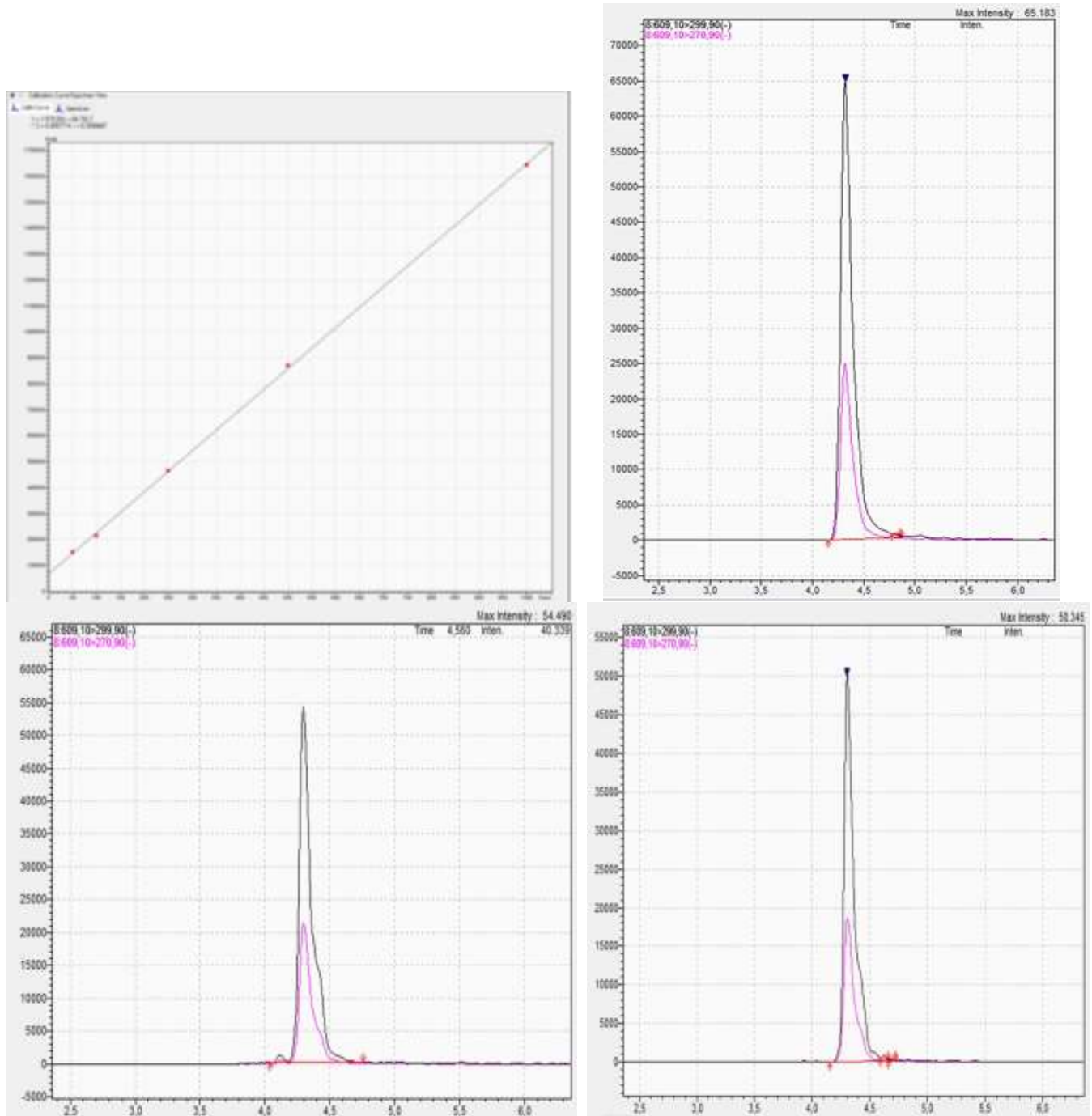


Figure 2. Chromatograms of rutin trihydrate of the LC and SC genotypes, a: Calibration curve, b: Chromatogram of standard solution, c: Chromatogram of SC genotype, d: Chromatogram of LC genotype
Şekil 2. LC ve SC genotiplerinin rutin trihidrat kromatogramları, a: Kalibrasyon eğrisi, b: Standart solüsyonun kromatogramı, c: SC genotipinin kromatogramı, d: LC genotipinin kromatogramı

ACKNOWLEDGEMENT

We would like to thank Kemal Yazıcı and Çiğdem DURSUN for helping to collect fruit samples. Additionally, we wish to thank the Ardahan University (Türkiye) Coordinators of the Scientific Research Project for supporting this study through Project Grants No. 2017/001.

Author Contribution

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

Conflict of Interest

N. Erbil, Z.T. Murathan, and M. Arslan declare that they have no conflict of interest.

Table 6. The mutagenic effects of LC and SC genotypes (in the absence of S9 mix)

Çizelge 7. LC ve SC genotiplerinin mutajenik etkisi (S9 mix yokluğunda)

Sour Cherry Genotypes		TA 98	TA 100
		Mean ± Sd*	
LC Genotype	Control	19.00 ± 2.65	116.0 ± 12.5
	Positive Control	6329 ± 444	3969 ± 220
	10**	14.00 ± 2.89	79.33 ± 7.22
	20	12.00 ± 0.577	113.33 ± 8.69
	40	14.00 ± 2.52	115.7 ± 10.4
	80	20.67 ± 3.33	117.00 ± 5.29
SC Genotype	Control	19.00 ± 2.65	116.0 ± 12.5
	Positive Control	6329 ± 444	3969 ± 220
	10**	23.00 ± 3.21	135.7 ± 30.1
	20	18.00 ± 3.21	138.3 ± 28.7
	40	21.00 ± 2.08	77.33 ± 4.63
	80	17.33 ± 4.06	60.00 ± 8.50

*Sd: Standard deviation; **: Concentration of sour cherry extracts ($\mu\text{L plaque}^{-1}$); 4-NPD for TA 98 and SA for TA 100 were used as positive controls

Table 7. The antimutagenic effects of LC and SC genotypes (in the presence of S9 mix)

Çizelge 8. LC ve SC genotiplerinin antimutajenik etkisi (S9 mix varlığında)

Sour Cherry Genotypes		TA 98	TA 100
		Mean ± Sd*	
LC Genotype	Control	57.0 ± 16.2	119.7 ± 22.6
	Positive Control	402.0 ± 60.4	571 ± 122
	10**	463.0 ± 72.9	442.0 ± 22.5
	20	347.0 ± 62.5	612.0 ± 65.0
	40	265.0 ± 54.6	414.0 ± 36.9
	80	303.0 ± 59.6	410.0 ± 42.6
SC Genotype	Control	57.0 ± 16.2	119.7 ± 22.6
	Positive Control	402.0 ± 60.4	571 ± 122
	10**	699.0 ± 33.4	690.0 ± 39.0
	20	276.0 ± 21.7	392.0 ± 11.1
	40	525.0 ± 52.8	403.0 ± 79.2
	80	240.0 ± 21.0	373.0 ± 58.2

*Sd: Standard deviation; **: Concentration of sour cherry extracts ($\mu\text{L plaque}^{-1}$); 2AF was used as positive controls for TA 98 and TA 100

REFERENCES

- Abbassoğlu, U., Tosun, F., & Aydınoglu, A. (1995). Antimicrobial Activity of *Gonocytisus angulatus* (L.) Spach. *FABAD Journal of Pharmaceutical Sciences*, 20, 125-127.
- Anonymous (2008). Gırasun'dan çıktık yola. *Dört Mevsim Meyve Suyu*, 6, 8-9.
- Association of Official Agricultural Chemistry (AOAC) (1990). *Official Methods of Analysis*, 15th ed., Arlington VA, USA, pp 1058-1059.
- Bakhshi, D., & Arakawa, O. (2006). Effects of UV-b irradiation on phenolic compound accumulation and antioxidant activity in 'Jonathan' apple influenced by bagging, temperature and maturation. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 4(1), 75-79.
- Basyigit, B., Sağlam, H., Hayoglu, I., & Karaaslan, M. (2021). Spectroscopic (LC-ESI-MS/MS, FT-IR, NMR) and functional characterization of fruit seed oils extracted with green technology: a comparative study with *Prunus cerasus* and *Punica granatum* oils. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(5), e15451.
- Benzie, I.F.F., & Strain, J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAB) as a measure of "Antioxidant power": The FRAB assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70-76.
- Blando, F., Gerardi, C., & Nicoletti, I. (2004). Sour cherry (*Prunus cerasus* L) anthocyanins as ingredients for functional foods. *J Biomed Biotechnol*, 5, 253-258.
- Block, G. (1992). The data support the role of antioxidants in reducing cancer risk. *Nutrition Reviews*, 50(7), 207-213.
- Bonerz, D., Würth, K., Dietrich, H., & Will, F. (2007). Analytical characterization and the impact of ageing on anthocyanin composition and degradation in juices from five sour cherry cultivars. *European Food Research and Technology*, 224, 355-364.
- Can Agca, A., Yılmaz Sarılatın, S., & Sever Yılmaz, B. (2023). Türkiye'de Yetiştirilen *Helianthemum*

- oelandicum* subsp. *incanum* (Willk.) G. Lopez Bitkisinin Serbest Radikal Süpürücü, Anti-inflamatuvar ve Hipoglisemik Aktivitelerinin Değerlendirilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 26(2), 227-233.
- Chandra, A., Nair, M.G., & Lezzoni, A. (1992). Evaluation and characterization of the anthocyanin pigments in tart cherries (*Prunus cerasus* L.). *J Agric Food Chem*, 40(6), 967-969.
- Cilek, B., Luca, A., Hasirci, V., Sahin, S., & Sumnu, G. (2012). Microencapsulation of phenolic compounds extracted from sour cherry pomace: Effect of formulation, ultrasonication time and core to coating ratio. *Eur Food Res Technol*, 235, 587-596.
- Connolly, D.A., McHugh, M.P., Padilla-Zakour, O.I., Carlson, L., & Sayers, S.P. (2006). Efficacy of a tart cherry juice blend in preventing the symptoms of muscle damage. *Br J Sports Med*, 40, 679-683.
- Damar, İ., & Ekşi, A. (2012). Antioxidant capacity and anthocyanin profile of sour cherry (*Prunus cerasus* L.) juice. *Food Chemistry*, 135, 2910-2914.
- Demirdöven, A., Karabıyıklı, Ş., Tokatlı, K., & Öncül, N. (2015). Inhibitory effects of red cabbage and sour cherry pomace anthocyanin extracts on food-borne pathogens and their antioxidant properties. *Food Sci Technol*, 63, 8-13.
- Duman, R., Uysal, N.E., & Aladag, M.O. (2016). Evaluation of antibacterial activities of *Taraxacum farinosum* Hausskn. Et Bornm and *Taraxacum mirabile* Wagenitz Extracts. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 2(2), 46-54.
- Erbil, N., Murathan, Z.T., Arslan, M., Ilcim, A., & Sayin, B. (2018). Antimicrobial, antioxidant, and antimutagenic activities of five Turkish pear cultivars. *Erwerbs-Obstbau*, 60, 203-209.
- Erbil, N., Arslan, M., Murathan, Z.T., Ilcim, A., & Borekci, B.S. (2020). Some biological effects of the fruits and leaves of different apple cultivars, including red-fleshed apples, grown in a microclimatic region of Türkiye: Part I. *Erwerbs-Obstbau*, 62, 399-410.
- Erkmen, O. (2016). *Laboratory Techniques in Microbiology*. Nobel Academic Publishing Education Consultancy, Ankara.
- Ferretti, G., Bacchetti, T., Belleggia, A., & Neri, D. (2010). Cherry antioxidants: from farm to table. *Molecules*, 15, 6993-7005.
- Garcia-Parrilla, M.C., Torija, M.J., Mas, A., & Cerezo, A.B. (2016). *Vinegar and Other Fermented Condiments*. In: Frias, J., Martinez-Villaluenga, C., & Peñas, E. (eds). *Fermented Foods in Health and Disease Prevention*. Academic Press, London, pp 577-591.
- Goncalves, B., Landbo, A.K., Knudsen, D., Silva, A.P., Moutinho-Pereira, J., Rosa, E., & Meyer, A.S. (2004). Effect of ripeness and postharvest storage on the phenolic profiles of cherries (*Prunus avium* L.). *J Agric Food Chem*, 52, 523-30.
- Heim, K.E., Tagliaferro, A.R., & Bobilya, D.J. (2002). Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 13, 572-584.
- Homoki, J., Gyemant, G., Balogh, P., Stundl, L., Biro-Molnar, P., Paholcsek, M., Varadi, J., Ferenc, F., Kelentey, B., Nemes, J., & Remenyik, J. (2018). Sour cherry extract inhibits human salivary alpha-amylase and the growth of *Streptococcus mutans* (a pilot clinical study). *Food & Function*, 9(7), 4008-4016.
- Hufford, C.D., Funderburk, M.J., Morgan, J.M., & Robertson, L.W. (1975). Two antimicrobial alkaloids from heartwood of *Lirodendron tulipifera* L. *Journal of Pharmaceutical Science*, 64, 789-792.
- Kang, S.Y., Seeram, N.P., Nair, M.G., & Bourquin, L.D. (2003). Tart cherry anthocyanins inhibit tumor development in Apc (Min) mice and reduce proliferation of human colon cancer cells. *Cancer Lett*, 194, 13-19.
- Karaat, F.E., Gündüz, K., Saraçoğlu, O., & Yıldırım, H. (2019). Pomological and phytochemical evaluation of different cherry species: Mahaleb (*Prunus mahaleb* L.), wild sweet cherry (*Prunus avium* L.) and wild sour cherry (*Prunus cerasus* L.), sweet and sour cherry cultivars. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 18(4), 181-191.
- Kazazic, M., Mehic, E., & Djapo-Lavic, M. (2022). Phenolic content and bioactivity of two sour cherry cultivars and their products. *Bulletin of the Chemists and Technologists of Bosnia and Herzegovina*, 58, 1-6.
- Kim, D.O., Heo, H.J., Kim, Y.J., Yang, H.S., & Lee, C.Y. (2005). Sweet and sour cherry phenolics and their protective effects on neuronal cells. *J Agric Food Chem*, 53, 9921-9927.
- Kołodziejczyk, K., Sójka, M., Abadias, M., Viñas, I., Guyot, S., & Baron, A. (2013). Polyphenol composition, antioxidant capacity, and antimicrobial activity of the extracts obtained from industrial sour cherry pomace. *Ind Crops Prod*, 51, 279-288.
- Kuehl, K.S., Perrier, E.T., Elliot, D.L., & Chesnutt, J.C. (2010). Efficacy of tart cherry juice in reducing muscle pain during running: a randomized controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr*, 7, 17.
- Lakhanpal, P., & Kumar, D. (2007). Quercetin: A versatile flavonoid. *International Journal of Medical Update*, 2(2), 22-37.
- Maron, D.M., & Ames, B.N. (1983). Revised methods for the *Salmonella* mutagenicity test. *Mutation Res*, 113, 173-215.
- Martin, R.K., Bopp, J., Burrell, L., & Hook, G. (2011). The effect of 100% tart cherry juice on serum uric acid levels, biomarkers of inflammation and cardiovascular disease risk factors. *The FASEB Journal*, 25, 339.2.

- Pigeon, W.R., Carr, M., Gorman, C., & Perlis, M.L. (2010). Effects of a tart cherry juice beverage on the sleep of older adults with insomnia: a pilot study. *J Med Food*, 13, 579-83.
- Piljac-Žegarac, J., & Šamec, D. (2011). Antioksidant stability of small fruits in postharvest storage at room and refrigerator temperatures. *Food Research International*, 44, 345-350.
- Qiu, J., Ren, C., Fan, J., & Li, Z. (2010). Antioxidant activities of aged oat vinegar *in vitro* and in mouse serum and liver. *J Sci Food Agric*, 90, 1951-1958.
- 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.
- 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(9/10), 1231-1237.
- Serra, A.T., Seabra, I.J., Braga, M.E., Bronze, M.R., de Sousa, H.C., & Duarte, C.M. (2010). Processing cherries (*Prunus avium*) using supercritical fluid technology. Part 1: Recovery of extract fractions rich in bioactive compounds. *J Supercrit Fluids*, 55, 184-191.
- Spanos, G.A., & Wrolstad, R.E. (1992). Phenolic of apple, pear and white grape juices and their changes with processing and storage. *J Agric Food Chem*, 40(9), 1478-1487.
- Şeker, M.E., & Karaçelik, A.A. (2023). Giresun'da Yetişen Fındık Ağacı (*Corylus avellana* L.) Yapraklarında Bazı Fenolik Bileşiklerin ve Antioksidan Aktivitelerinin Araştırılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 26(2), 234-244.
- Tomar, O., Akarca, G., Gök, V., & İstek, Ö. (2022). Chemical composition and antifungal potential of apricot, sour cherry, and cherry tree bio-products (resins) against food-borne molds. *Food Bioscience*, 47, 101627.
- Traustadottir, T., Davies, S.S., Stock, A.A., Su, Y., Heward, C.B., Roberts, L.J., & Harman, S.M. (2009). Tart cherry juice decreases oxidative stress in healthy older men and women. *J Nutr*, 139, 1896-900.
- Wan-Ibrahim, W.I., Sidik, K., & Kuppusamy, U.R. (2010). A high antioxidant level in edible plants is associated with genotoxic properties. *Food Chemistry*, 122(4), 1139-1144.
- Wang, H., Nair, M.G., Strasburg, G.M., Booren, A.M., & Gray, J.I. (1999). Antioxidant polyphenols from tart cherries (*Prunus cerasus*). *J Agric Food Chem*, 47, 840-844.
- Wojdylo, A., Figiel, A., Lech, K., Nowicka, P., & Oszmiański, J. (2014). Effects of convective and vacuum-microwave drying on the bioactive compound, color, and antioxidant capacity of sour cherries. *Food Bioprocess Tech*, 7, 829-841.
- Wojdylo, A., Nowicka, P., Turkiewicz, I.P., & Tkacz, K. (2021). Profiling of polyphenols by LC-QTOF/ESI-MS, characteristics of nutritional compounds and in vitro effect on pancreatic lipase, α -glucosidase, α -amylase, cholinesterase and cyclooxygenase activities of sweet (*Prunus avium*) and sour (*P. cerasus*) cherries leaves and fruits. *Industrial Crops & Products*, 17, 114214.
- Yılmaz, F.M., Görgüç, A., Karaaslan, M., Vardin, H., Bilek, S.E., Uygun, Ö., & Bircan, C. (2019). Sour cherry by-products: compositions, functional properties and recovery potential – a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(22), 3549-3563.



Biomass Yield in Bread Wheat: The Effect of Sowing Density and Predicting Using NDVI

Ali Cevat SÖNMEZ¹

¹Transitional Zone Agriculture Research Institute, Department of Cereal Breeding, Ziraat Cad. No: 396 Tepebaşı, Eskişehir, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-9818-2660>

✉: alicevatsonmez@gmail.com

ABSTRACT

This is due to approaching the upper limits of the harvest index. The study aimed to determine the effect of sowing density (SD) practices on BY in the Central Anatolian Region and the use of normalized vegetation index (NDVI) values in estimating BY easily. Field trials were carried out for three consecutive years in rainfed and irrigated conditions in Eskişehir between 2012 and 2015. Four different SDs (Sparse, Ordinary, High, and Very High) were applied to six winter wheat cultivars. Biomass samples were taken during flowering and harvesting periods. NDVI values were measured using the Green Seeker Handhold Sensor (GSHS) tool during the flowering period. In both conditions, the correlation between the NDVI values during the flowering period and the biomass yields obtained during the harvesting period was found to be positive and significant (in rainfed conditions ($R = 0.837$), in irrigated conditions ($R = 0.786$)). To obtain high BY, it is recommended that to be sowed with High SD in rainfed conditions, and Ordinary SD practices in irrigated conditions. Considering the varieties, Alpu 2001 and Harmankaya-99 stand out from the others in terms of getting high biomass yield in both conditions. In addition, it was determined that the GSHS is a reliable tool that can be used for the estimation of BY.

Field Crops

Research Article

Article History

Received : 29.12.2022

Accepted : 12.12.2023

Keywords

Triticum aestivum L.

Biomass estimation

Seeding rate

Vegetation Index

Correlation

Ekmeçlik Buğdayda Biyokütle Verimi: Ekim Sıklığının Etkisi ve NDVI Kullanılarak Tahmini

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, İç Anadolu Bölgesi'nde ekim sıklığı(ES) uygulamalarının BV'ye etkisini ve BV'nin kolayca tahmin edilmesinde normalize edilmiş bitki indeksi (NDVI) değerlerinin kullanımını belirlemektir. Tarla denemeleri 2012-2015 yılları arasında arka arkaya üç yıl süreyle yağmura bağımlı ve sulı koşullarda Eskişehir'de yapılmıştır. Altı adet kışlık buğday çeşidine dört farklı ekim sıklığı (Seyrek, Sıradan, Yüksek ve Çok Yüksek) uygulanmıştır. Biyokütle örnekleri çiçeklenme ve hasat dönemlerinde alınmıştır. NDVI değerleri çiçeklenme döneminde Green Seeker Handhold Sensor (GSHS) cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Her iki koşulda da çiçeklenme dönemindeki NDVI değerleri ile hasat döneminde elde edilen BV'leri arasındaki korelasyon pozitif ve istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (yağmura bağımlı koşullarda ($R = 0,837$), sulı koşullarda ($R = 0,786$)). Yüksek BV elde etmek için çeşitlerin yağışlı koşullarda Yüksek ES uygulamasıyla, sulı koşullarda Normal ES uygulamasıyla ekilmesi önerilir. Çeşitler arasında Alpu 2001 ve Harmankaya-99 çeşitlerinden her iki koşulda da yüksek verim alınmıştır. Ayrıca GSHS'nin BV tahmini için kullanılabilecek güvenilir bir araç olduğu belirlenmiştir.

Tarla Bitkileri

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 29.12.2022

Kabul Tarihi : 12.12.2023

Anahtar Kelimeler

Triticum aestivum L.

Biyokütle Tahmini

Tohum sıklığı

Vejetasyon indeksi

Korelasyon

Atıf Şekli: Sönmez, A.C. (2024). Ekmeçlik Buğdayda Biyokütle Verimi: Ekim Sıklığının Etkisi ve NDVI Kullanılarak Tahmini. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(5), 1171-1181. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1226330.

To Cite : Sönmez, A.C (2024). Biomass Yield in Bread Wheat: The Effect of Sowing Density and Predicting Using NDVI. *KSU J. Agric Nat* 27(5), 1171-1181. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1226330.

INTRODUCTION

Bread wheat (*Triticum aestivum* L.) is an ancient

nutritionally important field crop grown worldwide. It is also the most widely used crop for making bread,

which is one of the most consumed foods worldwide and has a sacred status in many religions (Shewry, 2009). Knowledge of the various physiological traits associated with genetic gains in yield potential is essential for understanding yield-limiting factors and informing future breeding strategies (Aisawi et al., 2015). Thanks to effective breeding strategies, wheat grain yield (GY) has increased tremendously over the last five decades (Lovegrove et al., 2020). However, to meet the food needs of the world population, which is expected to reach 9.8 billion by 2050 (Anonymous, 2022), additional increases in wheat yield per unit area are required (Reynolds et al., 2022). In the studies carried out so far, shortening of plant height has led to an increase in yield due to an improvement in the harvest index, but the harvest index has approached the upper limit of significance (Foulkes et al., 2011). The challenges of increasing the harvest index also emphasize the importance of improving biomass in recent years (Reynolds et al., 2017; Savaşlı et al., 2023). There is a need to increase biomass yields due to its use in many industries such as food, paper production, energy, and especially livestock (Foulkes et al., 2007; Khan & Mubeen, 2012; Dai et al., 2016; Ravindran & Jaiswal, 2016; Townsend et al., 2018). Increasing total biomass production seems inevitable to achieve higher grain yields (Reynolds et al., 2012; Mitchell & Sheehy, 2018; Savaşlı et al., 2023). Crossing and selecting germplasm solely for biomass yield seems to be insufficient, as negative relationships between biomass yield and grain yield often lead to inappropriate and off-target results (Aisawi et al., 2015). For many reasons, high biomass yield has become one of the most sought-after traits in wheat agriculture (Molero et al., 2019). Higher total biomass yields can result from increasing the light-blocking and radiation-use efficiency of the plant or its component traits (Reynolds et al., 2020).

Since sowing density is shaped under the influence of both genotype and environment, it may vary according to the annual rainfall amount and distribution, soil characteristics, agricultural techniques applied, and the variety of characteristics to be grown. In this respect, it is important to determine the optimum sowing density in each region and variety. Many researchers have reported that the relationship between planting density and photosynthetic efficiency, nitrogen use efficiency, and nutrient and water use efficiency of plants positively affects plant growth (Carr et al., 2003; Amanullah et al., 2010; Khan et al., 2020; Shah et al., 2020). Sowing density is one of the agronomic practices that have a significant effect on obtaining high grain yield and biomass yield per unit area (Bhatta et al., 2017; Ma et al., 2018; Khan et al., 2020). In this study, it was aimed to determine the optimum sowing density to obtain high biomass yield by investigating the effect of different planting frequencies on the biomass yield of bread wheat

varieties under rainfed and irrigated conditions. Measuring the biomass yield of wheat is both difficult and time-consuming for wheat breeders and agronomists. Therefore, they need new reliable methods to measure biomass yield more easily (Walter et al., 2019; Atkinson Amorim et al., 2022; Savaşlı et al., 2023). Optical sensors can be widely used to estimate yield and biomass characteristics in wheat (Savaşlı et al., 2021a). Normalized vegetation index (NDVI) data has been used successfully by many scientists in different regions of the world (Gündoğdu, 2018). The use of vegetation index is one of the reliable methods of biomass yield estimation for researchers willing to work with a large number of genotypes, as it allows rapid and non-destructive assessment of plant traits. (Cabrera-Bosquet et al., 2011; Zecha et al., 2018; Chandel et al., 2019; Savaşlı et al., 2023). To make better use of such new methods, it is necessary to test whether their use is appropriate for the plant variety and region (Savaşlı et al., 2021b). In this study, it was aimed to measure the effect of planting density on biomass yield as well as the usability of the Green Seeker Hand Sensor (Lapidus et al., 2022) to estimate biomass yield easily and quickly.

MATERIALS and METHODS

Trial area, soil properties, and climate data

Field trials were conducted for three consecutive years between 2012 and 2015 crop years in the central campus of the Transitional Zone Agricultural Research Institute, Eskişehir (39° 46' N, 30° 24' E, 780 m above sea level). Soil samples taken from 0-50 cm depth before sowing were examined at the Soil-Water Research Laboratory of the Transitional Zone Agricultural Research Institute and analyzed as clay loam with a slightly alkaline structure and no salinity. It was also classified as moderately calcareous, with low organic matter and phosphorus content and a high content of plant-useful potassium. Total annual rainfall was 254.1 mm, 318.7 mm, and 643.0 mm, respectively. The highest rainfall occurred in the 2014-15 crop year, but this rainfall was not effective enough to increase biomass yields due to the maturing period of wheat. This high rainfall in the 2014-15 crop year positively affected biomass yield in rainfed trials as expected, but not in irrigated trials due to the increase in lodging and diseases (Table 1).

Plant materials and crop cultivation

Six winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars released between 1969 and 2001 years by the Transitional Zone Agricultural Research Institute were used as plant material. The cultivars are grown widely in the Central Anatolia Region. Alpu 2001, Atay-85, and Sultan 95 are white-grained, awned cultivars recommended for irrigated areas. Bezostaja1, Harmankaya-99, and Sönmez 2001 are red grain varieties that are recommended for rainfed areas

Table 1. The precipitation (mm) and air temperature data (°C) for the average of years and long years in which the trials were conducted in Eskişehir.

Çizelge 1. Eskişehir’de denemelerin yapıldığı yıllara ve uzun yıllara ait yağış (mm) ve hava sıcaklığı verileri (°C)

Months	Precipitations (mm)				Air temperature (°C)			
	2012-13	2013-14	2014-15	Long years*	2012-13	2013-14	2014-15	Long years**
October	0.0	2.0	41.4	14.5	18.7	16.7	18.4	17.1
September	16.1	65	66.1	27.2	14.2	9.8	13.6	11.9
November	14.5	15	26.2	29.3	7.3	6.7	7.6	6.4
December	73.2	1.5	72.1	45.1	2.2	1.7	5.8	2.0
January	18.5	21	39.0	38.4	1.7	3.6	0.8	-0.2
February	36.5	7.0	60.9	32.3	4.3	6.0	2.3	1.3
March	33.2	27.1	46.0	33.6	7.1	6.2	5.1	4.9
April	37.8	23.2	41.3	35.1	10.8	11.3	7.1	10.2
May	9.5	53.8	61.2	44.9	17.7	16.4	14.9	15
June	14.0	70.5	125.3	30.5	20.0	19.9	16.3	18.8
July	0.8	20.4	0.0	13.8	21.6	23.7	21.0	21.5
Agust	0.0	12.2	63.5	7.8	22.4	24.1	21.7	21.4
Monthly average	21.2	26.6	53.6	29.4	12.3	12.2	11.2	10.9
Annual total	254.1	318.7	643.0	352.5	148	146.1	134.6	130.3

*: Means of between 1995-2015 years; **: Means of between 1925 - 2015 years

and Bezostaja1 and Sönmez 2001 have awnless spikes Sowing density amounts were determined to cover one degree below and one degree above the normal and high sowing densities currently practiced in the Central Anatolia Region. According to this, four sowing density treatments were used (SSD: Sparse Sowing Density is 350 seeds m⁻²; OSD: Ordinary Sowing Density is 500 seeds m⁻²; HSD: High Sowing Density is 650 seeds m⁻² and VHSD: Very High Sowing Density is 800 seeds m⁻²). Drilling was done by a six-row plot seeder on a plot size 7.0 x 1.2 m and 20 cm distance between rows. The plot size was 6 m² (1.2 m x 5 m) and drilled on the second week of October in all three years. The fertilizing was made 70 kg ha⁻¹ N and 70 kg ha⁻¹ P for rainfed trials and 120 kg ha⁻¹ N and 90 kg ha⁻¹ P for irrigated trials. Half of the nitrogen fertilizer was given at drilling and the rest was given in spring at the tillering stage Zadoks Growth Stage (GS) 25 (Zadoks et al., 1974). Field trials were conducted in rainfed and irrigated conditions. The irrigated trials were watered three times (after sowing, at stem-elongation and heading stages) by sprinkler method with 40 mm of water. To control broadleaf weeds in all three years of the experiment, an herbicide with 2-4 D 2-Ethylhexyl ester + 6.25 g/l Florasulam active ingredient was applied to the plots at a dose of 1500 mL ha⁻¹ before the stem-elongation period using a sprayer method under windless and suitable temperature conditions.

Data collection and statistical analyses

Flowering biomass yield (FBY) was measured at the anthesis stage (GS 65) and harvesting biomass yield (HBY) was measured at the harvest stage (GS 94). Biomass samples were taken from the soil surface at both ends of the plots using a knife and a 50 cm line was selected from the middle rows considering the

edge effect. They were immediately placed in a plastic bag to prevent moisture loss and weighed in the laboratory. Thus, the total green plant weight was obtained. After, randomly selected 50 spiked plants were weighed and placed in a paper bag. Then, drying at 75 °C for 48 hours, it was weighed again and the dry weight of the sub-sample was obtained. The biomass yields were calculated according to Önder (2007). NDVI values were obtained at the flowering (GS 65) stage by using the Green Seeker Handheld Crop Sensor (Savaşlı et al., 2021b). Field trials were set up in randomized complete blocks according to factorial experimental design with three replications. A gap of 30 m was left as an isolation distance between rainfed and irrigated trials. The rainfed and irrigated trials were analyzed separately. Statistical analysis was performed using the JMP statistical software (JMP, 2016). The equality of variances was checked with Levene's test to determine whether the multiyear data were suitable for analyses by combining them. The significance of the differences among sowing densities, cultivars, years, and interactions was determined by analysis of variance. After testing the significance of treatment effects by analysis of variance, means were compared using Student's t method (Student, 1908). The Least Significant Difference (LSD) test was used to compare the means.

RESULTS

Flowering period biomass yield (FBY)

According to the results of the analysis of variance, the differences between years were found significant in both rainfed and irrigated conditions (Table 2). The highest average FBY was obtained in 2014-15 years at 11.13 t ha⁻¹ under rainfed conditions and 13.45 and

13.34 t ha⁻¹ under irrigated conditions in 2012-13 and 2014-15 years, respectively (Table 3). The differences between sowing density treatments were significant only in rainfed conditions and the highest average FBY value was obtained from VHSD application with 10.31 t ha⁻¹. Although the difference was not significant in irrigated conditions, the highest value was obtained from the OSD treatment with 13.38 t ha⁻¹. While linear increases were observed in rainfed conditions and a parabolic curve was observed in irrigated conditions. The effect of cultivars was significant only in irrigated conditions and Alpu 2001, Harmankaya-99, and Sultan 95 cultivars stood out with 13.81, 13.85, and 13.05 t ha⁻¹ respectively. The mean FBY value was obtained in irrigated conditions with 12.92 t ha⁻¹ and the average FBY value was 33% higher than the rainfed conditions with 9.72 t ha⁻¹. In addition, since the cultivars showed different performances according to the mean of years, the Year x Genotype interaction was found to be significant in irrigated conditions. For instance, in the 2012-13 season, the Harmankaya-99 cultivar came to the forefront, while the Alpu 2001 cultivar came to the forefront in 2013-14, and no difference was observed between the cultivars in 2014-15. Similarly, since the performance of SD treatments in irrigated conditions differed between years, the Year x Sowing Density interaction was also found significant (Table 2). While OSD and HSD were prominent in 2012-13, there was no difference between SD applications in other years (Table 3).

Harvesting period biomass yield (HBY)

According to the results of the analysis of variance, the differences between years, sowing densities, and genotypes were found statistically significant in both rainfed and irrigated conditions (Table 2). When the years were analyzed, the highest HBY was acquired in 2014-15, the year with the highest rainfall with 9.90 and 11.75 t ha⁻¹, under both rainfed and irrigated conditions, respectively (Table 4). This was followed by the years 2013-14 and 2012-13, respectively.

Considering the SD applications in Table 4, the highest average HBY values were obtained from VHSD and HSD applications in rainfed conditions with 8.97 and 8.73 t ha⁻¹ respectively. In irrigated conditions, OSD application stood out with 11.49 t ha⁻¹. The effect of increasing sowing density on HBY values was positive and linear in rainfed conditions, while it was positive and quadratic in irrigated conditions. When looking at the cultivars, Alpu 2001, Harmankaya-99 and Bezostajal cultivars stood out in both cases according to the average HBY values. While 9.01, 8.97, and 8.26 t ha⁻¹ were obtained in rainfed conditions respectively, 11.97 and 11.41 t ha⁻¹ were obtained in irrigated conditions, respectively. It was determined that the average HBY value was obtained at 10.88 t ha⁻¹ in irrigated conditions and it was 31% higher than in rainfed conditions. In addition, the Years x Genotype interaction was found to be significant due to the different performances of cultivars in both conditions. According to the mean values, it was determined that the differences between the cultivars were significant and they showed similar performance in both conditions. While Alpu 2001 and Harmankaya-99 cultivars stood out in the 2012-13 years, only the Alpu 2001 cultivar was prominent in the 2013-14 season in both conditions. In the 2014-15 season, all cultivars except Atay-85 were similar to each other under rainfed conditions. Again, according to the average values, since sowing density treatments showed different performance in both conditions according to years, the interaction of Years x Sowing Density was found to be significant (Table 2). In rainfed conditions, HSD and VHSD stood out with 8.73 and 8.97 t ha⁻¹, respectively, while in irrigated conditions, OSD values stood out with 11.49 t ha⁻¹.

Normalized difference vegetation index (NDVI)

According to the results of the analysis of variance, the differences between years, sowing densities, and genotypes were significant in terms of NDVI in both rainfed and irrigated conditions (Table 2).

Table 2. Analysis of variance table with mean squares for biomass yields and NDVI values
Çizelge 2. Biyokütle verimleri ve NDVI değerlerinin kareler ortalaması ve varyans analiz tablosu

Source of variation	Df	FBY		HBY		NDVI	
		Rainfed	Irrigated	Rainfed	Irrigated	Rainfed	Irrigated
Years (Y)	2	144.41**	49.25**	205.11**	41.59**	285.20**	69.59**
Sowing density (SD)	3	14.23*	8.79	23.49**	9.00*	133.86**	48.18**
Genotypes (G)	5	6.17	27.51**	11.82**	21.74**	22.04*	33.63**
Error	108	3.66	3.91	2.08	2.91	7.91	563.33
Y x G	10	5.22	12.46**	4.42*	8.16*	306.90**	23.54**
Y x SD	6	6.4	9.05*	8.43*	11.28**	24.69**	7.13
SD x G	15	3.07	1.71	2.76	1.57	6.90	5.74
Y x SD x G	30	3.62	4.06	3.49	4.3	5.79	6.92

* Significant at the 0.05 probability level; ** Significant at the 0.01 probability level; ns: Not significant; Df: Degree of freedom; FBY: Flowering period biomass yield; HBY: Harvest period biomass yield; NDVI: Normalized difference vegetation index

Table 3. Flowering period biomass yield values (t ha⁻¹) and comparison of its means in both conditions
Çizelge 3. Çiçeklenme dönemi biyokütle verimi değerleri (t ha⁻¹) ve her iki koşulda ortalamaların karşılaştırılması

Treatment	Rainfed			Mean
	2012-2013	2013-2014	2014-2015	
Sowing density				
SSD	7.04 ± 0.30 b	9.78 ± 0.32 a	11.02 ± 0.31 ab	9.28 ± 0.44 b
OSD	8.14 ± 0.62 a	9.21 ± 0.71 a	10.42 ± 0.45 b	9.29 ± 0.40 b
HSD	8.93 ± 0.33 a	10.18 ± 0.42 a	10.88 ± 0.32 ab	10.00 ± 0.28 ab
VHSD	9.01 ± 0.61 a	9.82 ± 0.44 a	12.21 ± 0.71 a	10.31 ± 0.46 a
LSD (0.05)				0.73*
Varieties				
Alpu 2001	8.09 ± 0.65 a	11.16 ± 0.55 a	11.38 ± 0.59 a	10.22 ± 0.56 a
Atay-85	7.96 ± 1.26 a	9.43 ± 0.32 b	10.25 ± 0.36 a	9.21 ± 0.50 b
Bezostaja1	8.51 ± 0.82 a	8.61 ± 0.65 b	11.96 ± 0.72 a	9.66 ± 0.61 ab
Harmankaya-99	8.98 ± 0.52 a	9.77 ± 0.60 ab	11.90 ± 1.01 a	10.22 ± 0.54 a
Sönmez 2001	8.12 ± 0.52 a	9.39 ± 0.46 b	10.75 ± 0.09 a	9.42 ± 0.39 ab
Sultan 95	8.03 ± 0.33 a	10.12 ± 0.24 a	10.55 ± 0.47 a	9.58 ± 0.38 ab
LSD (0.05)				ns
Means of years	8.28 ± 0.28 C	9.75 ± 0.24 B	11.13 ± 0.26 A	9.72**
CV (%)	17.75	19.28	20.64	19.68
Sowing density				
SSD	12.69 ± 0.74 c	11.38 ± 0.63 b	13.12 ± 0.50 a	12.40 ± 0.39 b
OSD	14.29 ± 1.10 a	13.06 ± 0.34 a	12.80 ± 0.62 a	13.38 ± 0.44 a
HSD	13.98 ± 0.98 ab	11.60 ± 0.23 b	13.38 ± 0.27 a	12.98 ± 0.41 ab
VHSD	12.82 ± 0.93 bc	11.82 ± 0.61 ab	14.05 ± 0.57 a	12.90 ± 0.45 ab
LSD (0.05)				ns
Varieties				
Alpu 2001	14.11 ± 0.94 bc	13.43 ± 0.67 a	13.88 ± 0.44 a	13.81 ± 0.38 ab
Atay-85	12.71 ± 0.45 c	11.33 ± 0.93 b	13.07 ± 0.65 a	12.37 ± 0.43 cd
Bezostaja1	10.45 ± 0.47 d	11.30 ± 0.29 b	12.94 ± 0.28 a	11.56 ± 0.36 d
Harmankaya-99	15.84 ± 1.03 a	11.81 ± 0.68 b	13.91 ± 0.37 a	13.85 ± 0.63 a
Sönmez 2001	13.19 ± 0.98 bc	11.57 ± 0.43 b	13.80 ± 1.08 a	12.85 ± 0.54 bc
Sultan 95	14.38 ± 1.03 ab	12.34 ± 0.21 ab	12.42 ± 0.60 a	13.05 ± 0.46 abc
LSD (0.05)				0.96**
Means of years	13.45 ± 0.46 A	11.96 ± 0.26 B	13.34 ± 0.26 A	12.92**
CV (%)	13.29	16.20	16.47	15.30

* Significant at the 0.05 probability level; ** significant at the 0.01 probability level; ns: Not significant; LSD: Least significant difference; CV: Coefficient variation; SSD: Sparse sowing density; OSD: Ordinary sowing density; HSD: High sowing density; VHSD: Very High sowing density

Looking at the mean NDVI values of the years, the highest NDVI values were acquired at 73.17% and 72.58% in 2013-14 and 2014-15, respectively in rainfed conditions, while it was obtained with 75.47% and 75.67%, in 2013-14 and 2014-15 years, respectively in irrigated conditions. When the NDVI values of the sowing densities were evaluated, the highest average NDVI values were obtained at 72.52% and 73.51% respectively from HSD and VHSD applications in rainfed conditions. In irrigated conditions, OSD, HSD, and VHSD applications stood out with 75.11%, 75.48 and 75.78% respectively. Considering the average NDVI values of genotypes, the highest values were obtained from Bezostaja1, Harmankaya-99, and Sultan 95 cultivars in both conditions. While 71.78, 72.97, and 72.34% values were obtained from these cultivars in rainfed conditions, respectively, 76.08,

75.42, and 75.47% values were obtained in irrigated conditions, respectively. When the effect of the environment on NDVI values was evaluated, the average NDVI value obtained from irrigated conditions was found to be 75.00%. This value was 4.5% higher than the average NDVI value of 71.76% in rainfed conditions. On the other hand, due to the instability of Harmankaya-99, Bezostaja1, and Sultan 95 cultivars in years, the interaction of Years x Genotypes was found statistically significant in both conditions. Years x Sowing Density interaction was significant only in rainfed conditions because of 2013-14 years SSD value stood out (Table 5).

Correlations between NDVI and Biomass Yield

A very high positive correlation was found between biomass yields of flowering and harvest period under rainfed and irrigated conditions (Table 6). This value

was slightly higher in rainfed conditions ($R = 0.837$) compared to irrigated conditions ($R = 0.786$). In parallel with this, the correlation value between NDVI values and biomass yields in both the harvest and flowering period was found to be positive and

significant too. Similarly, the correlation values between NDVI, FBY, and HBY values were higher in rainfed conditions ($R = 0.645$ and $R = 0.659$) compared to irrigated conditions ($R = 0.313$ and $R = 0.359$), respectively.

Table 4. Harvesting period biomass yield values ($t\ ha^{-1}$) and comparison of its means in both conditions

Çizelge 4. Hasat dönemi biyokütle verimi değerleri ($t\ ha^{-1}$) ve her iki koşulda ortalamaların karşılaştırılması

Treatment	Rainfed			Mean
	2012-2013	2013-2014	2014-2015	
Sowing Density				
SSD	$5.17 \pm 0.36\ b$	$7.84 \pm 0.27\ b$	$10.26 \pm 0.37\ ab$	$7.76 \pm 0.37\ b$
OSD	$5.98 \pm 0.51\ b$	$8.09 \pm 0.56\ b$	$8.98 \pm 0.50\ b$	$7.67 \pm 0.30\ b$
HSD	$7.36 \pm 0.63\ a$	$9.21 \pm 0.31\ a$	$9.63 \pm 0.36\ ab$	$8.73 \pm 0.30\ a$
VHSD	$7.59 \pm 0.68\ a$	$8.62 \pm 0.35\ ab$	$10.73 \pm 0.69\ a$	$8.97 \pm 0.35\ a$
LSD (0.05)				0.69**
Cultivars				
Alpu 2001	$6.93 \pm 0.68\ ab$	$9.87 \pm 0.48\ a$	$10.24 \pm 0.33\ ab$	$9.01 \pm 0.42\ a$
Atay-85	$6.37 \pm 1.34\ bc$	$8.02 \pm 0.24\ b$	$8.94 \pm 0.48\ b$	$7.77 \pm 0.39\ b$
Bezostajal	$6.07 \pm 1.04\ bc$	$7.82 \pm 0.48\ b$	$10.94 \pm 0.84\ a$	$8.26 \pm 0.47\ b$
Harmankaya-99	$7.59 \pm 0.78\ a$	$8.48 \pm 0.60\ b$	$10.85 \pm 0.73\ a$	$8.97 \pm 0.43\ a$
Sönmez 2001	$6.31 \pm 0.56\ bc$	$8.17 \pm 0.39\ b$	$9.30 \pm 0.38\ ab$	$7.92 \pm 0.34\ b$
Sultan 95	$5.88 \pm 0.44\ c$	$8.26 \pm 0.36\ b$	$9.14 \pm 0.54\ ab$	$7.77 \pm 0.39\ b$
LSD (0.05)				0.60**
Means of years	$6.52 \pm 0.33\ C$	$8.44 \pm 0.21\ B$	$9.90 \pm 0.27\ A$	8.28^{**}
CV (%)	18.97	17.09	22.55	21.71
Treatment	Irrigated			Mean
	2012-13	2013-14	2014-15	
Sowing Density				
SSD	$9.75 \pm 0.64\ b$	$10.33 \pm 0.57\ b$	$11.85 \pm 0.43\ a$	$10.65 \pm 0.31\ b$
OSD	$11.06 \pm 0.61\ a$	$12.06 \pm 0.47\ a$	$11.35 \pm 0.62\ a$	$11.49 \pm 0.30\ a$
HSD	$10.89 \pm 0.77\ a$	$9.69 \pm 0.32\ b$	$11.63 \pm 0.22\ a$	$10.74 \pm 0.27\ b$
VHSD	$9.64 \pm 0.59\ b$	$10.14 \pm 0.60\ b$	$12.16 \pm 0.68\ a$	$10.65 \pm 0.32\ b$
LSD (0.05)				0.65*
Cultivars				
Alpu 2001	$11.10 \pm 0.74\ ab$	$12.40 \pm 0.85\ a$	$12.42 \pm 0.39\ a$	$11.97 \pm 0.40\ a$
Atay-85	$10.21 \pm 0.30\ b$	$10.64 \pm 0.59\ b$	$11.38 \pm 0.69\ a$	$10.74 \pm 0.28\ b$
Bezostajal	$7.99 \pm 0.45\ c$	$9.74 \pm 0.35\ b$	$11.25 \pm 0.18\ a$	$9.66 \pm 0.36\ c$
Harmankaya-99	$12.07 \pm 0.65\ a$	$10.31 \pm 0.74\ b$	$11.86 \pm 0.18\ a$	$11.41 \pm 0.37\ ab$
Sönmez 2001	$10.41 \pm 0.73\ b$	$9.58 \pm 0.74\ b$	$12.43 \pm 1.06\ a$	$10.81 \pm 0.37\ b$
Sultan 95	$10.23 \pm 0.54\ b$	$10.68 \pm 0.38\ b$	$11.15 \pm 0.72\ a$	$10.69 \pm 0.29\ b$
LSD (0.05)				0.82**
Means of years	$10.34 \pm 0.33\ B$	$10.56 \pm 0.30\ B$	$11.75 \pm 0.25\ A$	10.88^{**}
CV (%)	14.4	14.94	17.05	15.69

* Significant at the 0.05 probability level; ** significant at the 0.01 probability level; ns: Not significant; LSD: Least significant difference; CV: Coefficient variation; SSD: Sparse sowing density; OSD: Ordinary sowing density; HSD: High sowing density; VHSD: Very High sowing density.

DISCUSSION

In this study, the effect of sowing density treatments on total biomass yield at flowering and harvest periods in bread wheat was found statistically significant under both rainfed and irrigated conditions. However, this effect varied depending on the condition. When the average values of the years in rainfed conditions were analyzed, it was determined that there was a linear and positive effect on the biomass yield with increasing sowing density. This result is compatible with the

studies of some researchers (Sajjad et al., 2009; Hu et al., 2018; Özkan, 2020; Shah et al., 2020). The lower germination rate of seeds in rainfed conditions may be one of the reasons for this situation. In addition, it has been reported by many studies that high sowing density provides an advantage in weed control (Menegat & Nilsson, 2019; Aharon et al., 2021; Wu et al., 2021). In the region of Central Anatolia, it has traditionally been adopted to use higher sowing density in wheat farming, generally in rainfed

conditions. On the other hand, Bhatta et al. (2017) have reported that the increase in sowing density did not have a significant effect. But, when it comes to

irrigated conditions, the situation is different. The highest biomass yield was obtained from the OSD treatment in both flowering and harvesting periods.

Table 5. NDVI values (%) and comparison of its means in rainfed and irrigated conditions

Çizelge 5. NDVI değerleri (%) ve yağışa dayalı ve sulu koşullarda ortalamalarının karşılaştırılması

Treatment	Rainfed Conditions			
	2012-2013	2013-2014	2014-2015	Mean
Sowing density				
SSD	65.83 ± 0.85 c	72.78 ± 0.79 ab	70.83 ± 0.87 b	69.91 ± 0.85 c
OSD	69.46 ± 0.75 b	71.67 ± 0.93 b	71.83 ± 0.72 b	71.10 ± 0.51 b
HSD	70.83 ± 1.02 ab	73.89 ± 0.52 a	72.83 ± 0.95 ab	72.52 ± 0.49 a
VHSD	71.71 ± 0.93 a	74.33 ± 0.64 a	74.83 ± 0.77 a	73.51 ± 0.46 a
LSD (0.05)				1.08**
Cultivars				
Alpu 2001	69.31 ± 1.03 bc	73.83 ± 0.62 ab	70.83 ± 0.83 b	71.32 ± 0.72 bc
Atay-85	69.24 ± 1.77 bc	72.17 ± 0.74 b	71.25 ± 1.11 b	70.82 ± 0.77 c
Bezostajal	67.28 ± 1.71 c	72.42 ± 1.24 b	75.67 ± 0.71 a	71.78 ± 1.24 abc
Harmanakaya-99	72.42 ± 1.44 a	73.92 ± 1.36 ab	72.58 ± 1.55 b	72.97 ± 0.79 a
Sönmez 2001	69.75 ± 1.36 b	72.17 ± 1.09 b	72.00 ± 0.65 b	71.31 ± 0.65 bc
Sultan 95	68.83 ± 1.54 bc	74.50 ± 0.52 a	73.17 ± 0.63 ab	72.34 ± 0.92 ab
LSD(0.05)				1.46**
Means of years	69.46 ± 0.63 B	73.17 ± 0.41 A	72.58 ± 0.49 A	71.76**
CV (%)	3.97	3.29	4.60	3.92
Treatment	Irrigated Conditions			
	2012-2013	2013-2014	2014-2015	Mean
Sowing density				
SSD	72.06 ± 0.93 b	74.17 ± 0.92 b	74.72 ± 0.83 b	73.65 ± 0.56 b
OSD	74.11 ± 0.74 a	76.28 ± 0.62 a	74.94 ± 0.74 b	75.11 ± 0.44 a
HSD	74.67 ± 0.17 a	75.78 ± 1.04 a	76.00 ± 1.05 ab	75.48 ± 0.49 a
VHSD	74.67 ± 0.38 a	75.67 ± 1.00 ab	77.00 ± 0.71 a	75.78 ± 0.46 a
LSD (0.05)				0.87**
Cultivars				
Alpu 2001	73.67 ± 1.05 b	75.83 ± 0.42 bc	75.50 ± 1.06 b	75.00 ± 0.55 b
Atay-85	72.83 ± 1.27 b	74.50 ± 1.00 cd	72.42 ± 0.44 c	73.25 ± 0.57 c
Bezostajal	73.75 ± 0.52 b	76.75 ± 0.83 ab	77.75 ± 0.71 a	76.08 ± 0.63 a
Harmanakaya-99	75.42 ± 0.83 a	74.25 ± 1.25 cd	76.58 ± 0.25 ab	75.42 ± 0.54 ab
Sönmez 2001	74.25 ± 0.50 ab	73.67 ± 1.16 d	76.50 ± 0.93 ab	74.81 ± 0.60 b
Sultan 95	73.33 ± 1.04 b	77.83 ± 0.62 a	75.25 ± 0.69 b	75.47 ± 0.70 ab
LSD(0.05)				0.99**
Means of years	73.88 ± 0.37 B	75.47 ± 0.45 A	75.67 ± 0.44 A	75.00**
CV (%)	2.68	3.01	3.21	3.04

** significant at the 0.01 probability level; LSD: Least significant difference; CV: Coefficient variation; SSD: Sparse sowing density; OSD: Ordinary sowing density; HSD: High sowing density; VHSD: Very high sowing density

Table 6. Correlation coefficients and significance status of NDVI and biomass yield values

Çizelge 6. NDVI ile biyokütle verimleri arasındaki korelasyon katsayıları ve önemlilik durumu

Irrigated Conditions				
	NDVI	FBY	HBV	
NDVI	1	0.313**	0.359**	NDVI
FBY	0.659**	1	0.786**	FBY
HBV	0.645**	0.837**	1	HBV
Rainfed Conditions				

** Significant at the 0.01 probability level; NDVI: Normalized difference vegetation index; FBY: Flowering period biomass yield; HBV: Harvest period biomass yield

The HSD and VHSD treatments caused a decrease in biomass yield. In other words, increasing sowing density had a parabolic effect. This result is consistent with the result of the study of Amanullah et al. (2010). In this case, the importance of optimum sowing density in the utilization of nutrients and light in the soil has emerged. Soomro et al. (2009) reported that the increase in sowing density caused a decrease in total weight per plant.

Biomass yields obtained in this study varied significantly between years. This was observed to be more evident, especially in the trials under rainfed conditions (Table 3, 4). The fact that the highest biomass yields were reached in 2014-15 when the highest rainfall was received, also supports this view. Kara & Akkaya (2009) found similar results to this study and reported that the amount of precipitation had a significant and positive effect on biomass in rainfed conditions. This can be explained by the fact that temperature and precipitation values can vary considerably from year to year in Central Anatolia (Table 1). In addition, it has been reported that the distribution of precipitation within the season significantly affects the biomass yield values, and drought, especially during the stem-elongation and heading periods, negatively affects the biomass yield (Öztürk, 2011). In this case, since water stress is less experienced in irrigated trials, it can be expected that the biomass yields of rainfed trials will show more variability compared to irrigated trials. Some researchers declared that higher biomass yields were obtained from irrigated trials than from rainfed trials (Önder, 2007; Savaşlı et al., 2012). In the study conducted by Önder (2007), it was reported that the biomass yield obtained from the irrigated trial was 37% higher than that obtained from the rainfed trial.

In the research, it was observed that the increase in sowing density had a linear and positive effect on NDVI values under both rainfed and irrigated conditions (Table 5). In the 2013-14 and 2014-15 crop years, NDVI values were higher than in 2012-13, when less rainfall was received. On the other hand, NDVI values were proportional to the amount of water received during the vegetation period. Consequently, NDVI values acquired from the irrigated trials were higher than rainfed trials. This result is consistent with the results obtained in many studies (Önder, 2007; Savaşlı et al., 2012; 2023; Morgounov et al., 2014). In recent years, NDVI has been widely used to monitor wheat growth and correlate it with grain and biomass yield (Morgounov et al., 2014, 2019). NDVI has a positive relationship with biomass yield (Gutiérrez-Rodríguez., 2004; Önder, 2007; Savaşlı et al., 2012; 2023; Trentin et al., 2021; Walsh et al., 2022). According to Babar et al.(2006), the best growth periods for the application of vegetation index in biomass production were heading and grain-filling

periods. Many studies have indicated that NDVI values can be used for biomass estimation (Önder, 2007; Meng et al., 2013; Morgounov et al., 2014; Savaşlı et al., 2023).

When the results of correlation analysis were examined (Table 6), a significant positive correlation was found between the NDVI value and the biomass yield results obtained in both flowering and harvesting periods in both conditions (Table 1). However, the correlation between NDVI and biomass yield was stronger in rainfed conditions than in irrigated conditions (Table 6). In other words, the biomass yield obtained during the flowering period and the NDVI values achieved during the flowering period gave parallel results (Table 5). In this case, it was determined that NDVI values obtained during the flowering period can be used reliably in the estimation of biomass yield. The findings obtained in this study are similar to many studies on the same subject. Many researchers have found a strong positive correlation between NDVI values during the flowering period and biomass yields obtained during the harvest period and reported that the NDVI tool can be used safely in biomass yield estimation (Meng et al., 2013; Morgounov et al., 2014; Trentin et al., 2021; Walsh et al., 2022; Savaşlı et al., 2023).

When we examine the reasons why the year x genotype interaction was significant, in 2012-13, the Harmankaya-99 cultivar stood out in both rainfed and irrigated conditions, while the Alpu 2001 variety stood out in 2013-14. In 2014-15, there was no difference between the cultivars in irrigated conditions, while only the Bezostaja1 cultivar lagged the other cultivars in rainfed conditions (Table 3). It is one of the expected results that the cultivars responded differently to precipitation, cultivation, and temperature conditions over the years (Savaşlı et al., 2023).

CONCLUSION

It has been observed that sowing density practices have a significant effect on biomass yields and NDVI values in both rainfed and irrigated conditions. As a result, it can be recommended to plant the cultivars by applying High Sowing Density in rainfed conditions and with Ordinary Sowing Density in irrigated conditions to achieve a high biomass yield. When it comes to the evaluation of cultivars, Alpu 2001 and Harmankaya-99 are recommended for getting a high biomass yield in both conditions. These cultivars can be used as parents for breeding studies to develop new cultivars with high biomass in the future. In addition, it has been seen that the NDVI values obtained during the flowering period have a strong correlation with flowering and harvesting period biomass yields. Consequently, it can be said that the Green Seeker Hand Sensor used to obtain NDVI values is a fast and more reliable tool for biomass yield estimation.

However, in the future, investigating the relationship between NDVI values at other growing stages of wheat (e.g. tillering, stem elongation, booting, or heading) and biomass yield may also be beneficial for breeding studies.

Acknowledgment

This research was supported by The Republic of Türkiye Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Agricultural Research and Policy, Transitional Zone Agricultural Research Institute, Eskişehir, Türkiye.

REFERENCES

- Aharon, S., Fadida-Myers, A., Nashef, K., Ben-David, R., Lati, R. N., & Peleg, Z. (2021). Genetic improvement of wheat early vigor promotes weed competitiveness under the Mediterranean climate. *Plant Science*, 303, 110785. doi:10.1016/j.plantsci.2020.110785
- Aisawi, K. A. B., Reynolds, M. P., Singh, R. P., & Foulkes, M. J. (2015). The physiological basis of the genetic progress in yield potential of CIMMYT spring wheat cultivars from 1966 to 2009. *Crop Science*, 55(4), 1749-1764. doi:10.2135/cropsci2014.09.0601
- Amanullah, Khan, A., Hussain, & Z., Jan, D. (2010). Performance of wheat cultivars sown at different seeding rates under drought-stress conditions. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 56(1), 99-105. doi:10.1080/03650340.902897641
- Anonymous. (2022). The world population is projected to reach 9.8 billion in 2050, and 11.2 billion in 2100. Retrieved from <https://www.un.org/en/desa/world-population-projected-reach-98-billion-2050-and-112-billion-2100>
- Atkinson Amorim, J. G., Schreiber, L. V., de Souza, M. R. Q., Negreiros, M., Susin, A., Bredemeier, C., ... & Parraga, A. (2022). Biomass estimation of spring wheat with machine learning methods using UAV-based multispectral imaging. *International Journal of Remote Sensing*, 43(13), 4758-4773.
- Babar, M. A., Reynolds, M. P., Van Ginkel, M., Klatt, A. R., Raun, W. R., & Stone, M. L. (2006). Spectral reflectance to estimate genetic variation for in-season biomass, leaf chlorophyll, and canopy temperature in wheat. *Crop Science*, 46(3), 1046-1057. doi:10.2135/cropsci2005.0211
- Bhatta, M., Eskridge, K. M., Rose, D. J., Santra, D. K., Baenziger, P. S., & Regassa, T. (2017). Seeding rate, genotype, and topdressed nitrogen effects on yield and agronomic characteristics of winter wheat. *Crop Science*, 57(2), 951-963. doi:10.2135/cropsci2016.02.0103
- Cabrera-Bosquet, L., Molero, G., Stellacci, A., Bort, J., Nogués, S., & Araus, J. (2011). NDVI is a potential tool for predicting biomass, plant nitrogen content, and growth in wheat genotypes subjected to different water and nitrogen conditions. *Cereal Research Communications*, 39(1), 147-159.
- Carr, P. M., Horsley, R. D., & Poland, W. W. (2003). Tillage and seeding rate effects on wheat cultivars: I. Grain production. *Crop Science*, 43(1), 202-209.
- Chandel, N. S., Tiwari, P. S., Singh, K. P., Jat, D., Gaikwad, B. B., Tripathi, H., & Golhani, K. (2019). Yield prediction in wheat (*Triticum aestivum* L.) using spectral reflectance indices. *Curr. Sci*, 116(2), 272.
- Dai, J., Bean, B., Brown, B., Bruening, W., Edwards, J., Flowers, M., ... & Wiersma, J. (2016). Harvest index and straw yield of five classes of wheat. *Biomass and Bioenergy*, 85, 223-227. doi:10.1016/j.biombioe.2015.12.023
- Foulkes, M. J., Snape, J. W., Shearman, V. J., Reynolds, M. P., Gaju, O., & Sylvester-Bradley, R. (2007). Genetic progress in yield potential in wheat: recent advances and prospects. *The Journal of Agricultural Science*, 145(1), 17-29. doi:10.1017/S0021859607006740
- Foulkes, M. J., Slafer, G. A., Davies, W. J., Berry, P. M., Sylvester-Bradley, R., Martre, P., ... & Reynolds, M. P. (2011). Raising yield potential of wheat. III. Optimizing partitioning to grain while maintaining lodging resistance. *Journal of Experimental Botany*, 62(2), 469-486. doi:10.1093/jxb/erq300
- Gündoğdu, K. S. (2018). Buğday ekili parsellerde NDVI değerlerinin konumsal ve zamana bağlı değişiminin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(4), 492-499.
- Gutiérrez-Rodríguez, M., Reynolds, M. P., Escalante-Estrada, J. A., & Rodríguez-González, M. T. (2004). Association between canopy reflectance indices and yield and physiological traits in bread wheat under drought and well-irrigated conditions. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55(11), 1139-1147. doi:10.1071/AR04214
- Hu, C., Zheng, C., Sadras, V. O., Ding, M., Yang, X., & Zhang, S. (2018). Effect of straw mulch and seeding rate on the harvest index, yield, and water use efficiency of winter wheat. *Scientific reports*, 8(1), 1-8. doi:10.1038/s41598-018-26615-x
- JMP. (2016). *JMP Users Guide, Version 13.0.0*, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Kara, R., & Akkaya, A. (2009). Kahramanmaraş yöresine ait yerel ekmeklik buğday genotiplerinin verim ve fizyolojik özellikler yönünden incelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4), 1186-1204.
- Khan, A., Ahmad, A., Ali, W., Hussain, S., Ajayo, B. S., Raza, M. A., ... & Yang, W. (2020). Optimization of plant density and nitrogen regimes to mitigate lodging risk in wheat. *Agronomy Journal*, 112(4), 2535-2551. doi:10.1002/agj2.20211

- Khan, T. S., & Mubeen, U. (2012). Wheat straw: A pragmatic overview. *Curr. Res. J. Biol. Sci*, 4(6), 673-675.
- Lapidus, D., Salem, M. E., Beach, R. H., Zayed, S., & Ortiz-Monasterio, I. (2022). Greenhouse gas mitigation benefits and profitability of the GreenSeeker Handheld NDVI sensor: evidence from Mexico. *Precision Agriculture*, 23(6), 2388-2406.
- Lovegrove, A., Pellny, T. K., Hassall, K. L., Plummer, A., Wood, A., Bellisai, A., ... & Shewry, P. R. (2020). Historical changes in the contents and compositions of fiber components and polar metabolites in white wheat flour. *Scientific reports*, 10(1), 1-9. doi:10.1038/s41598-020-62777-3
- Ma, S. C., Wang, T. C., Guan, X. K., & Zhang, X. (2018). Effect of sowing time and seeding rate on yield components and water use efficiency of winter wheat by regulating the growth redundancy and physiological traits of root and shoot. *Field Crops Research*, 221, 166-174. doi:10.1016/j.fcr.2018.02.028
- Menegat, A., & Nilsson, A. T. (2019). Interaction of preventive, cultural, and direct methods for integrated weed management in winter wheat. *Agronomy*, 9(9), 564.
- Meng, J., Du, X., & Wu, B. (2013). Generation of high spatial and temporal resolution NDVI and its application in crop biomass estimation. *International Journal of Digital Earth*, 6(3), 203-218. doi:10.1080/17538947.2011.623189
- Mitchell, P. L., & Sheehy, J. E. (2018). Potential yield of wheat in the United Kingdom: How to reach 20 t ha⁻¹. *Field crops research*, 224, 115-125. doi:10.1016/j.fcr.2018.05.008
- Molero, G., Joynson, R., Pinera-Chavez, F. J., Gardiner, L. J., Rivera-Amado, C., Hall, A., & Reynolds, M. P. (2019). Elucidating the genetic basis of biomass accumulation and radiation use efficiency in spring wheat and its role in yield potential. *Plant biotechnology journal*, 17(7), 1276-1288. doi:10.1111/pbi.13052
- Morgounov, A., Gummadov, N., Belen, S., Kaya, Y., Keser, M., & Mursalova, J. (2014). Association of digital photo parameters and NDVI with winter wheat grain yield in variable environments. *Turkish journal of agriculture and forestry*, 38(5), 624-632. doi:10.3906/tar-1312-90
- Morgounov, A. I., Ozdemir, F., Keser, M., Akin, B., Payne, T. S., & Braun, H. J. (2019). International Winter Wheat Improvement Program: history, activities, impact, and future. *Front. Agr. Sci. Eng.* 2019, 6(3), 240-250. doi:10.15302/J-FASE-2019261
- Önder, O. (2007). Orta Anadolu kuru şartlarında yetiştirilen bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin kardeşlenme dinamiğinin araştırılması (Tez No 179009). [Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı] Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi
- Özkan, M. (2020). Bingöl şartlarında farklı ekim sıklıklarında bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin verim ve verim komponentlerinin belirlenmesi (Tez No 629037). [Yüksek Lisans Tezi, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı] Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi
- Öztürk, İ. (2011). Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinde kurağa dayanıklılığın karakterizasyonu ve kalite ile ilişkileri (Tez No 297713). [Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı] Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi
- Ravindran, R., & Jaiswal, A. K. (2016). A comprehensive review on pre-treatment strategy for lignocellulosic food industry waste: challenges and opportunities. *Bioresource Technology*, 199, 92-102. doi:10.1016/j.biortech.2015.07.106
- Reynolds, M., Foulkes, J., Furbank, R., Griffiths, S., King, J., Murchie, E., ... & Slafer, G. (2012). Achieving yield gains in wheat. *Plant, cell & environment*, 35(10), 1799-1823. doi:10.1111/j.1365-3040.2012.02588.x
- Reynolds, M. P., Pask, A. J., Hoppitt, W. J., Sonder, K., Sukumaran, S., Molero, G., ... & Joshi, A. K. (2017). Strategic crossing of biomass and harvest index—source and sink—achieves genetic gains in wheat. *Euphytica*, 213(11), 1-23. doi:10.1007/s10681-017-2040-z
- Reynolds, M., Chapman, S., Crespo-Herrera, L., Molero, G., Mondal, S., Pequeno, D. N., ... & Sukumaran, S. (2020). Breeder-friendly phenotyping. *Plant Science*, 295, 110396. doi:10.1016/j.plantsci.2019.110396
- Reynolds, M. P., Slafer, G. A., Foulkes, J. M., Griffiths, S., Murchie, E. H., Carmo-Silva, E., ... & Flavell, R. B. (2022). A wiring diagram to integrate physiological traits of wheat yield potential. *Nature Food*, 3(5), 318-324.
- Sajjad, M. R., Rashid, M., Akram, M., Ahmad, M. J., Hussain, R., & Razzaq, A. (2009). Optimum seed rate of wheat in available soil moisture under rainfed conditions. *Journal of Agricultural Research (03681157)*, 47(2), 143-151.
- Savaşlı, E., Çekiç, C., Önder, O., Dayıoğlu, R., Kalaycı, & H. M. (2012). Evaluation of Some Bread Wheat Cultivars and Advanced Breeding Lines for Yield, Biomass and Vegetation Index *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 5(2), 33-37.
- Savaşlı, E., Önder, O., Çekiç, C., Kalaycı, H. M., Dayıoğlu, R., Karaduman, Y., ... & Gezgın, S. (2021a). Orta Anadolu Kuru Şartlarında Ekmeklik Buğdayda Optik Sensöre Dayalı Mevsim İçi Azotlu

- Gübre Kalibrasyon Optimizasyonu. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(1), 130-140.
- Savaşlı, E., Önder, O., Dayıoğlu, R., Özen, D., Karaduman Y., Özdemir, S., ... & Özsayın, M. (2021b). Ekmeklik Buğdayda Optik Sensör ile Azotlu Gübre Tavsiyesi. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 31(2), 453-465.
- Savaşlı, E., Önder, O., Dayıoğlu, R., Belen, S., Çakmak, M., Çekiç, C., ... & Erşahin, S. (2023). Estimating grain and biomass yield of bread wheat genotypes by optical sensors. *European Journal of Agronomy*, 150, 126923.
- Shah, F., Coulter, J. A., Ye, C., & Wu, W. (2020). Yield penalty due to delayed sowing of winter wheat and the mitigatory role of increased seeding rate. *European Journal of Agronomy*, 119, 126120.
- Shewry, P. R. (2009). Wheat. *Journal of experimental botany*, 60(6), 1537-1553.
- Soomro, U. A., Rahman, M. U., Odhano, E. A., Gul, S., & Tareen, A. Q. (2009). Effects of sowing method and seed rate on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum*). *World Journal of Agricultural Sciences*, 5(2), 159-162.
- Student, (1908). The probable error of a mean. *Biometrika*, 1-25.
- Townsend, T. J., Sparkes, D. L., Ramsden, J., Glithero N. J., & Wilson, P. (2018). Wheat straw availability for bioenergy in England. *Energy policy*, 122, 349-357. doi:10.1016/j.enpol.2018.07.053
- Trentin, C., Bredemeier, C., Vian, A. L., Drum, M. A., & Santos, F. L. D. (2021). Biomass production and wheat grain yield and its relationship with NDVI as a function of nitrogen availability. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)*, 16(4), e34, 1-7 p.
- Walsh, O. S., Marshall, J., Jackson, C., Nambi, E., Shafian, S., Jayawardena, D. M., ... & McClintick-Chess, J. R. (2022). Wheat yield and protein estimation with handheld and UAV-based reflectance measurements. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 5(4), e20309.
- Walter, J. D., Edwards, J., McDonald, G., & Kuchel, H. (2019). Estimating biomass and canopy height with LiDAR for field crop breeding. *Frontiers in plant science*, 10, 1145.
- Wu, Yue, Nianxun Xi, Jacob Weiner, and Da-Yong Zhang. (2021). Differences in weed suppression between two modern and two old wheat cultivars at different sowing densities. *Agronomy* 2021, 11(2), 253. doi:10.3390/agronomy11020253
- Zadoks, J. C., Chang, T. T., & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14(6), 415-421.
- Zecha, C. W., Peteinatos, G. G., Link, J., & Claupein, W. (2018). Utilization of ground and airborne optical sensors for nitrogen level identification and yield prediction in wheat. *Agriculture*, 8(6), 79.

Kavuzsuz Arpa Çeşitlerinde Mikro Besin Elementi Uygulamalarının Bazı Verim ve Kalite Özelliklerine Etkileri

Hakan ÖZDEMİR¹, Saime ÜNVER İKİNCİKARAKAYA², Soner YÜKSEL³

¹Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Tarla ve Bahçe Bitkileri Daire Başkanlığı, Ankara, Türkiye ²Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ankara, Türkiye ³Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Eskişehir, Türkiye

¹<https://orcid.org/0009-0004-4194-9172>, ²<https://orcid.org/0000-0001-8561-9002>, ³<https://orcid.org/0000-0002-0984-0765>

✉: ozdemirhakan@tarimorman.gov.tr

ÖZET

Bu araştırma; 2021-2022 üretim sezonunda, Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak Ankara koşullarında yürütülmüştür. Çalışmada tescilli Yalın, Özen ve Osvit kavuzsuz arpa çeşitleri kullanılarak bu çeşitlerin verim ve kalite özellikleri incelenmiştir. Çalışmada ekimle birlikte 2.3 kg saf N ve 6 kg P₂O₅ (13 kg da⁻¹ DAP) ve sapa kalkma devresinden önce dekara yaklaşık 6 kg saf N kullanılmış ve süt olum döneminden önce yapraktan mikro element (demir ve çinko) uygulaması gerçekleştirilmiştir. Deneme; ana parsellere çeşitler alt parsellere mikro besin maddesi uygulamaları gelecek şekilde planlanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre bin tane ağırlığı ve başakta tane ağırlığı bakımından Yalın çeşidi sırası ile 49.53 ve 1.53 gram ile demir uygulamasına en iyi tepkiyi vermiştir. Protein oranı yönünden Osvit çeşidi çinko uygulamasına %16.48 ile en yüksek tepkiyi veren çeşit olarak belirlenmiştir. Verim yönünden ise çinko+demir uygulaması ile 405 kg da⁻¹ verim elde edilen Özen çeşidi ilk sırada yer almıştır. Mikro besin elementi uygulamasının verim ve kalite üzerinde istatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Kavuzsuz arpada yapraktan mikro besin elementi uygulamasının verim ve kaliteye etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Materyal ve Metod: Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü tarafından 2012 yılında tescil edilen Özen ve yine aynı enstitü tarafından 2014 yılında tescil edilen Yalın kavuzsuz arpa çeşitleri ile Tareks Tarım Ürünleri Araç Gereç İthalat İhracat ve Ticaret A.Ş.'ne ait 2020 yılında tescil edilen Osvit kavuzsuz arpa çeşitleri materyal olarak kullanılmıştır. Denemede demir (Fe) ve çinko (Zn) gübrelemesi süt olum döneminden önce yapraktan uygulanarak, 4 tekerrür ve her tekerrürde bir çeşit için 4 sıra belirlenmiştir. Ekim yapılacak alanlarda kontrol, Zn, Fe ve Zn+Fe uygulamaları için parseller sıralanmıştır. Kontrol parseli dışındaki alanlarda Zn, Fe ve Zn+Fe gübrelemesi, belirlenen dozlarda yapraktan uygulanmıştır. Yapılan saha gözlemleri neticesinde Özen ve Yalın çeşitlerinde çıkışlarda herhangi bir problem görülmemiştir. Osvit çeşidinde ise çıkışlarda problem yaşanmış bu yüzden en düşük veriler bu çeşitten elde edilmiştir. Yapılan bu çalışmada mikro besin elementi uygulamalarının bin tane ağırlığı, başakta tane ağırlığı, protein oranı ve birim alan tane verimine etkisine yönelik bulgulara yer verilmiştir. Bazı kavuzsuz arpa çeşitleri ile yürütülen bu çalışmada ekimi yapılan kavuzsuz arpa çeşitlerinin günümüz koşullarında verim ve kalitesi üzerine etkisinin araştırılması hedeflenmiştir. Bu bakımdan tane doldurma döneminden önce yapraktan çinko, demir ve çinko+demir uygulaması yapılmıştır. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde özellikle demir uygulanan alanlarda ortalama veriler bakımından başakta tane ağırlığının ve bin tane ağırlığının diğer uygulamalara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Tarla Bitkileri

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 03.11.2023

Kabul Tarihi : 05.02.2024

Anahtar Kelimeler

Kavuzsuz arpa

Çeşit

Verim

Kalite

Mikro besin elementi

Some Micronutrient Applications in Hulles Barley Varieties Effects on Yield and Quality Characteristics

ABSTRACT

This research was carried on in the district of Ankara conditions, with 4 replications, according to Split-Plot Design in the 2021-2022 production season. The study examined the yield and quality characteristics of the registered hulless barley varieties Yalın, Özen, and Osvit. In the study, 2.3 kg of pure N and 6 kg of P₂O₅ (13 kg da⁻¹ DAP) were used at sowing, and about 6 kg of pure N da⁻¹ and leaf microelements (iron and zinc) before the stem elongation phase. The application took place before the milk development phase. The main plot of the study constituted varieties, whereas the sub-plots of the study constituted micronutrient applications. According to research results of the research, in terms of thousand grain weight and grain weight per ear, the Yalın variety gave the best response to iron application with 49.53 and 1.53 grams, respectively. In terms of protein content, the Osvit variety was found to be the most responsive to zinc application with 16.48%. In terms of yield, Özen, which achieved a yield of 405 kg da⁻¹ with zinc+iron application, took the first place. The effect of micronutrient application has been found statistically significant on yield and quality at 1% level. Investigation of the effect of foliar micronutrient application on yield and quality in hulless barley. Özen, registered by Ankara Field Crops Central Research Institute in 2012, Yalın hulless barley varieties, registered by the same institute in 2014, and Osvit hulless barley varieties, registered in 2020, belonging to Tareks Tarım Ürünleri Araç Gereç İthalat İhracat ve Ticaret A.Ş. was used as material. In the experiment, iron (Fe) and zinc (Zn) fertilization was applied to the leaves before the milking period, 4 repetitions and 4 rows for one variety were determined in each repetition. In the areas where planting will be done, parcels are lined up for control, Zn, Fe, and Zn+Fe applications. In areas other than the control parcel, Zn, Fe, and Zn+Fe fertilization was applied to foliar at determined doses. As a result of field observations, no problems were observed in the emergence of Özen and Yalın varieties. There was a problem with the output of the Osvit variety, so the lowest data was obtained from this variety. In this study, findings regarding the effects of micronutrient applications on thousand-grain weight, grain weight per spike, protein ratio, and grain yield per unit area are included. This study was conducted with some hull barley varieties, and it aimed to use hulled barley varieties on the yield and quality under today's conditions. In this regard, foliar zinc, iron, and zinc+iron applications were made before the grain-filling period. When the data obtained was evaluated, it was determined that the grain weight per ear and thousand-grain weight were higher than other applications in terms of average data, especially in areas where iron was applied.

Field Crops

Research Article

Article History

Received : 03.11.2023

Accepted : 05.02.2024

Keywords

Hulles barley

Variety

Yield

Quality

Micronutrient

Atıf İçin : Özdemir, H., Kavuzsuz Arpa Çeşitlerinde Mikro Besin Elementi Uygulamalarının Bazı Verim ve Kalite Özelliklerine Etkileri. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(5), 1159-1168. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1385941.

To Cite: Özdemir, H., Effects of Micronutrient Applications on Some Yield and Quality Characteristics of Hulles Barley Varieties. *KSU J. Agric Nat* 27(5), 1159-1168. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1385941.

GİRİŞ

Günümüzde yaşanan ve gelecekte de yaşanması muhtemel olan COVID 19 salgını gibi hastalıkların yanında iklim değişiklikleri gibi ekolojik faktörlerin etkisiyle gıda güvenliğinde ciddi sorunların oluşması muhtemeldir. Bu nedenle tarımsal üretimin artırılması, gıdaya ulaşımı sağlamak ve gıda tedarik

zincirinde sıkıntı yaşanmaması için üretimde devamlılık gerekmektedir. Üretim yapılmayan arazilerin ve nadas alanlarının azaltılması için alternatif ürünlerin ekilmesiyle tarımsal çeşitliliğin sağlanması, üretimin artırılması ve üreticilerin ekonomik refahının yükseltilmesi amacı ile sürdürülebilir tarım hedefleri uygulanmalıdır.

Sağlıklı ve dengeli beslenmek, güvenilebilir ve kolay ulaşılabilir gıdalarla sağlanabilmektedir. İnsan ve hayvan beslenmesinde en önemli payı tahıllar almaktadır. Serin iklim tahılı olan arpa (*Hordeum vulgare* L.) dünyada ve ülkemizde yetiştiriciliği yapılan ve beslenmede önemli yeri olan bir bitkidir. Arpanın dünyada ekim alanı yaklaşık 49 milyon hektar, üretim miktarı ise 146.6 milyon tondur. Dünya ortalama verimi ise 327 kg da⁻¹ 'dır. Dünyada 18 milyon ton üretim ile Rusya ilk sırada, Avustralya 14.6 milyon ton ile ikinci ve 11.3 milyon ton ile Fransa üçüncü sırada yer almaktadır (FAO, 2022). Türkiye arpa ekiliş alanı 31 milyon da olup üretimi ise 8.5 milyon ton ve verimi 266 kg da⁻¹ 'dır (TÜİK, 2022). Arpa tüketiminin büyük bir kısmı hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda maltlık olarak gıda endüstrisinde ve bira sanayinde yer almaktadır.

Kültür bitkisi olarak bilinen arpa taneleri kavuzlu ve kavuzsuz olarak ikiye ayrılır. Kavuzsuz arpada iç kavuzlar yoktur ya da çok ince yapıda olması nedeniyle harman yapılırken kavuz arpa tanesinden kolayca ayrılabilir. Kavuzsuz arpalar insan gıdası olarak kullanılabilir (Kün, 1988). Son yıllarda kavuzsuz arpa ile ilgili çok farklı gıda uygulamalarında çalışmalar yapılmaktadır. Sağlıklı beslenme açısından kavuzsuz arpanın gıda sanayisinde kullanımının artırılması gerekmektedir, bunun en önemli sebeplerinde biride beta-glukan oranının kavuzlu arpaya göre yüksek oluşudur.

Mikro besin elementleri arasında yer alan çinko (Zn), insan ve hayvan beslenmesi yönünden büyük öneme sahiptir. Eksikliğinde insanlarda ve ilk gelişim çağındaki çocuklarda önemli sağlık problemlerine neden olabilmektedir (Çakmak ve ark., 1996). Türkiye gibi tahıl ağırlıklı beslenen ülkelerde çinko eksikliğine rastlanıldığı görülmektedir. Bitki içeriğinde yer alan çinkonun insan beslenmesine etki ettiği ve bu durumun insan sağlığını etkilediği belirtilmektedir. Tahıllar, fitin asidi bakımından zengindir, bu durum çinkonun insan ve hayvanlardaki biyolojik etkisini sınırlandırmaktadır. Fitin asidi/çinko oranı çinkonun biyolojik olarak yararlılığını etkilemektedir (Erdal ve ark., 1997). Bu oran ise gübreleme ile ilişkilidir. Bu nedenle çinko gübrelemesi yapılarak tahılların hem çinkonun biyolojik yararlılığını hem de çinko içerikleri artırılabilir (Brohi ve ark., 2000).

En önemli mikro elementlerden biri olan çinko, tüm canlı organizmalar tarafından düşük miktarda ihtiyaç duyulan ve mutlaka alınması gereken bir elementtir. Özmen (2013) tarafından yürütülen bir çalışmada arpa çeşitleri arasında çinko kullanım etkinlikleri ve artan çinko dozlarına dayanıklılık açısından önemli farklılıklar tespit edilmiştir.

Dünyada ve Türkiye'de tarım alanlarının çoğunda görülen çinko noksanlığı önem arz eden bir mikro

element problemidir (Çakmak ve ark., 1998; Çakmak ve ark., 1999). Bitkisel üretimde çinko noksanlığının önemli sorunlara sebep olduğu belirlenmiştir. Yapılan bir çok çalışmada tahıllarda çinko uygulamasıyla önemli verim artışlarının gerçekleştiği belirlenmiştir (Çakmak ve ark., 1997, 1998; Kalaycı ve ark., 1999; Ekiz ve ark., 1998).

Demir (Fe) noksanlığı bitki, toprak ve insanda görülen önemli bir beslenme sorunudur. Demir noksanlığında beslenmede yaşanan problemler insanlarda sağlık sorunları görülürken, bitkilerde ise kalitede ve verimde olumsuzluklara neden olmaktadır. Dünyada demir eksikliği nedeniyle okul öncesi çocukların %47'den fazlasının sağlığını etkilemekte olup mental gelişim bozukluğu, öğrenme kapasitesinde azalma ve fiziksel büyümede gerilemeye yol açmaktadır (Çakmak ve ark., 2010).

Mineral madde eksikliği günümüz koşullarında insanlık için ciddi boyutlarda küresel sorun arasında gösterilmektedir (Copenhagen Consensus., 2004). Mineral madde yetersizliği problemi; mineral takviyesi, gıda zenginleştirilmesi ve bitkilerin yenilenebilir kısımlarındaki mineral derişimlerinin artırılması ile çözümlenebilir.

Tahılların, bitki ıslahı ve gübreleme özellikle Çinko ve Demir gibi mikro elementlerce zenginleştirilmesi ile insan ve hayvan beslenmesine önemli katkı sağlanacaktır.

Çalışmada, bazı kavuzsuz arpa çeşitlerine uygulanan mikro besin elementlerinin verim ve kalite özelliklerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmaktadır. Bu amaçla, Ankara İli Haymana İlçesinde Yalın, Özen ve Osvit kavuzsuz arpa çeşitlerinde mikro besin elementleri uygulanarak (Zn, Fe) verim ve kalite üzerine etkileri incelenmiştir.

MATERYAL ve METOD

Deneme; Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ne ait Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği Tarlalarında normal yağış koşullarında bir önceki yıl nadas uygulanmış tarlada 2021-2022 üretim sezonunda yazlık ekim olarak yürütülmüştür. Deneme yeri Orta Anadolu Bölgesini temsil eden özelliklere sahiptir. Bölgede yıllık yağış ortalaması yaklaşık 250 ile 450 mm arasında değişmektedir. Bölge genelinde iller bazında değişiklik olsa da mevsimlere göre yağışın dağılımı düzensiz olup yetiştirme koşullarında kurak bir iklim hakim olmaktadır.

Denemenin yapıldığı 2021-2022 üretim yılında ve uzun yıllara ait aylık yağış ve sıcaklık verileri Çizelge 1'de verilmiştir. Denemenin ekimi erken ilkbaharda yazlık olarak gerçekleştirilmiş olup mart ayı itibarıyla uzun yıllar ortalama yağış miktarı 158.5 mm iken üretimin yapıldığı aylarda 83.8 mm yağış elde edilmiştir. Uzun yıllar ortalama değerlerine göre

üretim döneminde 74.7 mm daha az yağış meydana gelmiştir. Sıcaklık değerleri ise mart ayı (0.4 °C) hariç uzun yıllar ile benzer şekilde gerçekleşmiştir. Uzun yıllar ortalama sıcaklık ve yağış değerleri olarak son yirmi yılın (2002-2022 yılları arası) verileri değerlendirmeye alınmıştır.

Ekim öncesinde deneme alanından, 3 farklı derinlikten alınan toprak örneklerinin analizleri, Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü laboratuvarlarında yapılmış ve bu analizlere ilişkin sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. Buna göre; toprak bünyesi hafif alkali, organik madde içeriği düşük,

yarayışlı fosfor değerleri az, kireç miktarı çok yüksek, tuzsuz, potasyum bakımından iyi düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada, Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü tarafından 2012 yılında tescil edilen Özen ve yine aynı enstitü tarafından 2014 yılında tescil edilen Yalın kavuzsuz arpa çeşitleri ile Tareks Tarım Ürünleri Araç Gereç İthalat İhracat ve Ticaret A.Ş.'ne ait 2020 yılında tescil edilen Osvit kavuzsuz arpa çeşitleri materyal olarak kullanılmıştır. Her üç kavuzsuz arpa çeşidinin başak tipi iki sıralı özelliktedir.

Çizelge 1. Denemenin yürütüldüğü 2021-2022 sezonu ve uzun yıllara ait meteorolojik veriler

Table 1. Meteorological data for the 2021-2022 season and many years in which the trial was conducted

Aylar	Yağış (mm)	Uzun Yıllar Yağış (mm)	Ortalama Sıcaklık °C	Uzun Yıllar Ortalama Sıcaklık °C
Ekim	4	22.7	11.3	11.5
Kasım	40	29.1	7.7	5.7
Aralık	36.6	37.7	1.9	0.9
Ocak	17.8	36.3	-1.7	-0.9
Şubat	20.4	34.0	1.6	1.0
Mart	32.4	35.7	0.4	5.1
Nisan	21.4	40.2	12.0	9.7
Mayıs	27.2	46.9	14.6	14.4
Haziran	2.8	35.7	19.0	18.1
Toplam	202.6	318.3		

Kaynak: Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü (Anonim, 2022)

Çizelge 2. Deneme alanına ait toprak özellikleri

Table 2. Soil properties of the trial area

Lokasyon	Su ile doymun toprakta		Kireç (%)	Bitkiye yararışlı		Organik Madde (%)	Alınabilir Demir (Fe) (ppm)	Alınabilir Çinko (Zn) (ppm)
	pH	EC		Fosfor (P ₂ O ₅)	Potasyum (K ₂ O) (kg da ⁻¹)			
				(kg da ⁻¹)				
İkizce	7.50	0.18	31.5	4.5	110	1.45	3.44	0.28

Çalışma, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde, ana parsellere çeşitler, alt parsellere mikro besin maddesi uygulamaları gelecek şekilde planlanmıştır. İncelenen parametreler varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar Student's t testi ile karşılaştırılmıştır.

Araştırmada mikro element uygulaması olarak demir (Fe) ve çinko (Zn) kullanılmıştır. Denemelerin ekimi parsel ekim mibzeri ile m²'ye yaklaşık 500 tohum gelecek şekilde yapılmıştır. Parseller 5 m uzunluk ve 1.20 m genişlikte olacak şekilde 4 sıradan oluşmuştur. Sıra arası mesafe 20 cm olacak şekilde ekim yapılmıştır. Parseller arasında 40 cm boşluk bırakılmıştır.

Denemenin ekimi 28 Mart 2022 tarihinde erken ilkbahar döneminde yapılarak ekimle birlikte dekara

yaklaşık 2.3 kg saf N ve 6 kg P₂O₅ verilmiştir (13 kg da⁻¹ DAP). Ayrıca sapa kalkma devresinden önce dekara yaklaşık 6 kg saf N verilmiş olup yağışlar istenilen seviyede gerçekleşmediği için sapa kalkma döneminde yağmurlama sulama yöntemi ile bir kez ilave sulama yapılmıştır.

Diğer bakım işlemleri normal yetiştirme koşullarında olduğu gibi yapılmış, yabancı otlar ile kimyasal ilaç kullanmadan elle mücadele edilmiştir. Deneme parsellerinde yetiştirilen ürünler hasat döneminde parsellerin her iki tarafından 0.5 m kenar tesiri alınarak parsel biçerdöveriyle (Hege-Wintersteiger) yapılmıştır.

Denemede demir (Fe) ve çinko (Zn) gübrelemesi süt olum döneminden önce yaprakтан uygulanarak, 4 tekerrür ve her tekerrürde bir çeşit için 4 sıra

belirlenmiştir. Ekim yapılacak alanlarda kontrol, Zn, Fe ve Zn+Fe uygulamaları için parseller sıralanmıştır. Kontrol parseli dışındaki alanlarda suda çözünür çinko % 5w/w ile EDTA şelatlı çinko % 1 w/w (40 cc/da, 16 litre su) ve suda çözünür demir % 6 w/w ile EDDHA şelatlı demir % 6 w/w (1,2 gr/da, 16 litre su) dozlarında yaprakdan uygulanmıştır.

Bin tane ağırlığı tayini (g): 20 g örnekteki tane sayısı, tane sayıcı cihazı kullanılarak Köksel vd. (2000) tarafından belirlenen metoda uygun olarak yapılarak sonuçlar kuru madde üzerinden gram olarak verilmiştir.

Başakta tane ağırlığı (g): Her bir arpa başağından elde edilen taneler 0.01 g düzeyindeki hassas terazi ile tartılarak bulunmuştur.

Protein tayini (%): Analiz cihazı ile Ham Protein / Yakma Metodu, AACC Metod No:46-30 (AACC, 2000)'a uygun olarak yapılmıştır.

Çizelge 3. Kavuzsuz arpa genotiplerinde incelenen özelliklere ait varyans analizi sonuçları

Table 3. Variance analysis results of the traits examined in hullless barley genotypes

Kaynak	SD	Başakta Tane Ağırlığı (g)		Verim (kg da ⁻¹)		Bin Tane Ağırlığı (g)		Protein (%)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Tekerrür	3	0.00157	0.2628	9015.91	7.1802*	6.22472	0.8037	0.89601	2.4924
Çeşit	2	0.19608	32.8506**	472177	376.0392**	118.282	15.2727**	15.861	44.1206**
Uygulama	3	0.04124	13.5288**	1979.58	1.1087	2.91861	0.5048	0.39541	1.5203
Çeşit*Uygulama	6	0.00437	1.4350	1222.83	0.6849	2.04278	0.3533	0.19972	0.7679
Hata1	6	0.00597	1.9580	1255.66	0.7033	7.74472	1.3395	0.35949	1.3822
Hata2	27	0.00305		1785.50		5.78190		0.26009	
Toplam	47	0.01414		22136.59		10.18793		0.97817	

**= istatistiksel olarak % 1'de önemli; *= istatistiksel olarak % 5'te önemli; SD= serbestlik derecesi; KO= kareler ortalaması.

Çizelgede görüldüğü gibi çeşitlerde incelenen tüm özellikler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli çıkmıştır (P<0.01). Uygulamalar da ise sadece başakta tane ağırlığı (g) istatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli çıkmıştır (P<0.01). Demir uygulaması tek başına a grubunda yer alırken, Çinko+Demir uygulaması b, Çinko ve Kontrol uygulamaları ise istatistiksel olarak aynı grupta (c) yer aldıkları görülmektedir.

Çalışmada yer alan kavuzsuz arpa genotiplerinde incelenen özelliklere ilişkin ortalamalar Çizelge 4'te belirtilmiştir.

Başakta Tane Ağırlığı (g)

Çizelge 3'de görüldüğü gibi, başakta tane ağırlığı bakımından çeşitler ve uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli, çeşit x uygulama interaksyonu ise önemsiz bulunmuştur. Çeşitlerin başakta tane ağırlığına ilişkin ortalama verileri ise Çizelge 4'te verilmiştir.

Başakta tane ağırlığı ortalama verileri incelendiğinde (Çizelge 4) tüm uygulamalarda başakta tane

Elde edilen verilerin istatistiksel analizi JMP istatistik programı (JMP, SAS Institute, Cary, NC) ile yapılmıştır (JMP, 2014). Varyans analizi ile uygulama etkilerinin önemlilik derecesi test edilmiş ve ortalama değerlerin karşılaştırılmasında Student's t yöntemi kullanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Yapılan saha gözlemleri neticesinde Özen ve Yalın çeşitlerinde çıkışlarda herhangi bir problem görülmemiştir. Osvit çeşidinde ise çıkışlarda problem yaşanmış bu yüzden en düşük veriler bu çeşitten elde edilmiştir.

Denemedeki kavuzsuz arpa çeşitlerine yaprakdan çinko, demir ve çinko+demir uygulaması yapılarak elde edilen sonuçlara ait varyans analiz (Anova) değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

ağırlığında artış olduğu görülmüştür. Demir uygulanan çeşitlerde ise başaktaki tane ağırlığı değerlerinin diğer uygulamalara göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Çeşitlerde başakta tane ağırlığı ortalama verileri bakımından Özen çeşidinde yaprakdan demir uygulaması ile tanelerde ortalama ağırlık 1.47 g olarak tespit edilmiştir. Yalın çeşidinde demir uygulanan alanlarda 1.53 g ve Osvit çeşidinde ise demir uygulanan alanlarda ortalama 1.32 g tane ağırlığı verilerine ulaşılmıştır. Bu sonuçlara göre yaprakdan demir uygulaması ile her 3 çeşitte %7 ile %13 arasında değişen başakta tane ağırlığı artışı sağlanmıştır. Çeşitlere başakta tane ağırlığı 1.53-1.19 g arasında değişmiş ve en yüksek başakta tane ağırlığı Yalın çeşidinde demir uygulamasında, en düşük ise kontrol uygulamasında Osvit çeşidinde tespit edilmiştir (Çizelge 4). Her üç çeşit içerisinde yapılan uygulamalara en yüksek tepkiyi Yalın çeşidi vermiş istatistiksel olarak Yalın ve Özen çeşitleri A grubunda yer alırken Osvit çeşidi ise B grubunda yer almıştır.

Konya şartlarında yürütülen bir çalışmada, üç farklı

kuraklık uygulaması yapılmış ve uygulamaların genotiplerde başakta tane ağırlığına olan etkileri önemli bulunmuş, en yüksek Erken Kuraklık (1.44 g) onu Doğal Kuraklık (1.40 g) ve en düşük Geç Kuraklık (1.34 g) uygulamasında olduğu belirlenmiştir (Yıldırım ve ark., 2021).

Özdemir (2019), 2018-2019 yıllarında Konya lokasyonunda 12 arpa genotipi kullanılarak (11 kavuzsuz ve 1 kavuzlu arpa genotipi) kışlık ve yazlık

dönemlerde ekimi yaparak bir çalışma yürütmüştür. Araştırmada yazlık ekimde başakta tane ağırlığı 0.84-1.36 g, kışlık ekiminde ise başakta tane ağırlığı 0.91-1.33 g arasında değiştiğini belirlemiştir. Kyzylorda (Kazakistan) lokasyonunda 2017-2019 yılları arasında tuzlu topraklarda yetiştirilen 50 adet kavuzsuz arpa genotipi ile yürütülen çalışmada başakta tane ağırlığı 0.95-1.99 g arasında değiştiği bildirilmiştir (Tokhetova vd., 2020).

Çizelge 4. Kavuzsuz arpa genotiplerinde incelenen özelliklere ilişkin ortalama değerler ve standart hataları
Table 4. Averages and standard errors for the traits examined in hulless barley genotypes

Çeşit	Uygulama	Başakta Tane Ağırlığı (gr)		Verim (kg da ⁻¹)		Bin Tane Ağırlığı (g)		Protein (%)	
OSVİT	Çinko	1.19	± 0.02	52.50	± 11.33	42.80	± 1.21	16.48	± 0.13
OSVİT	Çinko+Demir	1.25	± 0.02	50.00	± 12.37	43.22	± 1.02	16.00	± 0.19
OSVİT	Demir	1.32	± 0.04	51.75	± 16.01	42.55	± 1.56	16.47	± 0.24
OSVİT	Kontrol	1.19	± 0.02	40.00	± 15.74	43.47	± 1.43	16.12	± 0.55
OSVİT		1.24	± 0.02	B 48.56	± 6.40	C 43.01	± 0.60	C 16.27	± 0.15
ÖZEN	Çinko	1.40	± 0.03	379.75	± 42.80	44.37	± 0.44	14.81	± 0.61
ÖZEN	Çinko+Demir	1.39	± 0.01	405.25	± 12.03	45.55	± 1.30	14.18	± 0.18
ÖZEN	Demir	1.46	± 0.02	398.25	± 24.12	46.50	± 1.58	13.96	± 0.11
ÖZEN	Kontrol	1.38	± 0.06	337.75	± 45.00	46.27	± 1.21	14.18	± 0.06
ÖZEN		1.41	± 0.02	A 380.25	± 16.59	A 45.67	± 0.58	B 14.28	± 0.17
YALIN	Çinko	1.40	± 0.02	296.50	± 7.92	48.30	± 2.25	15.18	± 0.11
YALIN	Çinko+Demir	1.50	± 0.01	277.00	± 9.91	47.55	± 0.46	15.15	± 0.36
YALIN	Demir	1.53	± 0.02	306.25	± 35.28	49.52	± 0.40	15.11	± 0.09
YALIN	Kontrol	1.35	± 0.03	288.25	± 11.19	48.42	± 0.37	15.02	± 0.09
YALIN		1.44	± 0.02	A 292.00	± 9.18	B 48.45	± 0.56	A 15.12	± 0.09
	Çinko	1.33	± 0.03	c 242.91	± 44.01	45.15	± 1.05	15.49	± 0.29
	Çinko+Demir	1.38	± 0.03	b 244.08	± 44.69	45.44	± 0.74	15.11	± 0.26
	Demir	1.44	± 0.03	a 252.08	± 46.28	46.19	± 1.10	15.18	± 0.32
	Kontrol	1.30	± 0.03	c 222.00	± 41.96	46.05	± 0.84	15.11	± 0.29
	Ortalama	1.36	± 0.02	240.27	± 21.48	45.71	± 0.46	15.22	± 0.14
A.Ö.F. (0.05) Çeşit		0.067		30.656		2.408		0.519	
A.Ö.F. (0.05) Uygulama		0.046		Ö.D.		Ö.D.		Ö.D.	
A.Ö.F. (0.05) Çeşit x Uyg		Ö.D.		Ö.D.		Ö.D.		Ö.D.	
V.K. %		4.0		17.6		5.3		3.3	

± : Standart Hata

Birim Alan Tane Verimi (kg da⁻¹)

Çalışmada kullanılan arpa çeşitlerinde birim alan tane verimine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi, birim alan tane verimi yönünden çeşitler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli bulunmuştur (P<0.01).

Birim alan tane verimi ortalamaları yönünden Osvit çeşidinde verimlerin oldukça düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 4). Bunun sebebi bu çeşitle ilgili çıkışta yaşanan problemden olduğu

belirlenmiştir. Özen çeşidinde kontrol uygulamasına göre her üç uygulama ile verim artışı olmuş, en yüksek verim artışı çinko+demir uygulaması ile %1.60 verim artışı sağlanmıştır. Yalın çeşidinde çinko ve çinko+demir uygulaması ile verim artışı sağlanırken demir uygulaması ile kontrol çeşidine göre %12.0 oranında verim azalması olduğu tespit edilmiştir. Osvit çeşidinde ise her ne kadar her üç uygulama ile verim artışı olduğu görülse de yaşanan çıkış problemi nedeni ile verim sonuçlarının dikkate alınmaması gerektiği kanaatine varılmıştır.

2019-2020 üretim yılında Isparta ekolojik koşullarında yürütülen bir çalışmada farklı kavuzlu arpa ve kavuzsuz arpa çeşit ve hatlarında tane verimi ile bazı agronomik özellikler incelenmiş tane verimi 156.4-465.5 kg da⁻¹ olarak bulunmuştur (Gümüş & Akgün, 2021).

Sirat ve Sezer (2009); Mut ve ark. (2014) genotiplerin tane veriminin genetik yapı ve çevre faktörlerinden etkilenebildiğini ileri sürmüşlerdir. Eskişehir koşullarında yürütülen bir araştırmada tane veriminin yıllara (1. yıl 159.37–271.63 kg da⁻¹, 2.yıl ise 163.13-242.08 kg da⁻¹) ve genotiplere göre değiştiğini belirtmişlerdir (Yüksel & İkincikarakaya, 2020).

Bursa ve Balıkesir lokasyonlarında, Yalın kavuzsuz arpa çeşidi ile yürütülen bir çalışmada tane veriminin lokasyonlara ve dozlara göre değiştiğini Bursa lokasyonunda 164.56-404.39 kg da⁻¹, Balıkesir lokasyonunda ise 80.03-378.41 kg da⁻¹ tane verimi alındığını belirlemiştir (Kilercioğlu, 2020). Birim alan tane verimi konusunda yapılan diğer çalışmalarda tane verimi 36.24-236.50 kg da⁻¹ (Baydilli, 2017) ve 169.67-363.0 kg da⁻¹ (Çöken & Akman, 2016) olarak tespit edilmiştir.

Bin Tane Ağırlığı (g)

Çizelge 3 'de görüldüğü gibi, bin tane ağırlığı yönünden çeşitler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli, uygulamalar ve çeşit x uygulama interaksyonu ise önemsiz bulunmuştur. Çeşitlerin bin tane ağırlığına ilişkin ortalama verileri ise Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4 incelendiğinde çeşitlere ait bin tane ağırlığının 42.80-49.52 g arasında değiştiği ve en yüksek bin tane ağırlığı Yalın çeşidinde en düşük ise Osvit çeşidinde demir uygulamasında tespit edilmiştir. Özen ve Yalın çeşitlerinde demir uygulaması ile bin tane ağırlığında artış olduğu görülmektedir. Diğer uygulamalarda ise kontrol uygulamasına göre bir artış olmamıştır. Demir uygulaması ile Özen çeşidinde 46.50 g bin tane ağırlığı elde edilirken bu oran Yalın çeşidinde 49.52 g olarak tespit edilmiştir. Osvit çeşidinde ise tüm uygulamalarda herhangi bir artış olmamış kontrol uygulamasında 43.47 g ile en yüksek bin tane ağırlığı elde edilmiştir. Çizelge genel olarak değerlendirildiğinde her üç çeşit içerisinde yapılan uygulamalara en yüksek tepkiyi Yalın çeşidinin verdiği tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak Yalın çeşidi A grubunda yer alırken Özen çeşidi B ve Osvit çeşidi ise C grubunda yer almıştır.

Yazlık ve kışlık olarak yürütülen bir çalışmada denenen arpa çeşitlerinin tane veriminde m² 'deki başak sayısının etkili olduğu, sadece yazlık arpada bin tane ağırlığının önemli olduğu bildirilmiştir (Stock ve ark., 1988). Yüksel vd. (2011) 35 kavuzsuz

arpa genotipinde kışlık ekiminde 35.2-44.3 g, yazlık ekiminde 34.8-45.0 g arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Eskişehir koşullarında ilk yıl kuru koşullarda 33.66-41.66 g ve sulu koşullarda 38.33- 48.00 g, ikinci yıl kuru koşullarda 35.66-45.66 g, sulu koşullarda ise 36.61-45.88 g (Yüksel, 2017), Yalın kavuzsuz arpa genotipinde ilk yıl 39.99-43.46 g, ikinci yıla ise 33.64-35.11 g (Kon, 2019), 29 farklı kavuzsuz arpa genotipi kullanılarak yürütülen çalışmada 32.5-49.1 g (Kumar vd., 2021) arasında olduğu bildirilmiştir.

İlgili kaynaklar incelendiğinde çalışmamızda elde edilen bulgulara benzer sonuçlar olduğu gibi, daha yüksek ve düşük bin tane ağırlığı değerleri de belirlenmiştir. Bunun nedeni olarak kullanılan çeşitlerin farklı olması yanında, uygulanan kültürel işlemler ve iklim şartlarının da etkili olduğu söylenebilir.

Protein Oranı (%)

Protein oranı değerlerine ait varyans analiz sonuçları incelendiğinde çeşitler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli bulunmuştur (P<0.01).

Çeşitlerde protein değerleri ortalama verileri bakımından en yüksek veri çinko uygulamasında ve Osvit çeşidinde %16.48 oranında tespit edilmiştir. Ayrıca Yalın ve Osvit çeşitleri protein oranları bakımından Özen çeşidine göre daha yüksek veriler elde edilmiştir (Çizelge 4).

Özen çeşidi protein değerleri bakımında kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında çinko uygulamasına en yüksek tepkiyi verirken (%14.81) demir uygulamasına ise eksi yönde (%13.96) bir tepki göstermiştir. Özen çeşidi çinko+demir uygulamasına ise bir tepki göstermemiş %14.18 ile kontrol uygulaması ile aynı sonuç elde edilmiştir. Yalın çeşidi ise her üç uygulamaya pozitif yönde tepki göstermiş ve protein değerleri artmıştır. En yüksek artış ise yaklaşık %1.07 ile çinko uygulamasından elde edilmiştir. Osvit çeşidinde ise çinko ve demir uygulamaları ile protein oranı artarken çinko+demir uygulamasında ise %16.00 protein oranı ile kontrol uygulamasının altında değer elde edilmiştir. En yüksek protein değeri artış oranı ise %2.18 ile çinko uygulamasından elde edilmiştir.

Arpada tane protein oranı %8-16 arasında değişirken maltlık arpalarda bu oranın %9-11.5 arasında olması arzu edilir (Anonim, 2019). Tanenin içerdiği protein oranı tanenin yemlik veya maltlık olarak belirlenmesinde önemli kalite kriterlerinden biridir. Tanedeki protein oranı çevre koşulları, kültürel uygulamalar ve genotiplere göre farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Öztürk ve ark., 2016).

Kavuzsuz arpa genotipleri ile yapılan bazı çalışmalarda protein oranları Yüksel ve

İkincikarakaya (2020) tarafından %7.72-16.86 ve Özdemir (2019) tarafından %12.02-15.09 arasında olduğu belirlenmiştir. Ottekin ve ark. (1996) 'nın yürüttüğü bir başka çalışmada ise protein oranının kavuzlu arpalarda daha düşük bir varyasyon gösterdiği (%11.8-15.5), kavuzsuz arpaların ise daha yüksek protein oranına sahip olduğunu (%13.2-19.5) ifade etmişlerdir.

Eskişehir koşullarında sulamasız çevrede yürütülen bir çalışmada tane protein oranı bakımından deneme ortalaması %12.42, sulu koşullarda bu değer %13.63 ile daha yüksek gerçekleşmiştir (Sönmez ve ark., 2020).

Gümüş (2022) tarafından 2019-2020 üretim yılında Isparta ekolojik koşullarında yürütülen bir çalışmada farklı kavuzlu arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitleri ve kavuzsuz arpa (*Hordeum vulgare* L. var. nudum) çeşit/hatlarının adaptasyonu ve bazı agronomik özellikleri incelenmiş protein oranı %12.58-15.75 olarak bulunmuştur.

2 adedi kavuzlu, 12 adedi kavuzsuz olan 14 farklı genotipte arpa materyali kullanılarak yürütülen bir çalışmada numunelerin protein oranları %13.35 ile %17.55 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Abdullahoğlu, 2022).

Literatürden elde edilen bu sonuçlar ile araştırmamızdan elde edilen sonuçlar benzerlik göstermektedir. Yapılan çalışmalardan arpaların çeşidine ve yetiştirildiği bölgeye göre protein değerlerinin değiştiği gözlemlenmiştir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bazı kavuzsuz arpa çeşitleri ile yürütülen bu çalışmada ekimi yapılan kavuzsuz arpa çeşitlerinin günümüz koşullarında verim ve kalite kriterlerine olan etkisi hedeflenmiştir. Bu bakımdan tane doldurma döneminden önce yapraktan çinko, demir ve çinko+demir uygulaması yapılmıştır. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde özellikle demir uygulanan alanlarda ortalama veriler bakımından başakta tane ağırlığının ve bin tane ağırlığının diğer uygulamalara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Prof. Dr. Saime ÜNVER İKİNCİKARAKAYA danışmanlığında Hakan ÖZDEMİR tarafından yürütülen "Kavuzsuz Arpa Çeşitlerinde Mikro Besin Elementi Uygulamalarının Bazı Verim ve Kalite Özelliklerine Etkileri" isimli doktora tezinden üretilmiştir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar makalelerinde, sonuçları veya yorumları etkileyebilecek herhangi bir maddi veya diğer asli çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- AACC International. (2000). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th Ed. Methods 10-10B, 26-21A, 44-19, 44-08, and 54-40A. The Association: St. Paul, MN. AOAC (1998) Official Method of Analysis. 15th Edition, *Association of Official Analytical Chemists*, Washington DC.
- Abdullahoğlu, D. (2022). *Bazı Kavuzsuz Arpa Genotiplerinin β -Glukan ve Dirençli Nişasta İçerikleri*. [Yüksek Lisans Tezi, Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı] Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Anonim,(2019). *Bira ve malt teknolojisi*. http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/49153/48247/malt_ve_bira_teknolojisi.pdf, (Alınma Tarihi: 06.01.2019).
- Anonim, (2022). *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İklim Kayıtları*, Ankara.
- Baydilli, M. (2017). *Şanlıurfa İli Hilvan İlçesinde Kuru Koşullarda 10 Arpa Çeşidinin Verim ve Performanslarının Karşılaştırılması*. [Yüksek Lisans Tezi Ziraat Mühendisliği, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı] Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Brohi, A. R., Karaata, H., Özcan, S., & Demir, M. (2000). Topraktan ve yapraktan çinko uygulamasının ekmeklik buğday bitkisinin verim ve bazı besin maddesi alımına etkisi. *Gaziosmanpaşa U. Z. F. Dergisi*, 17(1): 123-128.
- Copenhagen Consensus, (2004). <https://copenhagenconsensus.com/publication/copenhagenconsensus-final-results> (Alınma Tarihi:01.06.2023).
- Çakmak, İ., Kalaycı, M., Ekiz, H., Braun, H.J., & Yılmaz, A. (1999). Zinc Deficiency as an Actual Problem in Plant and Human Nutrition in Turkey: A-NATO- Science for Stability Project. *Field Crops Research*, 60: 175-188.
- Çakmak, İ., Pfeiffer, W.H., & McClafferty, B. (2010). Biofortification of Durum Wheat with Zinc and Iron. *Cereal Chemistry*, 87(1): 10-20.
- Çakmak, İ., Torun, B., Erenoğlu, B., Kalaycı, M., Yılmaz, A., Ekiz, H., & Braun, H. (1996). Türkiye'de Toprak ve Bitkilerde Çinko Eksikliği ve Bitkilerin Çinko Eksikliğine Dayanıklılık Mekanizmaları *Tr.J.of Agriculture and Forestry* 20: 13-23 Özel sayı TÜBİTAK.
- Çakmak, İ., Ekiz, H., Yılmaz, A., Torun, B., Koleli, N., Gultekin, I., Alkan, A., & Eker, S. (1997). Differential Response Of Rye, Triticale, Bread and Durum Wheats To Zinc Deficiency in Calcareous Soils. *Plant And Soil*, 188, 1-10.

- Çakmak, İ., Torun, B., Erenoğlu, B., Öztürk, L., Marchner, H., Kalaycı, M., Ekiz, H., & Yılmaz, A. (1998). Morphological and physiological differences in cereals in response to zinc deficiency. *Euphytica*, 100: 349-357.
- Çöken, İ., & Akman, Z. (2016). Isparta Ekolojik Koşullarında Bazı Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Çeşitlerinin Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(1), 91-97
- Ekiz, H., Bağcı, S.A., Kırıl, S., Eker, S., Gültekin, I., Alkan, A., Çakmak, I. (1998). Effect Of Zinc Fertilization Of Various Cereals Grown In Zinc-Deficient Calcereous Soils. *Journal Of Plant Nutrition*, 21, 2244-2256.
- Erdal, D., Torun, B., Karanlık, S., Ekiz, H., & Çakmak, D. (1997). Değişik şekillerde uygulanan çinkonun buğday bitkisinde verim ve çinkonun biyolojik yararlanışlığı üzerine etkisi. *1. Ulusal Çinko Kongresi*. 12-16 Mayıs, Eskişehir sy: 71-78.
- FAO (2022). World Agriculture: Towards 2030/2050. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome (Alınma Tarihi:28.12.2023).
- Gümüş, T. (2022). *Isparta Koşullarında Kavuzsuz Arpa Çeşit/Hatlarının Verim ve Bazı Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı] Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Gümüş, T., & Akgün, İ. (2021). Isparta Koşullarında Kavuzsuz Arpa (*Hordeum vulgare* L. var. nudum) Çeşit/Hatlarının Verim ve Bazı Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Sayı 31* (Ek Sayı 1), S. 624-628
- JMP, (2014). Scintilla Copyright (C) 1998-2014 by Neil Hodgson;neilh@scintilla.org,SAS Institute. JMP 13.0 Users Guide. Carry, NC: Release SAS Institute Inc
- Kalaycı, M., Torun, B., Eker, S., Aydın, M., Ozturk, L., & Cakmak, I. (1999). Grain Yield, Zinc Efficiency And Zinc Concentration Of Wheat Cultivarsgrown In A Zinc-Deficient Calcereous Soil In Field and Greenhouse. *Field Crops Research* 63,87-98.
- Kilercioğlu, B. (2020). *Güney Marmara Koşullarında Farklı Azot Dozlarının Kavuzsuz Arpa Çeşidinin (Hordeum vulgare L. var. nudum hook. ef.) Verim ve Verim Öğeleri Üzerine Etkisi*. Ziraat Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye
- Kon, H.İ.F. (2019). *Orta Anadolu Koşullarında, Bazı Arpa Çeşitlerinin Verim, Kalite ve Azot Kullanım Randımanlarının Azotlu Gübreleme Miktarlarına göre Belirlenmesi*. (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Köksel, H., Sivri, D., Özboy, Ö., Başman, A., & Karacan, H. (2000). Hububat Laboratuvarı El Kitabı, *Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları*, Yayın No: 47, ISBN 975-491-092-8, Ankara, 106sy.
- Kumar, D., Verma, R.P.S., Narwal, S., Singh, J., Malik, R., Kharub, A.S. & Singh, G.P. (2021). Identification of Promising Sources Of Hulless Barley (*Hordeum vulgare* L.) for Important Quality Traits. *Journal of Cereal Research*, 13(2), 215-219. <http://doi.org/10.25174/2582-2675/2021/111226>
- Kün, E. (1988). Serin İklim Tahılları. İkinci Baskı. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*. Yayın No:1032, Ankara.
- Mut, Z., Sirat, A., & Sezer, İ. (2014). Samsun Koşullarında Bazı İki Sıralı Arpa (*Hordeum vulgare* conv. distichon) Genotiplerinde Tane Verimi İle Başlıca Tarımsal Özelliklerin Belirlenmesi ve Stabilitate Analizi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24 (1), 60-69.
- Ottekin, A., Akar, T., Tosun, H., Ozan, A. N., & Demir, Z. (1996). Kavuzsuz Arpanın Tarımsal ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. *IV. Ulusal Nükleer Tarım ve Hayvancılık Kongresi*, Tebliğ Özetleri, Bursa, s.29.
- Özmen, M. (2013). *Farklı Arpa (Hordeum vulgare) Çeşitlerinin Çinko Alım Etkinliklerinin Belirlenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bilimi Anabilim Dalı] Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Özdemir, A. (2019). *Kavuzsuz Arpa (Hordeum vulgare L. var. nudum) Genotiplerinde Kışlık ve Yazlık Ekimin Verim ve Bazı Agronomik Özellikler Üzerine Etkisi*. [Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü] Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Öztürk, İ., Avcı, R., Tülek, A., Kahraman, T., & Tuna, B. (2016). Bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) genotiplerinin Trakya bölgesinde verim ve agronomik özelliklerinin araştırılması. *Tarla Bitkileri Merkez Araş Enstit Derg*, 25(1): 26-34.
- Sirat, A., & Sezer, İ. (2009). Bafra Ovası Koşullarına Uygun (*Hordeum vulgare* L.) Çeşitlerinin Belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(3), 167-173.
- Sönmez, A.C., Olgun, M., Yüksel, S., Belen, S., Yıldırım, Y., Çakmak, M., Karaduman, Y., Akın, A., & Önder, O. (2020). Arpa Islah Materyalinin Bazı Maltlık Kalite Özellikleri ile Bu Özellikler Arası İlişkilerin Belirlenmesi. *Black Sea Journal of Agriculture* 3(2): 155-161.
- Stock HG, Wicke HJ, & Fuchs W. (1988). Determination of Optimum Ranges of Yield Structure in Different Cereals Grown on a D5 site. *Field Crops*. 1988; 32 (11): 721-729.
- Tokhetova, L.A., Umirzakov, S.I., Nurymova R.D., Baizhanova, B.K. & Akhmedova, G.B. (2020).

- Analysis of economic-biological traits of hull-less barley and creation of source material for resistance to environmental stress factors. *International Journal of Agronomy*, 10p. <https://doi.org/10.1155/2020/8847753>
- TÜİK, (2022). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://tuik.gov.tr> (Alınma Tarihi: 31.05.2023).
- Yıldırım, T., Yakışır, E., Eser, C., Şahin, M., Türköz, M., Yaşar, M., Çeri, S., Özer, E., Kara, İ., & Cerit, Ş. (2021). Erken ve Geç Kuraklık İle Doğal Koşullar Uygulamalarının, Kuraklık Yönünden Öne Çıkan Bazı Ekmeklik Buğday Genotiplerinde Bitki Boyu, Başakta Tane Ağırlığı ve Protein Oranına Etkisinin Belirlenmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi* 10 (2): 112-123, 2021 e-ISSN: 2687-3753.
- Yüksel, S. (2017). *Bazı Kavuzsuz Arpaların (Hordeum vulgare L. Var. nudum Hook. F.) Gelişme Dönemleri ile Verim ve Verim Ögelerinin Belirlenmesi*. [Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü] Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Yüksel, S., İkincikarakaya, S.Ü., Akçura, M., Bolat, N., Çakmak, M., Belen, S., Karaduman, Y. & Şentürk, Ş. (2011). Bazı Kavuzsuz Arpa (*Hordeum vulgare* L. Var. nudum) Hatlarının Kuru Şartlarda Yazlık ve Kışlık Olarak Adaptasyonlarının Belirlenmesi. *IX. Tarla Bitkileri Kongresi*, Bursa, Türkiye 50-56.
- Yüksel, S., & İkincikarakaya Ü. S. (2020). Bazı Kavuzsuz Arpaların (*Hordeum vulgare* L. var. Nudum Hook. f.) Verim ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(3), 705-712.

Cytogenetic characteristics of *Microtus daghestanicus* (Rodentia: Arvicolinae) from Northeast Anatolia, Türkiye: Conventional Karyotype, C-Banding

Ahmet Yesari SELÇUK¹, Haluk KEFELİOĞLU²

¹Department of Forestry, Artvin Vocational School, Artvin Çoruh University, Artvin, ²Department of Biology, Faculty of Science, Ondokuz Mayıs University, Samsun.

¹<https://orcid.org/0000-0002-2785-2823>, ²<https://orcid.org/0000-0002-7421-6037>

✉: ahmetyesari@gmail.com

ABSTRACT

In this study, the standard karyotype and the C-band features of chromosomes of the *Microtus daghestanicus* species have been determined, and the karyological characteristics among closely related species have been compared. The diploid chromosome number of *M. daghestanicus* was found as $2n=54$, $NFa=54$. *M. daghestanicus* karyotype has a pair of small metacentric and 25 pairs of different sizes of acrocentric chromosomes. The x chromosome is a large submetacentric. Positive C-bands are in the pericentromeric region of acrocentric autosomal chromosomes. Additionally, there is a heterochromatin block in the pair of small metacentric chromosomes. Moreover, there is a wide interstitial heterochromatin block on the long arm of the X chromosome.

Zoology

Research Article

Article History

Received : 16.01.2024

Accepted : 29.02.2024

Keywords

Northeast Anatolia,
Constitutive Heterochromatin
Chromosome,
Daghestan (Caucasus) Pine Vole,
Microtus

Microtus daghestanicus (Rodentia: Arvicolinae) türünün sitogenetik özellikleri: Standart ve C bantlı karyotipler

ÖZET

Bu çalışmada, *Microtus daghestanicus* türünün standart karyotipi ve kromozomların C-bant özellikleri belirlenerek, yakın türler arasındaki karyolojik özellikleri karşılaştırılmıştır. *M. daghestanicus* türünün diploid kromozom sayısı $2n=54$ ve otozomal kromozomların kol sayısı $NFa=54$ şeklindedir. *M. daghestanicus* karyotipinde bir çift küçük metasentrik ve 25 çift farklı büyüklüklerde akrosentrik kromozom bulunmaktadır. X kromozomu büyük metasentriktir. Akrosentrik otozomal kromozomlarda pozitif C-bantlar perisentromerik bölgededir. İlavenen küçük metasentrik kromozom çiftinde heterokromatin blok bulunmaktadır. *M. daghestanicus* türünün X kromozomunun uzun kolunda genişlemiş heterokromatin blok bulunmaktadır.

Zooloji

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 16.01.2024

Kabul Tarihi : 29.02.2024

Anahtar Kelimeler

Kuzeydoğu Anadolu
Dağıstan çam tarla faresi
Konstitütif heterokromatin
Kromozom
Tarla faresi

Atıf Şekli: Selçuk, A.Y., & Kefelioğlu, H., 2024. *Microtus daghestanicus* (Rodentia: Arvicolinae) türünün Sitogenetik Özellikleri: Standart ve C bantlı Karyotipler. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (5), 1168-1174. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1420583

To Cite : Selçuk, A.Y., & Kefelioğlu, H., 2024. Cytogenetic Characteristics of *Microtus daghestanicus* (Rodentia: Arvicolinae) From Northeast Anatolia, Türkiye: Conventional Karyotype, C-Banding. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (5), 1168-1174. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1420583

INTRODUCTION

Microtus Schrank genus which is the group with the most branching among mammals, is a remarkable group in terms of the karyotypic diversity they show (Maruyama & Imai, 1981; Shenbrot & Krasnov, 2005). The karyotypes of *Microtus* species range from $2n=17$ to $2n=62$ (Zima & Král, 1984; Modi, 1987; Zagorodnyuk, 1990; Lemskaya et al., 2010). *Microtus* species are frequently used in cytotaxonomic studies due to their karyotypic variation (Lemskaya et al., 2010; Romanenko et al., 2020; Orlov et al., 2023).

Three *Microtus* species *M. daghestanicus*, *M. subter, raneus* and *M. majori* classified in the *Terricola* subgenus (Jaarola et al., 2004) are distributed in Turkey (Kryštufek & Vohralik, 2005). *Microtus (Terricola) dagestanicus* is distributed in a narrow area in the Northeast Anatolia region of Turkey and the Caucasia. Variation has been found in *M. daghestanicus* diploid chromosome number (Ivanov & Tembotov, 1972; Hatuhov, 1982; Zima & Král, 1984; Zagorodnyuk, 1990; Akhverdyan et al., 1992). The karyotypic characteristics of this species (standard karyotype, C banding, G banding) were

found in the samples obtained from the Caucasian region (Baskevich, 1997; Kuliev & Bickham, 2010; Lemskaya et al., 2010). The diploid chromosome number (except *M. Macholán*, personal communication in Kryštufek & Vohralik, 2005) and chromosome characteristics of the Anatolian population of this species have not been determined so far.

This study aims to compare the standard karyotypes of *Microtus (T.) daghestanicus* and their constitutive heterochromatin regions (C-banding) which is a karyotypic characteristic, with previously conducted studies and contribute to future karyological studies.

MATERIAL and METHOD

Chromosome preparations were obtained from the femoral bone marrow cells of colchicine-treated animals (Ford & Hamerton, 1956). Two specimens (two females) of *M. daghestanicus* species were obtained from the province of Kars village (height: 2100m, Northeast Anatolia) by using live animal traps. Species identification was performed according to chromosome results (current study) and mtDNA cytb gene region (Genbank accession number: MZ198174, Bogdanov et al., 2021). Diploid chromosome number (2n), number of fundamental arms (FN), fundamental number of autosomal arms (NFa), and sex chromosomes of *M. daghestanicus* used in the study were defined as metacentric,

acrocentric, and submetacentric. The constitutive heterochromatin distribution was determined using techniques from Summer (1972). Tissue samples (sample no: 209-AYS), museum material, and karyotype preparations of *M. daghestanicus* species are kept in the Artvin-Çoruh University Cytogenetic laboratory for further studies.

RESULTS

Microtus daghestanicus karyotype was diploid chromosome number (2n) = 54, the fundamental number of autosomal arms (NFa)= 54, and the number of fundamental arms (NF)= 58. The karyotype has 25 pairs of different sizes of acrocentric chromosome (chromosome no: 1-25) and a pair of small metacentric (chromosome no: 26). Metacentric chromosome pair is the smallest in the autosomal chromosomes. X chromosome is a large submetacentric (Fig.1).

In *M. daghestanicus* karyotype, constitutive heterochromatin is in the pericentromeric region in acrocentric autosomal chromosomes. In the autosomal small metacentric chromosome (chromosome no: 26), the heterochromatin region is extended towards the long arm. X chromosome shows a C-positive band. Additionally, there is a wide interstitial heterochromatin block on the long arm of the X chromosome (Fig. 2).

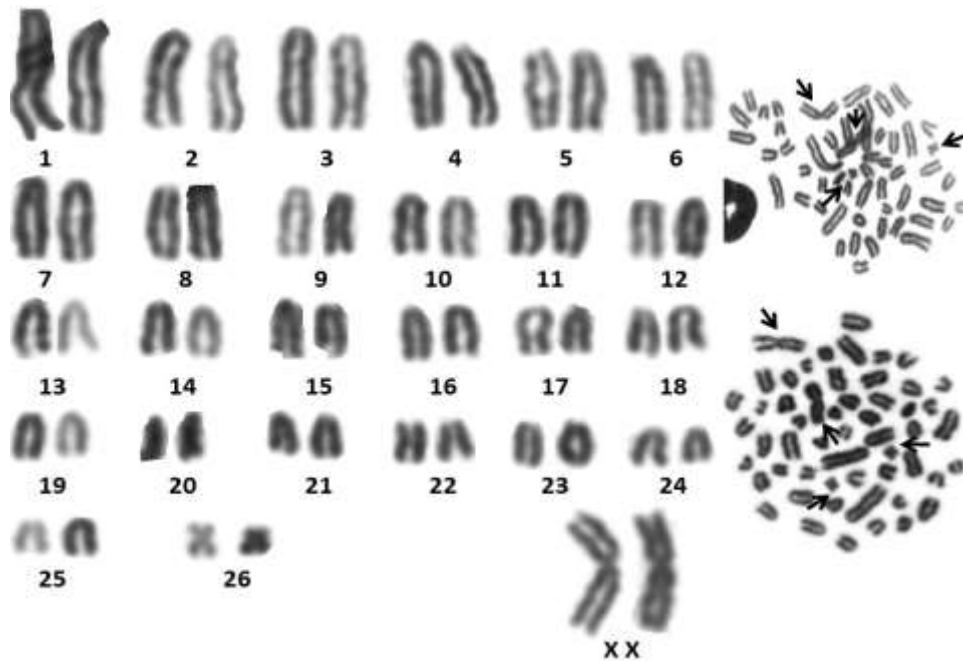


Figure. 1. Metaphase plates and karyotype of *M. daghestanicus* (female) from Kars (Northeast Anatolia). The arrow indicates a bi-armed X chromosome and autosomal chromosome.

Şekil 1. Kars bölgesinden (Kuzey doğu anadolu) elde edilen *M. daghestanicus* türünün standart karyotipi ve metafaz plakları. Ok: çift kollu X kromozomu ve otozomal kromozomlar

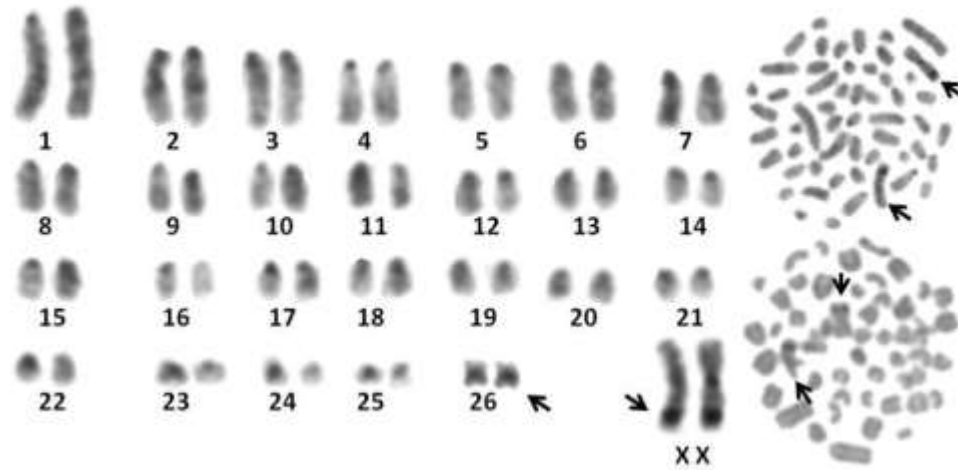


Figure. 2. C-banded karyotype of *M. daghestanicus* (female) from Kars, Arrow: interstitial heterochromatin block on X chromosomes and the heterochromatin area on the long arm of the small metacentric chromosome.

Şekil 2. Kars bölgesinden elde edilen *M. daghestanicus* türünün C bant yöntemi kullanılarak elde edilen karyotip ve metafaz plakları. Ok: X kromozomundaki kromozom kol içi heterokromatin bölge ve küçük metasentrik kromozom çiftinin uzun kolundaki heterokromatin bölge.

DISCUSSION

Microtus daghestanicus is distributed in a narrow area as Caucasia and Northeast Anatolia. In previously conducted studies in the Caucasia region, the diploid chromosome number ($2n=38-54$) of *M. daghestanicus* varies (Ivanov & Tembotov, 1972; Hatuhov, 1982; Akhverdyan et al., 1992; Baskevich, 1997; O'Brien et al. 2006; Kuliev & Bickham, 2010; Lemskaya et al., 2010) and some of these Caucasian chromosome races were previously proposed to represent separate species (Kryštufek and Shenbrot,

2022). In a study conducted within the distribution borders of this species in Anatolia, the diploid chromosome number is $2n=54$ (Kryštufek & Vohralik, 2005; in the current study). *M. daghestanicus* displays variability in terms of diploid chromosome count, yet it is highly stable regarding the number of fundamental arms (NF=58) (Baskevich et al. 2016). X chromosome is meta/submetacentric in Caucasia (Baskevich, 1997; O'Brien et al., 2006; Kuliev & Bickham, 2010; Lemskaya et al., 2010) and Anatolia (in current study).

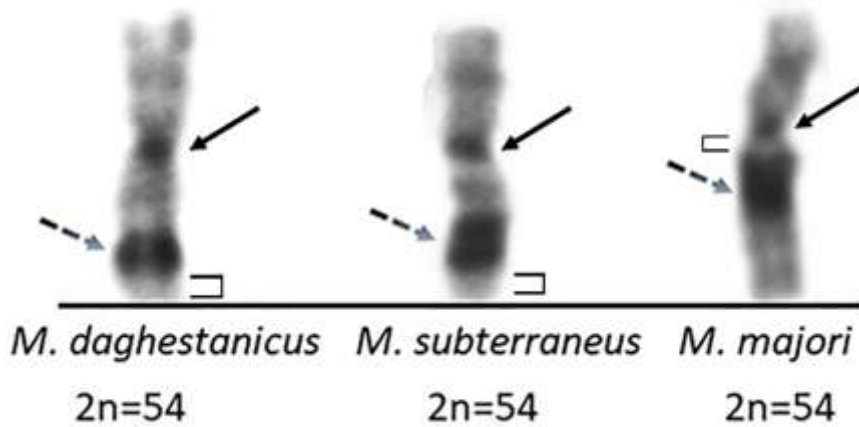


Figure. 3. C-banded of the X chromosome of *M. daghestanicus* (in the current study), *Microtus subterraneus* in Samsun (N41°25', E35°44') village (Selçuk & Kefelioğlu, 2018) and *Microtus majori* in Artvin (N41°13' E41°59') village (Selçuk et al., 2019) from Anatolia. Arrow: centromeric heterochromatin, intermittent arrow: interstitial heterochromatin block. Bracket: unstained block

Şekil 3. Bu çalışmada elde edilen *M. daghestanicus* türünün X kromozomundaki C bant motifi, Samsun bölgesinden elde edilen *M. subterraneus* türünün X kromozomundaki C bant motifi (Selçuk & Kefelioğlu, 2018), Artvin bölgesinden elde edilen *Microtus majori* türünün X kromozomundaki C bant motifi (Selçuk et al., 2019). Düz ok: sentromerik C bant, Kesikli ok: Kromozom kol içi heterokromatin blok. Parantez, C-negatif blok

The distribution of heterochromatin is an important part of the karyotype characterization (Dimitri et al., 2009; Lemskaya et al., 2018). *Microtus* species tend to have large heterochromatin blocks or interstitial heterochromatin blocks in sex chromosomes (Modi, 1987, 2003; Burgos et al., 1988; Macholán et al., 2001; Marchal et al., 2003, 2004; Mitsainas et al., 2010; Lamelas et al., 2018). The amplification of repetitive DNA regions on sex chromosomes can lead to the formation of heterochromatin blocks on the chromosomes (Kozlova et al., 2003; Marchal et al., 2003, 2004; Acosta et al., 2008). *M. subterraneus* (2n=54) and *M. major* (2n=54) species classified within the *Terricola* subgenus have interstitial heterochromatin blocks (Borodin et al., 1995; Macholán et al., 2001; Kuliev & Bickham, 2010; Selçuk & Kefelioğlu, 2018,2020; Selçuk et al., 2019). A similar situation is seen in *M. daghestanicus*'s X chromosome (Baskevich et al., 2016, Romanenko et al., 2020, in the current study). In the *M. daghestanicus* karyotype, the heterochromatin block is in the distal region of the long arm of the chromosome, as in its sister taxon (*M. subterraneus*) (Jaarola et al., 2004; Baskevich et al., 2016; Bogdanov et al., 2021). However, variation can be seen in the heterochromatin distribution in sex chromosomes within *Microtus* species (Fredga et al., 1990; Yakimenko & Kryukov, 1997; Acosta et al., 2009; Mitsainas et al., 2009; Pavlova & Tchabovsky, 2011). Contrary to the C banding results obtained in the current study, No interstitial heterochromatin block was found in the X chromosome in Azerbaijan (Caucasia) samples of *M. daghestanicus* (Kuliev & Bickham, 2010).

As a result of the chromosomal rearrangements in the X chromosome of *M. daghestanicus*, *M. subterraneus*, and *M. majori* species (Baskevich et al. 2016; Romanenko et al., 2020), changes may have occurred in the heterochromatin block motif (Fig. 3). The role of constitutive heterochromatin regions containing highly repetitive DNA sequence (Acosta et al., 2008, 2009; Saksouk et al., 2015) in the speciation of arecoline rodents could play a significant role (Modi, 1987; Rubtsov et al. 2002; Romanenko et al., 2020).

Author Contributions

The contribution of the authors is equal

Conflict of Interest

The authors declare that they do not have any competition or any conflicts of interest

REFERENCES

Acosta, M.J., Marchal, J.A., Fernández-Espartero, C.H., Bullejos, M. & Sánchez, A. (2008).

Retroelements (LINEs and SINEs) in vole genomes: Differential distribution in the constitutive heterochromatin. *Chromosome Research* 16, 949-959.

Acosta, M.J., Marchal, J.A., Mitsainas, G.P., Rovatsos, M.T., Fernández-Espartero, C.H., Giagia-Athanasopoulou, E.B. & Sánchez, A. (2009). A new pericentromeric repeated DNA sequence in *Microtus thomasi*. *Cytogenetic and Genome Research* 124:27-36.

Akhverdyan, M.R., Lyapunova, E.A. & Vorontsov, N.N. (1992). Karyology and systematics of the shrub voles of the Caucasus and Transcaucasia (*Terricola*, Arvicolinae, Rodentia). *Zoologicheskii Zhurnal* 71, 96-110 (in Russian with English summary).

Baskevich, M.I. (1997). A comparative analysis of structural features of spermatozoa and karyotypes in three species of shrub voles: *Terricola majori*, *T. daghestanicus* and *T. subterraneus* (Rodentia, Cricetidae) from the former USSR. *Zoologicheskii Zhurnal* 76, 597-607 (in Russian with English summary).

Baskevich, M.I., Potapov, S.G. & Mironova, T.A. (2016). Caucasian cryptic species of rodents as models in research on the problems of species and speciation. *Biology Bulletin Reviews* 6(3): 245-259.

Bogdanov, A.S., Khlyap, L.A., Kefelioğlu, H., Selçuk, A.Y., Stakheev, V.V., & Baskevich, M.I. (2021). High molecular variability in three pine vole species of the subgenus *Terricola* (*Microtus*, Arvicolinae) and plausible source of polymorphism. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 59, 2519- 2538.

Borodin, P.M., Sablina, O.V. & Rodionova, M.I. (1995). Pattern of X-Y chromosome pairing in microtine rodents. *Hereditas* 123, 17-23.

Burgos, M., Jiménez, R., Olmos, D.M. & Diaz de la Guardia, R. (1988). Heterogeneous heterochromatin and size variation in the sex chromosomes of *Microtus cabreræ*. *Cytogenetics and Cell Genetics* 47, 75-79.

Dimitri, P., Caizzi, R., Giordano, E., Accardo, M.C., Lattanzi, G., Biamonti, G. (2009). Constitutive heterochromatin: a surprising variety of expressed sequences. *Chromosoma* 118, 419-435

Ford, C.E. & Hamerton, J.L. (1956). A colchicine, hypotonic citrate, squash sequence for mammalian chromosomes. *Stain Technology* 31, 247-251.

Fredga, K., Jaarola, M., Ims, R.A., Steen, H. & Yoccoz, N.G. (1990). The 'common vole' in Svalbard identified as *Microtus epiroticus* by chromosome analysis. *Polar Research* 8, 283-290.

Hatuhov, A.M. (1982). Pine voles of the Caucasus. Avtoreferat dis. Kand. biol. nauk, Sverdlovsk, p. 23. (In Russian)

- Ivanov, V.G., & Tembotov, A.K. (1972). Chromosomal sets and taxonomic status of pine voles of the Caucasus, in Fauna, ekologiya i okhrana zhivotnykh Severnogo Kavkaza (Fauna, Ecology and Conservation of Animals of the North Caucasus), *Nal'chik*, 1, 45–71.
- Jaarola, M., Martínková, N., Gündüz, İ., Brunhoff, C., Zima, J., Nadachowski, A., Amori, G., Bulatova, S.N., Chondropoulos, B., Fraguadakis-Tsolis, S., Esteban-González, J., Fuster-López, M.J., Kandaurov, A.S., Kefelioğlu, H., Mathias, L.M., Villate, I. & Searle, B.J. (2004). Molecular phylogeny of the speciose vole genus *Microtus* (Arvicolinae, Rodentia) inferred from mitochondrial DNA sequences. *Molecular Phylogenetic and Evolution* 33, 647-663.
- Kozlova, S.V., Mazurok, N.A., Vershinin, A.V., Zakian, S.M. (2003). Various organizations of the complex repeats in vole sex chromosome heterochromatin. *Chromosome Research* 11, 759–769.
- Kryštufek, B., & Vohralík, V. (2005). Mammals of Turkey and Cyprus. Rodentia I: Sciuridae, Dipodidae, Gliridae, Arvicolinae. Annales Majora, Koper, Slovenia, 292p.
- Kryštufek, B., & Shenbrot, G.I. (2022). Vole and Lemmings (Arvicolinae) of the Palaearctic Region. 1st. Edition, University of Maribor, University Press, 436p.
- Kuliev, G.N., & Bickham, W.J. (2010). Karyological relationships and biodiversity of the pine voles of Azerbaijan: Differentiation of species from the Greater and Lesser Caucasus mountains. Occasional Papers, *Museum of Texas Tech University* 291, 14
- Lamelas, L., Arroyo, M., Fernández, F.J., Marchal, J.A., & Sánchez, A. (2018). Structural and evolutionary relationships in the giant sex chromosomes of three *Microtus* species. *Genes*, 9:27.
- Lemskaya, N.A., Romanenko, S.A., Golenishchev, F.N., Rubtsova, N.V., Sablina, O.V., Serdyukova, N.A., O'Brien, P.C.M., Fu, B., Yiğit, N., Ferguson-Smith, M.A., Yang, F., & Graphodatsky, A.S. (2010). Chromosomal evolution of Arvicolinae (Cricetidae, Rodentia). III. Karyotype relationships of ten *Microtus* species. *Chromosome Research* 18, 459–471.
- Lemskaya, A.N., Kulemzina, A.I., Beklemisheva, V.R., Biltueva, L.S., Proskuryakova, A.A., Hallenbeck, J.M., Perelman, P.L., Graphodatsky, A.S. (2018). A combined banding method that allows the reliable identification of chromosomes as well as differentiation of AT and GC-rich heterochromatin. *Chromosome Research* 26, 307–315
- Macholán, M., Filippucci, M.G., & Zima, J. (2001). Genetic variation and zoogeography of pine voles of the *Microtus subterraneus/major* group in Europe and Asia Minor. *Journal of Zoology* 255, 31-42.
- Marchal, J.A., Acosta, M.J., Bullejos, M., Diaz de la Guardia, R. & Sánchez, A. 2003. Sex chromosomes, sex determination and sex linked sequences in Microtidae. *Cytogenetic and Genome Research* 101, 266–273.
- Marchal, J.A., Acosta, M.J., Nietzel, H., Sperling, K., Bullejos, M., Diaz de la Guardia, R., & Sánchez, A. (2004). X chromosome painting in *Microtus*: Origin and evolution of giant sex chromosomes. *Chromosome Research* 12, 767-776.
- Maruyama, T. & Imai, H.T. (1981). Evolutionary rate of the mammalian karyotype. *Journal of Theoretical Biology* 90, 111–121.
- Mitsainas, G.P., Rovatsos, M.Th., & Giagia-Athanasopoulou, E.B. (2010). Heterochromatin study and geographical distribution of *Microtus* species (Rodentia, Arvicolinae) from Greece. *Mammalian Biology* 75, 261–269.
- Mitsainas, G.P., Rovatsos, M.Th., Rizou, E.I., & Giagia-Athanasopoulou, E.B. (2009). Sex chromosome variability outlines the pathway to the chromosomal evolution in *Microtus thomasi* (Rodentia, Arvicolinae). *Biological Journal of Linnean Society* 96, 685-695
- Modi, W.S. (1987). C-banding analyses and the evolution heterochromatin among arvicolid rodents. *Journal of Mammalogy* 68, 704–714.
- Modi, W.S., Serdyukova, N.A., Vorobieva, N.V., & Graphodatsky A.S. (2003). Chromosomal localization of six repeated DNA sequences among species of *Microtus* (Rodentia). *Chromosome Research* 11, 705–713.
- O'Brien, S.J., Menninger, J.C., & Nash, W.G. (2006). Atlas of mammalian chromosomes. Wiley, Hoboken, 714 pp.
- Orlov, V.N., Lyapunova, E.A., Baskevich, M.I., Kartavtseva, I.V., Malygin, V.M., & Bulatova, N.S. (2023). Mammalian cytogenetics and its contribution to the development of chromosomal diagnoses and the species system. *Zoologicheskij žurnal* 102(4), 386-407.
- Pavlova, S.V., & Tchabovsky, A.V. (2011). Presence of the 54-chromosome common vole (Mammalia) on Olkhon Island (Lake Baikal, East Siberia, Russia), and the occurrence of an unusual X-chromosome variant. *Comparative Cytogenetics*, 5, 433–440.
- Romanenko, S.A., Fedorova, Y.E., Serdyukova, N.A., Zaccaroni, M., Stanyon, R. & Graphodatsky, S. 2020. Evolutionary rearrangements of X chromosomes in voles (Arvicolinae, Rodentia). *Scientific Reports* 10, 13235.
- Rubtsov, N.B., Rubtsova, N.V., Anopriyenko, O.V., Karamysheva, T.V., Shevchenko, A.I., Mazurok, N.A., Nesterova, T.B., & Zakian, S.M. (2002). Reorganization of the X chromosome in voles of the

- genus *Microtus*. *Cytogenetic and Genome Research* 99, 323-329.
- Saksouk, N., Simboeck, E., & Déjardin, J. (2015). Constitutive heterochromatin formation and transcription in mammals. *Epigenetics and Chromatin* 8, 3
- Selçuk, A.Y., & Kefelioğlu, H. (2018). Cytogenetic characteristic of East European vole *Microtus levis* and common pine vole *Microtus subterraneus* (Mammalia: Rodentia) from Turkey: Constitutive Heterochromatin Distribution. *Biharean Biologist* 12(1), 13-16.
- Selçuk, A.Y., Bilir, A., & Kefelioğlu, H. (2019). Cytogenetic characteristics of *Microtus guentheri*, *Microtus arvalis* and *Microtus majori* (Mammalia: Rodentia) from Turkey: Constitutive Heterochromatin Distribution. *KSU Journal of Agriculture and Nature*. 22(Ek sayı2), 395-400.
- Selçuk, A.Y., & Kefelioğlu, H. (2020). Samsun, Amasya, Tokat ve Eskişehir illeri memeli faunası ve türlerin koruma statüleri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(2), 379-387.
- Shenbrot, G.I., & Krasnov, B.R. (2005). Atlas of the Geographic Distribution of the Arvicoline Rodents of the World (Rodentia, Muridae: Arvicolinae), *Sofia: Pensoft Series Faunistica*, 45, 336p.
- Summer, A.T. (1972). A simple technique for demonstrating centromeric heterochromatin. *Experimental Cell Research* 75, 304-306.
- Yakimenko L.V. & Kryukov A.P. (1997). On karyotype variation in common vole *Microtus rossiaemeridionalis* (Rodentia, Cricetidae). *Zoologicheskii Zhurnal* 76, 375-378. [In Russian]
- Zagorodnyuk, I.V. (1990). Variability and systematics of the Arvicolini (Rodentia). Communication 1. Species and chromosomal numbers. *Vestnik Zoologii* 2, 26-37.
- Zima, J. & Král, B. (1984). Karyotypes of European mammals I. *Institute of Landscape Ecology* 18, 1-51



β -Galactoside α 2-6 Sialyltransferase Gene Expression in *Bombyx mori* Tissues

Ceren ERSOY¹, Savaş İZZETOĞLU², Gamze TURGAY-İZZETOĞLU³

¹Biology Section, Graduate School of Natural and Applied, Ege University, İzmir, Türkiye ^{2,3}Department of Biology, Faculty of Science, Ege University, İzmir, Türkiye.

¹<https://orcid.org/0000-0002-6408-2987>, ²<https://orcid.org/0000-0002-1546-1083>, ³<https://orcid.org/0000-0001-9828-2402>

✉: gamze.turgay@ege.edu.tr

ABSTRACT

Bombyx mori is an important insect due to its genome, homology to humans, and ease of growth. Sialylation has been reported in some insects, but sialic acid biosynthesis cannot be observed in these insects. Sialic acids are negatively charged nine-carbon sugars located terminally on glycoconjugates. Sialylation, which occurs after translation and is regulated by enzymes, has been studied in prokaryotes, deuterostomes, and protostomes. One of the enzymes that is important for sialylation is sialyltransferases. This enzyme plays a role in linking sialic acid to glycoconjugates. In this study, we investigated sialyltransferase (β -Galactoside α -2,6-Sialyltransferase I) gene expression in tissues of *B. mori*. *B. mori* larvae, which were fed with fresh mulberry leaves since hatching, were divided into two groups; the control group, which continued to be fed with fresh mulberry leaves in the 5th instar (last instar) and the treatment group, which was fed with mulberry leaves treated with a sialic acid solution. Midgut, fat body, hemocyte, ovary, and testicular tissues were dissected, and gene expressions were examined with Real-Time PCR. The expression level is observed in every tissue, but an increase is seen in only the fat body. The fat body is a vital tissue for insects and plays a fundamental role in immunity, endocrine, and detoxification processes. The reason for the highest gene expression in the fat body can be attributed to the similarities in the functions of the fat body and sialic acid and their roles in insects.

Animal Physiology

Research Article

Article History

Received : 01.02.2024
Accepted : 29.03.2024

Keywords

Sialic acid
Sialyltransferase
Gene expression
RT-PCR
Bombyx mori

Bombyx mori Dokularında β -Galaktozit α 2-6 Sialiltransferaz Geninin İfadesi

ÖZET

Bombyx mori genomunun bilinmesi, insanlarla homoloji göstermesi ve kolay yetiştirilmesi açısından en önemli böcek türlerinden biridir. Bazı böceklerde sialilasyona ilişkin raporlar mevcuttur, hatta sialile edilmiş moleküllerin çeşitli yapıları bildirilmiştir ancak böceklerde sialik asit biyosentezi gözlenmemektedir. Sialik asitler, terminal olarak glikoproteinler ve glikolipitler üzerinde bulunan negatif yüklü dokuz karbonlu şekerlerdir. Sialilasyon, enzimler tarafından düzenlenen bir transasyon sonrası modifikasyondur. Prokaryotlar, dueterostomlar ve protostomlarda çalışılmıştır. Sialilasyon için önemli olan enzimlerden biri de sialiltransferazlardır. Bu enzim, sialik asidin glikokonjugatlara bağlanmasında rol oynar. Bu çalışmada ipek böceği *Bombyx mori* dokularında sialiltransferaz (β -Galaktozit α 2-6 Sialiltransferaz) geninin ifade düzeylerinin belirlenmesidir. Yumurtadan çıkışından itibaren taze dut yaprakları ile beslenen *B. mori* larvaları, 5. instar (son instar)'da taze dut yaprakları ile beslemeye devam edilen (kontrol grubu) ve sentetik sialik asit solüsyonu uygulanmış dut yaprakları ile beslenen uygulama grubu olarak ayrıldı. 5. instarın orta bağırsak, yağ doku, hemosit, ovaryum ve testis dokuları alınarak Real-Time PZR ile gen ifade düzeyleri incelendi. Ekspresyon düzeyi her doku için ayrı ayrı belirlendi, ancak artış sadece yağ dokuda tespit edildi. Yağ doku böcekler için oldukça önemlidir, bağışıklık, endokrin ve detoksifikasyon süreçlerinde temel rol oynar. Yağ dokuda sialiltransferaz gen ekspresyonunun en fazla

Hayvan Fizyolojisi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 01.02.2024
Kabul Tarihi : 31.03.2024

Anahtar Kelimeler

Sialik asit
Sialiltransferaz
Gen ifadesi
RT-PZR
Bombyx mori

olmasının sebebinin yağ doku ve sialik asidin fonksiyonlarındaki benzerliklere ve böceklerdeki rollerine bağlanabilir.

Atıf Şekli: Ersoy, C., İzzetoğlu, S., & Turgay-İzzetoğlu, G., (2024). *Bombyx mori* dokularında 8-Galaktozid α 2-6 Sialiltransferaz geninin ifadesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (5), 1192-1198. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1430234>

To Cite : Ersoy, C., İzzetoğlu, S., & Turgay-İzzetoğlu, G., (2024). 8-Galactoside α 2-6 Sialyltransferase gene expression in *Bombyx mori* tissues. *KSU J. Agric Nat* 27 (5), 1192-1198. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1430234>

INTRODUCTION

Glycoconjugates have significant roles in various biological processes, such as cell interaction, development, differentiation, and viral infection (Varki, 2017; Miyazaki et al., 2019). N-glycosylation is important post-translational modification. Mammalian cell lines produce glycoproteins with glycan patterns that terminate in sialic acid residues. In insect cell lines, the final N-glycosylation pattern is mostly mannose or paucimannosidic structures (Hsu et al., 1997; Altmann et al., 1999; Lawrence et al., 2001). Some studies suggested that insects can perform sialylation, but others indicated that essential genes may not be present or active (Lawrence et al., 2001). The study of insect systems has revealed that N- and O-glycans produced by all insect systems are similar or identical to those produced by all eukaryotes. The role of sialic acids in glycobiology is crucial. They are found as terminal residues on cell-surface glycoconjugates and are involved in immunological reactions, many cell-cell interactions, and the clearance of circulating glycoproteins (Marchal et al., 2001). Sialylation is the formation of sialyl glycoconjugate by binding of sialic acids to the terminal ends of glycans of glycoconjugates by sialyltransferases. In some insects, sialyl glycoconjugates were found and sialyltransferases, NeuAc phosphate synthase, CMP- sialic acid synthase (CMAS) was determined (Koles et al., 2007; Kujiura et al., 2015; Ghosh, 2018).

The recent availability of complete genomic information has the potential to make *B. mori* an effective model system in elucidating the biochemical components of insect glycosylation pathways. The silkworm, *B. mori*, is one of the most important insects used in silk production for centuries and in protein production for the cosmetics, and medicine industries (Resh & Carde, 2003). It is the model organism for research and the first Lepidopteran whose genome was available (Shimomura et al., 2009). Having a short generation time, known genome, rich genetic resources, and homolog genes to humans, silkworms have widely been used in studies (Meng et al., 2017). The present study was aimed at sialyltransferase (8-Galactoside α-2,6-Sialyltransferase I) gene expression in tissues of 5. instar *B. mori* larvae.

MATERIAL and METHOD

Silkworm breeding and sialic acid application

The domestic silkworm *Bombyx mori* hybrid eggs, which constitute the study material, were obtained from Koza Birlik (Bursa, TÜRKİYE). The breeding of insects was actualized in the Silkworm Culture Laboratory of Ege University Biology Department. The leaves of mulberry trees were used three times a day for larvae nutrition. In our study, in parallel with the control group fed with normal mulberry leaves, a treatment group fed with mulberry leaves with 0.1M concentration of sialic acid (Sigma A0812) solution, (sialic acid solution was sprayed on the leaves and allowed to dry) prepared freshly with ultrapure water every day from the 0th day of the 5th instar was formed. Dissection was performed on the 1st, 4th, and 7th days of both control and treatment group 5th instar silkworms, which continued this feeding procedure for 7 days. *Bombyx mori* sialyltransferase (BmST) expression profile in *B. mori* was determined using Real-Time PCR. Specific primers for BmST (Kajuiira et al., 2015) and cDNAs from *B. mori* 5th instar larvae were used.

Total RNA isolation:

The midgut, fat body, ovary, testis, and hemocyte, which were dissected from 10 silkworms belonging to the control (feeding directly on mulberry leaves) and treatment (feeding mulberry leaves with sialic acid) groups, were placed in Eppendorf containing triazole (Invitrogen 15596026) separately. A homogeneous and pink image is obtained by adding triazole to the tissues and vortexing them. Centrifugation is performed for RNA isolation and RNase-free water is added to the remaining precipitate. After isolation, RNA concentrations were measured by spectrophotometric methods.

cDNA synthesis:

Transcriptor First Strand cDNA Synthesis Kit (Roche) was used for cDNA synthesis. For each sample, 11 µl of RNA+RNase free water mixture was added and 2 µl of random hexamer primer was added. RNAs were denatured for 10 min at 65°C by placing the tubes in a thermal cycler.

Real- Time PCR analysis:

The primers used for *B. mori* ST6Gal I gene expression were benefited from the work of Kajiura et al. (2015). The expressions of BmST were determined by amplifying Bmrp49 as a control and BmST using following gene-specific primer sets;

Bmrp49 gene:

(forward: 5'-CAGGCGGTTCAAGGGTCAATAC-3',
reverse: 5'-TGCTGGGCTCTTTCACGA-3'),

BmST:

(forward: 5'- GAGTCGCCGGTGTCAATTACT-3',
reverse: 5'-CCTCGTTGAAAGGTGTGCGAT-3').

Master mix content created in real time PCR experiments; Cyber Green 2X Rox Dye Master mix (Qiagen), forward and reverse primers designed for genes, cDNAs as templates and nuclease-free water. After the master mixes were prepared, the samples were analyzed in the Real Time PCR device [The real time PCR device basically consists of a thermocycler, excitation light source, a fluorescence detection system and software (Tutar et al., 2015)] and run in the optimized program. The $\Delta\Delta CT$ method was used to provide the quantitative results obtained (Yıldırım et al., 2018).

Statistical analysis:

Statistical analysis was performed by comparing the control and treatment groups from the results obtained from the PCR analysis. For this analysis, the t-test method was applied to independent groups in the "IBM SPSS Statistics 26" statistical program.

RESULTS and DISCUSSION

In this study, potential sialyltransferase gene expression in *B. mori* tissues was examined directly. RNA amount measurements of the midgut, hemocyte, fat body, testis, and ovary tissues from which RNA was isolated were determined using nanodrop. Considering the A260/A280 absorbance ratios, control groups and treatment groups were found in ideal purity. The amounts resulting from RNA isolation were diluted with RNAase-free water to be 100 nanograms in a total volume of 20 μ l. When examining the real-time PCR results, the expression levels of silkworms on the first, fourth, and seventh days of the fifth instar in the midgut, fat body, ovary, testis, and hemocyte tissues are different in all of them. The expression level was observed after the sialic acid application with the normal-fed control group. Expression levels are noted to be different in each organ and day. Sialyltransferase gene expression levels were determined by giving substrate to *B. mori*. Similar to this study, different expression levels were detected in each tissue and day. Statistically insignificant differences were found on some days in the midgut, hemocyte, ovary, and testis (Fig. 1-4). Although there were differences in expression levels, gene expression activity was observed in all tissues of the groups given sialic acid.

Sialylated glycans have been identified to be responsible for neural regulation in *Drosophila*, and sialoglycoconjugates have been found to play a role in the viral transmission of dengue virus on mosquito tissues (Koles et al., 2004; Cime-Castillo et al., 2015).

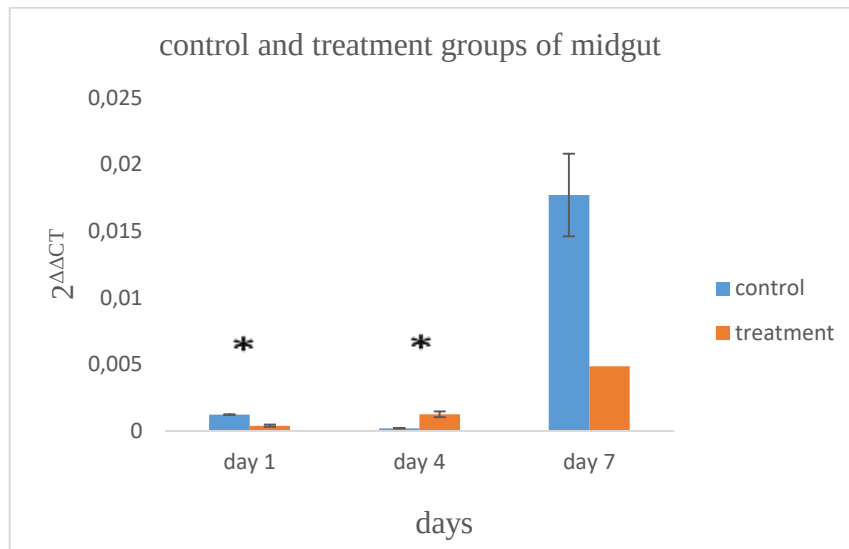


Figure 1. Comparison of sialyltransferase gene expression levels of control and treatment groups in midgut with independent samples T-test (*; $p < 0.05$).

Şekil 1. Kontrol ve uygulama gruplarının orta bağırsaklarındaki sialiltransferaz gen ifade düzeylerinin bağımsız örnekler T- testi ile karşılaştırılması (*; $p < 0.05$).

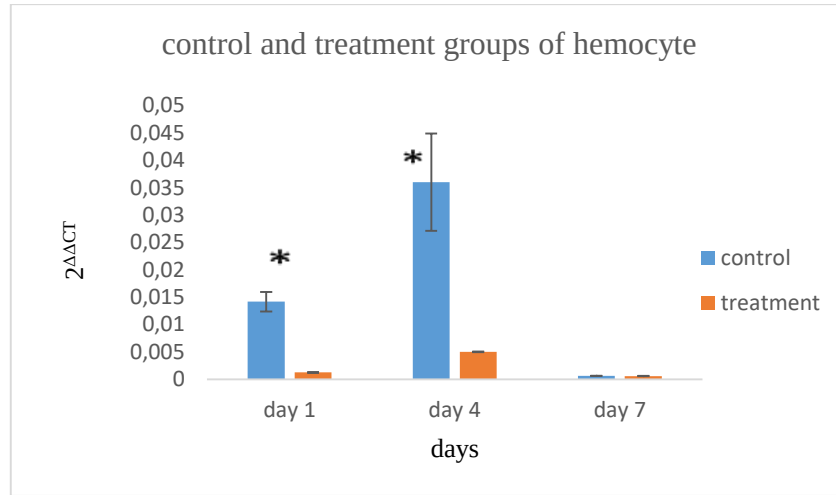


Figure 2. Comparison of sialyltransferase gene expression levels of control and treatment groups in hemocyte with independent samples T-test (*; $p < 0.05$).

Şekil 2. Kontrol ve uygulama gruplarının hemositlerindeki sialiltransferaz gen ifade düzeylerinin bağımsız örnekler T- testi ile karşılaştırılması (*; $p < 0.05$).

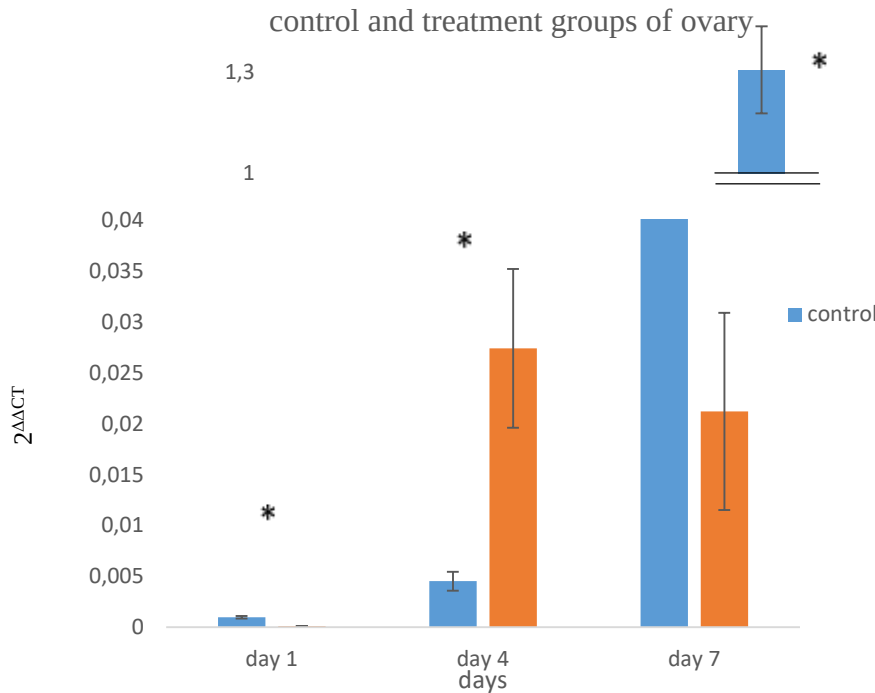


Figure 3. Comparison of sialyltransferase gene expression levels of control and treatment groups in the ovary with independent samples T-test (*; $p < 0.05$).

Şekil 3. Kontrol ve uygulama gruplarının ovaryumlarındaki sialiltransferaz gen ifade düzeylerinin bağımsız örnekler T- testi ile karşılaştırılması (*; $p < 0.05$).

The gene expressions determined in *B. mori* differ in each tissue in the treatment and control groups. Therefore, it cannot be interpreted that gene expression increases or decreases when sialic acid is given. A definite increase in fat body only after treatment and the highest expression levels are in fat body among the tissues treated with sialic acid (Fig 5). The sialylation of glycoproteins and glycolipids plays a

significant role in numerous biological functions. Sialylglycoconjugates are involved in cell-cell communication, immune responses, and the removal of circulating glycoproteins (Marchal et al., 2001). A family of sialyltransferases plays a role in transferring sialic acid (NeuAc) from active sugar donor CMP-NeuAc to terminal nonreducing positions of a variety of oligosaccharide chains found on glycoconjugates (Weinstein et al., 1987; Li & Chen, 2012; Petit et al.,

2015; Teppa et al., 2016). Sialylation and sialyltransferases are found in some insects like *B. mori*, *Drosophila melanogaster*, *Aedes aegypti*,

Galleria mellonella, *Philaenus spumarius*, *Bactrocera dorsalis* (Ghosh, 2018).

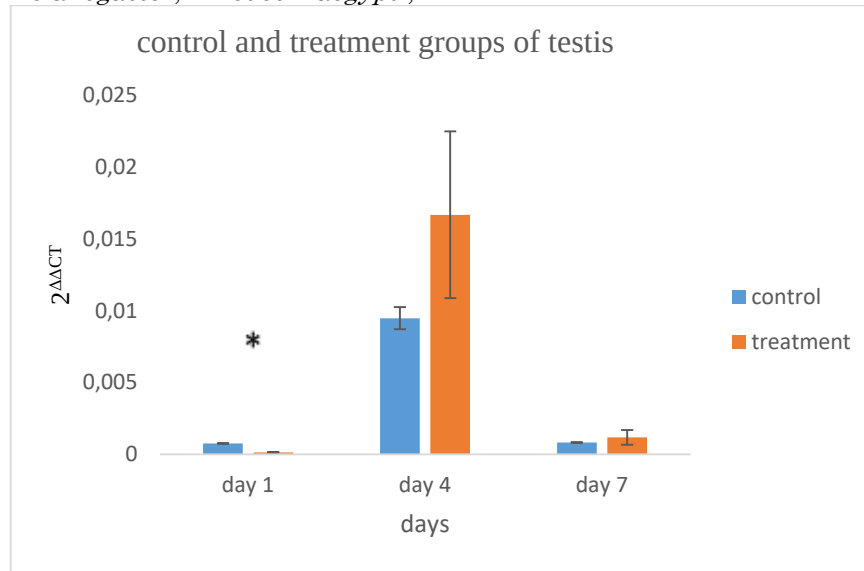


Figure 4. Comparison of sialyltransferase gene expression levels of control and treatment groups in testis with independent samples T-test (*; p<0.05).

Şekil 4. Kontrol ve uygulama gruplarının testislerindeki sialiltransferaz gen ifade düzeylerinin bağımsız örnekler T- testi ile karşılaştırılması (*; p<0.05).

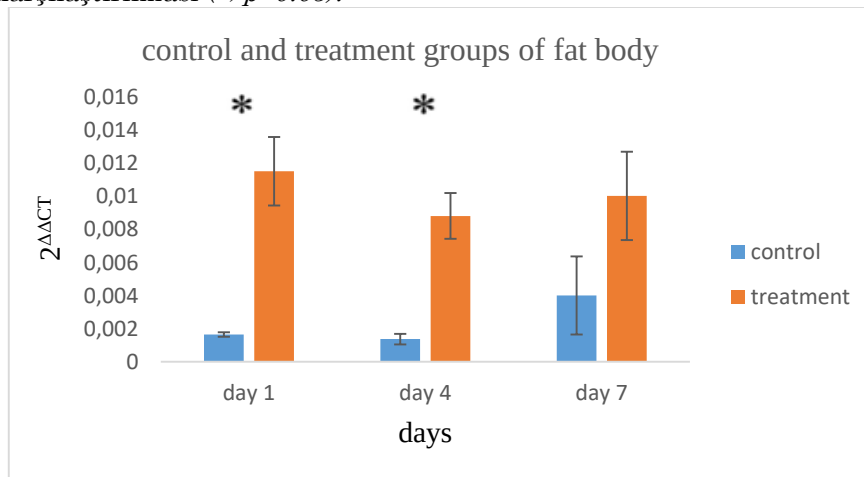


Figure 5. Comparison of sialyltransferase gene expression levels of control and treatment groups in fat body with independent samples T-test (*; p<0.05).

Şekil 5. Kontrol ve uygulama gruplarının yağ dokularındaki sialiltransferaz gen ifade düzeylerinin bağımsız örnekler T- testi ile karşılaştırılması (*; p<0.05).

In insects, sialic acids play a significant role in phylogenetics and evolution. *Drosophila* genome database searches have revealed the existence of several genes encoding putative orthologs of vertebrate enzymes of the sialic acid biosynthetic pathway, including Neu5Ac phosphate synthase, CMP-Neu5Ac synthase, CMP-Neu5Ac/CMP antiporter and sialyltransferase (Koles et al., 2004). The first sialyltransferase that is identified in insects is *D. melanogaster* sialyltransferase (DmST). It was found that sialylated N-glycans are present in *Drosophila* embryos and the nervous system (Koles et al., 2004;

Koles et al., 2007). In *A. aegypti*, on the other hand, sialyltransferases play a role in mediating contagious dengue infection (Malykh et al., 1999). Kajiura et al. (2015) identified a *B. mori* sialyltransferase involved in the vertebrate ST6Gal I-like located in the Golgi. Unlike human α2,6-sialyltransferase, BmST required post-translational modification, specifically N-glycosylation, for its full activity. On the other hand, Kajiura et al. (2015) identified the BmST gene in their study and performed RT-PCR analysis on 5th-instar tissues as a method.

The fat body of insects has a mesodermal origin, growing in the embryonic phase through the increase in the number and differentiation of present cells. The fat body is a distinct organ that only insects have. It spreads throughout the body of insects (Law & Wells, 1989; Arrese & Soulages, 2010). The fat body is commonly described as a resemblance to vertebrate liver (Chapman, 2013; Zhang & Xi, 2014). It plays numerous roles in insects. For example, synthesis, absorption, and storage of nutrients from hemolymph (Roma et al., 2010; Turgay-İzzetoğlu & Gülmez, 2019), immunity, endocrine and detoxification processes, show high biosynthetic activity (Resh & Cardé, 2009; Arrese & Soulages, 2010; Martins et al., 2012; Chapman, 2013; Assis et al., 2014), reproduction (Roma et al., 2010). Most hemolymphatic proteins are synthesized in the fat body, which also stores lipids, carbohydrates, and proteins (Feitosa et al., 2006; Alves et al., 2010; Park et al., 2013; Zhang & Xi, 2014; Nation, 2016). In addition to its numerous metabolic functions, the fat body in insects serves as a receptive tissue for the regulatory actions of all major insect hormones (Roma et al., 2010).

According to this information, the higher expression of sialyltransferase in *B. mori* than in other tissues indicates that the enzyme has an important place in fat body functions.

Sialic acids typically play roles in modulating cellular adhesion processes, by either facilitating binding interactions or concealing recognition sites. These functions are integral to processes such as cell proliferation, ageing, phagocytosis, apoptosis, transportation, and receptor-mediated functions (Schauer, 2001). The function of sialic acid in organisms is to control major biochemical events. Sialic acids have a pivotal role in biological masking, effectively shielding sites of recognition, such as the penultimate sugar moiety in receptors and antigens. This masking effect can be attributed to their substantial size and negative charge, which grants cells a "self-like" property. In parallel, sialic acids function as ligands for various entities, including hormones, lectins, antibodies, and inorganic cations, thereby contributing to processes like adhesion, inflammation, immune responses, and embryogenesis in the nervous system (Buschiazzi & Alzari, 2008; Schauer, 2009; Ghosh, 2018).

Sialylation contributes to the fat body in insects. This showed that fat body and sialic acid have similar features and they work together in the same functions. Sialic acid was found on the prothoracic gland cells of *G. mellonella* larvae. After sialylation, this monosaccharide had a protective role on the juvenile cells against degeneration (Schauer, 2001).

DmST plays a critical role in the biological functions. Indeed, mutation of DmST resulted in a deficiency of the sialylation of N-glycans and was associated with

decreased longevity, abnormal locomotor activity and temperature-sensitive paralysis because of the loss of voltage-gated sodium channels (Repnikova et al., 2010; Kajiura et al., 2015).

It was observed that the fat body is one of the most important tissues, especially for the larvae stage. Sialylatedglucoconjugates play important roles in mammals and insects. Therefore, it was thought that the sialyltransferase expression profile is most in fat body tissue.

CONCLUSION

This study demonstrated that *B. mori* larvae tissue has shown sialyltransferase gene expression. We considered not only sialyltransferase but the other enzymes, that are responsible for the sialylation pathway, were also activated. The provided substrate led to sialyltransferase gene expression activity in all tissues, thereby demonstrating the active state of the sialylation pathway. The increase was determined only in the fat body. This can be attributed to the similarities in the functions of fat body and sialic acid and their roles in insects. It was determined that sialyltransferases are important for insect development. Because of the sialyltransferase activity, sialic acid has affected the tissues of the insect.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Ege University Scientific Research Fund (FYL-2021-23087).

Author's Contribution

The contribution of the authors is equal.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

REFERENCES

- Altmann, F., Staudacher, E., Wilson, I.B., & Marz, L. (1999). Insect cells as hosts for the expression of recombinant glycoproteins. *Glycoconjugate Journal*, 16, 109–123.
- Alves, S.N., Serrão, J.E., & Melo, A.L. (2010). Alterations in the fat body and midgut of *Culex quinquefasciatus* larvae following exposure to different insecticides. *Micron*, 41, 592–597.
- Arrese, E.L., & Soulages, J.L. (2010). Insect fat body: Energy, metabolism, and regulation. *Annual Review of Entomology*, 55, 207–225.
- Assis, de W.A., Malta, J., Pimenta, P.F.P., Ramalho-Ortigão, J.M., & Martins, G.F. (2014). The characterization of the fat bodies and oenocytes in the adult females of the sand fly vectors *Lutzomyia longipalpis* and *Phlebotomus papatasi*. *Arthropod Structure and Development*, 43, 501–509.

- Buschiazzi, A., & Alzari, P.M. (2008). Sialic acid metabolism structural insights into sialic acid enzymology. *Current Opinion in Chemical Biology*, 12, 565–572.
- Chapman, R.F. (2013). Chapter 6 – Fat body (Part I. The head, ingestion, utilization and distribution of food). *The Insects Structure and Function, fifth ed.* Cambridge University Press, New York, 132–144 pp.
- Cime-Castillo, J., Delannoy, P., Mendoza-Hernández, G., Monroy-Martínez, V., Harduin-Lepers, A., Lanz-Mendoza, H., Hernández-Hernández, Fde L., Zenteno, Cabello-Gutiérrez, C., & Ruiz-Ordaz, B.H. (2014). Sialic acid expression in the mosquito *Aedes aegypti* and its possible role in dengue virus-vector interactions. *Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International*, 16.
- Feitosa, F.M., Calvo, E., Merino, E.F., Durham, A.M., James, A.A., Bianchi, A.G., Marinotti, O., & Capurro, M.L. (2006). A transcriptome analysis of the *Aedes aegypti* vitellogenic fat body. *Journal of Insect Science*, 6, 1–26.
- Ghosh, S. (2018). Sialylation and sialyltransferase in insects, *Glycoconjugate Journal*, 35, 433-441. (Mini-Review)
- Hsu, T.A., Takahashi, N., Tsukamoto, Y., Kato, K., Shimada, I., Masuda, K., Whiteley, E.M., Fan, J.Q., Lee, Y.C., & Betenbaugh, M.J. (1997). Differential n-glycan patterns of secreted and intracellular igg produced in trichoplusia in cells. *Journal of Biological Chemistry*, 272, 9062–9070.
- Kajiura, H., Hamaguchi, Y., Mizushima, H., Misaki, R., & Fujiyama, K. (2015). Sialylation potentials of the silkworm, *Bombyx mori*, *B. mori* possesses an active α 2, 6-sialyltransferase. *Glycobiology*, 25(12), 1441-1453.
- Koles, K., Irvine, K.D., & Panin, V.M. (2004). Functional characterization of *Drosophila* sialyltransferase, *Journal of Biological Chemistry*, 6, 4346-4357.
- Koles, K., Lim, J.M., Aoki, K., Porterfield, M., Tiemeyer, M., Wells, L., & Panin, V. (2007). Identification of n-glycosylated proteins from the central nervous system of *Drosophila melanogaster*. *Glycobiology*, 17(12), 1388-1403.
- Law, J.H., & Wells, M.A. (1989). Insects as biochemical models. *Journal of Biological Chemistry*, 264, 16335–16338.
- Lawrence, S.M., Huddleston, K.A., Tomiya, N., Nguyen, N., Lee, Y.C., Vann, W.F., Coleman, T.A., & Betenbaugh, M.J. (2001). Cloning and expression of human sialic acid pathway genes to generate CMP-sialic acids in insect cells. *Glycoconjugate Journal*, 18, 205-213.
- Li, Y. & Chen, X. (2012). Sialic acid metabolism and sialyltransferases: Natural functions and applications. *Applied Microbiology & Biotechnology*, 94(4), 887-905.
- Malykh, Y.N., Krisch, B., Gerardy-Schahn, R., Lapina, E.B., Shaw, L., & Schauer, R. (1999). The presence of n-acetylneuraminic acid in malpighian tubules of larvae of the *Cicada Philaenus spumarius*, *Glycoconjugate Journal*, 16(11), 731-739.
- Marchal, I., Jarvis, D.L., Cacan, R. & Verbert, A. (2001). Glycoproteins from insect cells: sialylated or not? *Biological Chemistry*, 382, 151-159.
- Martins, G.F., Ramalho-Ortigao, J.M. (2012). Oenocytes in Insects. *Invertebrate Survival Journal*, 9, 139–152.
- Meng, X., Zhu, F., & Chen, K. (2017). Silkworm: a promising model organism in life science. *Journal of Insect Science*, 17(5), 97.
- Miyazaki, T., Miyashita, R., Nakamura, S., Ikegaya, M., Kato, T. & Park, E.Y. (2019). Biochemical characterization and mutational analysis of silkworm *Bombyx mori* B-1, 4-N-acetylgalactosaminyltransferase and insight into the substrate specificity of β -1, 4-galactosyltransferase family enzymes. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 115, 103254.
- Nation, J.L. (2016). *Insect Physiology and Biochemistry*, 3rd ed. CRC Press, USA.
- Park, M.S., Park, P., & Takeda, M. (2013). Roles of fat body trophocytes, mycetocytes and oocytes in the American cockroach, *Periplaneta americana* under starvation conditions: an ultrastructural study. *The journal Arthropod Structure & Development*, 42, 287–295.
- Petit, D., Teppa, E., Mir, A.M., Vicogne, D., Thisse, C., Thisse, B., Filloux, C., & Harduin-Lepers, A. (2015). An integrative view of α 2, 3-sialyltransferases (ST3Gal) molecular and functional evolution in deuterostomes: significance of lineage-specific losses. *Molecular Biology & Evolution*, 32(4), 906-927.
- Repnikova, E., Koles, K., Nakamura, M., Pitts, J., Li, H., Ambavane, A., Zoran, M.J., & Panin, V.M. (2010). Sialyltransferase regulates nervous system function in *Drosophila*. *Journal of Neuroscience*, 30, 6466–6476.
- Resh, V.H., & Cardé, R.T. (Eds.). (2009). *Encyclopedia of insects*. Academic press. 103-408.
- Roma, G.C., Bueno, O.C., Camargo-Mathias, M.I. (2010). Morpho-physiological analysis of the insect fat body: A review. *Micron*, 41(5), 395-401.
- Schauer, R. (2001). The occurrence and significance of sialic acids in insects. *Trends in Glycoscience & Glycotechnology*, 13, 507-17.
- Schauer, R. (2009). Sialic acids as regulators of molecular and cellular interactions. *Current Opinion in Structural Biology*, 19, 507–514.
- Shimomura, M., Minami, H., Suetsugu, Y., Ohyanagi, H., Satoh, C., Antonio, B., Nagamura, Y., Kadono-Okuda, K., Kajiwarra, H., Sezutsu, H., Nagaraju, J., Goldsmith, M.R., Xia, Q., Yamamoto, K., & Mita, K. (2009). KAIKObase: an integrated silkworm

- genome database and data mining tool. *BMC Genomics*, 10(1), 1-8.
- Teppa, R.E., Petit, D., Plechakova, O., Cogez, V. & Harduin-Lepers, A. (2016). Phylogenetic-derived insights into the evolution of sialylation in eukaryotes: comprehensive analysis of vertebrate β -galactoside α 2, 3/6-sialyltransferases (ST3Gal and ST6Gal). *International Journal of Molecular Sciences*, 17(8), 1286.
- Turgay-İzzetoğlu, G. & Gülmez, M. (2019). Characterization of fat body cells at different developmental stages of *Culex pipiens*. *Acta Histochemica*, 121, 460–471.
- Tutar, E., Köksalan, E. & Akyol, İ. (2015). Gıdalarda Bulunan Mikrobiyal Patojenlerin Karakterizasyonunda Real Time PCR Teknolojisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*. 18(4), 26-39.
- Varki, A. (2017). Biological roles of glycans. *Glycobiology*, 27(1), 3-49.
- Weinstein, J., Lee, E.U., McEntee, K., Lai, P.H. & Paulson, J.C. (1987). Primary structure of beta-galactoside alpha 2, 6-sialyltransferase. Conversion of membrane-bound enzyme to soluble forms by cleavage of the NH2-terminal signal anchor. *Journal of Biological Chemistry*, 262(36), 17735-17743.
- Yıldırım, F., Özdemir, S. & Yıldız, A. (2018). Koçuş Tarım İşletmesinde Yetiştirilen Siyah Alaca (Holştayn) Sığırlarda Bazı Süt Verimi Özellikleri ve İlişkili Genlerin Ekspresyonu. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(3), 353-362.
- Zhang, Y., Xi, Y. (2014). Fat body development and its function in energy storage and nutrient sensing in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Tissue Science & Engineering*, 6(1), 1–8.

Yumurta Tavukçuluğu Yapan İşletmelerin Özellikleri: Kahramanmaraş İli Örneği

Ahmet Şahin ADANALI¹, Ali AYBEK², Hamza KUZU³

¹Modena Mensucat, Organize Sanayi Bölgesi, Kahramanmaraş, Türkiye, ^{2,3}KSÜ, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0001-9462-3601>, ²<https://orcid.org/0000-0003-3036-8204>, ³<https://orcid.org/0000-0001-8585-4467>

✉: aaybek@ksu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmanın amacı kahramanmaraş ilinde faaliyet gösteren yumurta tavukçuluğu işletmelerinin özelliklerini belirlemektir. Veriler, ilde mevcut bulunan toplam 50 işletmenin tamamından anket yoluyla elde edilmiştir. Bu işletmelerin 6'sı kafes sistemli, 44'ü ise serbest gezmeli aile işletmeleri şeklindedir. Kafes sistemli işletmelerde; işletmecilerin deneyim sürelerinin 12.67 yıl, eğitim düzeylerinin %33.3 ilköğretim, %16.7 lise, %50 üniversite mezunu, kümes sayısının 4.33 adet, yem tüketim ortalamasının 122.50 g gün-tavuk⁻¹, ortam sıcaklığının 24.67 °C, ortam neminin %60.33, aydınlatma süresinin 18 saat olduğu, işletmelerin %16.7'sinde çadır veya betonarme, %83.3'ünde panel yapı malzemesi kullanıldığı belirlenmiştir. Serbest gezmeli aile işletmelerinde ise; işletmecilerin deneyim sürelerinin 5.09 yıl, eğitim düzeylerinin %40.9 ilköğretim, %40.9 lise, %18.2 üniversite mezunu, kümes sayısının 1.07 adet, yem tüketim ortalamasının 121.59 g gün-tavuk⁻¹, ortam sıcaklığının 25.23 °C, ortam neminin %57.73, aydınlatma süresinin 14.68 saat olduğu, işletmelerin %72.7'sinde çadır veya betonarme, %27.3'ünde panel yapı malzemesi kullanıldığı belirlenmiştir. İlde yumurta tavukçuluğu işletmelerinin büyük çoğunluğunu serbest gezmeli aile işletmeleri oluşturmaktadır. Kümes kurulumu, hayvanların sevk ve idaresi konularında mühendislik hizmetlerinin alınarak işletmelerin yapılandırılması ve yönetilmesi gerekmektedir. Kahramanmaraş'ta tarıma elverişsiz alanlarda kurulu olan serbest gezmeli aile işletmelerinin yoğunlukta olduğu, bu ve Türkiye'deki buna benzer diğer işletmelerin devlet tarafından sağlanan hibe programları (işletme kurulumu ve ekipman) kapsamında desteklenmesi durumunda, doğal üretimin devamlılığı sağlanabilecek, tarıma elverişsiz araziler değerlendirilebilecek, kırsal kesimde yaşayan nüfusun kalkınmasına katkı sağlanabilecek, böylece kırsaldan kente yapılan göçün bir kesimi de önlenebilecektir.

Biyosistem Mühendisliği

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 05.01.2024

Kabul Tarihi : 01.03.2024

Anahtar Kelimeler

Yumurta tavukçuluğu
Yapısal özellikler
Teknik özellikler
Kahramanmaraş

Characteristics of Egg Poultry Enterprises: The Example of Kahramanmaraş Province

ABSTRACT

This study aimed to determine the characteristics of egg poultry enterprises operating in Kahramanmaraş province. Data were obtained from all 50 enterprises in the province by way of the questionnaire. Of these, 6 enterprises operate as cage systems, while 44 enterprises operate as free-range family enterprises. In cage system enterprises, it was determined that the average experience of operators was 12.67 years, education levels were 33.3% primary school, 16.7% high school, and 50% university graduates, the average number of coops was 4.33, feed consumption was 122.50 g day-chicken⁻¹, the ambient temperature was 24.67 °C, ambient humidity was 60.33%, and lighting duration was 18 hours, 16.7% of the enterprises used tent or concrete structures, 83.3% used panel building material. In free-range family enterprises, it was determined that the experience of the operators was 5.09 years, education levels were 40.9% primary school, 40.9% high school, and 18.2% university graduates, the average number of coops was 1.07, feed consumption was 121.59 g day-chicken⁻¹, ambient temperature was

Biosystem Engineering

Research Article

Article History

Received : 05.01.2024

Accepted : 01.03.2024

Keywords

Egg Poultry
Structural characteristics
Technical characteristics
Kahramanmaraş

25.23 °C, ambient humidity was 57.73% and lighting duration was 14.68 hours, 72.7% of the enterprises used tent or concrete structures and 27.3% used panel building material. Free-range family enterprises constitute the majority of egg poultry enterprises in the province. Enterprises should be structured and managed by obtaining engineering services on coop installation, and the handling and management of animal issues. In Kahramanmaraş, there is a high density of free-range family enterprises established in areas unsuitable for agriculture. If these and other similar enterprises in Turkey are supported within the scope of grant programs (enterprise installation and equipment) provided by the government, the continuity of natural production can be ensured, lands unsuitable for agriculture can be utilized, the development of the population living in rural areas can be contributed, and thus, some of the migration from rural to urban areas can be prevented.

- Atıf İçin:** Adanalı, A.Ş., Aybek, A., & Kuzu, H (2024). Yumurta Tavukçuluğu Yapan İşletmelerin Özellikleri: Kahramanmaraş İli Örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(5), 1183-1193. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1415377>
- To Cite:** Adanalı, A.Ş., Aybek, A., & Kuzu, H (2024). Characteristics of Egg Poultry Enterprises: The example of Kahramanmaraş Province. *KSU J. Agric Nat* 27(5), 1183-1193. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1415377>

GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2050 yılında, 2010 yılına göre 1.3 kat artarak 9.2 milyar olacağı öngörülmektedir. Bu nedenle giderek artan gıda talebine yanıt olarak bitkisel üretimin yanında hayvansal üretim sektörü de gelişmektedir. Bu sektör dünya ekonomisine yaklaşık %40 katkıda bulunmaktadır ve gelişmekte olan dünyada tarımsal gayri safi yurtiçi hasılanın (GSYİH) yaklaşık %30'unu oluşturmaktadır (Yitbarek, 2019). Ayrıca küresel olarak en az 1.3 milyar insana istihdam sağlamakta ve gelişmekte olan dünyadaki bir milyar dar gelirli küçük çiftçinin geçimini doğrudan desteklemektedir (Thornton ve ark., 2006; Frans ve ark., 2010).

Tarım endüstrisinin önemli bir parçası olan hayvansal üretim sektörü, ekonomik kalkınmanın teşvik edilmesinde, pazarın sağlanmasında, çiftçilerin gelirlerinin artırılmasında, nüfusun yeterli ve dengeli beslenebilmesinde dikkate değer bir yeri vardır (Ruiz-Garcia ve ark., 2009; Nkukwana, 2018; Wu ve ark., 2022; Kaya & Güçlü, 2023). Sektörün sağladığı ürünler, dünya çapında kilokalori tüketimine %17 ve protein tüketimine %33 katkıda bulunmaktadır (Rosegrant ve ark., 2009). Özellikle kümes hayvanları ürünleri (et ve yumurta), insanlar için yüksek kalitede hayvansal protein elde etmenin önemli bir yoludur (Scholten ve ark., 2013; Harchaoui ve ark., 2023).

Yumurta insan vücudu için gerekli bütün temel aminoasitleri içeren yüksek kaliteli değerli bir protein deposudur. Aynı zamanda tüm B vitaminleri, folik asit ve yağda eriyen vitaminler (A, D ve E) açısından oldukça zengindir. Başta iyot, çinko, kalsiyum ve demir olmak üzere iyi de bir mineral kaynağıdır. Bu nedenle de hızlı büyüme ve gelişme çağındaki

çocuklar için çok önemli bir besin kaynağıdır (Kayıkçıoğlu & Soydan, 2009). Zengin besin içeriğinin yanında kolay ulaşılabilmesi, hazırlanabilmesi, sindirilebilmesi ve ucuz olması yumurtanın tercih edilme sebepleridir (Çiçekgil & Yazıcı, 2016). Bununla birlikte yumurtanın ucuz ve kolay bulunabilir olması, orta ve dar gelirli ailelerin beslenmesi açısından da büyük önem taşımaktadır. Üretim süresinin kısa ve maliyetinin göreceli olarak düşük olması nedeniyle yumurtanın, üretimi ve tüketimi açısından diğer hayvansal üretim kollarına göre daha avantajlı olduğu söylenebilir (Şahin & Yıldırım, 2001; Çimrin ve ark., 2019). Bu değerli besin kaynağının üretimi de önemlidir. Çünkü insanların gereksinim duyduğu yumurta tüketimini gerçekleştirebilmesi için gerekli miktarda ve kalitede yumurta üretiminin yapılması gerekmektedir (Diker, 2015).

Zengin toprak ve su kaynaklarına, uygun topoğrafya ve iklim faktörlerine sahip olan Türkiye için önemli bir tarımsal üretim potansiyeli bulunmaktadır. Hayvansal üretim faaliyetleri içerisinde yumurta üreticiliği; özellikle iklim ve toprak şartlarından çok fazla etkilenmediği için dünyanın pek çok yerinde yapılabilmektedir. Ayrıca tarım açısından elverişsiz olan arazilere tavuk işletmeleri kurularak bu arazilerin de kullanılabilirliği artırılabilir. Türkiye’de geleneksel yöntemlerle yapılan köy tavukçuluğunun yerini artık küçük ve orta büyüklükte işletme (KOBİ) şeklinde faaliyet gösteren endüstriyel tavuk yumurtası çiftlikleri almıştır (Kurtaslan & Çiçek, 2001; Diker, 2015).

Dünya tavuk yumurtası üretimi 2021 yılında 86.4 milyon tona ulaşmıştır. Bu üretimin 29.3 milyon tonunu tek başına yapan Çin, en önemli yumurta

üreticisi konumundadır. Hindistan 6.7 milyon ton, Amerika Birleşik Devleti (ABD) 6.6 milyon ton ve Endonezya 5.2 milyon ton tavuk yumurtası üretimi ile önde gelen diğer önemli ülkelerdir. 2021 yılı verilerine göre ülkelerin yumurta üretiminde Çin %33.9, Hindistan %7.8, ABD %7.7, Endonezya %6 ve Brezilya %3.8'lik bir paya sahip olduğu görülmektedir. Türkiye ise %1.4 oranı ile 9. sırada yer almaktadır (Gülaç, 2023). Türkiye'de modern yumurta tavukçuluğunun temelleri 1930 yılında atılmış olup endüstriyel tavukçuluk sektörüne geçiş 1960 yıllarında olmuştur (Tuğluk & Yalçın, 2002). Günümüzde, protein ihtiyacını ve dengeli beslenmeyi en ekonomik şekilde karşıladığından dolayı Türkiye'de yumurtaya olan talep ile birlikte yumurta tavuğu sayısında ciddi oranda artış gerçekleşmiştir (Köse & Durmuş, 2014). Türkiye'de yumurta tavukçuluğu sektöründe 2020 yılına göre 2752 ticari işletme, 4975 küme ve 121302869 yumurta tavuğuyla faaliyet göstermektedir (Yum-Bir Verileri, 2021).

Türkiye'de konuya ilişkin olarak; Niğde ve Kayseri (Noyan, 1996), Çorum (Kurtaslan & Çiçek, 2001), Van (Şahin & Yıldırım, 2001); Afyon (Cönk, 2006), Isparta (Akkaya & İşgüzar, 2006), Karaman (Kocaman, 2010), Ordu (Köse & Durmuş, 2014), Konya (Doğan, 2017) ve Hatay (Çimrin ve ark., 2019) illeri için yöresel bazlı bazı çalışmalar yapılmıştır. Ancak, Kahramanmaraş yöresine ait yapılan herhangi bir çalışmaya ulaşılamamıştır.

Bu çalışmanın başlıca amacı, Kahramanmaraş ilinde faaliyet gösteren yumurta tavukçuluğu işletmelerinin özelliklerinin ortaya konulmasıdır.

Bu ana amaca ulaşabilmek için hedefler ise araştırma bölgesindeki;

- Yumurta tavukçuluğu yapan işletmecilerin, çalışanların ve işletmelerin genel özelliklerinin,
- İşletmelerin üretim özelliklerinin,
- İşletmelerin yapısal ve teknik özelliklerinin belirlenmesi ve
- Konuya ilişkin önerilerin geliştirilmesidir.

MATERYAL ve METOD

Araştırmanın materyalini, Kahramanmaraş ilçelerinde yumurta tavukçuluğu faaliyetlerinde bulunan toplam 50 işletmeden anket yoluyla yüz yüze görüşme ile elde edilen veriler oluşturmaktadır. Bu işletmelerin 6'sı kafes sistemli, 44'ü ise serbest gezmeli aile işletmeleri şeklindedir. Kafes sistemli işletmelerin 5'i Pazarcık ilçesinde, 1'i Onikişubat ilçesinde yer almaktadır. Serbest gezmeli aile işletmeleri ise tüm ilçelerde yer almakta, ancak en fazla Onikişubat ilçesinde bulunmaktadır. İşletmelerin belirlenmesi aşamasında; Kahramanmaraş İl Tarım ve Orman Müdürlüğü kayıtlarından yararlanılmıştır. İldeki toplam işletme

sayısı, işletmelerin ilçelere göre dağılımları belirlendikten sonra, işletme sayısının örnekleme yapmaya yeterli olmaması nedeniyle veriler tam sayım yöntemiyle anket verileri, 2022 yılı Temmuz-Eylül döneminde yüz yüze görüşme yapılarak sağlanmıştır.

Anket soruları geniş bir literatür (tez, makale, rapor vb.) taraması sonucunda hazırlanmış olup, daha sonra konu uzmanları ile yapılan görüşmeler ile son şeklini almıştır. Anket formunda kapalı ve açık uçlu sorulardan oluşan bölümler yer almıştır.

Çalışmada, anket formu ile elde edilen verilerin gerekli kodlamaları yapılarak, bilgisayarda SPSS 23 programı yardımı ile değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler, işletme üretim yöntemine (kafes sistemli işletmeler, serbest gezmeli aile işletmeleri) göre tanımlayıcı istatistikler ile analiz edilmiş ve çizelgelere aktararak yorumlanmıştır. Ayrıca, bazı sürekli değişkenlerin karşılaştırılmasında bağımsız iki örneklem t testi (Nakip, 2006; Baş, 2008; Tekin, 2009; Özdamar, 2018) kullanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırma bulguları dört ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar; (1) İşletmecilerin, çalışanların ve işletmelerin genel özellikleri, (2) İşletmelerin yapısal özellikleri, (3) İşletmelerin üretim özellikleri, (4) İşletmelerin teknik özellikleridir.

İşletmecilerin, Çalışanların ve İşletmelerin Genel Özellikleri

Kahramanmaraş ilinde yumurta tavukçuluğu yapan işletmelerin işletme üretim yöntemlerine göre; işletmecilerin özellikleri Çizelge 1'de, çalışanların özellikleri Çizelge 2'de, işletmelerin genel özellikleri ise Çizelge 3'te verilmiştir.

Ele alınan araştırma bölgesinde, işletme sahipleri; kafes sistemli işletmelerin tamamında erkek, serbest gezmeli aile işletmelerinde ise %88'inde erkek, %12'sinde kadın olarak belirlenmiştir. Her iki işletme üretim yönteminde de işletmecilerin yaşlarının büyük çoğunluğunun 36 yaş ve üzeri olduğu ve yaş ortalamasının ise 46 yıl olduğu tespit edilmiştir. İşletmecilerin eğitim düzeyleri, kafes sistemli işletmelerde; %33.3'ü ilköğretim, %16.7'si lise ve %50'si ise üniversite mezunu iken, serbest gezmeli aile işletmelerinde; %40.9'u ilköğretim, %40.9'u lise ve %18.2'si ise üniversite mezunu olarak belirlenmiştir. Kafes sistemli üretim yapan işletmelerde işletmecilerin %66.7'sinin 11 ve daha fazla yıl deneyimli olduğu, serbest gezmeli aile işletmelerinde işletmecilerin yarısından fazlasının 10 yıl ve daha az deneyime sahip olduğu ve her iki üretim yönteminde de işletmecilerin daha önce farklı meslekler yaptığı tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. İşletmecilerin özellikleri
Table 1. Characteristics of the operators

İşletmeci özellikleri		İşletme üretim yöntemi			
		Kafes sistemli işletmeler		Serbest gezinmeli aile işletmeleri	
		Adet	%	Adet	%
Cinsiyet	Erkek	6	100	39	88
	Kadın	-	-	5	12
Yaş	18-35	1	16.7	1	2.3
	36-50	4	66.7	32	72.7
	≥51	1	16.7	11	25
Eğitim	İlköğretim	2	33.3	18	40.9
	Lise	1	16.7	18	40.9
	Üniversite	3	50	8	18.2
Deneyim	≤10	2	33.3	41	93.2
	≥11	4	66.7	3	6.8
Önceki Mesleği	Serbest meslek	4	66.7	19	43.1
	Emekli	-	-	1	2.3
	İlk işi	1	16.66	-	-
	Memur	-	-	1	2.3
	Özel sektör-işçi	-	-	13	29.5
	Çiftçi	-	-	7	16
	Esnaf	-	-	2	4.5
	Hayvancılık-besicilik	1	16.66	1	2.3

Afyon ilinde yumurta tavukçuluğu yapan işletmecilerin yaklaşık %42.6'sının 36-50 yaş aralığında, %50'sinin ise 51 ve üzeri yaş aralığında olduğu, işletmecilerin yaklaşık %33'ünün ilkokul, %61'inin ortaokul-lise, %6'sının ise üniversite mezunu olduğu belirlenmiştir (Cönk, 2006). Ordu ilinde işletme sahiplerinin %31.5'inin ilkokul, %58'sinin ortaokul-lise, %10.5'inin ise üniversite mezunu olduğu tespit edilmiştir (Köse & Durmuş, 2014). Hatay ilinde ise işletmecilerin; yaklaşık %61'inin erkek, %39'unun ise kadın olduğu, kadın üretici sayısının artış göstermesinin nedeni olarak, son yıllarda verilen desteklerde prosedür açısından kadınların daha avantajlı olması gösterilmiş ve bu desteklerin amacının Türkiye'de kadınların üretim payı içerisindeki yüzdesini artırmak, ailesine ve ülke ekonomisine katkı sağlayan kadın işletmecilerin sayısını artırmak olduğu ifade edilmiştir. İşletmecilerin yaklaşık %40'ının 36-50 yaş aralığında, %35'inin 51 yaş ve üzerinde olduğu, işletmecilerin yaklaşık %35'inin ilkokul, %30'unun ortaokul-lise ve %30'unun ise üniversite mezunu olduğu belirlenmiştir (Çimrin ve ark., 2019).

Bu çalışmadaki işletmecilerin deneyimlerinin 10 yıl ve daha az olmasının nedeni son yıllarda uygulanan teşviklerin sektöre yeni işletmeciler kazandırması, sektördeki işletme sayısının artışında son yıllarda canlılığın olduğunun bir göstergesi olarak düşünülmektedir.

Araştırma bölgesinde, kafes sistemli işletmelerde çalışanların; %73.6'sının erkek %26.4'ünün kadın, bunların yaşlarının büyük çoğunluğunun (%83.3) 18-35 yaş aralığında olduğu, iş deneyimlerinin büyük çoğunluğunun 1-5 yıl olduğu, eğitim düzeylerinin %65.6'sının ilköğretim, %21.50'sinin lise ve %12.90'ının ise üniversite mezunu olduğu ve bu

işletmelerde ziraat mühendisi, veteriner hekim, teknik eleman, bakıcı, paketlemeci, şoför, güvenlik görevlisi istihdam edildiği saptanmıştır. Serbest gezinmeli aile işletmelerinde çalışanların; %67.3'ünün erkek, %32.7'sinin kadın, %45.5'inin 18-36 yaş aralığında, %47.7'sinin 36-50 yaş aralığında olduğu, iş deneyimlerinin tamamına yakınının (%97.7) 1-5 yıl arasında olduğu, eğitim düzeylerinin %64.29'unun ilköğretim, %28.57'sinin lise ve %7.14'ünün ise üniversite mezunu olduğu ve bu işletmelerde çalışan olarak sadece bakıcı ve paketlemeci istihdam edildiği belirlenmiştir (Çizelge 2).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki yumurta işletmelerinde çalışanların %23.8'inin kadın ve %76.2'sinin erkek olduğu yaş dağılımının ise genellikle (20-29) ile (30-39) yaşları arasında olduğu eğitim düzeylerinin %41'inin ilkokul, %41'inin ortaokul ve %18'inin lise mezunu olduğu belirlenmiştir (Aydın & Çelen, 2017). Afyon ilinde ise; çalışanların %30.34'ünün 3 yıldan az, %47.99'unun 4-7 yıl arası ve %21.67'sinin 8 yıldan fazla deneyime sahip olduğu, çalışanların eğitim düzeylerinin; %85.14'ünün ilkokul, %5.88'inin ortaokul ve %8.98'inin lise mezunu olduğu tespit edilmiştir (Akıncı ve ark., 2001a).

Kafes sistemli işletmelerin; tamamında mülkiyetin işletme sahiplerinde olduğu, toplam kapasitelerinin %78.63'ünün kullanıldığı ve işletmelerin güneydoğu yönü doğrultusunda inşa edildiği, serbest gezinmeli aile işletmelerinde ise işletme mülkiyetinin %88.64 oranında işletme sahiplerinde, %11.36 oranında ise kira olduğu, kapasite kullanım oranlarının %81.74 ve işletmelerin %50'sinin Güneydoğu, %27.28'inin Güneybatı, %15.9'unun Kuzeydoğu ve %6.82'sinin ise Kuzeybatı yönü doğrultusunda inşa edildiği saptanmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 2. Çalışanların özellikleri

Table 2. Characteristics of the employees

Çalışan özellikleri		İşletme üretim yöntemi			
		Kafes sistemli işletmeler		Serbest gezinmeli aile işletmeleri	
		Adet	%	Adet	%
Cinsiyet	Erkek	137	73.6	66	67.3
	Kadın	49	26.4	32	32.7
Yaş	18-35	5	83.3	20	45.5
	36-50	1	16.7	21	47.7
	≥51	-	-	3	6.8
Deneyim	1-5	5	83.3	43	97.7
	6-10	1	16.7	1	2.3
Eğitim	İlköğretim	122	65.6	63	64.29
	Lise	40	21.50	28	28.57
	Üniversite	24	12.90	7	7.14
Görev	Ziraat Mühendisi	8	4.3	-	-
	Veteriner Hekim	5	2.68	-	-
	Teknik Eleman	56	30.14	1	1.02
	Bakıcı	59	31.72	48	48.98
	Paketlemeci	36	19.14	49	50
	Şoför	10	5.47	-	-
	Güvenlik	12	6.55	-	-

Çizelge 3. İşletmelerin genel özellikleri

Table 3. General characteristics of the enterprises

İşletme özellikleri		İşletme üretim yöntemi			
		Kafes sistemli işletmeler		Serbest gezinmeli aile işletmeleri	
		Adet	%	Adet	%
Mülkiyet durumu	Kira	-	-	5	11.36
	Kendisine ait	6	100	39	88.64
İşletme doğrultusu	Güneydoğu	6	100	22	50
	Güneybatı	-	-	12	27.28
	Kuzeydoğu	-	-	7	15.9
	Kuzeybatı	-	-	3	6.82
Mevcut kapasite (Tavuk sayısı)		2272500	78.63	40392	81.74
Toplam kapasite (Tavuk sayısı)		2890002	100	49412	100
Toplam kümes sayısı		26	100	47	100
İşletme alanı (m ²)		60406		5838	

İldeki toplam işletme sayısı, işletmelerin ilçelere göre dağılımları belirlendikten sonra, işletme sayısının örnekleme yapmaya yeterli olmaması nedeniyle veriler tam sayım yöntemiyle anket verileri, 2022 yılı Temmuz-Eylül döneminde yüz yüze görüşme yapılarak sağlanmıştır.

Afyon ilindeki işletmelerin mülkiyet durumuna bakıldığında %3.7'sinin kira, %5.6'sının ortak, %90.7'sinin mal sahibi olduğu, işletmelerde ortalama kurulu kapasitenin 72074 adet, ortalama kullanılan kapasitenin ise 47898 adet olduğunu tespit etmiştir (Cönk, 2006). Ordu ilinde ise; toplam kapasitenin 311800 adet ve kullanılan kapasitenin 250920 adet olduğu, bunların ise 111120'sinin yumurta üretimi, 139800'ünün ise etlik piliç üretimi yapan işletmeler olduğu belirlenmiştir (Köse & Durmuş, 2014). Hatay ilinde toplam kurulu tavukçuluk işletme kapasitesinin 104800 adet, kullanılan kapasitenin ise 83855 adet olduğu belirlenmiştir (Çimrin ve ark., 2019). Karaman ilinde yapılan çalışmada işletme doğrultusu olarak, %50'si kuzey-güney, %50'si ise doğu-batı doğrultusunda konumlandırılan toplam 10

adet işletmenin kapasitesinin 10000-100000 adet arasında değiştiği ve ortalama değer 38250 olduğu belirlenmiştir (Kocaman, 2010).

İşletmelerin Yapısal Özellikleri

Kahramanmaraş ilinde yumurta tavukçuluğu yapan işletmelerin yapısal özellikleri Çizelge 4'te verilmiştir. Ele alınan araştırma bölgesinde, kafes sistemli işletmelerin; yapı malzemesinin, %16.7'sinin betonarme, %83.3'ünün panel olduğu, çatı malzemesinin %100'ünün sandviç panelden oluştuğu ve tamamında yalıtım olduğu tespit edilmiştir. Serbest gezinmeli aile işletmelerinde; yapı malzemesinin, %2.54'ünün çadır, %68.18'inin betonarme ve %27.3'ünün panel olduğu, çatı malzemesinin %72.7'sinin trapez sac %15.9'unun panel, %6.8'inin betonarme olduğu ve %4.5'inin çatısız olduğu, işletmelerin %50'sinde yalıtım olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Kayseri ve Niğde illerinde yapılan araştırma da işletmelerin %43'ünde yalıtım bulunduğu broiler

işletmelerinde bu oranın %50, yumurtacı işletmelerde %36 olduğu tespit edilmiştir (Noyan, 1996). Karaman ilinde yapılan çalışmada ise; yapı malzemesi olarak işletmelerin %30'unda taş %70'inde betonarme

kullanıldığı, çatı malzemesi olarak işletmelerin %50'sinde eternit %50'sinde ise galvanizli sac kullanıldığı belirlenmiştir (Noyan,1996).

Çizelge 4. İşletmelerin yapısal özellikleri

Table 4. Structural characteristics of the enterprises

İşletme yapısal özellikleri		İşletme üretim yöntemi			
		Kafes sistemli işletmeler		Serbest gezinmeli aile işletmeleri	
		Adet	%	Adet	%
Yapı malzemesi	Çadır	-	-	2	2.54
	Betonarme	1	16.7	30	68.18
	Panel	5	83.3	12	27.3
Çatı malzemesi	Trapez sac	-	-	32	72.7
	Panel	6	100	7	15.9
	Betonarme	-	-	3	6.8
	Çatısız	-	-	2	4.5
Yalıtım durumu	Var	6	100	22	50
	Yok	-	-	22	50

İşletmelerin Üretim Özellikleri

Kahramanmaraş ilinde yumurta tavukçuluğu yapan işletmelerin üretim özellikleri Çizelge 5'de verilmiştir.

Araştırma bölgesinde, kafes sistemli işletmelerde; hibrit türlerinin %50'sinin Hy-Line, %33.33'ünün Lohman Brown ve %16.67'sinin Lohman Lite olduğu, tavukların değişim zamanının tümünde 81. haftadan sonra yapıldığı, hibritlerin %16.66'sının Afyon, Ankara, Bolu, Bursa, İzmir ve Marmara Bölgesinden temin edildiği, tamamının kendi yemini ürettiği,

%83.3'ünün ek yem verdiği, %50'sinin veteriner hizmetini dışarıdan aldığı ve %50'sinin kendi bünyesinde veteriner çalıştırdığı, tamamında günlük temizlik yapıldığı ve günlük tavuk başına verilen yem miktarı ortalamasının 122.50 gram olduğu saptanmıştır. Serbest gezinmeli aile işletmelerinde ise; toplam hibrit türlerinin, %42.11'inin Atak-S, %38.6'sının Lohman Brown, %10.53'ünün Lohman Sandy, %5.26'sının Leghorn, %1.75'inin Sussex ve %1.75'inin Tinted olduğu, tavukların değişim zamanının %34'ünde 70'inci haftadan önce, %54'ünde

Çizelge 5. İşletmelerin üretim özellikleri

Table 5. Production characteristics of the enterprises

İşletme üretim özellikleri		İşletme üretim yöntemi			
		Kafes sistemli işletmeler		Serbest gezinmeli aile işletmeleri	
		Adet	%	Adet	%
Hibrit türü	Atak-S	-	-	24	42.11
	Lohman Sandy	-	-	6	10.53
	Lohman Brown	2	33.33	22	38.6
	Sussex	-	-	1	1.75
	Leghorn	-	-	3	5.26
	Hy-Line	3	50	-	-
	Lohman Lite	1	16.67	-	-
	Tinted	-	-	1	1.75
Tavukların değişim zamanı	≤70 Hafta	-	-	15	34
	71-80 Hafta	-	-	24	54
	≥81 Hafta	6	100	5	12
Yarkaların temini	Afyon	1	16.66	10	22.72
	Ankara	1	16.66	17	38.65
	Bolu	1	16.66	-	-
	Bursa	1	16.66	-	-
	İzmir	1	16.66	-	-
	Kahramanmaraş	-	-	6	13.63
	Kayseri	-	-	11	25
	Marmara	1	16.66	-	-
Kendi yemini üretme	Evet	6	100	21	47.3
	Hayır	-	-	23	52.7
Yem takviyesi	Evet	5	83.3	44	100
	Hayır	1	16.7	-	-
Veteriner hizmeti	Dışarıdan	3	50	44	100
	Kendi bünyesinde	3	50	-	-
Kümes temizliği	Günlük	6	100	-	-
	≥ 1 Ay	-	-	44	100
Verilen yem ortalaması (g gün-tavuk ⁻¹)		122.50		121.59	

71 ile 80'inci haftalar arasında ve %12'sinde 80'inci haftadan sonra olduğu, hibritlerin %22.72'sinin Afyon, %38.65'inin Ankara, %13.63'ünün Kahramanmaraş ve %25'inin Kayseri illerinden temin edildiği, %47.3'ünün kendi yemini ürettiği, tamamının ek yem verdiği, tüm işletmelerin veteriner hizmetini dışardan aldığı, işletmelerin tamamında 1 ay ve daha fazla süre ile temizlik yapıldığı ve günlük tavuk başına verilen yem miktarı ortalamasının 121.59 gram olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5).

Afyon ilinde yapılan bir çalışmada işletmelerin %53.46'sının kendi yemini ürettiği, %46.51'inin yem üretimi yapmadığı belirlenmiştir (Akıncı ve ark., 2001b). Hatay ilinde yapılan çalışmada işletmelerde bulunan hibrit türlerinin %52.17 Atak-S, %34.78 Nick-Brown ve %13.04 Lohman olduğu, yarkaların temin edildiği yörelerin, %30.43 Ankara, %26.09 Konya, %8.70 Mersin ve %34.78 diğer iller olduğu, işletmelerin; %8.70'inin kendi yemini ürettiği, %91.3'ünün dışardan temin ettiği, %34.78'inin yem katkı maddesi kullandığı, %65.22'sinin katkı maddesi kullanmadığı bildirilmiştir (Çimrin ve ark., 2019). Kayseri ve Niğde ilinde yapılan çalışmada ise, hibrit türü olarak en çok (%76) Hy-Line tercih edilmiştir (Noyan, 1996). Çorum ilinde 32 işletmede yapılan çalışmaya göre; işletmelerin, %96.9'unda günlük tavuk başına verilen yem miktarının 100-120 gram, %3.1'inde 121-130 olduğu, %78.1'inin kendi yemini ürettiği, %21.9'unun yemi dışarıdan satın aldığı bildirilmiştir (Diker, 2015).

İşletmelerin Teknik Özellikleri

Kahramanmaraş ilinde yumurta tavukçuluğu yapan işletmelerin teknik özellikleri Çizelge 6'da verilmiştir. Ele alınan araştırma bölgesinde, kafes sistemli işletmelerin; tamamında otomasyon sistemlerin kullanıldığı, otomasyon sistemlerinin kullanım amacının, yemleme ve suluk, havalandırma ve ısıtma ile otomatik aydınlatma için olduğu, %83.3'ünde tavukların günlük rutin kontrollerinde, %66'sında yumurta gramajlarını ve yumurta paketlenme işlemleri için kullanıldığı, işletmelerin tamamında kümes çevre koşullarını izleme sistemlerinin olduğu, mevcut havalandırma sistemlerinin %83.3'ünün yapay havalandırma ve %16.7'sinin doğal + yapay havalandırma olduğu, fan sayısının işletmelerin %16.7'sinde 1-4, %83.3'ünde 9 ve üzeri olduğu, işletmelerde istenilen sıcaklık ortalamasının 25 °C ve istenilen nem ortalamasının %60 olduğu tespit edilmiştir. İşletmelerin; tamamında enerji kaynağının elektrik ve jeneratör olduğu, aylık ortalama elektrik tutarının 1001 TL ve üzeri olduğu, tüm işletmelerde zaman röleli aydınlatma kullanıldığı, kullanılan aydınlatma tipinin led olduğu, kümes içi aydınlatma süresinin tamamında 16-18 saat olduğu, kümeslerde kullanılan kafes tipinin %50'sinin batarya tipi,

%33.3'ünün düz yatay kafes ve %16.7'sinin kompakt tip olduğu, altlık türünün %83.3'ünde ızgara olduğu ve %16.7'sinde altlık olmadığı, kullanılan yemlik ve suluk türünün tamamında oluklu yemlik ve nipel suluk olduğu, hepsinde kullanılan su kaynağının şebeke suyu ve kuyu suyu olduğu, tümünde su kalite analizinin yapıldığı, hepsinde su deposu bulunduğu, biyogüvenlik ve iş güvenliği açısından tamamında maske ile eldiven takıldığı, kümes girişlerinde dezenfektanlı havuz ve kümese giriş-çıkışlarda buharlı dezenfektan sistemlerinin olduğu tespit edilmiştir. İşletmelerde çevresel faktör açısından kümeslerde biriken tavuk gübreleri değerlendirilme durumu incelendiğinde, işletmelerin %50'sinde gübre olarak, %16.7'sinde tekrar hayvan yemi olarak kullanıldığı, %50'sinde depo edilip pazarlandığı ve %50'sinde biyogaz tesisine satıldığı, üretilen yumurtaların paketlenme ve ambalajlaması işletmelerin %83.3'ünde makine ile ve %16.7'sinde manuel olarak yapıldığı, yumurtaların muhafaza edilmesi için işletmelerin %50'sinde soğuk hava deposunun bulunduğu saptanmıştır (Çizelge 6).

Serbest gezinmeli aile işletmelerinde; %70.5'inde otomasyon sistemlerinin kullanıldığı, otomasyon sistemlerinin kullanma amacının işletmelerin %20.5'inde yemleme ve suluk için, %43.1'inde ısıtma ve havalandırma sistemleri için, %65.9'unda otomatik aydınlatma sistemleri için, %4.54'ünde tavukların günlük rutin kontrolleri için ve %9'unda yumurta gramajlarını belirlemek için kullanıldığı, işletmelerin yarısında kümes çevre koşullarını izleme sistemlerinin kullanıldığı, havalandırma sistemlerinin işletmelerin %54.5'inde doğal havalandırma, %45.5'inde doğal + yapay havalandırma olduğu, işletmelerin; %54.5'inde fan kullanılmadığı, %40.9'unda fan sayısının 1-4 ve %4.5'inde 5-8 olduğu, %18.2'sinde havalandırma bacası olmadığı, %36.4'ünde havalandırma baca sayısının 1-8, %3.6'sında 9-15, %6.8'inde ise 16 ve üzeri olduğu, istenen ortam ortalama sıcaklığı ve neminin sırasıyla 25 °C ve %58 olduğu belirlenmiştir. İşletmelerin; %97.7'sinde enerji kaynağı olarak elektrik, %2.3'ünde elektrik ve GES (güneş enerji sistemleri) kullanıldığı, aylık ortalama elektrik tutarının %50'sinde 500TL ve altında, %29.5'inde 501-1000TL, %20.5'inde ise 1001TL ve üzerinde olduğu, %97.7'sinde zaman röleli aydınlatma yapıldığı, işletmelerin tamamında kullanılan aydınlatma tipinin led olduğu, günlük aydınlatma süresinin %59.1'inde 15 saat ve altında, %40.9'unda 16-18 saat olduğu, kullanılan altlık türünün %2.3'ünde ızgara, %70.5'inde talaş, %9.1'inde toprak ve %18.2'sinde ızgara + talaş olduğu, kullanılan yemlik türünün %20.5'inde oluklu yemlik ve %79.5'inde asmalı kovalı yemlik olduğu, kullanılan suluk tiplerinin %61.4'ünde nipel suluk ve %38.6'sında asmalı suluk olduğu, su kaynağının

Çizelge 6. İşletmelerin teknik özellikleri
Table 6. Technical characteristics of the enterprises

İşletme özellikleri		İşletme üretim yöntemi			
		Kafes sistemli işletmeler		Serbest gezinmeli aile işletmeleri	
		Adet	%	Adet	%
Otomasyon durumu	Var	6	100	31	70.5
	Yok	-	-	13	29.5
Otomasyon kullanım amacı	Yemleme ve suluk	6	100	9	20.5
	Isıtma ve havalandırma	6	100	19	43.1
	Otomatik aydınlatma	6	100	29	65.9
	Tavukların günlük kontrolü	5	83.3	2	4.54
	Yumurtaların gramaj tespiti	4	66	4	9
	Yumurtaların paketlenmesi	4	66	-	-
Kümes çevre koşullarını izleme sistemi	Var	6	100	22	50
	Yok	-	-	22	50
Mevcut havalandırma sistemi	Yapay havalandırma	5	83.3	-	-
	Doğal havalandırma	-	-	24	54.5
	Doğal + yapay havalandırma	1	16.7	20	45.5
Fan sayısı	Yok	0	-	24	54.5
	1-4	1	16.7	18	40.9
	5-8	-	-	2	4.5
	≥9	5	83.3	-	-
Havalandırma bacası sayısı	Baca yok	6	100	8	18.2
	1-8	-	-	16	36.4
	9-15	-	-	17	3.6
	≥16	-	-	3	6.8
Kümes içi istenilen sıcaklık ortalaması °C		25		25	
Kümes içi istenilen nem ortalaması (%)		60		58	
İşletme enerji kaynağı	Elektrik	-	-	43	97.7
	Elektrik + jeneratör	6	100	-	-
	Elektrik + GES	-	-	1	2.3
Ortalama elektrik tutarı (TL Ay ⁻¹)	≤500	-	-	22	50
	501-1000	-	-	13	29.5
	≥1001	6	100	9	20.5
Zaman röleli aydınlatma yapılıyor mu?	Evet	6	100	43	97.7
	Hayır	-	-	1	2.3
Aydınlatma tipi	Led	6	100	44	100
Aydınlatma süresi (saat)	≤15	-	-	26	59.1
	16-18	6	100	18	40.9
Kullanılan kafes tipi	Batarya tipi	3	50	-	-
	Düz yatay kafes	2	33.3	-	-
	Kompakt tip	1	16.7	-	-
Altlık türü	Izgara	5	83.3	1	2.3
	Talaş	-	-	31	70.5
	Toprak	-	-	4	9.1
	Izgara + talaş	-	-	8	18.2
	Altlık Yok	1	16.7	-	-
Yemlik türü	Oluklu yemlik	6	100	9	20.5
	Asma kovalı yemlik	-	-	35	79.5
Suluk tipleri	Nipel suluk	6	100	27	61.4
	Asmalı suluk	-	-	17	38.6
İşletme su kaynağı	Şebeke suyu	6	100	43	97.77
	Kuyu suyu	6	100	39	88.63
Su kalite analizi yapılıyor mu?	Evet	6	100	36	81.8
	Hayır	-	-	8	18.2
İşletmede su deposu var mı?	Evet	6	100	39	88.6
	Hayır	-	-	5	11.4
Biyogüvenlik ve iş güvenliği nasıl sağlanmaktadır?	Kümeslerde maske takılmaktadır	6	100	44	100
	Kümeslerde eldiven takılmaktadır	6	100	40	90
	Kümes girişinde dezenfektanlı havuz var	6	100	-	-
	Kümes giriş çıkışında buharlı dezenfekte sistemi uygulanmaktadır	6	100	-	-
Çevresel faktör açısından kümeslerde biriken tavuk gübreleri değerlendirilme durumu	Gübre olarak kullanılıyor	3	50	43	97.72
	Tekrar hayvan yemi olarak	1	16.7	1	2.28
	Depo edilip pazarlanıyor	3	50	9	20.45
	Biyogaz tesisine satılıyor	3	50	-	-
Yumurtaların paketlenme ve ambalajlanması	Makine ile	5	83.3	8	18.2
	Manuel	1	16.7	36	81.8
Yumurtaların muhafazası için soğuk hava deposu	Evet	3	50	3	6.8
	Hayır	3	50	41	93.2

%97.77'sinde şebeke suyu ve %88.63'ünde kuyu suyu olduğu, %81.82'sinde su kalite analizinin yapıldığı, %88.6'sında su deposunun olduğu, biyogüvenlik ve iş güvenliği açısından işletmelerin tamamında maske takıldığı ve %90'nında eldiven kullanıldığı tespit edilmiştir. İşletmelerde; çevresel faktör açısından kümeslerde biriken tavuk gübreleri değerlendirilme durumu incelendiğinde, %97.72'sinde gübre olarak, %2.28'inde tekrar hayvan yemi olarak kullanıldığı ve %20.45'inde depo edilip pazarlandığı, üretilen yumurtaların paketleme ve ambalajlaması ise %18.2'sinde makine ile ve %81.8'inde manuel olarak yapıldığı, yumurtaların muhafaza edilmesi için işletmelerin %93.2'sinde soğuk hava deposunun bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 6).

Afyon ilinde yapılan çalışmada, işletmelerde; %70.93'ünde doğal havalandırma sistemleri, %29.7'sinde doğal + mekanik havalandırma sistemleri kullanıldığı, kullanılan kafes tipinin %86.05'inde apartman tipi, %13.95'inde kaliforniya tipi olduğu, %37.21'inde jeneratör bulunduğu, %62.79'unda jeneratör bulunmadığı, içme su kaynağının %70.93'ünde kuyu suyu, %29.07'sinde şebeke suyu olduğu belirlenmiştir (Akıncı ve ark., 2001b). Kayseri ve Niğde illerinde yapılan çalışmada ise; yumurta tavuğu işletmelerinin tamamı kafes sistemli olup altlık kullanılmadığı, masrafsız olmasından dolayı kümeslerin %83'ünde doğal havalandırmanın kullanıldığı, %17'sinde ise kış mevsiminde havalandırma sorunu yaşandığından

mekanik + doğal havalandırma kullanıldığı tespit edilmiştir (Noyan, 1996).

Verilerin Analizi

Yumurta tavukçuluğu işletmelerinin üretim yöntemlerine göre; üretici, çalışan ve işletmelere ait bazı sürekli değişken özelliklerin istatistiksel karşılaştırılması yapılarak Çizelge 7'de verilmiştir.

Yapılan t-testi sonucunda, üretim yöntemlerine göre sürekli değişkenlerden; üretici deneyimi, kümes sayısı ve aydınlatma süresi ($P<0.01$) ile ortam sıcaklığında ($P<0.1$) istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmış, üretici yaşı, çalışan yaşı, çalışan deneyimi, yem tüketimi ve ortam neminde ise farklılık görülmemiştir. İşletmecilerin deneyim süreleri; kafes sistemli işletmelerde 12.67 yıl iken serbest gezinmeli aile işletmelerinde 5.09 yıl, kümes sayısı; kafes sistemli işletmelerde 4.33 adet iken serbest gezinmeli aile işletmelerinde 1.07 adet, yem ortalaması (g gün-tavuk⁻¹); kafes sistemli işletmelerde 122.50 iken serbest gezinmeli aile işletmelerinde 121.59, ortam sıcaklığı; kafes sistemli işletmelerde 24.67 °C iken serbest gezinmeli aile işletmelerinde 25.23 °C, ortam nemi; kafes sistemli işletmelerde %60.33 serbest gezinmeli aile işletmelerinde %57.73, aydınlatma süresi; kafes sistemli işletmelerde 18 saat, serbest gezinmeli aile işletmelerinde 14.68 saat olarak hesaplanmıştır (Çizelge 7).

Çizelge 7. Üretici, çalışan ve işletmelere ait bazı sürekli değişken özelliklerin karşılaştırılması

Table 7. Comparison of some continuously variable characteristics of the producers, employees and enterprises

Özellikler	İşletme üretim yöntemi					
	Kafes sistemli işletmeler		Serbest gezinmeli aile işletmeleri			
Sürekli değişkenler	Ortalama	Standart hata	Ortalama	Standart hata	t	P
Üretici özellikleri						
Yaş	44.83	2.926	46.23	1.069	-0.451	0.654
Deneyim	12.67	1.838	5.09	0.442	5.557	0***
Çalışan özellikleri						
Yaş	25.96	4.813	32.1	1.838	-1.295	0.201
Deneyim	3.50	0.658	3.17	0.220	0.512	0.611
İşletme özellikleri						
Kümes sayısı	4.33	2.092	1.07	0.038	4.488	0***
Yem ortalaması (g gün-tavuk ⁻¹)	122.50	3.594	121.59	0.857	0.343	0.733
Ortam sıcaklığı °C	24.67	0.333	25.23	0.130	-1.855	0.075*
Ortam nemi (%)	60.33	2.261	57.73	0.715	1.462	0.156
Aydınlatma süresi (saat)	18	1.238	14.68	0.233	4.327	0***

*: $P<0.10$, **: $P<0.05$, ***: $P<0.01$

SONUÇ ve ÖNERİLER

Kahramanmaraş ilinde faaliyet gösteren yumurta tavukçuluğu işletmelerinin büyük çoğunluğunun serbest gezinmeli aile işletmeleri olduğu belirlenmiştir. Bu tür işletmeler, hayvan refahını olumlu yönde etkileyebilmektedir. Örneğin, tavuklara doğal davranım özgürlüğü sağlamanın yanında, açık alanda gezmesinden dolayı tavukların kemik

dayanıklılığı artmakta, iyi bir tüy yapısı oluşmakta ve üretilen yumurtaların besin değeri de yükselmektedir (Yenilmez & Uruk, 2016). Ayrıca bu tür işletmelerin kurulum maliyetlerinin düşük olması ve tarıma elverişli olmayan arazilerde uygulanmasının yaygınlaştırılması ile kırsal kesimde yaşayan nüfusun kalkınmasına ve köyden kente göçün önlenmesine de katkı sağlanabilir. Bu

nedenlerden dolayı serbest gezinmeli aile işletmeleri devlet tarafından kayıt altına alınıp, hibe programları (işletme kurulumu ve ekipman) kapsamında destekler sağlanarak geliştirilmelidir.

Hassas bir üretim faaliyeti olan yumurta tavukçuluğunda daha sağlıklı ve verimli tavuklara sahip olabilmek için tavukların ortam şartları en uygun şekilde karşılanmalıdır. Kümes içi ortam havasında, solunum ve atıklardan kaynaklanan gazların verimi düşürüp tavukların sağlığını olumsuz etkilememesi için havalandırmanın uygun bir şekilde yapılması gerekmektedir. Yörede faaliyet gösteren kafes sistemli yumurta tavukçuluğu işletmelerin tamamında yalıtım bulunmakta, serbest gezinmeli aile işletmelerinin ise yarısında yalıtım bulunmaktadır. Tüm işletmelerde havalandırma sistemleri mevcuttur.

Kahramanmaraş ilinde faaliyet gösteren yumurta tavukçuluğu işletmelerinin neredeyse tamamı yemi dışardan satın almaktadır. Sürekli değişen yem fiyatları, yem maliyetlerinin artmasına sebep olmuştur. Yem fiyatları karşısında, yumurta fiyatlarında da artışa gidildiğinde ise yumurta satışlarının düşmesine sebebiyet verdiğinden yumurta fiyatlarında artışa gidilememektedir.

Kahramanmaraş ilinde kışları ılık ve yağışlı yazları sıcak ve kurak geçen Akdeniz iklimine sahip olmasından dolayı kış aylarında işletmelerde ısıtma sistemi kullanılmasına ihtiyaç duyulmamaktadır ve tavuklar için daha uygun ortam koşulları sağlanmaktadır. İklim koşulları bakımından tavuklar için uygun olmasından dolayı bölgedeki yumurta tavukçuluğu işletmelerine destek verilip işletme sayıları ve kapasiteleri artırılabilir.

Sonuç olarak, Kahramanmaraş ilindeki yumurta tavukçuluğu işletmelerinin büyük çoğunluğunu serbest gezinmeli aile işletmeleri oluşturmaktadır. Kümes kurulumu, hayvanların sevk ve idaresi konularında mühendislik hizmetlerinin alınarak işletmelerin kurulması ve yönetilmesi, serbest gezinmeli aile işletmelerinin ilgili bakanlık tarafından desteklenip, işletmelerin sayıları ve kapasiteleri artırılıp doğal üretime destek verilip, tarıma elverişsiz arazilerin değerlendirilmesi ve kırsal kesimde yaşayan nüfusun kalkınmasına katkı sağlanabilir. Böylece kırsaldan kente yapılan göç de önlenir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne (Proje No: 2022/3-2 YLS) ve anket yapılan yumurta tavukçuluğu işletme yöneticilerine teşekkür ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar, makaleye eşit oranda katkı sağlamış

olduklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Etik Onay

Bu çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır (izin no: 2018/22).

KAYNAKLAR

- Akinci, Z., Bayram, İ., & Özdemir, Ş. (2001a). Afyon İli Yumurta Tavukçuluğu II- İşletme Büyüklüğü ve Üretim Faktörleri. *YYÜ. Vet. Fak. Derg. 12*(1-2), 82-88.
- Akinci, Z., Bayram, İ., & Özdemir, Ş. (2001b). Afyon İli Yumurta Tavukçuluğu I- İşletme Büyüklüğü ve Yapısal Özellikleri. *YYÜ. Vet. Fak. Derg. 12*(1-2), 76-81.
- Akkaya, C.A., & İşgüzar, E. (2006). Isparta İli Merkez İlçesindeki Tavukçuluk İşletmelerinin Yapısal ve Donanımsal Yönden İncelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10*(2), 188-192.
- Aydın, F., & Çelen, M. (2017). GAP bölgesi yumurta tavukçuluğu işletmelerinin demografik ve sosyo-ekonomik yapısı. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, 7*(2/2), 107-117.
- Baş, T. (2008). *Anket. Anket Nasıl Hazırlanır? Nasıl Uygulanır? Nasıl Değerlendirilir?* (5. Baskı). Seçkin Yayıncılık, Ankara, 255 sy.
- Cönk, E. (2006). *Afyonkarahisar İli Merkez İlçe Yumurta Tavukçuluğu İşletmelerinin Yapısal Özellikleri ve İşletmelerde Karşılaşılan Sorunlar*. [Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Zootečni ve Hayvan Besleme Ana Bilim Dalı].
- Çiçekgil, Z., & Yazıcı, E. (2016). Türkiye'de Tavuk Yumurtası Mevcut Durumu ve Üretim Öngörüsü. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi, 22*(2), 26-34.
- Çimrin, T., Parlakay, O., Çopur Akpınar, G., Tapkı, N., & Yıldırım, H. (2019). Yumurta Tavukçuluğu İşletmeleri: Hatay İli Örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 22*(5), 787-793.
- Diker, F. (2015). *Yumurta Üretim ve Pazarlamasında Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri (Çorum İlçeğinde Bir Araştırma)*. [Yüksek Lisans Tezi. Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı].
- Doğan, N. (2017). *Konya İlinde Yumurta Tavukçuluğu Yapan İşletmelerin Teknik ve Ekonomik Analizi*. [Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Zootečni Anabilim Dalı].
- Frans, S., Stroebel, A., & Mayo, M. (2010). *The Role of Livestock in Developing Communities: Enhancing*

- Multifunctionality*. Co-published by The Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA), ISBN: 978-0-86886-7984, South Africa.
- Gülaç, Z.N. (2023). *Durum ve Tahmin Kumes Hayvancılığı*. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE). TEPGE Yayın No: 381, ISBN: 978-625-8451-66-5. Tarım ve Orman Bakanlığı, Çankaya, Ankara.
- Harchaoui, S., Blazy, V., Péchenart, E., & Wilfart, A. (2023). Challenges and opportunities for improving circularity in the poultry meat and egg sector: The case of France. *Resour Conserv Recy*. 193, 106963.
- Kaya, S.B., & Güçlü, B.K. (2023). Yumurta tavuğu karma yemlerine ilave edilen karahindiba ekstrelerinin performans ve yumurta kalitesine etkisi. *Erciyes Univ Vet Fak Derg*. 20(3), 178-185.
- Kayıkçıoğlu, M., & Soydan, İ. (2009). Yumurta Tüketimi ve Kardiyovasküler Sağlık. *Türk Kardiyol Dernek Araştırmaları*, 3, 353-357.
- Kocaman, İ. (2010). Karaman İli Merkez İlçedeki Yumurta Tavuğu Kumeslerinin Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi ve Geliştirilebilir Olanaklarının Araştırılması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(2), 179-186.
- Köse, B., & Durmuş, İ. (2014). Ordu İlindeki Tavukçuluk İşletmelerinin genel yapısı, Sorunları ve çözüm Önerileri. *Akademik Ziraat Dergisi*, 3(2), 89-94.
- Kurtaslan, T., & Çiçek, A. (2001). Çorum İlinde Yumurta Tavukçuluğu İşletmelerinin Ekonomik Yapısı ve Yumurta Üretiminin Ekonomik Analizi. *Gazi Osman Paşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18, 39-49.
- Nakip, M. (2006). *Pazarlama Araştırmaları Teknikleri ve (SPSS Destekli) Uygulamalar (Genişletilmiş 2.Basım)*. Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Nkukwana, T.T. (2018). Global poultry production: Current impact and future outlook on the South African poultry industry. *South African J. Anim. Sci.* 48(5), 869-884. <https://doi.org/10.4314/sajas.v48i5.7>.
- Noyan, M. (1996). *Niğde ve Kayseri İlleri Tavukçuluk İşletmelerinin Yapısal Özellikleri, Ekonomik Durumları, Sorunları ve Çözüm Yolları*. [Yüksek Lisans Tezi. MKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı].
- Özdamar, K. (2018). *Eğitim, Sağlık ve Sosyal Bilimler için SPSS Uygulamalı Temel İstatistik*. Nisan Kitabevi, Eskişehir. 224 sy.
- Rosegrant, M. W., Fernandez M., Sinha, A., Alder, J., Ahammad, H., de Fraiture, C., Eickhout, B., Fonseca, J., Huang, J., Koyama, O., Omezzine, A. M., Pingali, P., Ramirez, R., Ringler, C., Robinson Thomson, P., van Vuuren, D., & Yana-Shapiro, H. (2009). *Looking into the future of agriculture and AKST (Agricultural Knowledge Science and Technology)*. Agriculture at a Crossroads (eds. B.D. McIntyre, H.R. Herren, J. Wakhungu, R. Watson), Island Press, Washington DC. 307-376.
- Ruiz-Garcia, L., Lunadei, L., Barreiro, P., & Robla, I. (2009). A review of wireless sensor technologies and applications in agriculture and food industry: state of the art and current trends. *Sensors*, 9(6), 4728-4750. <https://doi.org/10.3390/s90604728>.
- Scholten, M.T., De Boer, I.J.M., Gremmen, B., & Lokhorst, C. (2013). Livestock farming with care: towards sustainable production of animal-source food. *NJAS: Wageningen J. Life Sci.* 66(1), 3-5.
- Şahin, A., & Yıldırım İ. (2001). Van İlinde Yumurta Tavukçuluğu Yapan İşletmelerin Ekonomik Analizi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(2), 57-66.
- Tekin, V.N. (2009). *SPSS Uygulamalı İstatistik Teknikleri (2. Baskı)*. Seçkin Yayıncılık, Ankara. 274 sy.
- Thornton, P., Owiyo, T., Kruska, R., Herrero, M., Kristjanson, P., Notenbaert, A., Bekele, N., & Omolo, A. (2006). *Mapping climate vulnerability and poverty in Africa*. Nairobi, Kenya: ILRI. <http://www.dfid.gov.uk/research/mapping-climate.pdf>.
- Tuğluk, E., & Yalçın C. (2002). Nevşehir İli Kozaklı İlçesinde Yumurta Tavukçuluğu İşletmelerinin Genel Yapısal Özellikleri ve Karşılaşılan Sorunlar. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 41-46.
- Wu, D., Di, Cui, D., Zhou, M., & Ying, Y. (2022). Information perception in modern poultry farming: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 199, 107-131. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107131>.
- Yenilmez, F., & Uruk, E. (2016). Free-Range Sistemi, Avantaj ve Dezavantajları. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5, 315-324.
- Yitbarek, M.B. (2019). Livestock and livestock product trends by 2050: a review. *Int. J. Anim. Res.* 4, 30.
- Yum-Bir Verileri (2021). Yumurta Tavukçuluğu Verileri. Yumurta Üreticileri Merkez Birliği. <https://www.yum-bir.org/UserFiles/File/Veri-2021.pdf> (Erişim tarihi: 19.12.2023).

Aşırı Dağılımlı Sayılabilir Verilerin GLMM ile Modellemesi

Adile TATLIYER TUNAZ✉

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Avşar Kampüsü, Onikişubat Kahramanmaraş
<https://orcid.org/0000-0002-4239-7072>
✉: atatliyer@ksu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, varyansın ortalamadan büyük olduğu Poisson dağılımlı verilerde, aşırı yayılım sorununun giderilmesidir. Bu amaçla Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) hayvancılık istatistiklerinden elde edilen, IBBS-1 düzeyinde arıcılık yapan işletme varlığına ilişkin 2004 yılı ile 2022 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Aşırı yayılım probleminin giderilmesi için, genelleştirilmiş doğrusal karma modellerde (GLMM) farklı model algoritmaları kullanılarak dört model oluşturulmuştur. Modellemelerde birinci model olarak aşırı yayılım durumu kontrol edilmiştir. Aşırı yayılım varlığı tespit edildikten sonra Poisson ve Negatif Binom dağılımı varsayımı ile birlikte modellere şansa bağlı etkiler ilave edilmiştir. Arıcılık yapan işletme varlığına ilişkin verilerde, aşırı yayılımın giderildiği modellerde (Model 2, 3, 4) sabit etki olan yıl etkisi önemsiz bulunurken, aşırı yayılımın görüldüğü Model 1'de yıl etkisi çok önemli bulunmuştur ($p<0.0001$). Modellemeler ise "Genelleştirilmiş Ki-Kare/Sd" uyum istatistiğine göre karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, aşırı yayılımın olduğu verilerde GLMM'de Negatif Binom dağılımının kullanılması ya da Poisson dağılımında şansa bağlı etkilerin modele dahil edilmesi aşırı yayılım sorununu ortadan kalkabilir.

Modelling Over-Dispersion Countable Data with GLMM

ABSTRACT

This scholarly investigation aims to surmount the predicament of over-dispersion in datasets with Poisson distributed that exhibit a variance larger than the mean. For the aforementioned objective, information regarding the number of beekeeping enterprises at the IBBS-1 level from the years 2004 to 2022, acquired from the TUIK's animal husbandry statistics, has been utilized. To address the issue of overdispersion, four distinct models were developed through the utilization of varied model algorithms within the framework of generalized linear mixed models (GLMM). As the first model in the modeling, overdispersions were checked. Upon identifying the presence of overdispersion, random effects were incorporated into the models with the premise of Poisson and Negative Binomial distribution. In analyzing the data about beekeeping enterprises, it was observed that the fixed effect (year) was found non-significant in the models wherein over-spread was eliminated (Models 2, 3, 4). Conversely, in Model 1 where over-spread was observed, the effect of year was found highly significant ($p<0.0001$). The models were compared using the "Generalized Chi-Square/Df" fit statistic. The utilization of the Negative Binomial distribution in the GLMM or the incorporation of random effects in the Poisson distribution within the model can effectively address the issue of overdispersion.

Atıf Şekli: Tathyer-Tunaz, A. (2024) Aşırı Dağılımlı Sayılabilir Verilerin GLMM ile Modellemesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(5), 1194-1201. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1357418>
To Cite : Tathyer-Tunaz, A. (2024). Modelling Over-Dispersion Countable Data with GLMM. *KSU J. Agric Nat* 27(5), 1194-1201. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1357418>

Biyometri

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 08.09.2023

Kabul Tarihi : 03.04.2024

Anahtar Kelimeler

GLMM

Aşırı yayılım

Poisson dağılım

Biometrics

Research Article

Article History

Received : 08.09.2023

Accepted : 03.04.2024

Keywords

GLMM

Overdispersion

Poisson distribution

GİRİŞ

Varyans analizinin temel faraziyelerinden başlıcaları: gözlemlerin ve hataların normal dağılması, varyansların homojenliği ve kovaryansın sıfır olması, ortalama ve varyansların bağımsızlığı ve son olarak da toplanabilirliğidir (Mendes, 2002). Bu faraziyelerden birinin ya da birkaçının sağlanmaması durumunda uygulanan istatistik analizde testin gücü zayıf olup, tahminlerin doğruluğu da yetersiz olmaktadır (Akbulut, 2024). Ancak çoğu araştırmalarda verilerin normal dağılmadığı durumlar görülebilmektedir. Örneğin, parsel başına yabancı ot sayısı (Poisson veya negatif binom), çimlenen tohumların yüzdesi (binom), çiçeklenme zamanı (üstel veya gama) gibi. Verilerin normal dağılmadığı durumda, varyans ortalamaya bağlı olmakla birlikte normallik varsayımı ihlal edilir ve dolayısı ile homojen varyans varsayımı da ihlal edilmiş olunur (Stroup, 2015). 2000'li yılların sonuna doğru, istatistiksel metodolojideki gelişmeler ve aynı zamanda bilgisayar teknolojisindeki patlayıcı artışla birlikte Genelleştirilmiş Doğrusal Karma Modeller (GLMM) ortaya çıkmıştır. GLMM, heterojen varyansa sahip olabilen, korelasyonlu ve normal dağılmayan verileri kapsayacak şekilde ANOVA teorisini genişletmiştir. Aynı zamanda GLMM, üstel dağılım ailesinde bulunan dağılımlara sahip olan sayımları ve oranları içeren tahmin edicilere verilen yanıtları bulmaya çalışır.

Sayımla elde edilen veriler, negatif olmayan, kesikli (integer) olup, sağa çarpık Poisson dağılımı göstermektedirler. Poisson dağılımında ortalama ve varyans birbirine eşittir. Ancak, uygulamada Poisson dağılımı gösteren verilerde, ortalama ve varyans kimi zaman eşit olamamaktadır. Çoğu veri analisti, Poisson dağılımı gösteren sayımla elde edilen verilere karekök transformasyonu ya da logaritmik transformasyon uygulamaktadır. Ancak, Stroup (2015) transformasyon uygulanmasının biyolojik verilerin doğasına ters düştüğünü bildirerek ortalama ve varyansın zoraki eşitlenmesinin problem oluşturduğunun altını çizmiştir. Poisson dağılımında, varyans ortalamadan büyük ise aşırı yayılım (overdispersion) sorunu ortaya çıkmaktadır (Stroup 2013). Sayımla elde edilen verilerde aşırı dağılıma neden olan sebepler: bağımlı değişkenin (sayımla elde edilmiş) varyansının çok büyük olması, gözlemlerin kümelenmesi ve aralarındaki heterojenlik, yanlış model kullanılması ve veri setinde çok sayıda sıfırın bulunması olarak gösterilebilir (Morel, 2014; Ser & Yeşilova, 2016). Aşırı dağılımın ihmal edilmesi durumunda, 1. Tip hata oranı artar ve güven aralıkları da yetersiz olmaktadır. Böyle bir durumda, Negatif Binom dağılımının kullanılması alternatif bir çözüm sunmaktadır. Poisson dağılımlı sayılarla elde edilen verilerinin istatistiksel analizinde, genelleştirilmiş doğrusal model (Generalized Linear

Model, GLM) veya şansa bağlı etkilerin modele eklenmesi ile geliştirilen genelleştirilmiş doğrusal karışık model (generalized linear mixed model, GLMM) yaklaşımları kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, sayımla elde edilmiş Poisson dağılımlı aşırı yayılım gösteren verilerin, genelleştirilmiş doğrusal karışık modellerle (generalized linear mixed model, GLMM) ile farklı algoritmalar kullanılarak aşırı yayılım sorununa çözüm üretmektir.

MATERYAL ve METOD

Bu çalışmanın verisini Türkiye İstatistik Kurumunun (TUIK) hayvancılık istatistikleri göstergelerinden elde edilmiş olup, IBBS-1 düzeyinde arıcılık yapan işletmelerin 2004 yılı ile 2022 yılları arasındaki sayıma dayalı veriler oluşturmuştur (TUIK, 2023).

İstatistik Analizler

Çalışmada, IBBS-1 düzeyindeki bölgeler (12 farklı bölge) ile yıllar (2004 ile 2022 yılları arası) bağımsız değişkenler olarak modele dahil edilirken, arıcılık yapan işletme sayısı ise bağımlı değişken olarak modele dahil edilmiştir.

Aşırı yayılım durumu

Poisson dağılımı " $Var(Y) = E(Y) = \mu$ " olarak ifade edilip ortalaması varyansına eşit olan bir dağılımdır. Ortalamanın varyanstan büyük ya da küçük olması dağılımın aşırı ya da az olması durumunu göstermektedir. Aşırı yayılım (overdispersion) durumunda " $Var(Y) > \mu$ " (varyans ortalamadan büyük) şeklinde ifade edilirken, az yayılda " $Var(Y) < \mu$ " (varyans ortalamadan küçük) şeklinde ifade edilir. Hilbe (2014), aşırı yayılımın veride birbiri ile ilişkili gözlemlerin olması durumunda ya da yine verideki heterojenlik durumu söz konusu olduğunda görülebildiğini bildirmiştir. Bununla birlikte, yayılım parametresi (ϕ) aşağıdaki gibi hesaplanır (Ser ve Yeşilova, 2016):

Yayılm parametresi (ya da ölçeklendirilmiş sapma) = Sapma (Devians)/serbestlik derecesi

Yukarıda bahsedilen ifadeye göre; Işık (2011) yayınladığı çalışmada $\phi > 1$ ise aşırı yayılım (overdispersion), $\phi < 1$ ise az yayılım (underdispersion), $\phi = 1$ ise aşırı yayılım olmadığını bildirmiştir. Bu çalışmada sadece aşırı yayılım gösterme eğilimi incelenmiştir.

Genelleştirilmiş Lineer Karma Model (GLMM)

Bağımlı değişkenin normal dağılım göstermediği durumda kullanılabilen Genelleştirilmiş Lineer Karma Modeller (Proc Glimmix), adından da

anlaşılabileceği gibi lineer modellerde sabit etkileri içeren lineer tahmin edicilere ek olarak şansa bağlı etkilerin de modele dahil edilmesi ile oluşturulan bir istatistiksel modeldir (Authement and Knauer, 2023). Diğer bir ifade ile GLMM, doğrusal karışık model ile genelleştirilmiş doğrusal modelin birleşimidir. GLMM' in genel formu şu şekildedir:

$$g(E(Y | u)) = X\beta + Zu \text{ veya}$$

$$E(Y | u) = g^{-1}(X\beta + Zu) = g^{-1}(\eta) = \mu;$$

$$E(u) = 0 \text{ ve } Var(u) = G \text{ şeklindedir.}$$

Burada; $Y(n \times 1)$ boyutlu gözlem değerleri vektörü, $X(n \times p)$ boyutlu sabit etkiler desen matrisi ve $Z(n \times q)$ boyutlu şansa bağlı etkiler desen matrisidir. $\beta(p \times 1)$ sabit etkiler katsayı vektörü ve $u(q \times 1)$ şansa bağlı etkiler katsayı vektörüdür. $g^{-1}(\cdot)$ ise türevlenebilen monoton link fonksiyonunun tersidir. Şansa bağlı etkiler çok değişkenli normal dağılıma sahip olup ortalaması 0, varyans-kovaryans matrisi G 'dir. Kısaca $u \sim MVN(0, G)$ şeklinde ifade edilir (Koç & Cengiz, 2012). Bağımlı değişken, dağılımı üstel aileden olduğu sürece sürekli, ikili, sayılı, sıralı, kategorik vb. olabilir. Üstel dağılım ailesi, sayım verileri için Poisson ve Negatif Binom; kesikli veriler için Binom, Bernoulli ve Geometrik; sürekli yanıt veri setinin incelenmesi için Gamma, Normal, Ters Gauss, Beta ve Üstel gibi uygun modelleme için değerli olan çok sayıda dağılımı içerir. (Dobson ve Barnett, 2008). Poisson süreci, sayısal verilerin stokastik farklarını teorik bir beklenti etrafında modellemek için başlangıç noktası olarak kullanılır. Modelin aşırı dağılımı, varyansın beklenen değişimine yönelik farklı model varsayımları nedeniyle dikkate alınmalıdır. İstatistiksel çıkarımların değeri açısından, bu varsayımların seçimi önemli sonuçlara sahiptir. Bu nedenle, negatif binom dağılım parametresi önerilmektedir çünkü bu yöntem, en yaygın kullanılan yaklaşımlarda varsayılan karesel ortalama-varyans ilişkilerini içeren çeşitli yöntemler tanımlar (Yirga ve ark., 2020)

Ortalama ve doğrusal tahminleyici arasındaki bağlantının fonksiyonu olarak ifade edilen link fonksiyonu hem Poisson dağılımda hem de negatif binom dağılımda “log” bağlantı fonksiyonu olarak kullanılmaktadır. Buna göre negatif binom ya da poisson dağılımlı regresyon modelinin ifadesi:

$$\log(\mu_i) = \sum_{j=1}^n B_0 + B_1 X_{i1} + \dots + B_j X_{ji} \text{ şeklindedir.}$$

Çalışmada, öncelikle veri setinin aşırı yayılım gösterip göstermediğine ilişkin uygulanan Model 1, “Poisson Dağılım Varsayımli Genelleştirilmiş Lineer Karma Model (Poisson Glimmix/ P-Glimmix)” olarak tanımlanmıştır. Model 1’de uygulanan algoritmalar, Stroup (2013) ile Gbur ve arkadaşlarının (2012) kendi

çalışmalarında kullandıkları algoritmalar.

Model 2, aşırı dağılıma alternatif çözüm getirebilen bir model olup, negatif binom dağılıma sahip bir modeldir ve “Negatif binom dağılım varsayımli Genelleştirilmiş Lineer Karma Model (Negative Binom Glimmix/NB-Glimmix)” olarak tanımlanmıştır (Yirga ve ark., 2020). Model 3 ve Model 4 de ise Model 1 ve Model 2’ye ilave olarak rastgele kesim ve eğim noktası eklenmiştir. Model 3 “Genelleştirilmiş Poisson Dağılım Varsayımli Genelleştirilmiş Lineer Karma Model (Poisson Glimmix/ GP-Glimmix)” ve Model 4 “Genelleştirilmiş Negatif Binom Dağılım Varsayımli Genelleştirilmiş Lineer Karma Model (Poisson Glimmix/ GNB-Glimmix)” olarak tanımlanmıştır.

SAS 9.4 yazılımı aracılığı ile “Proc Glimmix” prosedürü kullanılarak Genelleştirilmiş Karışık Doğrusal Modelde (GLMM) analizler yapılmıştır. GLMM’de iki farklı dağılımın kullanıldığı dört farklı modelde aşırı yayılımın belirlenmesi ve modellerin mukayesesi uyum iyiliği kriterlerine göre (genelleştirilmiş ki-kare/sd veya Pearson ki-kare/sd) kıyaslanmıştır. Hilbe (2014) çalışmasında, uyum iyiliği kriterlerinin 1’den büyük olmasının verinin aşırı dağılım gösterdiği anlamına geldiğini bildirmiştir. Bununla birlikte link fonksiyonunun yanlış tercih edilmesi, gözlemdeki değişkenliği (varyansı) fazla olması aşırı yayılımın sebeplerindendir (Gbur ve ark., 2012).

Genelleştirilmiş Lineer Karışık Modeller (GLMM) uygulanırken, veriler orijinal ölçekleriyle (veri ölçeği olarak) korunur. Ancak, ortalama değerlerin açıklayıcı değişkenlerin lineer fonksiyonundan tahmin edilmesi durumunda, bunlar model ölçeğinde kullanılır. Bu ölçekler arasında bir uyum sağlamak için, bir bağlantı fonksiyonu kullanılarak model ölçeğindeki ortalama değerler orijinal veri ölçeğine geri bağlanır. Bu metodoloji, orijinal ölçümleri doğrudan farklı bir ölçek düzeyine dönüştürmekten farklıdır (Dawis, 2020). Bununla birlikte, Proc glimmix içindeki dağılımların varsayılan bağlantı fonksiyonları Çizelge 1’de gösterilmiştir.

Çalışmada kullanılan modeller ise aşağıda belirtildiği gibidir. Öncelikle Model 1, aşırı yayılım durumunun belirlenmesi için kurulmuştur. Kategorik değişkenlerin (bölge ve yıl) tanımlanması için “Class” ifadesi kullanılmıştır. Bağımsız ve bağımlı değişkenlerin tanımlanması için ise “Model” ifadesi kullanılmıştır. Syntax kısmında belirtilen “Solution” ifadesi ise regresyon parametre tahminlerinin elde edilmesini sağlamaktadır. Verinin dağılımı için ise, “Dist=” opsiyonu ile birlikte bu opsiyondaki “link=” opsiyonunda da her dağılıma göre özelleştirilen bağlantı fonksiyonu tanımlanmaktadır (Çizelge 1 de ayrıntılı bir şekilde belirtilmiştir). Şansa bağlı değişkenlerin regresyon katsayıları için “Random” ifadesi tanımlanmıştır. Çalışmada bu modelde sadece

kesim (intercept) şansa bağlı olarak kabul edilmesinde dolayı, bu model algoritması aynı zamanda rasgele kesim noktası modelidir. Tekrarlanan (ardışık) ölçümlerin alındığı değişkeni

tanımlamak için ise “Subject” ifadesi kullanılmıştır. Kısaca modeller aşağıda belirtilen şekilde oluşturulmuştur.

Çizelge 1. Tarımsal denemelerde kullanılan ortak dağılımlar ve bağlantı fonksiyonları.

Table 1. Common distributions and link functions for agricultural experiments.

Distribution	Link Function	Syntax dist=	Syntax Link=
Beta	Logit	dist=beta	link=logit
Binomial	Logit	dist=binomial bin b	link=logit
Normal	Identity	dist=gaussian g normal n	link=identity id
Multinomial	Cumulative logit	dist=multinomial multi mult	link=cumlogit clogit
Negative binomial	Log	dist=negbinomial negbin nb	link=log
Poisson	Log	dist=poisson poi	link=log

Model 1: Aşırı yayılım durumunun belirlenmesi amacıyla kurulmuştur.

Model 2: Model 1’den farklı olarak verilerin Negatif Binom dağılımına sahip olduğu varsayılmıştır.

Model 3: Poisson dağılımı varsayımı altında “random” ifadesine, kesimin (intercept) yanı sıra bir şansa bağlı terim (yıl) daha eklenerek rasgele kesim ve eğim modeli oluşturulmuştur.

Model 4: Negatif Binom dağılımı varsayımı altında “random” ifadesine, kesimin (intercept) yanı sıra bir şansa bağlı terim (yıl) daha eklenerek rasgele kesim ve eğim modeli oluşturulmuştur.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada arıcılık yapan işletme sayısı verilerinin

her bölge için ortalama ve varyans değerlerine bakılmış ve Çizelge 2’de gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, her bölge için arıcılık yapan işletme sayısına ilişkin sayım yoluyla elde edilmiş veride varyansın ortalamadan büyük olduğu görülmüştür. Dolayısı ile aşırı bir dağılım söz konusudur. Şekil 1’de verilerin varyansının ortalamadan ne kadar uzakta olduğunu grafiksel gösterimi sunulmaktadır, Şekil 2’de ise verilerdeki büyük varyanstan dolayı dağılımın normal olmadığı hatta sağa çarpık olduğu görülmektedir. Araştırmacılar çoğu zaman normal dağılmayan verilere log transformasyonu uygulamaktadır. Ancak, Gbur ve arkadaşları (2012) çalışmalarında, log transformasyonun aşırı dağılıma bir çözüm olmadığını bildirmişlerdir.

Çizelge 2. Arıcılık yapan işletme sayısı verilerinin her bölge için ortalama ve varyansı

Table 2. Mean and variance of the number of beekeeping enterprises for each region

Region	M ± SE	Variance
Akdeniz	6496.68 ± 1018.25	19699943.90
Batı Anadolu	2240.21 ± 268.06	1365289.06
Batı Karadeniz	8024.11 ± 819.36	12755523.88
Batı Marmara	3704.11 ± 480.02	4377930.77
Doğu Karadeniz	7169.37 ± 1107.18	23291120.25
Doğu Marmara	3519.58 ± 415.57	3281190.48
Ege	3519.58 ± 415.57	3281190.48
Güneydoğu Anadolu	2973.26 ± 430.22	3516764.09
İstanbul	831.89 ± 146.40	407232.99
Kuzeydoğu Anadolu	3710.32 ± 463.35	4079105.67
Orta Anadolu	4582.63 ± 639.70	7775042.02
Ortadoğu Anadolu	4015.74 ± 557.93	5914499.87

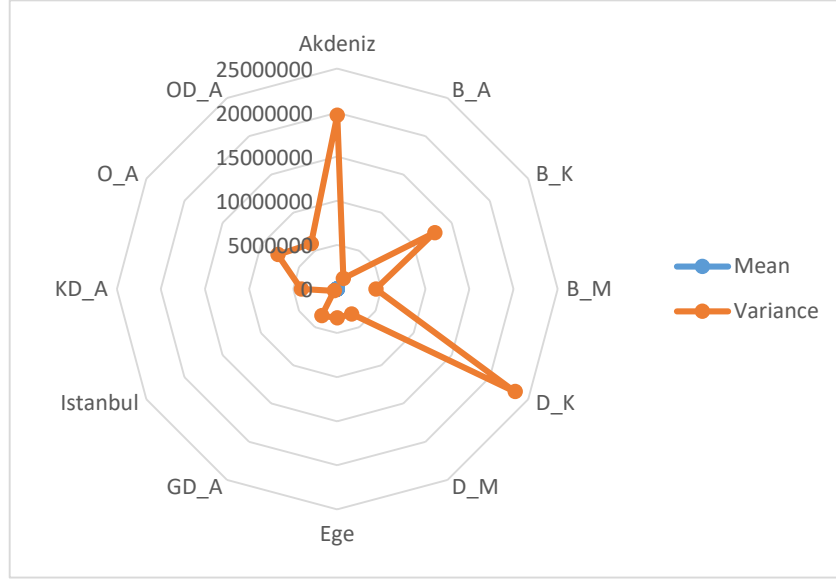
M: Mean (Ortalama); SE: Standard Error (Standart hata)

Çizelge 3’de de görüleceği üzere, Türkiye’de IBBS-1 düzeyine göre gruplandırılmış arıcılık yapan işletme verisinin aşırı yayılımına ilişkin sonuçlarda Model 2, 3 ve 4’deki uyum iyiliği istatistiklerinden elde edilen değerler Model 1’dekine göre oldukça düşüktür. Daha önce de bahsedildiği gibi Model 1, veri setinin aşırı dağılım dağılmadığına ilişkin oluşturulan bir modeldir. Poisson dağılımlı Model 1’deki uyum istatistiği (Genelleştirilmiş Ki-Kare/Sd değeri) 75.94

olup 1’den oldukça büyüktür ve dolayısıyla, dağılımın aşırı yayılım gösterdiği sonucuna varılmıştır. Dağılımın aşırı yayılım göstermesi durumunda alternatif bir yaklaşım olan Model 2’de negatif binom dağılıma göre model oluşturulmuştur. Model 2’de uyum istatistiği 1’e yaklaştı olup, aşırı dağılım sorunu ortadan kaldırılmıştır. Stroup (2013) ile Ser ve Yeşilova (2016), yaptıkları çalışmada, genelleştirilmiş lineer karma modellerde negatif

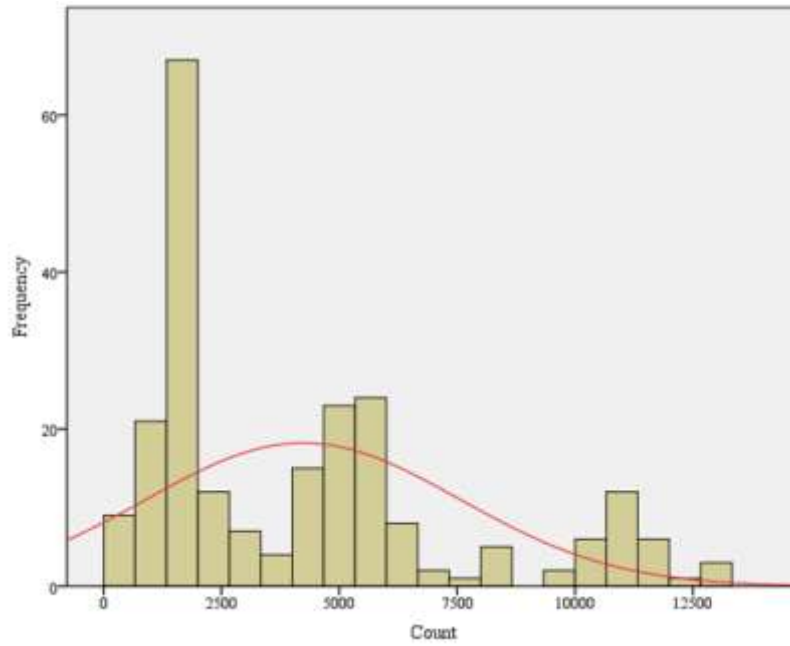
binom dağılımının kullanılması ile aşırı dağılım sorunun ortadan kalktığını bildirmişlerdir.

Araştırmacıların bildirdikleri bahsi geçen kanı, bu çalışmanın sonucu ile uyumludur.



B_A: Batı Anadolu, B_K: Batı Karadeniz, B_M: Batı Marmara, D_K: Doğu Karadeniz, D_M: Doğu Marmara, GD_A: Güneydoğu Anadolu, KD_A: Kuzeydoğu Anadolu, O_A: Orta Anadolu ve OD_A: Ortadoğu Anadolu bölgesi
Şekil 1. Her bölge için sayılabilir verilerin ortalama ve varyans arasındaki uzaklık ilişkisi

Figure1. Distance relationship between mean and variance of countable data for each region



Şekil 2. Aşırı yayılım gösteren sayılabilir verilerin histogram grafiği
Figure 2. Histogram plot of countable data showing overdispersion

Çizelge 3. Aşırı yayılım durumuna ilişkin uyum istatistiği sonuçları

Table 3. Fit statistic results for the case of overdispersion

Model	Dağılım	Uyum istatistiği	Hesap değeri
Model	Distribution	Fit statistics	P value
Model 1 (P-Glimmix)	Poisson	Genelleştirilmiş Ki-Kare/Sd1	75.94
Model 2 (NB-Glimmix)	Negatif Binom	Genelleştirilmiş Ki-Kare/Sd	1.02
Model 3 (GP-Glimmix)	Poisson	Genelleştirilmiş Ki-Kare/Sd	1.05
Model 4 (GNB-Glimmix)	Negatif Binom	Genelleştirilmiş Ki-Kare/Sd	1.05

SD: Serbestlik derecesi (Degrees of Freedom)

Az yayılım (underdispersion) gösteren Poisson verilerinde kullanılamayan Negatif binom dağılımı, verideki heterojenliği düzelten dağılıma sahiptir. Bu nedenle, aşırı yayılım problemine alternatif bir çözüm sunmaktadır (Hilbe, 2014).

Model 3 ve 4'de kesim (intercept) ile birlikte yıl etkisi şansa bağlı terim olarak modellere ilave edilmiştir. Çünkü Gbur ve ark. (2012), şansa bağlı etkilerden dolayı ortaya çıkan değişimin önemli olması durumunda, bu etkileri göz ardı etmek de aşırı yayılıma neden olduğunu bildirmiştir. Bu sebepten dolayı, Model 3 ve 4'de şansa bağlı etkiler dikkate alınmıştır. Şansa bağlı etkilerin dahil edildiği Model 3 ve 4'de Genelleştirilmiş Ki-Kare/Sd değeri aynı çıkmış olup 1'e yakındır.

Ser ve Yeşilova (2016), aşırı yayılım gösteren verilerde yaptıkları modellemelere integral

yaklaşımlarını da modele dahil etmişler, ancak çalışmalarında elde ettikleri sonuçlar az yayılım durumu ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada aşırı yayılım durumu incelendiğinden, integral yaklaşımları ihmal edilmiştir.

Çizelge 4'de GLMM ile yapılan dört farklı modelleme ile sabit etkilere ilişkin sonuçlar verilmiştir. Buna göre, Model 1'den elde edilen standart hatalar, Model 2, 3, ve 4'den oldukça küçüktür. Bu sonuç, Ser ve Yeşilova (2016) ile Koç ve arkadaşlarının (2013) yaptıkları çalışmalardan elde edilen sonuçlarla tutarlıdır. Bununla birlikte Koç ve ark. (2013), aşırı yayılım durumunda standart hataların küçük çıkabileceğini bildirmiştir. Bununla birlikte elde edilen sonuçlarda 2022 yılında sabit etkilere ait tahminler 0 olarak bulunmuş olup, Çizelge 4'de yer verilmemiştir.

Çizelge 4. Sabit etkilere ilişkin sonuçlar

Table 4. Results for fixed effects

Model 1 (P-Glimmix)				Model 2 (NB-Glimmix)			Model 3 (GP-Glimmix)			Model 4 (GNB-Glimmix)		
Y	E	SE	Pr > t	E	SE	Pr > t	E	SE	Pr > t	E	SE	Pr > t
Sabit	8.77	0.17	<.0001	8.79	0.18	<.0001	8.77	0.19	<.0001	8.78	0.19	<.0001
2004	-1.40	0.01	<.0001	-1.50	0.07	0.06	-1.45	0.08	0.052	-1.45	0.10	0.18
2005	-1.38	0.01	<.0001	-1.42	0.07	0.06	-1.43	0.08	0.054	-1.43	0.12	0.18
2006	-1.40	0.01	<.0001	-1.44	0.07	0.06	-1.45	0.08	0.051	-1.45	0.11	0.12
2007	-1.44	0.01	<.0001	-1.48	0.07	0.06	-1.48	0.08	0.053	-1.48	0.13	0.19
2008	-1.46	0.01	<.0001	-1.51	0.07	0.06	-1.50	0.07	0.051	-1.51	0.14	0.26
2009	-1.44	0.01	<.0001	-1.49	0.07	0.06	-1.49	0.07	0.054	-1.49	0.11	0.25
2010	-1.48	0.01	<.0001	-1.53	0.07	0.06	-1.52	0.07	0.055	-1.53	0.15	0.16
2011	-1.45	0.01	<.0001	-1.50	0.07	0.06	-1.49	0.07	0.054	-1.50	0.13	0.12
2012	-1.45	0.01	<.0001	-1.49	0.07	0.06	-1.49	0.07	0.051	-1.49	0.10	0.14
2013	-0.18	0.00	<.0001	-0.21	0.07	0.06	-0.22	0.07	0.057	-0.21	0.13	0.16
2014	-0.17	0.00	<.0001	-0.19	0.07	0.06	-0.18	0.07	0.056	-0.19	0.12	0.15
2015	-0.15	0.00	<.0001	-0.16	0.07	0.06	-0.16	0.07	0.053	-0.16	0.10	0.17
2016	-0.14	0.00	<.0001	-0.15	0.07	0.06	-0.15	0.07	0.052	-0.15	0.10	0.18
2017	-0.16	0.00	<.0001	-0.15	0.07	0.06	-0.15	0.07	0.055	-0.15	0.10	0.18
2018	-0.17	0.00	<.0001	-0.16	0.07	0.06	-0.16	0.07	0.051	-0.16	0.10	0.16
2019	-0.19	0.00	<.0001	-0.18	0.07	0.06	-0.18	0.07	0.054	-0.18	0.11	0.20
2020	-0.16	0.00	<.0001	-0.15	0.07	0.06	-0.15	0.07	0.053	-0.15	0.10	0.19
2021	-0.07	0.00	<.0001	-0.08	0.07	0.24	-0.08	0.07	0.26	-0.08	0.07	0.24

Y: Yıl (Year); E: Tahmin (Estimate); SE: Standart Hata (Standart Error)

Arıcılık yapan işletme varlığına ilişkin verilerde, aşırı yayılımın giderildiği modellerde (Model 2, 3, 4) sabit etki olan yıl etkisi önemsiz bulunurken, aşırı

yayılımın görüldüğü Model 1'de yıl etkisi çok önemli bulunmuştur ($P<0.0001$). Bununla birlikte, her dört model için en küçük kareler ortalamasına ait sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. En küçük kareler ortalamasına ait sonuçlar
Table 5. Least squares mean results

Y	Model 1 (P-Glimmix)				Model 2 (NB-Glimmix)				Model 3 (GP-Glimmix)				Model 4 (GNB-Glimmix)			
	Model (Log) Ölçeği		Veri ölçeği		Model (Log) Ölçeği		Veri ölçeği		Model (Log) Ölçeği		Veri ölçeği		Model (Log) Ölçeği		Veri ölçeği	
	E	SE	M	SEM	E	SE	M	SEM	E	SE	M	SEM	E	SE	M	SEM
2004	7.37	0.17	1584.85	273.93	7.34	0.19	1539.22	289.80	7.32	0.19	1513.81	288.82	7.34	0.19	1536.68	289.69
2005	7.39	0.17	1620.72	280.12	7.36	0.19	1578.80	297.25	7.35	0.19	1551.17	295.93	7.36	0.19	1575.98	297.10
2006	7.37	0.17	1593.94	275.50	7.34	0.19	1547.46	291.35	7.33	0.19	1524.59	290.87	7.34	0.19	1545.15	291.29
2007	7.34	0.17	1534.64	265.26	7.31	0.19	1487.66	280.10	7.29	0.19	1470.54	280.56	7.30	0.19	1485.91	280.13
2008	7.31	0.17	1501.60	259.55	7.28	0.19	1455.72	274.10	7.27	0.19	1439.21	274.59	7.28	0.19	1454.01	274.12
2009	7.33	0.17	1528.45	264.19	7.30	0.19	1474.57	277.64	7.29	0.19	1460.38	278.63	7.30	0.19	1473.11	277.72
2010	7.30	0.17	1474.24	254.82	7.26	0.19	1425.96	268.50	7.25	0.19	1414.54	269.88	7.26	0.19	1424.75	268.61
2011	7.32	0.17	1510.62	261.11	7.29	0.19	1468.84	276.56	7.28	0.19	1452.91	277.20	7.29	0.19	1467.23	276.61
2012	7.33	0.17	1520.30	262.78	7.30	0.19	1479.66	278.60	7.29	0.19	1464.46	279.40	7.30	0.19	1478.11	278.66
2013	8.60	0.17	5406.89	934.03	8.58	0.19	5300.07	997.23	8.56	0.19	5212.72	993.74	8.57	0.19	5291.26	996.84
2014	8.60	0.17	5457.68	942.80	8.60	0.19	5446.95	1024.85	8.59	0.19	5399.48	1029.33	8.60	0.19	5442.42	1025.31
2015	8.62	0.17	5568.64	961.96	8.63	0.19	5596.43	1052.97	8.62	0.19	5540.34	1056.17	8.63	0.19	5591.00	1053.29
2016	8.63	0.17	5611.43	969.35	8.64	0.19	5627.23	1058.77	8.63	0.19	5583.18	1064.34	8.63	0.19	5623.06	1059.33
2017	8.62	0.17	5527.39	954.84	8.64	0.19	5645.41	1062.18	8.63	0.19	5585.00	1064.68	8.64	0.19	5639.38	1062.40
2018	8.60	0.17	5456.73	942.64	8.63	0.19	5590.27	1051.81	8.62	0.19	5528.79	1053.97	8.63	0.19	5584.03	1051.97
2019	8.59	0.17	5353.04	924.73	8.61	0.19	5467.95	1028.80	8.60	0.19	5408.29	1031.00	8.61	0.19	5462.12	1029.02
2020	8.61	0.17	5512.47	952.26	8.64	0.19	5653.67	1063.74	8.63	0.19	5570.28	1061.87	8.64	0.19	5645.38	1063.53
2021	8.70	0.17	5998.26	1036.16	8.71	0.19	6056.73	1139.56	8.70	0.19	5990.90	1142.05	8.71	0.19	6050.43	1139.82
2022	8.77	0.17	6454.64	1114.98	8.79	0.19	6562.98	1234.78	8.78	0.19	6477.18	1234.73	8.79	0.19	6554.77	1234.81

Y: Yıl (Year); E: Tahmin (Estimate); SE: Standart Hata (Standart Error); M: Ortalama (Mean) ; SEM: Ortalamanın standart hatası (Standard Error Mean)

Çizelge 5’den elde edilen en küçük kareler ortalamasına ilişkin sonuçlar SAS yazılımındaki “lsmeans year/ ilink” opsiyonu kullanılarak elde edilmiştir. “ilink” ters bağlantı kodunu ifade etmektedir. Bu kodun modele dahil edilmesi ile, verinin orijinal ölçeğinden ortalama elde edilirken, delta metoduyla ortalamasının standart hatası (veri ölçeği) elde edilmektedir. Sabit etkilere ilişkin elde edilen sonuçlarda olduğu gibi, en küçük kareler ortalamasına ilişkin sonuçlarda da aşırı yayılım durumunda (Model 1) standart hatalar Model 2, 3, ve 4’e göre daha küçük olarak elde edilmiştir. log-bağlantı ölçeği olan Model ölçeğinden (η) elde edilen tahminlerle, veri ölçeğine (μ) ilişkin ortalamalar elde edilmektedir (Ser ve Yeşilova, 2016; SAS 2008). Bu çalışmada, Model 1’de 2004 yılı için $\eta = 7.37$ ve $\mu_{2004} = e^{\eta} = e^{7.37} = 1584.85$ ’dir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

GLMM’ler, üstel dağılımlardan birine sahip olan

bağımlı değişkenler için standart doğrusal modellerin kavramını genişletir. GLMM’ler üç bileşenden oluşmaktadır. Bunlar; bağımlı değişkeninin olasılık dağılımını belirleyen stokastik unsur, açıklayıcı değişkenler tarafından karakterize edilen doğrusal modeli gösteren sistematik bir bileşen olan doğrusal tahminleyici ve bağımlı değişkeninin ortalamasını bağımsız değişkenlerin doğrusal kombinasyonuna bağlayan bir bağlantı (link) fonksiyonudur. Dağılımlar için yaygın olarak kullanılan link fonksiyonları, birçok literatürde tartışılmaktadır (Gill ve Torres, 2019; Stroup, 2013). Genelleştirilmiş lineer karma modellerde parametreler maksimum olabilirlik prensiplerine dayanarak tahmin edilir. Modellerde bağımlı değişkene uygulanan çeşitli transformasyon yöntemleri, modelin bazı varsayımlarını (transforme edilmiş verilerin sabit varyanslı normal dağılıma sahip olduğu) karşılmasını sağlar. Ancak, transformasyonlar, regresyon modellerinde çoğunlukla zorlayıcı olabilmektedir, çünkü transformasyonlar bağımlı değişken ile kovaryanslar arasındaki ilişkiyi etkiler.

Hatta transformasyonlar değişkenler arasındaki ilişkinin ve dağılımın şeklini değiştirir ancak çoğu zaman modeli değiştirdiği algılanmamaktadır (Yirga ve ark., 2020). Transformasyon yönteminin seçimi ise araştırmacıların farklı düşünce şekline bağlı olarak da subjektif olabilmektedir.

GLMM'ler bu sorunlardan kaçınır çünkü veriler artık dönüştürülmez; bunun yerine, ortalamaların bir fonksiyonu, ortak değişkenlerin doğrusal bir kombinasyonu olarak modellenir (Gill ve Torres, 2019). Bazı durumlarda, örneğin, tahmin edilen katsayının büyük değerleri için, bir transformasyonun kullanılması, çıkarsamada GLMM'lerin ve Wald tipi istatistiklerin kullanılmasından daha etkilidir (Menard, 2002). Ancak genel olarak transformasyon yöntemleri GLMM'lerin karşısında zayıf kalmaktadır (AMFAR, 2015).

Bu yüzden bu çalışmada veriler transformasyona tabi tutulmadan arıcılık yapan işletme sayılarına ait verilerin zamana ve bölge etkilerine göre değişimi incelenmiştir. Genelleştirilmiş lineer karma modellerde (GLMM) Sas Proc Glimmix prosedürü kullanılarak dört farklı model oluşturulmuştur. Karışık etkili modeller olarak da adlandırılan boylamsal çalışmalar, ilgili zaman veya mekan boyunca bağımlı değişkendeki değişiklikleri ve farklı faktörlerin bu değişiklikler üzerindeki etkilerini incelemek için kullanılır.

Karışık etkili modellerde Genelleştirilmiş ki-kare/sd, Poisson modeli içindeki aşırı dağılımın değerlendirilmesi için iyi uyum istatistiğini verir. Poisson'un varyansı ve ortalaması eşit olduğundan, ölçek parametresi (α) 1'dir. Eğer Poisson varsayımı karşılanıyorsa, Genelleştirilmiş ki-kare/sd'nin 1'e yakın olması beklenir. Tahmini değeri olan 75.94 (Çizelge 3) aşırı dağılıma Poisson modeli altında sağlam bir göstergesidir. Aşırı dağılımın temel ve en önemli sonucu, Çizelge 4'de gösterildiği gibi SE'lerin ve test istatistiklerinin etkisidir. Aşırı dağılım gösteren verilerin analiz (Poisson modeli) sonuçları, yanlış tahminlere ve şişirilmiş test istatistiklerine neden olarak standart hataları yanlış bir şekilde tahmin etmiştir. Morel ve Neerchal (2012), çalışmasında " GLMM uyum sağlandığında aşırı dağılıma kontrol edilmelidir ve uyum sağlanan modelden elde edilen çıkarımların doğru olduğundan emin olunmalıdır." şeklinde açıklamada bulunmuştur. Aşırı dağılıma, kullanılan modelin yanlış olduğunu gösterir ve düzeltmeler gerektirmektedir. Bu istenmeyen sonuçları önlemek amacıyla GLMM'lerde en yaygın olarak kullanılan iki yaklaşım ise, standart hataları ve test istatistiklerini düzelterek modelde aşırı dağılıma bir düzeltme eklemek veya sayıları daha uygun şekilde yaklaşan farklı bir olasılık dağılımını gerektirir. Bu amaçla Poisson'un yerine bir alternatif olarak en önde gelen

aday olup ve makul ve önerilen diğer bir metodoloji olan negatif binom yaklaşımıdır. Çizelge 3'de Genelleştirilmiş ki-kare/sd'nin nasıl değiştirdiği gösterilmiştir (1.02). Elde edilen bu sonuç, Negatif binomun verilere Poisson modeline göre çok daha iyi uyduğunu gösterir. Aynı şekilde Poisson dağılımı ve negatif binom varsayımı altında "random" ifadesine, kesimin (intercept) yanı sıra bir şansa bağlı terim (yıl) daha eklenerek rasgele kesim ve eğim modeli oluşturulan modellerde (model 3 ve Model 4) aynı sonuçlar elde edilmiştir. Bununla birlikte, yapılan çalışmada aşırı dağılımı bertaraf etmek için uygulanan diğer modellerde Genelleştirilmiş ki-kare/sd'e görülen ani düşüş elde edilmiştir. Bu, aşırı dağılıma ile başa çıkmak için makul bir GLMM yaklaşımıdır.

Sonuç olarak, birçok alanda kullanılabilen Genelleştirilmiş lineer karma modeller (GLMM), genelleştirilmiş karma modeller ile karma modellerin kombine olarak birlikte kullanıldığı bir modeldir. Sayımla elde edilen verilerde aşırı yayılım varlığı Poisson dağılımı altında GLMM'de incelenebilir. Aşırı dağılım durumu olduğunda ise Poisson dağılıma alternatif olarak şansa bağlı etkilerin modele dahil edilmesi ve Negatif binom dağılımının kullanılması aşırı dağılım problemine çözüm olabilir.

KAYNAKLAR

- Akbulut, Ö. (2024). Bilimsel Makalelerde Raporlanması Önerilen Çıkarımsal İstatistikler. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 27(1), 238-247.
- AMFAR. (2015). The foundation for AIDS research. 'Statistics: Women and HIV/AIDS'. Retrieved from <https://www.amfar.org/about-hiv-and-aids/facts-and-stats/statistics--women-and-hiv-aids/>.
- Authement, M., & Knauer, M. (2023). Associations between sow body lesions with body condition and subsequent reproductive performance. *Open Journal of Veterinary Medicine*, 13, 111-121. doi:10.4236/ojvm.2023.137010.
- Davis, J. W. (2020). Introduction to generalized linear mixed models: a count data example. <https://site.caes.uga.edu> [Accessed: 14 December 2020].
- Dobson, A. J., & Barnett, A. G. (2008). An introduction to generalized linear models. London: Chapman and Hall/CRC.
- Gbur, E. E., Stroup, W. W., McCarter, K. S., Durham, S., Young, L. J., Christman, M., West, M., & Kramer, M. (2012). Analysis of generalized linear mixed models in the agricultural and natural resources sciences. Madison, WI, USA: ASA, CSSA and SSSA, Inc.
- Gill, J., & Torres, M. (2019). Generalized linear models: a unified approach. Sage Publications, Incorporated.
- Hilbe, J. M. (2014). Modelling count Data (1st ed.).

- New York: Cambridge University Press.
- Işık, F. (2011). Generalized Linear Mixed Models: An introduction for tree breeders and pathologists. Statistic Session class notes, Fourth International Workshop on the Genetics of Host-Parasite Interactions in Forestry, July 31 – August 5, Eugene, Oregon, USA.
- Koç, H., Cengiz, M. A., Koç, T., & Dündar, E. (2013). Aşırı yayımlı veriler için genelleştirilmiş Poisson karma modellerin hava kirliliği üzerine bir uygulaması. *International Anatolia Academic Online Journal Sciences Journal*, 1(2), 3-7.
- Koç, T., & Cengiz, M. A. (2012). Genelleştirilmiş lineer karma modellerde tahmin yöntemlerinin uygulamalı karşılaştırılması. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2(2), 47-52.
- Menard, S. (2002). Applied logistic regression analysis. Thousand Oaks: Sage.
- Mendeş, M. (2002). Normal dağılım ve varyansların homojenliği ön şartlarının gerçekleşmediği durumlarda varyans analizi tekniğinin yerine kullanılabilecek bazı parametrik testlerin I. Tip hata ve testin gücü bakımından irdelenmesi. (Tez no 120165). [Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Morel, J. G., & Neerchal, N. K. (2012). Overdispersion models in SAS. Cary: SAS Publishing.
- Morel, J. G. (2014). Analysis of data with overdispersion using the SAS system. Paper presented at SAS Global Forum, March 23-26, Washington, DC.
- Ser, G., & Yeşilova, A. (2016). Aşırı yayımlı veri setinin genelleştirilmiş doğrusal karışık model yaklaşımı kullanılarak değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(2), 266-273.
- Stroup, W. W. (2013). Generalized Linear Mixed Models: modern concepts, methods, and applications. New York: CRC Press.
- Stroup, W. W. (2015). Rethinking the analysis of non-normal data in plant and soil science. *Agronomy Journal*, 107(2), 811-827.
- Yirga, A. A., Melesse, S. F., Mwambi, H. G., & Ayele, D. G. (2020). Negative binomial mixed models for analyzing longitudinal CD4 count data. *Scientific Reports*, 10(1), 16742.

Hanehalkının Et Tüketim Alışkanlıkları ve Hayvan Refahı Hakkındaki Görüşlerinin Çoklu Uyum Analizi İle Değerlendirilmesi

Şenol ÇELİK¹, Tuğba TANMAN², Turgut AYGÜN³

¹Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Biyometri ve Genetik ABD, Bingöl, ² Bingöl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Zootečni ve Hayvan Besleme Bölümü, Bingöl, ³Bingöl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Zootečni ve Hayvan Besleme Bölümü, Bingöl

¹<https://orcid.org/0000-0001-5894-8986>, ²<https://orcid.org/0000-0003-1897-0630>, ³<https://orcid.org/0000-0002-0694-6628>

✉: senolcelik@bingol.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada hanehalkının et tüketimi tercihi, tüketim sıklığı ve tüketim miktarı ile hayvan refahı hakkındaki görüşleri bazı parametrik olmayan istatistik yöntemleri ve çoklu uyum analizi ile araştırılmıştır. Bingöl ilinde 600 kişiye anket uygulanmış olup, hanehalkının gelir durumu, mesleği, yaş grupları ve cinsiyete göre et tüketim alışkanlıkları ve hayvan refahı konusundaki görüşleri değerlendirilmiştir. Hayvan refahı hakkında hanehalkının görüşleri cinsiyet değişkenine göre Mann-Whitney U testi ile yaş grubu, meslek ve aylık gelire göre Kruskal-Wallis testi ile analiz edilmiştir. Kruskal-Wallis testi sonucunda yaş gruplarına göre “fiyat etiketinde refah bilgisi isteme durumu”, aylık gelire göre “kesime gönderilen hayvanların refahına dikkat edilmesi” ve mesleklere göre “hayvan refahına dikkat edilmesi durumunda fazladan ücret ödemeye razı olmak” ifadelerinin istatistiki olarak farklı oldukları saptanmıştır ($p<0.05$). Çoklu Uyum Analizi ile elde edilen sonuçlar görsel olarak daha detaylı ve açıklayıcı bir şekilde ifade edilmiştir. Gerek bu çalışmada gerekse Çoklu Uyum Analizi ve diğer istatistik yöntemlerle yapılmış başka çalışmalarda hanehalkının aylık geliri ve hayvancılık işletmelerine ücret ödenmesi gibi etkenlerin hayvan refahını olumlu yönde etkilediği saptanmıştır. Çoklu Uyum Analizi sonuçları ile hanehalkının et tüketim alışkanlıkları ve hayvan refahı konusundaki görüşleri hakkında fikir edinilmiştir. Değişik demografik ve sosyoekonomik kriterlere göre hanehalkının et tüketim tercihi ve alışkanlıkları daha bilinçli hale getirilebilir.

Zootečni

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 17.07.2023

Kabul Tarihi : 08.01.2024

Anahtar Kelimeler

Uyum analizi

Refah

Et tercihi

Evaluation of Households' Views on Meat Consumption Habits and Animal Welfare Using Multiple Correspondence Analysis

ABSTRACT

Aims: In this survey study, household opinions on meat consumption preference, consumption frequency and the amount of consumption, and animal welfare were investigated by using some Non-parametric statistical methods and Multiple Correspondence Analysis. A questionnaire was applied to 600 people in the province of Bingöl, household income status, profession, and meat consumption habits according to age groups and gender, and their approach to animal welfare opinions was evaluated. Household opinions about animal welfare were analyzed using the Mann-Whitney U test according to gender variable and the Kruskal-Wallis test according to age group, occupation, and monthly income. As a result of the Kruskal-Wallis test, "requesting welfare information on the price tag" according to age groups, "paying attention to the welfare of animals sent to slaughter" and "animal welfare information on the price tag" according to monthly income, and "paying the extra price for paying attention to animal welfare" according to occupations. It was determined that the opinions on the issues were statistically different ($p<0.05$). The results obtained with Multiple Correspondence Analysis are expressed visually in a more detailed and descriptive way. Both this study and other studies using Multiple Correspondence Analysis and other statistical methods have found that

Animal Science

Research Article

Article History

Received : 17.07.2023

Accepted : 08.01.2024

Keywords

Correspondence analysis

Welfare

Meat preference

factors such as the monthly income of the household and payment of wages to livestock enterprises positively affect animal welfare. With the results of Multiple Correspondence Analysis, an idea was obtained about the household's meat consumption habits and their views on animal welfare. Household meat consumption preferences and habits can be made more conscious according to different demographic and socioeconomic criteria.

- Atıf İçin :** Çelik, Ş., Tanman, T., & Aygün, T., (2024) Hanehalkının et tüketim alışkanlıkları ve hayvan refahı hakkındaki görüşlerinin çoklu uyum analizi ile değerlendirilmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (5), 1202-1216. DOI: 10.18016/ksutarimdoga.vi.1329484.
- To Cite:** Çelik, Ş., Tanman, T., & Aygün, T., (2024) Evaluation of households' views on meat consumption habits and animal welfare using multiple correspondence analysis. *KSU J. Agric Nat* 27 (5), 1202-1216. DOI: 10.18016/ksutarimdoga.vi.1329484.

GİRİŞ

Yeterli ve dengeli beslenme, toplumu oluşturan bireylerin yaşamlarını sağlıklı ve güçlü sürdürebilmesinde, refah düzeyinin artmasında, ekonomik ve kültürel açıdan gelişim sağlamasında gerekli temel koşullardan biridir (Alparıslan & Demirbaş, 2019; Çakmak ve ark., 2023). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 1984 yılı verilerine göre sağlıklı bir insanın günde tüketmesi gereken protein miktarı vücut ağırlığının her bir kilogramı için 1 gramdır. Alınan protein miktarının ise % 42'sinin hayvansal kökenli olması istenmektedir (FAO/WHO/UNU, 1985; TİGEM, 2022). Kırmızı et hayvansal protein kaynakları arasında, içerik bakımından kaliteli proteince zengin, vitamin, bazı mineraller (fosfor ve demir başta olmak üzere) yönünden yüksek biyolojik değere sahip, besleyici ve lezzetli bir gıda maddesi olması ile oldukça yüksek bir öneme sahiptir (Yıbar & Çetin, 2013).

Ülkelerin gelişmişlik düzeyleri ve yaşam standartlarının belirlenmesinde et tüketimi önemli bir parametredir. Gelişmişlik düzeyi artan ülkelerde proteinli gıdaların tüketimi artmakta, karbonhidratlı gıdaların tüketimi azalmaktadır (Sarıözkan ve ark., 2007; Saygın ve Demirbaş, 2018). Türkiye'de ise bitkisel kaynaklı gıda tüketimi daha çok tercih edilmektedir (Saygı & Bayhan, 2011).

Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü'nün (OECD) 2021 yılı verilerine göre dünyada kişi başına tüketilen toplam kırmızı et miktarı ortalama 19.84 kg/yıl, Türkiye'de ise 15.23 kg/yıl ile dünya ortalamasının altındadır. Bu oran Arjantin'de 48.62, Avusturya'da 44.48 ve ABD'de 50.23 kg/yıl ile dünya ortalamasının üzerindedir (OECD, 2023). Dünya ortalamasının üzerinde kırmızı et tüketimi olan ülkelerde kırmızı etin elde edildiği hayvan türü incelendiğinde bu miktarın büyük bir kısmının domuz etinden sağlandığı görülmektedir. Türkiye'de ise domuz eti tüketilmemektedir.

Coğrafi özellikleri bakımından büyükbaş ve küçükbaş hayvan yetiştiriciliğine elverişli olan Türkiye'de kişi başına düşen kırmızı et tüketiminin bu kadar düşük olmasının başlıca nedenleri ise kişi başına düşen

gelirin düşük olması, yıllık nüfus artışı, tüketici tercihleri, hazır gıda tüketiminin artması ve hayvan refahı sayılabilir (Taşkın ve ark., 2020).

Hayvan refahı kavramı; hayvanın kendi çevresiyle uyumlu olması, içinde yaşadığı çevreye acı çekmeden adapte olması, psikolojik ve fiziksel yönden sağlıklı olmasıdır (Koyuncu, 2007).

Hayvan refahı Türkiye'de çiftlik hayvanları yetiştirme sistemleri içinde yeni tanınmaktadır. Hayvan nakilleri bunun önemli bir parçasıdır ve Türkiye gibi büyük bir ülke için önemlidir (Karshoğlu Kara & Koyuncu, 2011).

Et kalitesi ve gıda güvenliği hayvan refahı ile yakından ilişkilidir. Yetersiz beslenme ve suya sınırlı erişim, değişken iklim şartları ve gürültüye maruz kalma, titreşimler ve toksinler gibi stres, yaralanma, yorgunluk ve hastalık potansiyeli taşıyan hayvan refahıyla ilgili endişeler arasındadır (Aktaş, 2020).

İnsanların kırmızı et tercihi konusunda sadece fiyat değil aynı zamanda kesimin yapıldığı ve ürünün işlendiği yerlere olan güven duygularının da dikkate alınması gerekir. Bu yüzden, kırmızı et üreten firmaların fiyattan ziyade etin satıldığı yer veya satış noktalarında hijyen, tazelik ve hayvan refahı gibi konulara daha fazla önem vermesi gerekmektedir (Taşkın ve ark., 2020).

Hayvan refahına dikkat edilmesi hem hayvanların yaşam kalitesini arttırmakta hem de tüketiciye daha fazla miktarda ve kaliteli ete ulaşma imkânı sağlamaktadır (Yıbar & Çetin, 2013). Refah parametrelerine uyum için yetiştirilen hayvanlara uygun çevre şartlarının sağlanması, sorumlu personele hayvan refahı üzerine düzenli eğitimler verilmesi, hayvanlar kesimhaneye getirilirken yükleme, nakil, bekletme ve kesim aşamalarında refah uygulamalarının en üst düzeyde tutulması gerekmektedir (Yıbar & Çetin, 2013).

Günümüzde insan sağlığının korunması ve gelecekte sağlıklı nesillerin yetiştirilebilmesi açısından sağlıklı ve dengeli beslenmenin önemi üzerinde durulmalıdır. Bu doğrultuda isabetli sonuçlar alabilmek için öncelikle bireylerin tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi ile doğru bir yol izlenebilir (Karakuş ve

ark., 2008). Türkiye’de kırmızı et tüketim tercihlerini ortaya koymak amacıyla çeşitli illerimizde çalışmalar yapılmıştır (Karakuş ve ark., 2008; Yaylak ve ark., 2010; Şeker ve ark., 2011; Akçay & Vatansever, 2013, Doğan, 2019, Alparslan & Demirbaş, 2019, Tunaz ve ark., 2022).

Bingöl ilinde 2022 yılı itibari ile 282 556 kişi bulunmaktadır (TÜİK, 2023a). Bingöl ilinde 2022 yılı itibari ile büyükbaş hayvan sayısı 119 672 baş ile Türkiye’deki büyükbaş hayvan sayısının % 0.70’ine, küçükbaş hayvan sayısı 668 994 baş ile Türkiye’deki küçükbaş hayvan varlığının % 1.19’ine dek gelmektedir (TÜİK, 2023b). Bingöl ilindeki toprak varlığının yaklaşık % 42’sini geniş mera alanları kaplamaktadır. Bu yönüyle de hayvansal ekonominin desteklenmesine büyük katkıları bulunmaktadır (Esen, 2017).

Bu araştırmanın amacı, Bingöl ilinde yaşayan tüketicilerin et tüketimi ve hayvan refahına ilişkin tutum ve davranışlarını etkileyen etkenlerin analiz edilmesi ve değerlendirilmesi, bu perspektif ile sorunların ve çözüm önerilerin tespit edilerek bölge ekonomisine katkı sağlanmasıdır.

MATERYAL ve METOD

Bingöl ilinde 2022 yılı Ekim-Kasım aylarında 600 hanehalkına yüz yüze anket uygulanmıştır. Ankete katılanlara demografik özellikleri ile et tüketim alışkanlıkları ve hayvan refahı ile ilgili sorular sorulmuştur. Örneklem hacminin belirlenmesinde uygun hata payı ve güvenilirlik sınırları içinde çalışılmıştır.

Örneklem Yöntemi:

Anketin uygulanması için gerekli gözlem sayısını belirlemek için aşağıdaki formül kullanıldı (Akbulut ve ark., 2015; Yıldız ve ark., 2020).

$$n = \frac{pqz_{\alpha/2}^2}{f^2}$$

Burada, z: Standart z dağılımının öngörülen $\alpha/2$ hata düzeyindeki teorik dağılım değeri, α : tahminin hatası, f: ($p \cdot P$) olarak örneklem oranı ile popülasyon oranı arasında öngörülen fark değeridir. Ayrıca p: A olayının gerçekleşme oranını, q: A olayının gerçekleşmeme oranını göstermektedir. Burada $p=0.50$, $q=0.50$, $z_{\alpha/2}^2 = 1.96^2$ ’dir. f değerinin maksimum 0.05 olabileceği varsayıldı. Bu değerler örneklem büyüklüğünü hesaplama formülünde yerine konulup hesaplandığında

$$n = \frac{pqz_{\alpha/2}^2}{f^2} = \frac{0.50 * 0.50 * 1.96^2}{0.05^2} = 384$$

olarak hesaplandı. Hesaplanan bu değer uygulanması gereken minimum anket sayısı olarak değerlendirildi. Ancak bazı anket sonuçlarının tutarsız ve geçersiz olabileceği düşünüldü ve daha fazla anket

hazırlanarak 600 hanehalkına uygulandı.

İstatistiksel Analizler

Kitle dağılımının normal olmadığı durumda iki örneklemli t testine karşılık parametrik olmayan testlerden biri olan Mann Mhitney U testi kullanılır (Miller ve Miller, 2006). Bu çalışmada kullanılan değişkenlere ait veri tipi sıralama düzeyinde ölçek şeklindedir ve t testinin varsayımı sağlanamamıştır. Hanehalkının hayvan refahı hakkındaki görüşleri cinsiyete göre incelendi ve Mann Mhitney U testi kullanılmıştır. Mann Mhitney U testine ait test istatistiği aşağıdaki gibidir.

$$U_1 = R_1 - \frac{n_1(n_1 + 1)}{2}$$

ve

$$U_2 = R_2 - \frac{n_2(n_2 + 1)}{2}$$

olmak üzere test istatistiği $U = \min\{U_1, U_2\}$ alınır (Miller & Miller, 2006). Burada R_1 : n_1 hacimli birinci örneklemde küçükten büyüğe sıralı olan rank numarası toplamı, R_2 : n_2 hacimli birinci örneklemde küçükten büyüğe sıralı olan rankların toplamıdır.

Halkın hayvan refahı hakkındaki görüşleri yaş grupları, aylık gelir ve mesleklere göre incelendi ve Kruskal-Wallis testi kullanıldı.

Kruskal-Wallis testi tek yönlü varyans analizinin parametrik olmayan karşılığıdır. Kruskal-Wallis (1952) tarafından önerilen test istatistiği

$$S = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n R_{ij}^2}{n_i} - 3(n+1)$$

şeklindedir. Burada R_i^2 : i. gruba ait sıra sayıları karesidir. Parametrik olmayan çoklu karşılaştırma için Tukey testi kullanılmıştır (Doğan & Doğan, 2014). Uyum analizi; iki veya daha fazla boyutlu, “kategorik hale getirilmiş değişkenlerin kategorileri arasındaki birlikte değişimleri, değişkenlerin kategorileri arasındaki Öklid uzaklıkları yardımıyla hesaplanan inertia değerleri (farklılaşma, varyans öğeleri) ile daha az boyutlu bir uzayda grafiksel gösterimi gerçekleştiren çok değişkenli analiz tekniğidir (Özdamar, 2013; Johnson & Wichern, 2007). Interia terimi Λ^2 ile gösterilir ve

$$\Lambda^2 = \sum_i r_i d_i^2$$

Formülü ile hesaplanır. Burada d_i i’ni noktanın merkeze olan ki-kare uzaklığı, r_i i’nci noktanın ağırlığını ifade eder (Alpar, 2013). Ki-kare testi, Fisher’in kesin olasılık testi, oran karşılaştırması, G istatistiği gibi testlerde kategorik değişkenlerin analizinde uygulanabilir. Çoklu Uyum Analizi çok büyük çapraz tabloların yapılarını araştırmada çok elverişlidir ve değişken kategorileri arasındaki ilişkileri analiz ederek çok boyutlu uzayda

göstermektedir.

Çoklu uyum analizi (multiple correspondence analysis) ise; uyum analizinin üç veya daha fazla değişkenle uygulanmasıdır. Çoklu uygunluk analizi, $r \times c \times m \times p \times t \dots$ şeklinde iç içe değişik biçimlerde çaprazlanan tablolarda yer alan değişkenlerin alt kategorileri arasındaki birlikteliği ve ilişkileri ortaya koymak için başvurulan bir yöntemdir (Özdamar, 2013; Roux & Rouanet, 2010). Yapılan analizde, değişkenler arası fark, bir kayıp fonksiyon ile verilir ve burada amaç kayıp fonksiyonunu minimum, değişkenler arası homojenliği maksimum yapmaktır (Aytaç ve Bayram, 2001).

Çalışmada kullanılan değişkenlerden cinsiyet=r, aylık gelir=c, yaş=m, meslek=p ve incelenen sorun (et tüketme sıklığı, hayvan refahı vb.) için görüşler=t olarak planlanmıştır. Değişkenlerin boyutları ise $r=2$, $c=5$, $m=5$, $p=6$ ve $t=4$ 'dir. Başlangıç matrisi (indicator matrix) oluşturulduktan sonra çoklu uyum analizinin uygulaması yapılır (Mendes, 2002). L ile gösterilen bu matris

$$L = \begin{bmatrix} 1 & \dots & 0 & 1 & \dots & 0 & 1 & \dots & 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 1 & 0 & \dots & 1 & 0 & \dots & 1 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix}_{600 \times 22}$$

şeklinde belirtilir. L matrisinin sütunlarında ele alınan değişkenlerin toplam seviye sayısı ($2+5+5+6+4=22$). Satırlarında ise ankete katılanların sayısı (gözlem birimi) (600) alınmıştır. Bu durumda L matrisi 600×22 boyutlu bir matris oluşur. L matrisi, anketlerde bulunan değişkenlerin kategorileri için 1, diğerleri için 0 kodu verilerek oluşturulur. Bu durumda L matrisinde satır toplamaları bir değişkenin kategorileri içerisinde l'e, tüm kategoriler içerisinde ise değişken sayısına eşit olur. L matrisinin analiz edilmesinde, bu matrisin iç çarpımlarından oluşan Burt matrisi denilen matris esas alınmıştır (Gifi 1990; Mendes 2002). Bu matris;

$$B=L'L$$

eşitliği ile elde edilir. Burt matrisinin çözümü

$$C'_B B C_B = U \Lambda U'$$

şeklinde tekil değer parçalanması (singular value decomposition) yöntemi ile yapılır. Bu eşitlik ile ele alınan bütün değişkenlerin seviyeleri için birlikte çözüm kümesi elde edilir (Gifi, 1990). Son eşitlikte Λ , köşegen elemanları öz değerleri temsil eden s boyutlu köşegen matris, U; d denemedeki kategorik değişkenlerin toplam seviye sayısını (22) göstermek üzere; $d \times s$ boyutlu sütunları öz vektörlerden oluşan bir matristir, s ise, Burt matrisinin rankıdır. Eşitlikteki C_B matrisi ise P değişken sayısı olan denklem aşağıdaki şekilde yazılabilir. Çalışmada ayrı ayrı ele alınan C_r , C_c , C_m , C_p , C_t gibi 5 tane kodlanmış değişken kullanıldığından; Burt matrisinin

köşegen (diyagonal elemanları) elemanlarıdır.

$$C_B = P \begin{bmatrix} C_r & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C_c & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & C_m & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C_p & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & C_t \end{bmatrix}$$

Bu analiz grafiksel bir teknik olduğundan dolayı gerek satırlar gerekse sütunlar açısından aykırı (outlier) değerlere karşı oldukça duyarlıdır (Bayram, 2000). Çoklu uyum analizinde verilerin dağılımıyla ilgili bir varsayım olmadığından model kurulmamakta, sadece elde edilen bulgular haritalar üzerinde incelenerek yorumlanabilmektedir (Behdioğlu, 2000). Verilerin analizi SPSS 25.0 istatistik paket programı ile yapılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Ankete katılanların demografik özellikleri ve hayvan refahı hakkında görüşlerini içeren bilgiler Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çizelge 1 incelendiğinde ankete 358 erkek (%59.7) ve 242 kadın (%40.3) olmak üzere toplam 600 kişi katılmış olup bunların %62.8'i Bingöllü ve %37.2'si Bingöl dışındandır. Ankete katılanların büyük çoğunluğu 40 yaş ve altı bireylerden oluşmaktadır. 169 kişi (%28.2) 18-23 yaş aralığında, 151 kişi (%25.2) 24-30 yaş arası ve 163 kişi (%27.2) 31-40 yaş arası katılımcılardan oluşmaktadır. Hanehalkı mevcudunun yarıya yakını 291'i (%48.5) 5-7 kişiden ibarettir. Bunu 186 (%31) ile 2-4 kişilik hanehalkı izlemektedir. Aylık geliri en yüksek olanlar sırasıyla 5001-8000 TL (%34.8), 8001-17000 TL (%33) ve 5000 TL ve daha az (%20.8) gelir gruplarıdır. Ankete katılım sağlayanların meslekleri sırasıyla memur (%21), serbest meslek (%20.8) ve esnaftır (%18). Ankete katılanların 246'sı (%41) kırmızı et, 187'si (%31.2) bütün et türleri, 108'i (%18) tavuk eti ve 48'i (%8) balık eti tüketirken, 11 kişi (%1.8) hiç et tüketmediğini ifade etmiştir. Ankete cevap verenlerin %26.8'i "kesime gönderilen hayvanın refahına dikkat edilmesi", %53'ü "hayvan refahına dikkat edilmesinde fazladan ücret ödeme" ve %66.2'si "fiyat etiketinde hayvan refahı bilgisi isteme durumu" hususlarında olumlu görüş bildirmişlerdir. Şeker ve ark. (2011)'in Elazığ ilinde 463 kişiye uygulanan anket sonucunda katılımcıların %53.3'ü hayvan refahı kriterlerine uygun bir şekilde yetiştirilmiş hayvanlardan elde edilen ürünler için fazladan ücret ödemeyi kabul etmişlerdir. Bu çalışma sonucuyla aynı değere sahiptir. Diğer bir çalışmada, Mersin'de 100 kişiye uygulanan anket neticesinde hayvan refahına uygun bir şekilde yetiştirilmiş hayvanlardan elde edilen ürünler için fazladan ücret ödeme hususunda katılımcıların %52'si uygun görmüştür (Kaygısız ve ark., 2022) ve bu çalışma sonucuyla uyum içindedir.

Cinsiyete göre hanehalkının hayvan refahı hakkındaki görüşleri Mann-Whitney U testi ile incelenmiştir ve elde edilen sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 1. Demografik ve hayvan refahı görüşlerine ait bilgiler
Table 1. Information on demographic and animal welfare views

Değişkenler	n	%	Değişkenler	n	%
Cinsiyet			Memleketi		
Kadın	242	40.3	Bingöl	377	62.8
Erkek	358	59.7	Diğer	223	37.2
Toplam	600	100	Toplam	600	100
Yaş			Tükettikleri et türü		
18-23	169	28.2	Balık eti	48	8
24-30	151	25.2	Tavuk eti	108	18
31-40	163	27.2	Kırmızı et	246	41
41-50	78	13	Hepsi	187	31.2
51 ve üstü	39	6.5	Et tüketmiyorum	11	1.8
Toplam	600	100	Toplam	600	100
Hanehalkı büyüklüğü			Kesime gönderilen hayvanın refahına dikkat edilmesi		
2-4	186	31	Evet	161	26.8
5-7	291	48.5	Hayır	233	38.8
8-10	99	16.5	Fikrim yok	206	34.3
10 dan fazla	24	4	Toplam	600	100
Toplam	600	100	Hayvan refahına dikkat edilmesinde fazladan ücret ödeme		
Gelir durumu			Event	318	53
5000 ve daha az	125	20.8	Hayır	282	47
5001-8000	209	34.8	Toplam	600	100
8001-17000	198	33	Fiyat etiketinde refah bilgisi isteme durumu		
17001-25000	48	8	Evet	397	66.2
25001 ve üstü	20	3.3	Hayır	50	8.3
Toplam	600	100	Fark etmez	109	18.2
Meslek			Fikrim yok	44	7.4
Serbest	125	20.8	Toplam	600	100
Memur	126	21			
İşçi	84	14			
Esnaf	108	18			
Öğrenci	81	13.5			
Diğer	76	12.7			
Toplam	600	100			

Çizelge 2. Mann-Whitney U testi sonuçları
Table 2. Mann-Whitney U test results

Değişkenler	Mann-Whitney U	Z	p
Kesime gönderilen hayvanların refahına dikkat edilmesi	40985.5	-1.193	0.233
Hayvan refahına dikkat edilmesinde fazladan ücret ödemek	38247.5	-2.814	0.005
Fiyat etiketinde hayvan refahı bilgisinin istenmesi	39473	-2.201	0.028

Çizelge 2’de görüldüğü gibi, Mann-Whitney U testi sonucunda “Kesime gönderilen hayvanların refahına dikkat edilmesi” hakkındaki görüşler cinsiyete göre önemli farklılık göstermezken, “Hayvan refahına

dikkat edilmesinde fazladan ücret ödemek” ve “Fiyat etiketinde refah bilgisi isteme durumu” hakkındaki görüşler cinsiyete göre istatistiksel olarak önemli farklılık göstermiştir ($p<0.01$ ve $p<0.05$). Şeker ve ark. (2011)’nın Elazığ’da 463 kişiye uyguladığı ankette katılımcıların %80’inden fazlası, kırmızı et ürünleri satın alırken ürün etiketinde “hayvan refahına uygun

şartlarda yetiştirilmiş hayvanlardan üretilmiştir” konusunda olumlu görüş bildirmişlerdir.

Yaş grupları, aylık gelir ve mesleklere göre halkın hayvan refahı hakkındaki görüşleri Kruskal-Wallis testi ile değerlendirilmiştir ve elde edilen sonuçlar Çizelge 3’te gösterilmiştir.

Çizelge 3. Kruskal-Wallis testi sonuçları

Table 3. Kruskal-Wallis test results

Yaş grupları			
Değişkenler	Kruskal-Wallis H	sd	p
Kesime gönderilen hayvanların refahına dikkat edilmesi	5.682	4	0.224
Hayvan refahına dikkat edilmesinde fazladan ücret ödemek	2.112	4	0.715
Fiyat etiketinde refah bilgisi isteme durumu	12.152	4	0.016
Aylık gelir			
Değişkenler	Kruskal-Wallis H	df	p
Kesime gönderilen hayvanların refahına dikkat edilmesi	13.4	4	0.009
Hayvan refahına dikkat edilmesinde fazladan ücret ödemek	29.407	4	0.001
Fiyat etiketinde refah bilgisi isteme durumu	7.834	4	0.098
Meslek			
Değişkenler	Kruskal-Wallis H	df	p
Kesime gönderilen hayvanların refahına dikkat edilmesi	6.113	5	0.295
Hayvan refahına dikkat edilmesinde fazladan ücret ödemek	13.807	5	0.017
Fiyat etiketinde refah bilgisi isteme durumu	6.068	5	0.300

sd: serbestlik derecesi, p: Anlamlılık düzeyi

Yaş gruplarına göre “Kesime gönderilen hayvanların refahına dikkat edilmesi” ve “Hayvan refahına dikkat edilmesinde fazladan ücret ödemek” hususundaki görüş farklılıkları önemsiz iken, “Fiyat etiketinde refah bilgisi isteme durumu” hususundaki görüş farklılıkları önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Aylık gelire göre bunun tam tersi olarak “Fiyat etiketinde refah bilgisi isteme durumu” hakkında görüş ve düşüncelerin farklılıkları önemsiz iken “Kesime gönderilen hayvanların refahına dikkat edilmesi” ve “Hayvan refahına dikkat edilmesinde fazladan ücret ödemek” hususundaki görüş farklılıkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$ ve $p<0.01$). Katılımcıların mesleklerine göre ise “Hayvan refahına dikkat edilmesinde fazladan ücret ödemek” hususu istatistiksel olarak önemli farklılık gösterirken ($p<0.05$) diğer değişkenler önemsiz bulunmuştur.

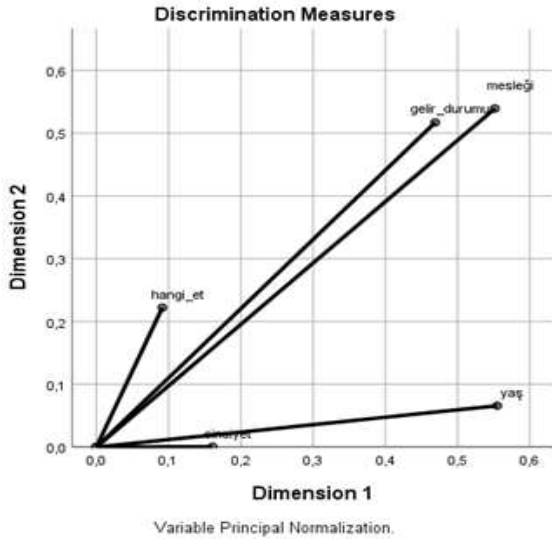
Torgut ve ark. (2019)’nın çalışmasında, Türkiye’de işletmelerde hayvancılık desteklemelerinin etkileri değerlendirilmiş ve Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Analiz sonucunda hayvancılık desteklemelerinin işletme büyüklüğüne göre etkisi istatistiki açıdan anlamlı bulunmuştur. Bu çalışma sonuçlarından farklı olarak diğer bir çalışmada hayvan nakilleri sırasında ölüm oranlarının artmasının, hayvanlarda ağırlık kaybı ve etlerin kalitesinde azalma gibi hayvan refahı standartlarının göz ardı edilmesinden kaynaklanan problemler hayvan refahı kurallarının önemini ortaya koymuştur. Üretim sürecinde hayvanların işletmeden işletmeye

veya işletmeden kesimhaneye taşınmasında yükleme yoğunluğu, nakil süresi, yükleme ve boşaltma rampaları ve araç özellikleri gibi çeşitli koşullar hayvan refahına etkili olmuştur (Karşoğlu Kara & Koyuncu, 2011). Üreticilerin yaklaşık 1/3’ünün yeterli olmayan barınak büyüklüğünde hayvanlarını barındırmaları verimlilik ve hayvan refahı bakımından olumsuzluğa neden olmuştur (Güven ve Yavuz, 2020). Ünal ve ark. (2008)’in çalışmasında, yükleme ve hayvanların nakile alışık olmaması, nakil süresinin uzun olması gibi koşullar hayvanlarda refahın kötüleşmesine neden olmuştur.

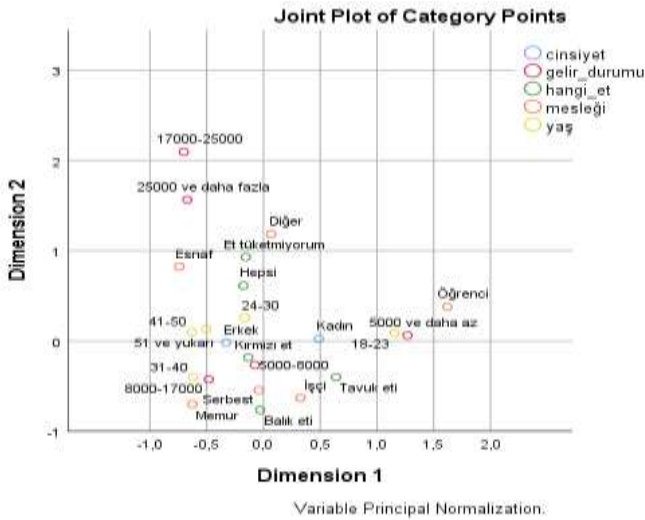
Yukarıda bahsedildiği gibi hanehalklarının et tüketim tercihi ve hayvan refahı hakkındaki görüşlerini değerlendirmek için çoklu uyum (correspondence) analizi uygulanmıştır. Çoklu uyum analizi sonuçları aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

Hanehalkının cinsiyet, yaş grubu, aylık gelir, meslek ve et tüketim tercihiye ait ayırma ölçülerine ilişkin grafik Şekil 1’de sunulmuştur. Ayırma ölçüleri iki boyutta incelenir. İki boyut tüm değişkenliği açıklamaktadır. Ayrıca çok boyutlu uzayda olan veriden çok fazla bilgi kaybı olmadan veriyi, düşük boyutlu uzayda açıklamaya çalışmaktadır (Suner ve Çelikoğlu, 2008). Şekil 1’e göre, meslek ve gelir durumu değişkenleri hem birinci hem de ikinci boyutta çok yüksek ayırma ölçüsüne sahiptir ve her iki boyutta da yayılım göstermektedir. Yaş grubu değişkeni birinci boyutta yüksek, ikinci boyutta düşük, cinsiyet ve et türü değişkenleri her iki boyutta da düşük ayırma

ölçüsüne sahiptir. Bu değişkenler dikkate alındığında, Kızılaslan ve Nalinci (2013a)'ün çalışmasında, yaş, gelir düzeyi, cinsiyet ve meslek gibi değişkenlerle kırmızı et tüketimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur ve bu çalışma bulguları ile uyum içindedir. Bununla ilgili çoklu uyum analizi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Ayırma ölçülerine ait grafik (Tüketilen et türü)
Figure 1. Graphic of separation measures (Type of meat consumed)

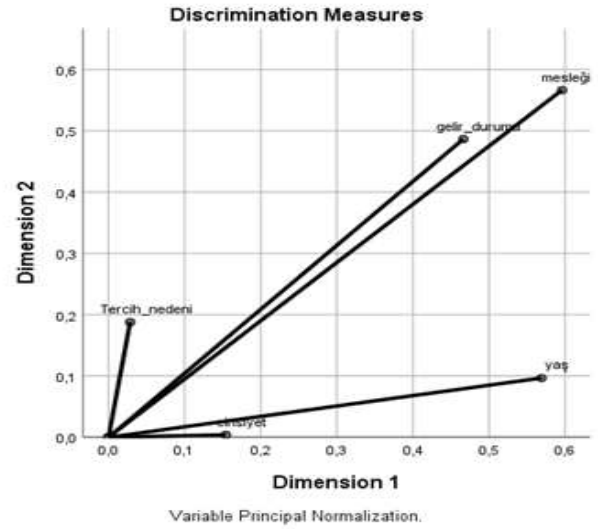


Şekil 2. Çoklu uyum analizi grafiği (Tüketilen et türü)
Figure 2. Multiple fit analysis graph (Type of meat consumed)

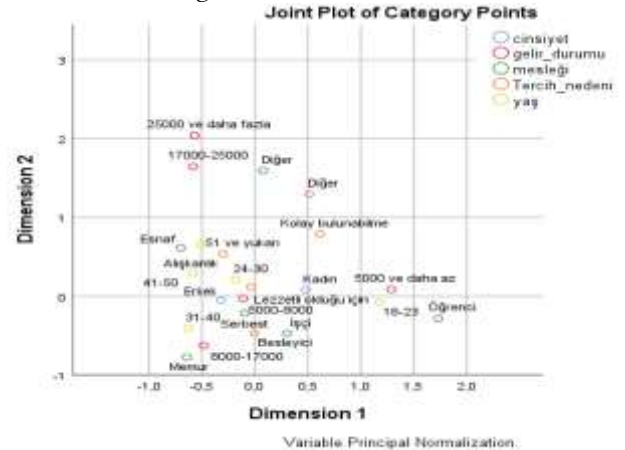
Şekil 2'de görüldüğü gibi meslek değişkenine ait işçiler ve serbest meslek ile memurlar sırasıyla et tüketiminde tavuk etini ve balık etini tercih etmişlerdir. Aylık geliri 5001-8000 TL arasında olan katılımcılar ile 24-30 yaş grubunda bulunan katılımcılar ve cinsiyeti erkek olanlar kırmızı et türünü tercih ederken, diğer mesleklerden olanlar ise genel olarak et tüketmeme eğilimindedirler. 1. Boyut

%36.55, 2. Boyut ise %26.89 düzeyinde açıklayıcı olmuştur.

Hanehalkının cinsiyet, yaş grubu, aylık geliri, mesleği ve et tercih nedeni değişkenlerine ait ayırma ölçülerine ilişkin grafik Şekil 3'te gösterilmiştir. Şekil 3'e göre, meslek ve gelir durumu değişkenleri hem birinci hem de ikinci boyutta yüksek ayırma ölçüsüne sahiptir. Yaş grubu değişkeni birinci boyutta yüksek ayırma ölçüsüne sahiptir ve kategorileri birinci boyutta yayılım göstermektedir. Cinsiyet ve eti tercih etme nedeni değişkenleri hem birinci hem de ikinci boyutta düşük ayırma ölçüsüne sahiptir. Bununla ilgili çoklu uyum analizi Şekil 4'de sunulmuştur.



Şekil 3. Ayırma ölçülerine ilişkin grafik (Eti tercih etme nedeni)
Figure 3. Graph of separation measures (Reason for choosing meat)



Şekil 4. Çoklu uyum analizi grafiği (Eti tercih etme nedeni)
Figure 4. Multiple concordance analysis graph (Reason for choosing meat)

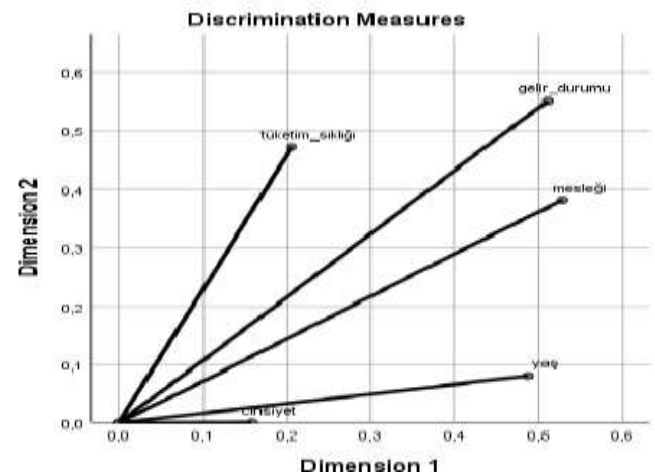
Şekil 4 incelendiğinde işçiler ve 8001-17000 TL arasında geliri olanlar et tercihlerinde besleyici olması

unsurunun etkili olduğunu, serbest meslek mensupları ve geliri 5001-8000 TL aralığında olanlar ve 24-30 yaş arası olan erkekler lezzetli olduğu için; esnaf olanlar ve 51 yaş ve üzeri olanlar alışkanlık olduğu için eti tercih ettiklerini ifade etmişlerdir. İki boyutlu çözümde varyansın %36.3'ü birinci boyut, %26.8'i ise ikinci boyut tarafından açıklanmıştır. Et tercihinde gelirin ön planda olduğu görülmüştür ve ekonomik nedenlerin tüketicilerin et tüketimini etkilediği bazı araştırmalarda ifade edilmiştir (Akçay ve Vatansever, 2013; Kızılaslan ve Nalinci, 2013a; Onurlubaş ve ark., 2018). Türkiye'de çeşitli yerlerde ve bölgelerde kırmızı ve beyaz et tüketimini etkileyen faktörler üzerine yapılmış başka çalışmalar da bulunmaktadır (Ayyıldız ve Çiçek, 2019; Doğan, 2019; Özyürek ve ark., 2019). Ayyıldız ve Çiçek (2019)'un çalışmasında Ankara ilinde, Mamak ve Çankaya merkez ilçelerinde 70 kişiye anket uygulanmış, katılımcıların büyük çoğunluğu son yıllarda kırmızı et ve tavuk eti tüketiminin azaldığını ifade etmişlerdir. Bu azalışın en önemli sebepleri olarak et fiyatlarındaki artış, hijyen koşulları ve güvenilirlik yetersizliğini göstermişlerdir. Doğan (2019)'un çalışmasında Erzurum, Erzincan ve Bayburt illerinde toplam 400 hanehalkına anket uygulanmıştır. Anketten elde edilen bilgilere göre lezzetli ve besleyici olması nedeniyle kırmızı eti tercih ettikleri, lezzetli ve ucuz olması nedeniyle tavuk etini tükettikleri tespit edilmiştir. Özyürek ve ark. (2019)'un çalışmasında Erzincan il ve ilçelerinde 206 kişi ile yüz yüze yapılan anket neticesinde tüketicilerin kırmızı et satın alırken en fazla dikkat ettikleri hususlar sırasıyla satıcının güvenilir olması, ürünün taze olması, üretim yeri, ürünün fiyatı, ürünün yağsız oluşu ve eti satılan hayvanın genç/yaşlı olması gibi etkenlerdir.

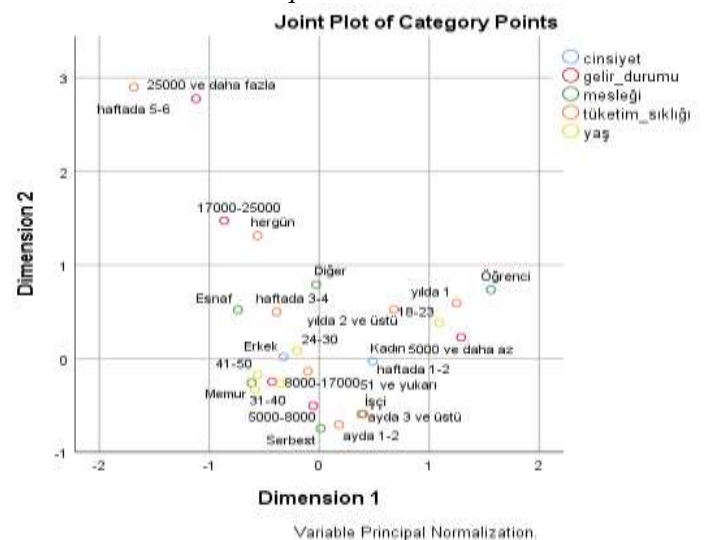
Hanehalkının cinsiyet, yaş grubu, aylık geliri, mesleği ve eti tüketim sıklığı ile ilgili ayırma ölçülerine ait grafik iki boyutta incelenmiştir ve Şekil 5’de verilmiştir. Birinci boyut yatay eksen, ikinci boyut ise dikey eksen, Şekil 5’de görüldüğü gibi, birinci boyutta yaş grubu, meslek ve gelir durumu değişkenleri yüksek ayırma ölçüsüne sahiptir. İkinci boyutta ise tüketim sıklığı, gelir durumu ve meslek yüksek ayırma ölçüsüne sahiptir. Cinsiyet değişkeni birinci ve ikinci boyutta düşük ayırma ölçüsüne sahiptir. Bu değişkenlerle ilgili çoklu uyum analizi Şekil 6’da verilmiştir.

Şekil 6'da görüldüğü üzere serbest meslek mensupları ile aylık geliri 5001-8000 TL arasında olanların ayda 1-2 defa et tükettikleri, 18-23 yaş aralığında bulunan öğrencilerin yılda 1 kez et tükettikleri, kadınlar ve aylık geliri 8001-17000 lira arasında olanların haftada 1-2 kez et tükettikleri, esnafların ve diğer meslek grubunda bulunan katılımcıların haftada 3-4 defa et tükettikleri, aylık geliri 17001-25000 TL arasında olan katılımcıların her gün ve aylık geliri 25000 TL ve daha fazla olanların haftada 5-6 defa et tükettikleri ortaya

çıkıştır. İki boyutlu çözümde varyansın %37.8'ü birinci boyut, %29.7'si ise ikinci boyut tarafından açıklanmıştır. Kırmızı ve beyaz et tüketim sıklığını inceleyen çeşitli çalışmalar vardır (Verbeke ve Vackier, 2005; Jagadeesh Babu ve ark., 2010; Mandal ve ark., 2021). Verbeke ve Vackier (2005) tarafından Belçika'da 429 kişiye uygulanan anket bilgilerine dayanarak en düşük gelir grubunun en düşük balık tüketim sıklığına sahip olduğu ve yüksek eğitilmiş olanların daha fazla balık tükettikleri söylenebilir. Jagadeesh Babu ve ark. (2010)'in çalışmasında Hindistan'ın Andhra Pradesh eyaletinde 200 kişiye anket uygulandı. Anketten elde edilen sonuçlara göre, katılımcıların %88'inin lezzetli, %8.5'inin alışkanlık, %4.02'sinin çocukların talabı ve %3.01'inin ise misafirler istediği için et tükettikleri saptanmıştır. Katılımcıların yarıdan yarıdan fazlasının (%59.5) maliyet, %28'inin dini duygular ve %10'unun ise sağlık problemi nedeniyle et tüketmedikleri saptanmıştır. Bu çalışmada elde edilen bulgulardan farklıdır.

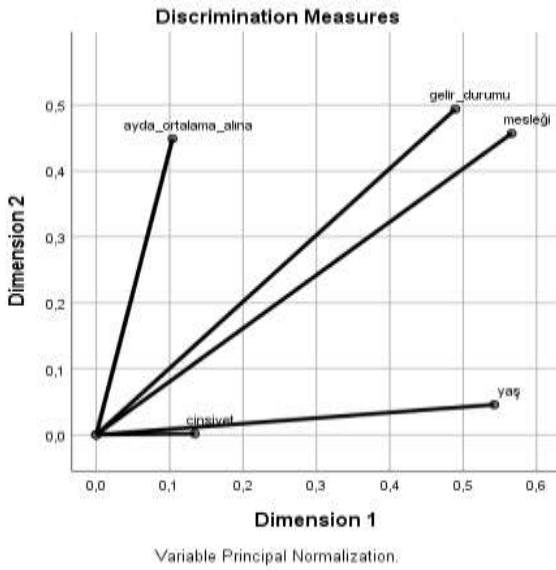


Şekil 5. Ayırma ölçülerinin grafiği (Et tüketim sıklığı)
Figure 5. Graph of separation measures (Frequency of meat consumption)

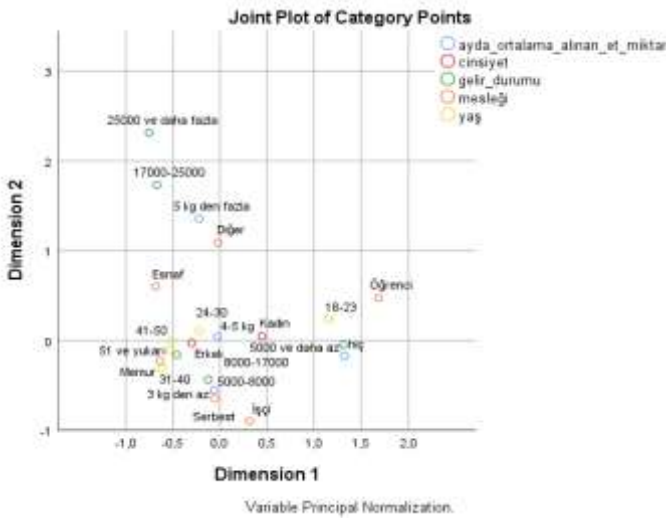


Şekil 6. Çoklu uyum analizi grafiği (Et tüketim sıklığı)
Figure 6. Multiple fit analysis graph (Frequency of meat consumption)

Hanehalkının cinsiyet, yaş grubu, aylık geliri, mesleği ve ayda ortalama alınan et miktarı ile ilgili ayırma ölçülerine ait grafik Şekil 7’de verilmiştir ve birinci boyut ve ikinci boyut olarak adlandırılan iki boyutta icelendi. Birinci boyutta yaş grubu, meslek ve gelir durumu değişkenleri yüksek ayırma ölçüsüne sahipken, ikinci boyutta ayda ortalama alınan et miktarı, gelir durumu ve meslek değişkenleri yüksek ayırma ölçüsüne sahiptir ve bu boyutta yayılım göstermiştir. Meslek ve gelir durumu değişkenleri hem birinci hem de ikinci boyutta yüksek ayırma ölçüsüne sahiptir. Bu değişkenlerle ilgili çoklu uyum analizi Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 7. Ayırma ölçülerinin grafiği
Figure 7. Graph of separation measures



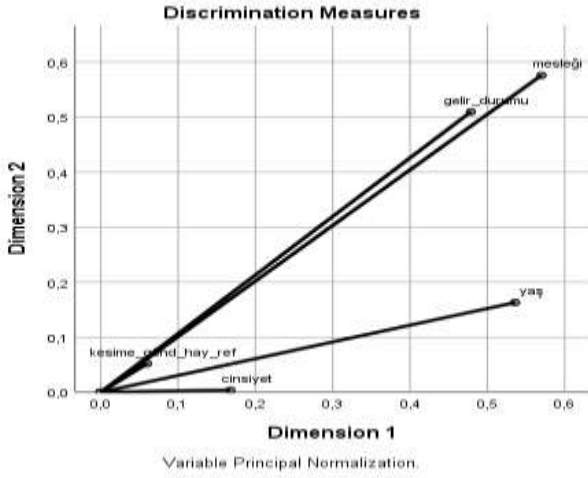
Şekil 8. Çoklu uyum analizi grafiği (Ayda tüketilen ortalama et miktarı)
Figure 8. Multiple fit analysis graph (Average amount of meat consumed per month)

Şekil 8 incelendiğinde aylık geliri 17001-25000 TL arası olan ve diğer meslek mensuplarının ayda 5

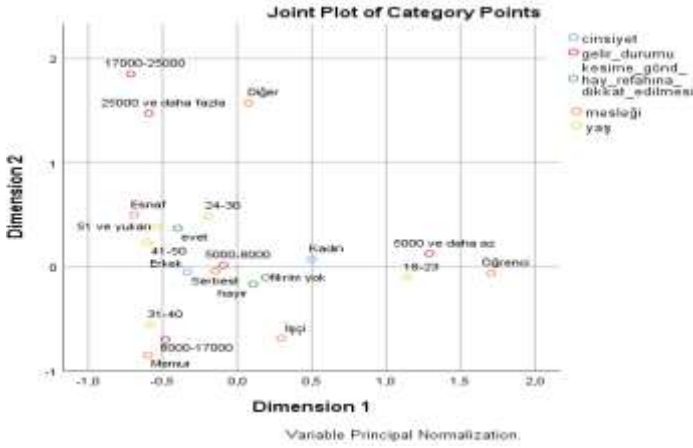
kg’dan fazla et aldığı saptanmıştır. Aylık geliri 5000 TL ve daha az olanların hiç et almadığı, aylık geliri 5001-8000 TL olan ve serbest meslek mensuplarının ayda 3 kg’dan az et satın aldıkları, 24-30 yaş grubu erkeklerin ayda 4-5 kg et satın aldıkları tespit edilmiştir. İki boyutlu çözümde varyansın %36.7’si birinci boyut, %28.9’u ise ikinci boyut tarafından açıklanmıştır. Gelir düzeyi ile et ve hayvansal ürünlerin satın alınma miktarları arasında çok önemli bir ilişki olduğu çeşitli araştırmalarda da vurgulanmıştır (Şengül, 2002; Atay ve ark., 2004; Aygün ve ark., 2004; Karakuş ve ark., 2008; Lorcu ve Bolat, 2012). Şengül (2002), Türkiye’de gelir gruplarına göre hanelerin gıda taleplerini incelediği çalışmasında orta, yüksek ve en yüksek gelir gruplarındaki hanelerin gıda talep parametrelerinin fiyatlara, gelire ve sosyodemografik değişkenlere, düşük ve en düşük gelir gruplarındaki hanelerin gıda talep parametrelerinin ise yalnızca fiyatlara ve gelire duyarlı olduğunu belirlemiştir. Yazar çalışmasında, Türkiye’de gıda fiyat ve gelir esnekliklerinin hem kentsel ve kırsal yerleşim yerleri arasında hem de gelir gruplarına göre değişmesinin önemli bir sonuç olduğu bildirmiştir. Atay ve ark. (2004)’ın çalışmasında Aydın ili Çine ilçesinde 175 hanehalkına anket uygulanmıştır. Katılımcıların gelir düzeyi ne olursa olsun sığır etini daha fazla tercih ettikleri, ikinci tercih olarak gelir düzeyi yüksek olanlar keçi etini, gelir düzeyi düşük olanlar koyun etini tercih etmiştir. Sığır, koyun ve keçi etinin etini öncelikli olarak tercih edenlerin ortalama oranı sırasıyla %80, %8.6, %5.7 olarak saptanmıştır. Gelir grupları ile kırmızı et tercihleri arasında bir ilişki olmadığı bildirilmiştir. Van İli Merkez ilçede 316 kişiye uygulanan bir anket çalışmasında lezzetli ve besleyici olması nedeniyle kırmızı et (%38.3) tercihinin olduğu ortaya konulmuştur (Aygün ve ark., 2004). Gaziantep İli Merkez İlçedeki kırmızı et tüketim alışkanlığını ortaya koymak 516 kişi üzerinde yapılan ankette lezzetli ve hijyenik koşullarda üretilmesi nedeniyle kırmızı et (%50.6) tercihinin olduğu saptanmıştır (Karakuş ve ark., 2008). Edirne ili Merkez ilçede 321 hanehalkına uygulanan anket sonuçları Ki-Kare Analizi, Kruskal Wallis ve Mann Whitney U testi ile değerlendirildi. Hanehalkı kırmızı et tüketim miktarını etkileyen önemli faktörlerden biri hanehalkı geliri olmuştur. Kruskal Wallis testi ile “hane halkı et tüketim miktarının gelir gruplarına göre anlamlı bir farklılık gösterdiği” belirlenmiştir.

Hanehalkının cinsiyet, yaş grubu, aylık geliri, mesleği ve kesime gönderilen hayvanın refahına dikkat edilmesi ile ilgili ayırma ölçülerine ait grafik Şekil 9’de verilmiştir. Şekil 9’da görüldüğü gibi, meslek ve gelir durumu değişkenleri hem birinci hem de ikinci boyutta yüksek ayırma ölçüsüne sahiptir. Yaş grubu değişkeni birinci boyutta yüksek, ikinci boyutta düşük, cinsiyet ve kesime gönderilen hayvanın refahına dikkat

edilmesi değişkenleri her iki boyutta da düşük ayırma ölçüsüne sahiptir. Analiz sonucunda Şekil 10'da verilen bilgiler elde edildi.



Şekil 9. Ayırma ölçülerinin grafiği
Figure 9. Graph of separation measures

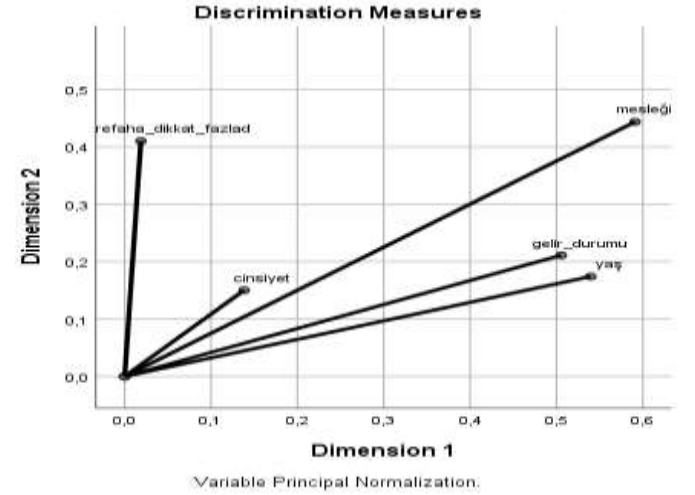


Şekil 10. Çoklu uyum analizi grafiği (Hayvan refahına dikkat edilmesi)
Figure 10. Multiple fit analysis graph (Attention to animal welfare)

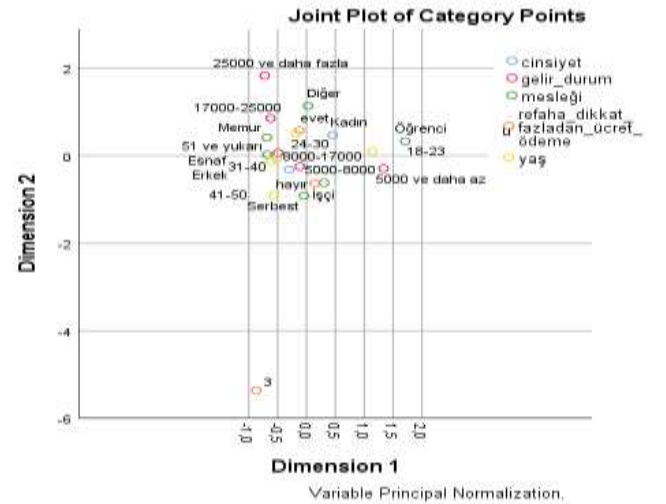
Şekil 10 incelendiğinde yaşı 51 ve üstü olanlar ile mesleği esnaf olan katılımcılar kesime gönderilen hayvanın refahına dikkat edilmesi hususunda olumlu düşünümleridir. Serbest meslek sahipleri ile aylık geliri 5001-8000 lira arasında olanlar “fikrim yok” şeklinde görüş bildirmişlerdir. İki boyutlu çözümde varyansın %36.2'si birinci boyut, %26.1'i ise ikinci boyut tarafından açıklanmıştır.

Hanehalkının cinsiyet, yaş grubu, aylık geliri, mesleği ve hayvanın refahına dikkat edilmesi hususunda fazladan ücret ödenmesi ile ilgili ayırma ölçülerine ait grafik Şekil 11'de verilmiştir. Şekil 11'e bakıldığında, meslek değişken hem birinci hem de ikinci boyutta yüksek ayırma ölçüsüne sahiptir. Yaş grubu ve gelir durumu değişkenleri birinci boyutta yüksek, ikinci boyutta düşük, cinsiyet değişkeni her iki boyutta da

düşük ayırma ölçüsüne sahiptir. Hayvanın refahına dikkat edilmesi hususunda fazladan ücret ödenmesi değişkeni ise birinci boyutta düşük, ikinci boyutta yüksek ayırma ölçüsüne sahiptir. Bu değişkenlere ait çoklu uyum analizi Şekil 12'da sunulmuştur.



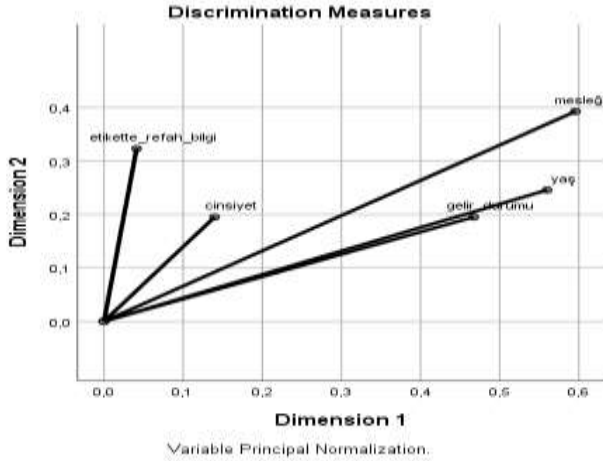
Şekil 11. Ayırma ölçülerinin grafiği
Figure 11. Graph of separation measures



Şekil 12. Çoklu uyum analizi grafiği (Refaha dikkat konusunda fazladan ücret ödeme)
Figure 12. Multiple fit analysis graph (Paying extra attention to welfare)

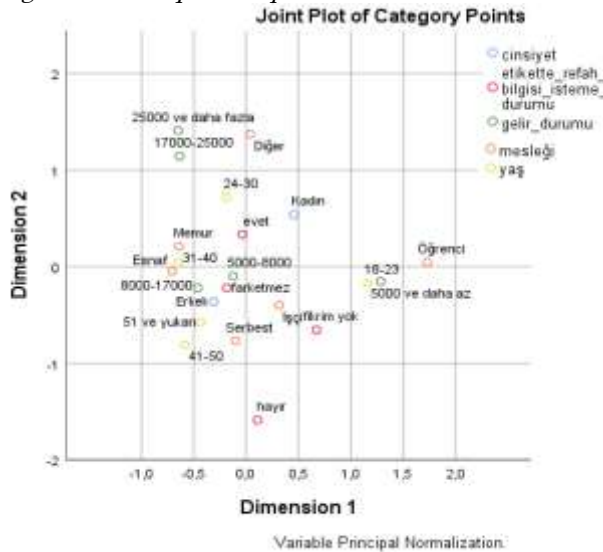
Şekil 12 incelendiğinde, kadınlar, diğer meslek sahipleri, 24-30 yaş grubunda olanlar ve aylık geliri 17001-25000 TL arasında olanlar “hayvanın refahına dikkat edilmesi hususunda fazladan ücret ödenmesi” önermesine “evet” cevabı vermişlerdir. Mesleği işçi olan katılımcılar ve 41-50 yaş grubunda olanlar “hayvanın refahına dikkat edilmesi hususunda fazladan ücret ödenmesi” önermesine “hayır” cevabını vermişlerdir. İki boyutlu çözümde varyansın %35.9'si birinci boyut, %27.8'i ise ikinci boyut tarafından açıklanmıştır.

Hanehalkının cinsiyet, yaş grubu, aylık geliri, mesleği ve fiyat etiketinde refah bilgisi isteme durumu ile ilgili ayırma ölçülerine ait grafik Şekil 13’de verilmiştir. Şekil 13’e bakıldığında, meslek ve yaş grubu değişkenleri hem birinci hem de ikinci boyutta yüksek ayırma ölçüsüne sahiptir. Gelir durumu birinci boyutta yüksek ikinci boyutta düşük, cinsiyet her iki boyutta da düşük ve fiyat etiketinde refah bilgisi isteme durumu birinci boyutta düşük ikinci boyutta yüksek ayırma ölçüsüne sahiptir. Bu değişkenlere ait çoklu uyum analizi Şekil 14’de sunulmuştur.



Şekil 13. Ayırma ölçülerinin grafiği

Figure 13. Graph of separation measures



Şekil 14. Çoklu uyum analizi grafiği (Etiketle refah bilgisi isteme durumu)

Figure 14. Multiple fit analysis graph (Requesting welfare information on the label)

Şekil 14 incelendiğinde, fiyat etiketinde refah bilgisi isteme durumu hakkında kadınlar, memurlar ve 24-30 yaş aralığındaki katılımcılar “Evet” cevabını verirken, işçiler “Fikrim yok”, 5000-8000 lira geliri olanlar ile erkekler “Fark etmez” şeklinde görüş bildirmişlerdir. İki boyutlu çözümde varyansın %36.1’i birinci boyut, %27.04’ü ise ikinci boyut tarafından açıklanmıştır.

Hanehalkının et tüketim alışkanlıkları üzerine yapılmış çalışmaların birinde, Kırşehir ilinde 324 kişiye anket uygulanmış ve Ki kare testi yapılmıştır. Yazarların çalışmasında, bu çalışmada ulaşılan sonuçların aksine hanehalkı en fazla tavuk etini tercih etmiştir (%94.6). Hanehalkının satın almasını en fazla etkileyen faktörlerin tavuk etine kolay ulaşabilmesi ve fiyatının uygun olması olarak bildirilmiştir (Altuntaş ve Doğan, 2017). Kanatlı eti satın alma sıklığı ile ilgili Amasya ilinde 380 kişiye uygulanan anket sonucunda hanehalkının genel olarak haftalık, 15 günde bir ve ayda bir satın aldıkları saptanmıştır (Kızılaslan ve Nalinci, 2013b). Bu çalışmada ise katılımcıların daha sık et tükettikleri görülmüştür ve bu yönüyle farklılık göstermiştir. Uzundumlu ve ark. (2011)’nin çalışmasında, kırmızı et tüketimini etkileyen faktörler regresyon analizi ile incelenmiştir. Çalışmada cinsiyet, yaş, eğitim, gelir, ev sahibi olup olamama ve meslek değişkenlerinin et tüketimini önemli olarak etkilediği belirtilmiştir. Bu önemli etkenlerin bazıları bu çalışmada da ele alınmıştır.

Bir faktör analizi uygulamasında beyaz et üretiminde hayvan refahı ve etiğinin göz önüne alınmış olması ve beyaz etin göreceli olarak pişme süresinin kısalığı, etin hazırlanma kolaylığı ve dengeli beslenme bakımından önemli olması faktörleri “diyet üzerindeki etkileri” olarak kümelenebilir (Topçu ve ark., 2013). Muş ili genelindeki işletmelerde yürütülen bir çalışmada barınakların iç dizaynı %39.1 oranında “yemlik + durak + servis yolu + buzağı bölmesi” ve %31.7 oranında “yemlik + durak + servis yolu” olarak saptanmıştır. Sadece 3 işletmede standartlara uygun barınak bulunmuş ancak işletmelerin %13.8’indeki barınakların standartlara yakın olduğu tespit edilmiştir (Bakır ve Kibar, 2020). Kaygısız ve Tümer (2009), Kahramanmaraş’ta yaptıkları çalışmada, ankete katılan işletmelerin % 23’ünde havalandırmanın yeterli, %67’sinde orta, %10’unda ise yetersiz olduğunu saptamışlardır. Literatür taraması sonucunda son yıllarda hayvan refahı konusunda birçok ülkede farklı yazarlar ve kuruluşlar tarafından yayınlanmış çalışmalara erişilmektedir. Bu çalışmalar hayvan refahı konusunda ilgili araştırmacılara rehber olma niteliğindedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmada 600 hanehalkına uygulanan ankette Çoklu Uyum Analizi, Kruskal-Wallis testi ve Mann-Whitney U testi yöntemleri kullanılarak Bingöl’de yaşayan hanehalkının et tüketim alışkanlıkları ve hayvan refahı hakkındaki düşünceleri analiz edilmiştir. Kategorik değişkenler arasındaki ilişkilerin Çoklu Uyum Analiz yöntemi ile incelenmesi, çalışmada dikkate alınan değişkenler arasındaki ve her bir değişkenin kendi seviyeleri arasındaki ilişkilerin değişik yönlerden ele alınıp yorumlanmasını sağlamıştır. Aynı zamanda bu yöntem ile analitik

olarak elde edilen sonuçlara bir görsellik kazandırmıştır. Böylece araştırmacı söz konusu değişkenler arasındaki ilişkiler hakkında daha detaylı bir bilgi elde edebilmiştir ve sonuçların yorumlanması kolaylaşmıştır. Çoklu Uyum Analizi sonucunda elde edilen boyutlara ve inertia değerlerine ilişkin bilgiler Çizelge 4'te sunulmuştur.

Çizelge 4'te değişkenlere ilişkin ayrışım ölçüleri ve varyans yüzdeleri görülmektedir. Değişkenler için iki boyutun toplam açıklanma oranları %62.3-%67.5 arasındadır. Çoklu Uyum Analizi sonucunda genel olarak aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır.

Çizelge 4. Boyut sayısı ve açıklanan inertia değerleri
Table 4. Number of dimensions and declared inertia values

Değişkenler	Boyut	Öz değer	Inertia	Varyans yüzdesi (%)
Tüketilen et türü	1	1.827	0.365	36.550
	2	1.345	0.269	26.893
	Toplam	3.172	0.634	
	Ortalama	1.586	0.317	31.722
Eti tercih etme nedeni	1	1.814	0.363	36.300
	2	1.341	0.268	26.800
	Toplam	3.155	0.631	
	Ortalama	1.578	0.316	31.600
Et tüketim sıklığı	1	1.889	0.378	37.800
	2	1.486	0.297	29.700
	Toplam	3.375	0.675	
	Ortalama	1.688	0.338	33.800
Ayda tüketilen ortalama et miktarı	1	1.836	0.367	36.700
	2	1.446	0.289	28.900
	Toplam	3.283	0.657	
	Ortalama	1.641	0.328	32.800
Hayvan refahına dikkat edilmesi	1	1.812	0.362	36.241
	2	1.304	0.261	26.079
	Toplam	3.116	0.623	
	Ortalama	1.558	0.312	31.160
Refaha dikkat konusunda fazladan ücret ödeme	1	1.793	0.359	35.863
	2	1.389	0.278	27.779
	Toplam	3.182	0.636	
	Ortalama	1.591	0.318	31.821
Etikette refah bilgisi isteme durumu	1	1.804	0.361	36.077
	2	1.352	0.270	27.044
	Toplam	3.156	0.631	
	Ortalama	1.578	0.316	31.561

Hanehalkının et tüketim alışkanlıkları ve hayvan refahı hakkındaki görüşlerinin çoklu uyum analizi ile değerlendirilmesi ile elde edilen sonuçlar araştırma kapsamına alınan hanehalkının et tüketim yapısı ve et tüketimine yönelik harcama alışkanlıklarında zamanla meydana gelen değişim ortaya konulmaya çalışılmıştır. Değişim genel olarak aylık geliri yüksek olanlar ile genç yaştaki erkeklerin et tüketim tercihinde artış yönünde olmuştur. İldeki hanehalkların sosyo-ekonomik yapılarının, gelir

dağılımı ve hayvan refahına ilişkin yaklaşımlarının analiz edilmesinde ve tüketici alışkanlıklarının ortaya konmasında kullanılan çoklu uyum analizi yöntemine göre elde edilen sonuçlar cinsiyet, yaş, meslek ve aylık gelirin önemli etkenler olduğunu göstermektedir.

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, Ö., Yıldız, N., & Orhan, H. (2015). İstatistik Analizlerde Temel Formüller ve Tablolar. *Aktif Yayınevi*.
- Akçay, Y., & Vatansever, Ö. (2013). Kırmızı et tüketimi üzerine bir araştırma: Kocaeli ili kentsel alan örneği. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 43-60.
- Aktaş, G. (2020). Canlı Hayvan ve Karkas İthalatının Kırmızı Et Fiyatlarına Etkisi: Türkiye’de İthalatın Regülasyonu. *Gümrük Ticaret Dergisi*, 7(21), 12-29.
- Alpar, R. (2013). Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Yöntemler (4. Baskı). *Detay Yayıncılık*.
- Alparslan, Ö. S., & Demirbaş, N. (2019). Sağlık meslek mensuplarının kırmızı et ve işlenmiş kırmızı et tüketim tercihleri. *Hayvansal Üretim*, 60(2), 105-110.
- Atay, O., Gökdağ, Ö., Aygün, T., & Ülker, H. (2004). Aydın İli Çine İlçesinde kırmızı et tüketim alışkanlıkları. 4. Ulusal Zootehni Bilim Kongresi Bildirileri (s. 348-354). Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü.
- Altuntaş, B., & Doğan, H. G. (2017). Kırşehir İli Kentsel Alanda Hane Halkının Kanatlı Et Tüketim Alışkanlıklarının ve Satın Alma Kararını Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(2), 20-28. doi:10.13002/jafag1143.
- Aygün, T., Karakuş, F., Yılmaz, A., Gökdağ, Ö., & Ülker, H. (2004). Van Merkez İlçedeki kırmızı et tüketim alışkanlığı. 4. Ulusal Zootehni Bilim Kongresi Bildirileri (s. 361-364). Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü.
- Aytaç, M., & Bayram, N. (2001). Çoklu karşılık getirme analizi ve öğretim elemanları üzerinde bir uygulama. *DİE: İstatistik Araştırma Sempozyumu Bildirileri*, Ankara.
- Ayyıldız, M., & Çiçek, A. (2019). Tavuk Eti Tüketimini Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi: Ankara İli Örneği. 4th International Symposium on Innovative Approaches in Social, Human and Administrative Sciences Proceedings (s. 307-312). SETSCI.
- Bakır, G., & Kibar, M. (2020). Muş İli Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Barınakların Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(4), 1085-1095. DOI:10.18016/ksutarimdog.vi.687242.
- Bayram, N. (2000). Karşılık Getirme Analizi ve Bankacılık Sektörüne Uygulanması (Doktora Tezi). *Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstatistik Bilim Dalı, Bursa*.
- Behdioğlu, S. (2000). Çok Değişkenli Veri Yapısının Yorumlanmasında Olumsuzluk Tablolarının Uygunluk Çözümlemesi ve Bir Uygulama (Doktora Tezi). *Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, Bursa*.
- Çelik, Y., & Şengül, T. (2001). Şanlıurfa İli Kentsel Alanında Tüketicilerin Yumurta Tüketim Düzeyleri ve Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi. *Hayvansal Üretim*, 42(2), 53-62.
- Doğan, İ., & Doğan, N. (2014). Çoklu Karşılaştırma Yöntemleri. *Detay Yayıncılık*.
- Doğan, N. (2019). TRA1 Bölgesinde (Erzurum, Erzincan, Bayburt) Hanelerin Kırmızı Et, Tavuk Eti ve Balık Eti Tüketimine Yönelik Mevcut Durum Üzerine Bir Araştırma. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(2), 285-295.
- Esen, F. (2017). Bingöl ilinde büyükbaş hayvancılık faaliyetleri. *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(13), 83-100.
- FAO/WHO/UNU. (1985). Energy and protein requirements, Report of a Joint FAO/WHO/UNU meeting. *World Health Organization*.
- Gifi, A. (1990). Nonlinear Multivariate Analysis. *John Wiley and Sons Ltd*.
- Güven, O., & Yavuz, F. (2020). Büyükbaş hayvancılık sektöründe üretici profili ve işletme yapısı: TRA2 Bölgesi örneği. *Akademik Ziraat Dergisi*, 9(1), 81-92.
- IBM Corp. (2017). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0. *IBM Corp*.
- Jagadeesh Babu, A., Rupa Sundari, A., Triveni, G., & Indumathi, J. (2010). Study on Meat Consumption Patterns in Rural Households of Chittoor District of Andhra Pradesh. *Tamilnadu Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 6(4), 183-187.
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2007). Applied Multivariate Statistical Analysis (6th ed.). *Pearson Prentice Hall*.
- Karakuş, K., Çelikyürek, H., & Aygün, T. (2018). Providing red meat is needed in Turkey. I. International Agricultural Science Congress Proceedings (s. 199-199). Van, Turkey.
- Karakuş, K., Aygün, T., & Alarslan, E. (2008). Gaziantep ili merkez ilçede kırmızı et tüketim alışkanlıkları. *Yüzüncü Yıl Üniv. Zir. Fak. Tarım Bilimleri Dergisi*, 18(2), 113-120.
- Karshoğlu Kara, N., & Koyuncu, M. (2011). Sığırlarda Taşıma Sırasında Hayvan Refahına Etki Eden Faktörler. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(3), 511-516. DOI:10.9775/kvfd.2010.3703.
- Kaygısız, A., Tatlıyer-Tunaz, A., & Arslan, O. (2022). Investigation of the awareness level of consumers about red meat consumption and animal welfare. *Atatürk University Journal of Agricultural Faculty*, 53(1), 24-30.

- Kaygısız, A., & Tümer, R. (2009). Kahramanmaraş ili süt sığırları işletmelerinin yapısal özellikleri, 2. barınak özellikleri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 12(1), 40-47.
- Kızılaslan, H., & Nalinci, S. (2013a). Amasya İli Merkez İlçedeki Hanehalkının Kırmızı Et Tüketim Alışkanlıkları ve Kırmızı Et Tüketimini Etkileyen Faktörler. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 3, 76-79.
- Kızılaslan, H., & Nalinci, S. (2013b). Amasya İli Merkez İlçedeki Hanehalkının Kanatlı Eti Tüketim Alışkanlıkları ve Kanatlı Eti Tüketimini Etkileyen Faktörler. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6, 1-18.
- Koyuncu, M. (2007). Süt Sığırlarında Konfor. Türkiye Süt Sığırcılığı Kurultayı Bildirileri (s. 401-407). *İzmir*.
- Lorcu, F., & Bolat, B. A. (2012). Edirne İlinde Kırmızı Et Tüketim Tercihlerinin İncelenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1), 71-85.
- Mandal, S. C., Boidya, P., Haque, M. I., Hossain, A., Shams, Z., & Mamun, A. (2021). The impact of the COVID-19 pandemic on fish consumption and household food security in Dhaka City, Bangladesh. *Global Food Security*, 29, 100526.
- Mendeş, M. (2002). Çoklu Uyum Analizi Tekniğinin Kullanımı. *Ziraat Mühendisliği Dergisi*, 33(1), 32-35.
- Miller, I., & Miller, M. (2006). John Freund Matematiksel İstatistik. *Literatür*.
- OECD. (2023). Meat consumption (indicator). doi:10.1787/fa290fd0-en.
- Onurlubaş, E., Doğan, H. G., & Gözener, B. (2022). TR 21 Bölgesinde Tüketicilerin Kırmızı Et Tüketimini Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(23), 159-174.
- Özdamar, K. (2013). Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi (Cilt 2). *Nisan Kitapevi*.
- Özyürek, S., Çebi, K., Türkyılmaz, D., Esenbuğa, N., Dağdelen, Ü., & Yaprak, M. (2019). Erzincan İlinde Kırmızı Et Tüketim Alışkanlıkları ve Tüketicilerin İthal Kırmızı Ete Bakış Açılarının Değerlendirilmesi. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(1), 263-273.
- Roux, L. B., & Rouanet, H. (2010). Multiple Correspondence Analysis. *SAGE Publications*.
- Sarıözkan, S., Cevger, Y., Demir, P., & Yılmaz, A. (2007). Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Öğrencilerinin Hayvansal Ürün Tüketim Yapısı ve Alışkanlıkları. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 16(3), 171-179.
- Saygı, H., & Bayhan, B. (2011). Analysis of Turkey's import demand of fishery products. *African Journal of Agricultural Research*, 6(7), 1853-1856.
- Saygın, Ö., & Demirbaş, N. (2018). Türkiye'de kırmızı et tüketimi: Sorunlar ve öneriler. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 32(3), 567-574.
- Suner, A., & Çelikoğlu, C. C. (2008). Uygunluk analizinin benzer çok değişkenli analiz yöntemleri ile karşılaştırılması. *İstatistikçiler Dergisi*, 1, 9-15.
- Şeker, İ., Özen, A., Güler, H., Şeker, P., & Özden, İ. (2011). Elazığ'da kırmızı et tüketim alışkanlıkları ve tüketicilerin hayvan refahı konusundaki görüşleri. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 17(4), 543-550.
- Taşkın, T., Engindeniz, S., Gbadamonsi, A. A., Kandemir, Ç., & Koşum, N. (2020). Analysis of Red Meat Consumption Preferences of Youth: A Case Study for Ege University Students. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57(1), 63-71.
- TİGEM. (2022). 2022 Yılı Hayvancılık Sektör Raporu. *Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü*. DOI:https://www.tigem.gov.tr/WebUserFile/DosyaGaleri/2018/2/a374cc25-acc1-44e8-a546-63b4c8bce146/dosya/2022%20YILI%20HAYVANCILIK%20SEKTOR%20RAPORU.pdf.
- Topçu, Y., Uzundumlu, A. S., & Baran, D. (2015). Tüketicilerin Tavuk Eti Tüketimi ile İlgili Tutum ve Davranışlarını Etkileyen Faktörlerin Analizi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(5), 242-247.
- Torgut, E., Annayev, S., Türkekel, B., & Örmeci Kart, M. Ç. (2019). Türkiye'de Uygulanmakta Olan Hayvancılık Desteklemelerinin Süt Sığırcılığı Yapan İşletmelere Etkisi: İzmir İli Örneği. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(1), 29-45.
- Tunaz, A. T., Kaygısız, A., & Arslan, O. (2022). Tüketicilerin Kırmızı Et Tüketimi ve Hayvan Refahı Konusundaki Bilinç Düzeylerinin Araştırılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53(1), 24-30.
- TÜİK. (2023a). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) Adrese Dayalı Nüfus Kayıt İstatistikleri. https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr.
- TÜİK. (2023b). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) Hayvancılık İstatistikleri. https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=101&locale=tr.
- Uzundumlu, A. S., Işık, H. B., & Kırılı, M. H. (2011). İstanbul İli Küçük Çekmece İlçesinde Kırmızı ve Beyaz Et Tüketiminde Etkili Faktörlerin Analizi. *Alınları*, 21, 20-31.
- Ünal, N., Teke, B., & Özbeyaz, C. (2008). Ankara Ticaret Borsası Kesimhanesi'ne yapılan kasaplık hayvan nakillerinde bazı koşulların hayvan refahı bakımından incelenmesi. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 55, 51-56.
- Verbeke, W., & Vackier, I. (2005). Individual Determinants of Fish Consumption: Application of the Theory of Planned Behaviour. *Appetite*, 44(1), 67-82.
- Yalçınkaya, O. (1999). Van İli Erciş İlçesinde Hayvansal Gıda Tüketim Yapısı (Yüksek Lisans Tezi). *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı*.

- Yaylak, E., Taşkın, T., Koyubenbe, N., & Konca, Y. (2010). İzmir ili ödemiş ilçesinde kırmızı et tüketim davranışlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Hayvansal Üretim*, 51(1), 21-30.
- Yıldırım, İ., Acar, İ., & Uluat, Ş. (1998). Van İli Merkez İlçede Kırmızı Et Tüketim Yapısı. *Doğu Anadolu Tarım Kongresi Bildirileri* (s. 1636-1644). *Erzurum*.
- Yıldız, N., Akbulut, Ö., & Bircan, H. (2020). İstatistiğe Giriş. *Kültür ve Eğitim Vakfı Yaynevi*.
- Yibar, A., & Çetin, E. (2013). Hayvan refahının et kalitesi üzerine etkileri. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 32(2), 31-38.



Geçiş Dönemindeki Akkaraman Koyunlarda Uygulanan Farklı Senkronizasyon Protokollerinin Döl Verimi Üzerine Etkisi

Mahmut ÇINAR¹, Ayhan CEYHAN²

¹Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Bor Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü, Niğde. ²Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Hayvansal Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Niğde

¹<https://orcid.org/0000-0003-1162-4794>, ²<https://orcid.org/0000-0003-2862-7369>

✉: aceyhan@ohu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, geçiş döneminde Akkaraman koyunlarına uygulanan farklı senkronizasyon protokollerinin üreme performansı ve kuzuların toplam canlı ağırlıkları üzerine etkilerini araştırmaktır. Çalışma, yaşları 2-5 arasında değişen 82 Akkaraman koyunu üzerinde yürütülmüştür. Koyunlar, Kontrol (K, n=14), Melatonin İmplant (MI, n=15), Ovsynch (OH, n=13), Melatonin İmplant/FGASünger (MI/FGA, n=18) ve FGA Sünger (FGA, n=22) olmak üzere rastgele beş gruba ayrılmıştır. K, MI, OH, MI+FGA ve FGA gruplarında kuzulama oranı %64,29, %60, %61,54, %55,56 ve %50, tek kuzulama oranı %77,78, %33,33, %62,50, %33,33 ve %27,27, ikiz kuzulama oranı %22,22, %55,56, %37,50, %50 ve %63,64 ve üçüz kuzulama oranı %0,00, %11,11, %0,00, %10,00 ve %9,09 olarak belirlenmiştir. Gruplar arasındaki fark önemsiz ($P > 0.05$), doğuran koyuna göre kuzu verimi K, MI, OH, MI + FGA ve FGA gruplarında sırasıyla; 1.22, 1.78, 1.37, 1.50 ve 1.82 kuzu ile önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur. Sonuç olarak, bu çalışmada kuzu verimi, ikiz kuzulama oranı ve toplam kuzu ağırlığı için en yüksek değerler FGA ve MI gruplarında elde edilmiştir. Bu sonuçların oluşmasında, FGA grubuna uygulanan PMSG ve MI grubuna uygulanan melatonin hormonlarının etkili olduğu düşünülmektedir.

Zootečni

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 28.10.2023

Kabul Tarihi : 05.04.2024

Anahtar Kelimeler

Koyun
Östrus senkronizasyon
Ovsynch
Melatonin
Kuzu verimi

The Effect of Different Synchronization Protocols Applied to Akkaraman Sheep During the Transition Period on Fertility

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effects of different synchronization protocols applied to Akkaraman ewes during the transition period on reproductive performance and total live weights of lambs. The study was conducted on 82 Akkaraman ewes ranging in age from 2 to 5. Sheep were randomly divided into five groups: Control (C, n=14), Melatonin Implant (MI, n=15), Ovsynch (OH, n=13), Melatonin Implant/FGA Sponge (MI/FGA, n=18), and FGA Sponge (FGA, n=22). In K, MI, OH, MI+FGA and FGA groups, lambing rate was 64.29%, 60%, 61.54%, 55.56% and 50%, single lambing rate was 77.78%, 33.33%, 62.50%, 33.33%, and 27.27%, twin lambing rate 22.22%, 55.56%, 37.50%, 50%, and 63.64% and triplet lambing rate 0.00%, 11.11%, 0.00%, 10.00% and 9.09% respectively. While the difference between the groups was not significant ($P > 0.05$), The fertility rate per ewe was significant ($P < 0.05$) at 1.22, 1.78, 1.37, 1.50, and 1.82 for the K, MI, OH, MI + FGA and FGA groups, respectively. Consequently, in this study, the highest values for lamb production, twin lambing rate, and total lamb weight were obtained in the FGA and MI groups. It is thought that PMSG applied to the FGA group and melatonin hormones applied to the MI group are effective in the formation of these values.

Animal Science

Research Article

Article History

Received : 28.10.2023

Accepted : 05.04.2024

Keywords

Sheep
Estrus synchronization
Ovsynch
Melatonin
Fecundity

Atıf Şekli: Çınar, M., & Ceyhan, A., (2024) Geçiş Dönemindeki Akkaraman Koyunlarda Uygulanan Farklı Senkronizasyon Protokollerinin Döl Verimi Üzerine Etkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27 (5), 1217-1225. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1363522>

To Cite : Çınar, M., & Ceyhan, A., (2024). The Effect of Different Synchronization Protocols Applied to Akkaraman Sheep During the Transition Period on Fertility. *KSU J. Agric Nat* 27(5), 1217-1225. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1363522>

GİRİŞ

Türkiye’de koyunculuk ekonomik, kültürel ve sosyal amaçlarla sürdürülen bir faaliyettir. Küçükbaş hayvan yetiştiriciliği, geçmişten günümüze İç Anadolu havzasında her zaman büyük öneme sahip olmuştur. Bu bölge (11.558.892 baş), ülke genelinde küçükbaş hayvan varlığının (52.363.410 baş) yaklaşık %22.07’sine sahiptir (TÜİK, 2023). Akkaraman ırkı koyunlar, İç Anadolu bölgesinde genellikle Eylül-Ekim aylarında çiftleştirilir (Akçapınar, 2000). Koyunlar, üreme mevsimi boyunca ortalama 17 günde bir döngüye giren mevsime bağlı poliöstrik hayvanlardır (Hafez & Hafez, 2013). Akkaraman koyunu, yaklaşık 1.2 olan kuzu verimi nedeniyle döl verimi yüksek bir ırk değildir (Koncağül ve ark., 2011). Döl veriminin artırılması, koyun yetiştiriciliğinin ekonomik sürdürülebilirliği açısından çok önemli bir faktördür. Buna rağmen çok az sayıda yetiştirici, faaliyetlerinin ekonomik sürdürülebilirliği için hayati önem taşıyan üreme teknolojilerini kullanmaktadır. Koyunlarda üremenin denetlenmesi, planlanması ve geliştirilmesi amacıyla çeşitli yöntemlere başvurulmaktadır (Aqwaan, 2023). Koyunlarda üremenin planlanması, koç katım öncesinde iyi besleme gibi stratejilere ek olarak, döl verimini artırmak için hormonal uygulamaların kullanımını da kapsamaktadır (Martinez ve ark., 2015; Sotgiu ve ark., 2021). Koyunlarda kızgınlık senkronizasyonu, foto periyot (ışık etkisi), koç etkisi (Gelez & Fabre-Nys, 2004) ve çeşitli hormonal uygulamalar (Biehl ve ark., 2019; Hameed ve ark., 2021) ile oluşturulabilmektedir. Bu amaçla kullanılan eksojen hormonlar arasında prostaglandinler, progesteron, gebe kısrak serum gonadotropin, melatonin ve insan koryonik gonadotropini (hCG) sayılabilir (Mura ve ark., 2019; Dias ve ark., 2020; Salarpoor ve ark., 2023; Daham ve ark., 2023; Burutaran ve ark., 2024). Bu hormonlar, koyunlarda kızgınlığı senkronize etmek amacıyla çiftleşme mevsimi ve bu dönemin dışında kullanılabilir (Hameed ve ark., 2021).

Melatonin hormonu üremenin mevsimsel kontrolünde önemli bir rol oynamaktadır (Ferlazzo ve ark., 2020). Koyunlarda melatonin uygulamaları genellikle anöstrus ve geçiş dönemlerinde yapılmaktadır (Özyurtlu & Bademkiran, 2010). Diğer yandan Alkan ve ark. (2012), Ovsynch protokolünün modifiye edilerek üreme mevsiminde koyunlara uygulanmasından yeterli senkronizasyon ve fertilitite oranları elde edilebileceğini bildirmişlerdir. Nikbakht ve ark. (2022), Lake-Ghashghaei koyunlarda ilkbahar mevsiminde çiftleşmeden sonra farklı günlerde GnRH ve hCG kullanımının kontrol grubuna göre doğan kuzu sayısını artırdığını bildirmişlerdir. Özyurtlu ve ark. (2016), koyunlarda üreme mevsimine geçiş döneminde uygulanan progesteron+PMSG+PGF2α kombinasyonu ile östrüslerin etkin olarak

uyarılabilirliğini, benzer şekilde Çınar (2021), üreme mevsimine geçiş döneminde melatonin ve progesteron uygulamaları ile kızgınlığın senkronize edilebileceğini ancak diğer üreme özellikleri üzerine bir etkisinin olmadığını bildirmiştir. Ancak, Ataman ve ark. (2009), geçiş dönemindeki koyunlarda PGF2α uygulamalarının, östrüsleri uyarmada ya da senkronize etmede farklı progesteron uygulamalarına kıyasla yetersiz kaldığını ortaya koymuştur. Diğer yandan Ravindranath ve ark. (2023), koyunların normal fizyolojik süreçleri ve üreme faaliyetleri kapsamında yüksek verimlilik için beslemenin de önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Kuzu üretiminin artırılması, koyun eti fiyatlarının yüksek olduğu dönemlerde koyunculuk yapan işletmelerin karlılığını artırabilir. Bu durumda koyunların üreme faaliyetlerinin düzenlenmesine ihtiyaç vardır. İşletmelerin kar edebilmesi için doğuran koyun başına doğan kuzu sayısının artırılması gerekir. Uygulanan senkronizasyon protokolleri ile gelişen folikül sayısının artırılması ve ovulasyonun uyarılması sonucu kuzu veriminde önemli artışların sağlanması yanında koç katımı ve doğumların toplulaştırılması, böylece işletmelerde iş gücünden tasarruf, üreme mevsimi dışında et ve süt üretimi ve yardımcı üreme tekniklerinin (suni tohumlama, embriyo transferi vb.) uygulanmasına olanak sağlaması sayılabilir.

Bu çalışmada; Akkaraman ırkı koyunlarda çiftleşme mevsimine geçiş döneminde FGA sünger, melatonin implant, Ovsynch, melatonin implant / FGA sünger uygulamaların kuzu verimi ve toplam kuzu ağırlıkları üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOD

Hayvan Materyali

Çalışmanın hayvan materyalini, 82 baş Akkaraman koyunu ile 5 baş aşımında deneyimli Akkaraman koçu oluşturmuştur. Hayvanların seçiminde 2-5 yaş aralığında ve 60-70 kg canlı ağırlığında olması ayrıca herhangi bir sağlık sorununun olmaması dikkate alınmıştır.

Çalışmanın Yeri

Çalışma, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Ayhan Şahenk Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi Küçükbaş Hayvancılık Uygulama ve Araştırma Birimi’nde yürütülmüştür (Enlem 37° 52’ 39’ N, Boylam 34° 53’ 01’ E, rakım; 1174 metre, yağış miktarı 343.3 milimetre). Niğde ili, Türkiye’nin İç Anadolu Bölgesi’nde yer almakta ve kış ayları soğuk, yaz ayları ise kurak geçen karasal iklim özellikleri göstermektedir.

Hayvanların Bakım ve Beslenmesi

Gruplardaki koyunlar koç katım döneminde, her bir grup ayrı padokta olmak üzere yarı açık ağıllarda tutulmuş ve NRC (2007) esaslarına göre beslenmiştir. Bu dönemde hayvan başına günlük 1 kg kuru ot ve 600 g konsantre yem verilmiştir. Koç katımından sonra herhangi bir ek yemleme yapılmadan Kasım ayına kadar koyunlar gece ağılda barındırılmış, gündüzleri ise 8 saat merada otlatılmıştır. Gebeliğin son iki ayında hayvanların bakım beslenmesi ağılda yapılmıştır. Koyunlara taze su otomatik suluklardan serbest olarak verilmiştir. Kuzulara doğum sonrası bakım yapıp emzirildikten hemen sonra işletme kulak küpesi takılmış daha sonra kuzuların doğum ağırlıkları belirlenmiştir. Ayrıca doğum tarihi, doğum tipi, cinsiyet ve ana kulak numarası gibi bilgileri kaydedilmiştir. Kuzuların doğum sonrası yeteri kadar kolostrum alması takip edilmiştir. Doğumdan sonra

kuzular bir hafta süreyle anaları ile birlikte bireysel doğum bölmelerinde tutulmuştur. Kuzulara doğumdan sonra 2. haftadan itibaren kuzu başlangıç yemi ve yonca kuru otu serbest şekilde verilmiştir. Kuzular, yaklaşık 90 günlük yaşta süttten kesilmiştir.

Çalışma Dizaynı

Çalışmada kullanılan Akkaraman koyunlara uygulanan farklı senkronizasyon protokolleri Çizelge 1'de verilmiştir. Araştırmadaki senkronizasyon protokolleri ve koç katımı uygulamaları 18.06.2022-15.08.2022 tarihleri arasında yürütülmüştür. Doğum takipleri ise kontrol (K) ve melatonin implant (MI) gruplarında 20.12.2022-03.01.2023 tarihleri arasında, ovsynh (OH), Melatonin İmplant/ FGA Sünger (MI/FGA) ve sünger (FGA) gruplarında 06.01.2023-18.01.2023 tarihleri arasında yapılmıştır.

Çizelge 1. Akkaraman koyunlarda uygulanan farklı senkronizasyon protokolleri

Table 1. Different synchronization protocols applied in Akkaraman sheep

Tarihler/Dates	Gruplar/ Groups				
	Kontrol (K, n=14)	Melatonin implant (MI, n=15)	Ovsynh (OH, n=13)	Melatonin İmplant/Sünger (MI/ FGA, n=18)	FGA sünger (FGA, n=22)
18.06.2022		Implant Uyg. (35 gün)		Implant Uyg. (35 gün)	
23.07.2022	Koç Katımı (12 gün)	Koç Katımı (12 gün)	Ovsynh (12 gün)	Sünger Uygulaması (12 gün)	Sünger Uygulaması (12 gün)
03.08.2022	Koçların Ayrılması	Koçların Ayrılması	-	Sünger Çıkar/PMSG	Sünger Çıkar/PMSG
03.8.2022 / 15.8.2022	-	-	Koç Katımı (12 gün)	Koç Katımı (12 gün)	Koç Katımı (12 gün)
03.09.2022	Gebelik Kontrol	Gebelik Kontrol	-	-	-
15.09.2022	-	-	Gebelik Kontrol	Gebelik Kontrol	Gebelik Kontrol
Doğumlar/ Lambing	20.12.2022- 03.01.2023	20.12.2022- 03.01.2023	06.01.2023- 18.1.2023	06.01.2023-18.1.2023	06.01.2023- 18.1.2023

Araştırmada deneme materyali olarak seçilen koyunlar; Kontrol (K, n=14), Melatonin İmplant (MI, n=15), Ovsynh (OH, n=13), Melatonin İmplant/ FGA Sünger (MI/FGA, n=18), ve FGA sünger (FGA, n=22) olmak üzere 5 gruba yaşları dikkate alınmadan tesadüfi örnekleme yöntemiyle dağıtılmıştır.

MI grubundaki (n=15) koyunlara, 18.06.2022 tarihinde 18 mg melatonin içeren implant (Regulin® Ceva Hayvan Sağlığı A.Ş. İstanbul) özel aplikatör kullanılarak kulak derisi altına uygulanmış ve 35 gün sonra 23.07.2022-03.8.2022 tarihleri arasında koç katımı yapılmıştır.

K grubunu (n=14) oluşturan koyunlara herhangi bir eksojen uygulama yapılmamış, 23.07.2022-03.8.2022 tarihleri arasında koç katımı yapılmıştır.

OH grubundaki (n=13) koyunlara 25.07.2022-03.08.2022 tarihleri arasında Ovsynh protokolü

uygulanmıştır. Bu amaçla; uygulamanın başladığı 0. günde GnRH (1 ml Receptal, Intervet Vet. İlaç. Paz ve Tic. Ltd. Şti. İstanbul), 7. günde PGF₂ (1 ml Dinolytic, Zoetis Hayvan Sağlığı Ltd. Şti. İstanbul) ve 9. günde GnRH (1 ml Receptal, Intervet Vet. İlaç. Paz ve Tic. Ltd. Şti. İstanbul) kas içi enjekte edilmiştir. Bu gruptaki koyunlara 03.08.2022 ve 15.08.2022 tarihleri arasında koç katımı yapılmıştır.

MI/FGA grubundaki (n=18) koyunlara, 18.06.2022 tarihinde 18 mg melatonin içeren kulak implantı (Regulin® Ceva Hayvan Sağlığı A.Ş. İstanbul) uygulandıktan 35 gün sonra FGA içeren sünger (Chronogest® CR Intervet Vet. İlaç Paz. ve Tic. Ltd. Şti. İstanbul) uygulanmış (23.07.2022-03.8.2022), 12 gün sonra sünger çıkarılarak 600 IU PMSG (im) enjekte edilmiş 03.08.2022 ve 15.08.2022 tarihleri arasında koç katımı yapılmıştır.

FGA grubundaki (n=22) koyunlara ise, 23.07.2022-

03.8.2022 tarihleri arasında 20 mg FGA (Flugestone acetate) içeren intravaginal süngerler (Chronogest® CR Intervet Vet. İlaç Paz. ve Tic. Ltd. Şti, İstanbul) yerleştirilmiş, 12 gün sonra sünger çıkarılarak 600 IU PMSG (i.m.) uygulanmış 03.08.2022 ve 15.08.2022 tarihleri arasında ve koç katımı yapılmıştır.

Her bir gruptaki koyunlar için aşımda deneyimli 2-5 yaş aralığında bir adet koç kullanılmış ve 12 gün süre ile koç katımı yapılarak kızgınlığa gelen koyunların çiftleştirilmesi doğal aşım yöntemiyle sağlanmıştır.

Gebelik muayenesi, koçların ayrılmasından 30 gün sonra ultrason (Esaote Pie Medical Aqlia, Türkiye) aracılığı ile yapılmıştır.

Döl Verim Özellikleri

Koyunlarda incelenen döl verim özellikleri Kaymakçı (2016)'nın bildirdiği aşağıda verilen eşitliklere göre hesaplanmıştır.

Kuzulama Oranı (%): (Doğuran koyun sayısı/ Koç altı koyun sayısı) x 100

Kısırlık Oranı (%): (Kısır koyun sayısı/ Koç altı koyun sayısı) x 100

Tek Doğum Oranı (%): (Tek doğuran koyun sayısı/ Doğuran koyun sayısı) x 100

İkiz Doğum Oranı (%): (İkiz doğuran koyun sayısı/ Doğuran koyun sayısı) x 100

Üçüz Doğum Oranı (%): (Üçüz doğuran koyun sayısı/ Doğuran koyun sayısı) x 100

Koç altı koyun başına doğan kuzu sayısı (baş): Doğan kuzu sayısı/ Koç altı koyun sayısı

Doğuran koyun başına doğan kuzu sayısı (baş): Doğan kuzu sayısı/ Doğuran koyun sayısı

Kuzularda Canlı Ağırlık ve Yaşama Gücü

Kuzuların doğum ağırlığı ve 90. gün sütten kesim canlı ağırlıkları 100 g duyarlı baskül ile belirlenmiştir. Kuzuların 90. gün canlı ağırlıkları, sütten kesim yaşına göre Inyangala ve ark. (1992), bildirdiği interpolasyon yöntemine göre düzeltilmiştir. Doğuran koyun başına toplam kuzu doğum ağırlığı ve koyun başına toplam sütten kesimde kuzu ağırlığı hesaplanmıştır. Kuzuların sütten kesimde (90 gün) yaşama gücü oranı aşağıda verilen eşitliğe göre bulunmuştur.

Yaşama Gücü (%): $\frac{\text{Sütten kesimdeki kuzu sayısı}}{\text{Doğan kuzu sayısı}} \times 100$

İstatistiksel Analiz

Çalışmanın istatistiksel değerlendirilmesinde SPSS (2019) 26.0 paket programı kullanılmıştır. Döl verim özelliklerinin değerlendirilmesinde Kikare (χ^2) önemlilik testi kullanılmıştır. Kuzuların toplam doğum ağırlığı ve sütten kesim (90. gün) ağırlıklarının analizinde aşağıdaki model kullanılmıştır. Kuzuların sütten kesim canlı

ağırlıklarının analizinde doğum ağırlığı kovaryans olarak modele dahil edilmiştir.

$$Y_{ij} = \mu + A_i + \beta_1(X_{ij} - \bar{X}) + e_{ij}$$

Y_{ij} : Bağımlı değişken için i. gruptaki j. kuzu

μ : Beklenen ortalama,

A_i : Muamale etkisi (i: K, MI, OH, MI/FGA, FGA),

β_1 : j. bütün veriler üzerinden X ve Y arasındaki gerçek doğrusal regresyon katsayısı (eğim)

X_{ij} : Bağımsız değişken için i. gruptaki j. kuzu

$\bar{X}$: X değerlerinin ortalaması

e_{ij} : Hata payını ifade eder.

İstatistiki olarak önemli olan ($P < 0.05$) alt grup ortalamalarının karşılaştırılmasında Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (Ünalan, 2023).

Etik Kurul

Bu çalışma, Ayhan Şahenk Tarımsal Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan alınan 26/09/2022 tarih ve 12 sayılı karar ile yürütülmüştür.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Döl Verim Özellikleri

Çalışmada, K, MI, OH, MI/FGA ve FGA gruplarında doğum oranı sırasıyla; %64.29, %60.00, %61.54, %55.56 ve %50.00, kısırlık oranı %35.71, %40.00, %38.46, %44.44 ve %50.00, tek doğum oranı %77.78, %33.33, %62.50, %33.33 ve %27.27, ikiz doğum oranı %22.22, %55.56, %37.50, %0.00 ve %63.64 ve üçüz doğum oranı %0.00, %11.11, %0.00, %10.00 ve %9.09 olarak saptanmıştır (Çizelge 2). Gruplar arasında gözlenen farklılıklar istatistiki olarak önemsizdir ($P > 0.05$). Kontrol grubunda doğum oranının (%64.54) yüksek bulunması Akkaraman ırkı koyunlarda geçiş mevsiminde (Temmuz-Ağustos) üreme etkinliğinin doğal olarak başladığını göstermektedir.

Özyurtlu ve ark. (2016), üreme mevsimine geçiş döneminde Zom ve İvesi koyunlarında uyguladıkları progesteron+PGF+PMSG içerikli senkronizasyon protokolleri ile elde ettikleri gebelik (%43.5 ve %52) sonuçları, çalışmanın MI+FGA ve FAG gruplarında elde edilen bulgularından düşüktür. Çınar (2021), Kangal Akkaraman ırkı şişeklerde üreme mevsimine geçiş döneminde araştırdığı melatonin, melatonin+progesteron, progesteron ve kontrol gruplarında gebelik oranları sırasıyla; %60.0, %66.7, %40.0 ve %37.5 bildirilmiş olup, çalışma bulgularından melatonin grubunda aynı (%60), melatonin+progesteron grubundan düşük (%55.56) progesteron (%50) ve kontrol (%64.29) gruplarından ise yüksek değerlere sahiptir. Tacı & Kıvrak (2023), Kangal koyunlarında mevsim dışında progesteron sünger ve prostaglandin ve eCG esaslı protokole ilave olarak kas içi uyguladıkları vaginal sünger

çıkarmadan 1 gün önce 50 mg progesteron, 2 gün önce 50 mg progesteron ve kontrol gruplarında elde ettikleri doğum oranları (%53.5, %56.3 ve %60) bu çalışma bulguları ile benzerlikler göstermektedir. Ravindranath ve ark. (2023), Nari Suvarna koyunlarını mera ve entansif koşullarda besleme esasına göre gruplara ayırarak 12 gün boyunca progesteron içeren intravajinal sünger ve 500 IU PMSG uyguladıkları çalışmada, entansif beslenen gruplardaki (%83.3) bulgusu, bu çalışmadaki FAG grubundan yüksek iken mera grubunda (%55.0) bildirilen doğum oranı benzer bulunmuştur. Ayrıca Gözer ve ark. (2024), Akkaraman ırkı şişeklerde üreme sezonu dışında MPA ile senkronize ederek eCG ve PGF2α'nın farklı zamanlarda uygulanması

sonuçları (%64.70 ve %66.66, % 44.11), Özyurtlu ve ark. (2016), üreme mevsimine geçiş döneminde progestagen, PGF2α ve PMSG uygulamalarının Zom koyunlarında %43.5, İvesi koyunlarında %52.0, Berberoğlu (2016), Acıpayam ve Bafra ırkı koyunlarda anöstrüs dönemde uzun etkili (%44.83 ve %61.54), kısa etkili (%73.08 ve %62.06) ve daha önce 7 gün kullanılmış vaginal sünger (%66.67 ve %58.33) ve Korkmaz & Yaprak (2022) Morkaraman ırkı koyunlarda CIDR, Cronolone, doğal progesterone ve MAP grupları (%74, %61, %56 ve %33) uygulamalarıyla bildirdikleri doğum oranları da çalışma bulgularının bir kısmı ile benzerlik kısmı ile de farklılıklar göstermektedir.

Çizelge 2. Akkaraman koyunlarda döl verim özellikleri
Table 2. Reproduction characteristics in Akkaraman sheep

Özellikler/ Traits	K	MI	OH	MI/FGA	FGA	Genel	P
Koç Altı Koyun Sayısı/ The Number of Ewes Joined per Ram	14	15	13	18	22	82	
Gebe Koyun Sayısı/ Number of Pregnant Ewes	9	9	8	10	11	47	
Kısır Koyun sayısı/ Number of Infertile Ewes	5	6	5	8	11	35	
Tek Doğuran Koyun/ Ewes with Single Birth	7	3	5	3	3	21	
İkiz Doğuran Koyun/ Ewes with Twin Birth	2	5	3	5	7	22	
Üçüz Doğuran Koyun/ Ewes with Triplets Birth	-	1	-	1	1	3	
Doğan Kuzu Sayısı/ Number of Born Lambs	11	16	11	15	20	73	
Doğum Oranı/ Birth rates	64.29	60.00	61.54	55.56	50.00	57.32	0.922
Kısırlık Oranı/ Infertility Rate	35.71	40.00	38.46	44.44	50.00	42.68	
Tek Doğum Oranı/ Single Birth Rate	77.78	33.33	62.50	33.33	27.27	45.65	0.123
İkiz Doğum Oranı/ Twin Birth Rate	22.22	55.56	37.50	50.00	63.64	46.81	
Üçüz doğum Oranı/ Triplet Birth Rate	0.00	11.11	0.00	10.00	9.09	6.38	
Doğuran Koyun Göre Kuzu verimi/Fertility	1.22 ^b	1.78 ^a	1.37 ^{ab}	1.50 ^a	1.82 ^a	1.55	0.040
Koç Altı Koyun Göre Kuzu verimi/Fecundity	0.79	1.07	0.85	1.06	0.91	0.93	0.056

K: Kontrol, MI: Melatonin implant, OH: Ovsynch, FGA: Flugestone acetate sünger, MI/FGA: Melatonin implant/ Flugestone acetate sünger

Diğer yandan Doğruer ve ark. (2015), İvesi ırkı koyunlara anöstrüs dönemde FGA uygulamalarına ilaveten eCG ve PGF2α'nın farklı zamanlarda uygulanmasında kuzulama oranları (%95.2 ve %100) olarak bildirilmiş, Duymaz & Koyuncu (2021) anöstrüs dönemdeki Kıvrıkcık koyunlarında Regülin, CIDR, Chronogest, iki doz deri altına prostaglandin F2α ve kontrol gruplarında kuzulama oranlarını (%80, %95, %88, %92 ve %76) olarak göstermiştir. Uyar ve Alan (2008), Akkaraman ırkı koyunlarda, erken anöstrüs dönemde melatonin uygulaması ile gebelik oranını (% 82.14) elde etmiş ve Hermadi ve ark. (2023), yağlı kuyruklu Sidoarjo koyunlarında gebelik oranını kontrol grubunda %70, MPA 50 mg sünger 5. günde çekilen grupta %80 ve MPA 50 mg sünger 11. günde çekilen grupta %80 olarak bildirilen oranlar, bu çalışma bulgularından elde edilen değerlerden oldukça yüksektir. Benzer şekilde Alkan ve ark. (2012), tarafından üreme mevsimindeki Tahirova koyunlarında modifiye Ovsynch protokolleri ile elde ettiği gebelik oranları (%96 ile %98) bu

çalışmadaki Ovsynch (OH) grubundan oldukça yüksek bulunmuştur.

Bu çalışma bulguları ile yukarıda verilen çalışmalar arasında gözlenen farklılıklar; çalışmaların dönemi, hayvan materyali ve uygulanan protokoller, hayvanların yaşı, bakım ve besleme koşullarındaki değişimlerden kaynaklanmış olabilir.

Koç altı koyuna göre kuzu verimi K, MI, OH, MI/FGA ve FGA gruplarında sırasıyla; 0.79, 1.07, 0.85, 1.06 ve 0.912'dir. Gruplar arasında koç altı koyuna göre kuzu verimi bakımından gözlenen farklılıklar önemsizdir (P>0.05). Doğuran koyuna göre kuzu verimi ise K grubunda 1.22, MI grubunda 1.78, OH grubunda 1.37, MI/FGA grubunda 1.50 ve FGA grubundan da 1.82'dir. Deneme grupları arasında doğuran koyun başına elde edilen kuzu sayısı bakımından gözlenen farklılıklar istatistiki olarak önemli (P<0.05) bulunmuştur. Çalışmada tek doğum oranı; %77.78, %33.33, %62.50, %33.33, %27.27, çoğuz doğum oranı; %22.22, %66.67, %32.5, %66.67 olduğu saptanmıştır.

Hayvancılık işletmelerinin karlılığı ve sürdürülebilirliği açısından döl verimi büyük öneme sahiptir. Koyun yetiştiriciliğinde uygulanan senkronizasyon çalışmalarında, üretim zamanı planlanması yanı sıra kuzu veriminin artırılması dolayısı ile koyun başına düşen toplam kuzu sayısının artırılması amaçlanmaktadır. Bu konuda araştırmacılar tarafından yapılan senkronizasyon çalışmalarında farklı ırk, yaş, dönem, yöntem ve hormonlar kullanılmıştır.

Akbulut ve ark. (2023), Hasmer koyunlarına üreme mevsiminde melatonin uygulamasında bildirdiği çoğuz doğum oranı (%37.5) bu çalışmadaki MI grubundan düşük, ancak melatonin+sünger+PGF2α (%48) grubundaki sonuçlar bu çalışmadaki MI+FGA grubundaki değerden (%32.25) ve kontrol gruplarında (%28) bildirdiği çoğuz doğum oranı bu çalışmadaki K grubundan daha yüksektir. Özyurtlu ve ark. (2016), üreme mevsimine geçiş döneminde Zom ve İvesi koyunlarında bildirdiği ikiz doğum oranı (%20 ve %23.1), Doğruer ve ark. (2015), İvesi ırkında FGA uygulanan anöstrüsteki koyunlarda eCG ve PGF2α'nın ikizlik oranı (%50 ve %31) ve Çınar (2021) Kangal Akkaraman ırkı şişeklerde Melatonin, Melatonin+progesteron, progesteron ve kontrol gruplarında ikiz doğum oranları (%16.7, %20.0, %33.3 ve %0.0) ile ilgili değerler, bu çalışmada elde edilen sonuçlardan oldukça düşüktür. Diğer yandan Alkan ve ark. (2012), Tahirova koyunlarında modifiye ovsynch protokolü ile ikizlik oranı (%10.41 ile %22.44) bulgusu bu çalışmadaki OH grubunda elde edilen değerden (%32.5) düşüktür. Duymaz & Koyuncu (2021), anöstrus dönemdeki Kıvırcık koyunlarında Regülin, CIDR+GKSH, Chronogest+GKSH, iki doz PF2α ve kontrol gruplarında çoğuz doğum oranları (%15, %26,3, %13,6, %4,3 ve %5,3), bu çalışma gruplarında elde edilen sonuçlardan düşük bulunmuştur.

Çınar (2021), Kangal Akkaraman ırkı şişeklerde Melatonin, Melatonin+progesteron, progesteron ve kontrol gruplarında koç altı koyun başına kuzu sayıları; 0.70, 0.78, 0.40 ve 0.38 kuzu ve doğuran koyun başına kuzu sayıları; 1.2, 1.2, 1.3 ve 1.0 kuzu araştırma bulgularından daha düşük kalmaktadır. Bu durum hayvanların yaşı, bakım beslenmesi, protokollerin içeriği ve uygulama zamanından kaynaklanabilir. Akbulut ve ark. (2023), Hasmer koyunlarında melatonin, melatonin+sünger+PGF2α ve Kontrol gruplarında bildirdiği doğuran koyuna göre kuzu verimi (1.38, 1.48 ve 1.27 kuzu), Özyurtlu ve ark. (2016), üreme mevsimine geçiş döneminde Zom ve İvesi koyunlarında progesteron+PGF+PMSG ve kontrol gruplarında elde ettikleri kuzu verimi (1.2 ve 1.23), Doğruer ve ark. (2015), İvesi ırkında FGA uygulanan anöstrüsteki koyunlarda eCG ve PGF2α uygulamasıyla bildirilen kuzu verimleri (%150 ve %131), Özyurtlu ve ark. (2016), üreme mevsimine

geçiş döneminde progestagen, PGF2α ve PMSG uygulamalarında Zom ve İvesi koyunlarında kuzu verimi (1.2, 1.23), Korkmaz & Yaprak (2022), Morkaraman ırkı koyunlarda CIDR, Cronolone, doğal progesterone, MAP ve kulak implantı (Crestar) uygulamalarında elde ettiği kuzulama oranları (1.29, 1.0, 1.10, 1.18 ve 1.00) ve Duymaz & Koyuncu (2021), anöstrus dönemdeki Kıvırcık koyunlarından Regülin, CIDR, Chronogest, iki doz deri altına prostaglandin F2α ve kontrol gruplarında doğuran koyuna göre kuzu verimi (1.0, 1.3, 1.2, 1.0 ve 1.0 kuzu) sonuçları da bu çalışmada Akkaraman koyunları için hesaplanan değerlerden daha düşüktür. Diğer yandan Nikbakht ve ark. (2022), Lake-Ghashghaei koyunlarda GnRH ve hCG enjeksiyonunun, birinci gün uygulamada 1.00 ve 1.54 kuzu (P>0.04) ve ikinci gün uygulamada 1.50 ve 2.0 kuzu bulgusu bu çalışmada OH grubundaki (1.34 kuzu) sonuçlardan daha yüksektir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular ile yukarıdaki araştırmacıların bildirdiği bulguların bazılarında benzerlik bazılarında ise farklılıklar olduğu gözlemlenmektedir. Söz konusu farklılıklar muhtemelen ırk, senkronizasyon protokollerinin içerikleri, koyunların fizyolojik dönemleri, mevsim, besleme gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır.

Canlı Ağırlık ve Yaşama Gücü

Deneme gruplarına göre doğuran koyun başına kuzuların toplam doğum ağırlığı ve sütten kesim ağırlıkları Çizelge 3'te verilmiştir. Doğuran koyun başına en yüksek toplam doğum ağırlığı 7.01 kg ile FGA grubu koyunlarda saptanırken bunu MI/FGA (6.86 kg), OH (6.73 kg), MI (5.59 kg) ve K grubundaki (5.09 kg) koyunların kuzuları izlemiştir (P>0.05). Kuzuların doğum ağırlığının sütten kesim ağırlığına etkisi önemli (P<0.001) bulunmuştur. Deneme gruplarına göre kuzuların sütten kesim zamanında toplam canlı ağırlıklarının MI ve FGA (47.70 kg ve 46.56 kg) gruplarında en yüksek olduğu, K grubunda (44.51 kg) ise en düşük olduğu belirlenmiştir. Yapılan senkronizasyon uygulamalarının doğuran koyun başına sütten kesilen kuzuların toplam canlı ağırlıkları bakımından farklılık oluşturduğu ancak bu farklılıkların istatistiki olarak önemsiz (P>0.05) olduğu saptanmıştır.

Kuzuların sütten kesimde yaşama gücü oranı en yüksek K, MI ve MI/FGA (%100) gruplarından doğan kuzularda saptanırken bunu FAG (%91.7) ve OH grubu (%88.9) izlemiştir (Çizelge 3). Yaşama gücü bakımından gözlemlenen farklılıklar istatistiki olarak önemsizdir (P<0.05).

Bu araştırmada koyun başına toplam doğum ağırlığı ve sütten kesim ağırlığı en yüksek FGA (7.01 ve 50.33 kg) ve OH (6.73 ve 49.93 kg) gruplarında en düşük K grubunda (5.09 ve 37.51 kg) bulunmuş, söz konusu farkın yaklaşık %26 daha fazla canlı ağırlığa karşılık

geldiği hesaplanmıştır. Akbulut ve ark. (2023), Hasmer koyunlarından doğan kuzuların canlı ağırlıklarını; tek erkeklerde 4.86, 5.56 ve 5.74, tek dişilerde 4.70, 5.04, ve 5.17, çoğuz erkeklerde 4.41, 4.32 ve 4.64, çoğuz dişilerde 4.24, 3.80 ve 3.92 kg, Yaralı (2004), Kıvırcık koyunlarında farklı PMSG dozlarının kuzu verimi üzerine etkilerini araştırdığı çalışmada, 0, 400 ve 500 IU PMSG grubundan elde edilen kuzuların doğum ağırlıklarını sırasıyla; 3.20 kg, 3.47 kg, 3.44 kg, pazarlama canlı ağırlıklarını ise sırasıyla; 21.06 kg, 21.84 kg, 22.84 kg, Koyuncu ve ark. (2019), Kıvırcık koyoyunlarda CIDR, CIDR+Vit

A, E+Se, Vitamin A, Vitamin E+Se ve Kontrol gruplarındaki doğum ve sütten kesim ağırlık (3.1 ve 33.0, 2.9 ve 31.2, 3.2 ve 27.5, 3.3 ve 30.4, 3.0 ve 28.4 kg) ve Kutlu ve ark. (2022), Bingöl İlinde halk elinde yetiştirilen Akkaraman ırkı kuzularda doğum ağırlığını 2.71 ve 3.52 kg, sütten kesim ağırlığını da 28.81 ve 32.82 kg bildirmişlerdir. Bu çalışmada Akkaraman ırkında elde edilen canlı ağırlıklardan daha düşüktür. Bu farklılıklar ırk, sütten kesim zamanı, mevsim, yıl ve bakım beslemeden kaynaklanmış olabilir.

Çizelge 3. Doğuran koyun başına kuzuların doğum ve sütten kesim ağırlığı (kg) ve yaşama gücü (%)

Table 3. Birth and weaning weight of lambs per lambing ewe (kg) and survival rate (%)

Özellikler/ Traits	K	MI	OH	MI/FGA	FGA	Genel	P-değeri
KTDA	5.09±0.79	5.59±0.84	6.73±0.84	6.86±0.72	7.01±0.72	5.09±0.79	0.313
KTSKA	44.51±2.77	47.70±2.87	44.76±2.89	41.12±2.46	46.56±2.47	37.51±5.05	0.435
YGO	100	100	88.9	100	91.7	95.9	0.578
Regresyon/Regression							
Doğum Ağırlığı/ Birth Weight:	0.853±0.498						0.001

KTDA: Koyun Başına Toplam Doğum Ağırlığı/ Average Birth Weight Per Ewe, KTSKA: Koyun Başına Toplam Sütten Kesim Ağırlığı/ Average Weaning Weight Per Ewe, YGO: Yaşama Gücü Oranı/Survival Rate, K: Kontrol/Control, MI: Melatonin implant/Melatonin implant, OH: Ovsynch/Ovsynch, FGA: Flugestone acetate sünger/Flugestone acetate sponge, MI/FGA: Melatonin implant/Flugestone acetate sünger, Melatonin implant/Flugestone acetate sponge,

Akkaraman ırkı koyunlara geçiş döneminde farklı senkronizasyon protokollerinin uygulandığı bu çalışmada, uygulamaların kuzuların yaşama gücü üzerine etkisi önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur. Benzer şekilde Duymaz & Koyuncu (2021), Regülin, CIDR, Chronogest, iki doz PF2 α uygulanan gruplarda ve kontrol grubunda yaşama gücü oranlarının (0.88, 0.96, 0.96, 0.96 ve 0.90) oransal olarak yüksek çıkmasına rağmen, farklı senkronizasyon grupları arasındaki farkın önemsiz ($P>0.05$) olduğunu bildirmişlerdir. Aynı şekilde Korkmaz & Yaprak (2022) Morkaraman ırkı koyunlarda kuzulama oranlarını CIDR (%90), Cronolone, progesterone (%72.8), MAP (%69.6) olarak belirtmiş ve yaşama güçleri açısından uygulama grupları arasında anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir. Koyuncu ve ark. (2019) Kıvırcık kuzularda sütten kesimde yaşama gücü oranını %80 ile %95.0 olarak bildirmiştir. Bu araştırmada, kuzularda yaşama gücü oranının istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte K (kontrol) grubundaki koyunların kuzularında yüksek olması bu grupta tek doğum oranının yüksek olmasıyla ilişkilendirilmektedir. Bu nedenle, çoğuz doğum oranını yüksek olduğu senkronizasyon çalışmalarında kuzu kayıplarının önlenmesi ve yaşama gücünün artırılması için kuzu büyütme yöntemlerinin daha dikkatli uygulanması gerekmektedir.

SONUÇ

Akkaraman ırkı koyunlara geçiş döneminde uygulanan farklı senkronizasyon protokollerinden

elde edilen bulgulara göre, doğum oranı bakımından gruplar arasında önemli fark olmamakla birlikte tatmin edici düzeyde döl verimi sağlanmıştır. Ayrıca kontrol grubunda elde edilen sonuçların uygulama gruplarına benzer nitelikte olduğu göz ardı edilmemelidir. Dolayısı ile Akkaraman koyunlarda bu dönemde üreme faaliyetlerinin başladığı, bu nedenle senkronizasyon protokolleri hazırlanırken bu durumun dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir.

Ancak kuzu verimi bakımından protokoller içerisinde en yüksek değerler progesteron (FGA) 1.82 ve melatonin (MI) 1.78 gruplarında, benzer şekilde çoğuz doğum oranı bakımından en yüksek oranlar progesteron (FGA) %72.73 ve melatonin (MI) %66.67 gruplarında elde edilmiştir. Bu etkinin ortaya çıkmasında progesteron (FGA) grubuna uygulanan PMSG ve melatonin (MI) grubunda ise melatonin hormonun etkili olduğu değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak Akkaraman koyunlarda kuzu verimi ve toplam kuzu ağırlıklarının artırılmasında FGA ve MI gruplarına yapılan uygulamaların olumlu katkılar sağladığı ancak söz konusu etkilerin ortaya konulabilmesi için daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç olduğu kanısına varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Araştırmamanın hayvan materyalini ve sarf malzemelerini temin eden Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Ayhan Şahenk Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarların makaleye olan katkı oranı eşittir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması beyanı yoktur.

KAYNAKLAR

- Akbulut, K., Kırbaş, M., Harman, H., & Yavuz, H. (2023). Effects of melatonin on reproductive performance, plasma progesterone and malondialdehyde concentrations during breeding season in ewes. *Research Square*, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2888938/v>.
- Akçapınar, H. (2000). Koyun Yetiştiriciliği, Yenilenmiş 2. Baskı, ISBN: 975-96978-1-5, İsmat Matbaacılık, Ankara-Türkiye.
- Alkan, S., Kaşıkçı, G., Özdaş, Ö. B., Gündüz, M., Uçmak, M., & Yılmaz, Ö. T. (2012). Tahirova koyunlarında modifiye ovsynch protokolünün senkronizasyon ve fertilitite oranlarına etkisi. *İstanbul Üniv. Veteriner Fak.Dergisi*, 38(1), 37-42.
- Aqwaan H. W. K. (2023). The role of certain specific hormonal treatments in estrus synchronization of ewes: A mini Review. *Kufa Journal for Veterinary Medical Sciences*, 14(1), 27–37. <https://doi.org/10.36326/kjvs/2023/v14i110923>.
- Ataman, M.B., Aköz, M., Fındık, M., & Saban, E. (2009). Geçiş dönemi başındaki Akkaraman melezi koyunlarda farklı dozda flourogestene acetate, norgestomet ve PGF2α ile senkronize östrüslerin uyarılması. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 15(5), 801-805.
- Berberoğlu, G.D. (2016). *Anöstrus Sezonundaki Bafra ve Acıpayam Irkı Koyunlarda Uygulanan. Uzun ve Kısa Etkili Progesteronun Döl Verimi Üzerine Etkisi (Tez No:437695 [T.C. Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Doğum Ve Jinekoloji Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi sayfa:62. Haziran 2016 Kayseri]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.*
- Biehl, M.V., de Ferraz Junior, M.V.C., Barroso, J.P.R., Susin, I., Ferreira, E.M., Polizel, D.M., & Pires, A.V. (2019). The reused progesterone device has the same effect on short or long estrus synchronization protocols in tropical sheep. *Tropical Animal Health and Production*, 51, 1545-1549.
- Burutaran, M., Fierro, S., Negrín, F., Minteguiaga, M., Gil, J., & Olivera-Muzante, J. (2024). Estrous, ovulation and reproductive responses of ewes synchronized with a long interval prostaglandin-based protocol for timed AI. *Theriogenology*, 214, 187-191.
- Çınar, S. (2021). *Kangal Akkaraman şişeklerde üreme mevsimine geçiş döneminde melatonin ve progesteron uygulamalarının döl verimi özellikleri üzerine etkileri, (Tez No:688653 [Master's thesis, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.*
- Merkezi.
- Daham, A., Jaber, A., & Al-Saaidi, J. (2023). Age as a determinant of the effectiveness of intravaginal sponges impregnated with progestin and equine chorionic gonadotropin for multiple births induction of Awassi Ewes. *Veterinary Medicine International*, 800053, 1-5. <https://doi.org/10.1155/2023/9800053>.
- Dias, J., Miranda, V., Oliveira, F., Junior, S.V., Haas, C., Costa, V., Lucia Jr, T., Vieira, A., Corcini, C., & Gasperin, B. (2020). Treatment with eCG and hCG to induce onset of estrous cycles in ewes during the non-breeding season: Effects on follicular development and fertility. *Animal Reproduction Science*, 212, 106232. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.106232>
- Doğruer, G., Ergün, Y., Karaca, F., Sarıbay, M.K., Ateş, C.T., Aköz, M., & Aydın, İ. (2015). FGA tedavisi uygulanan anöstrusteki koyunlarda eCG ve PGF2α'nın farklı zamanlarda uygulanmasının fertilitite üzerindeki etkisi. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 31(3), 158-162, DOI: 10.15312/EurasianJVetSci.2015310973.
- Duymaz, Y., & Koyuncu, M. (2021). Kıvrıcık koyunlarında anöstrus döneminde farklı senkronizasyon yöntemlerinin döl verimi üzerine etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(2), 255-260.
- Ferlazzo, N., Andolina, G., Cannata, A., Costanzo, M.G., Rizzo, V., Currò, M., Lentile & R., Caccamo, D. (2020). Is melatonin the cornucopia of the 21st century? *Antioxidants*, 9(11), 1088. <https://doi.org/10.3390/antiox9111088>.
- Gelez, H., & Fabre-Nys, C. (2004). The “male effect” in sheep and goats: a review of the respective roles of the two olfactory systems. *Hormones and Behavior*, 46(3), 257-271. doi: 10.1016/j.yhbeh.2004.05.002.
- Gözer, A., Sarıbay, M. K., Bahan, O., Doğruer, G., & Parlaktaş, M. (2024). The Effect of Time of eCG and PGF2α Administration on Fertility Parameters in Akkaraman Yearlings Treated by MPA in Non-breeding Season. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 12(2), 96-102.
- Hafez, E. S. E., & Hafez, B. (Eds.). (2013). *Reproduction in farm animals*. John Wiley & Sons.
- Ainudeen M.R., Wahid, H ve Hafez, E.S.E. Sheep and Goats.
- Hameed, N., Khan, M. I. U. R., Zubair, M., & Andrabi, S. M. H. (2021). Approaches of estrous synchronization in sheep: Developments during the last two decades: A review. *Tropical Animal Health and Production*, 53(5), 485. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02932-8>.
- Hermadi, H. A., Safitri, E., Restiadi, T. I., Khairullah, A. R., Kurniawan, S. C., & Silaen, O. S. M. (2023). The combination of progesteron sponge, PMSG and minimal dose PGf2 alfa towards pregnantion.

- Indian Journal of Animal Research*, 1, 1-7. <https://doi.org/10.18805/IJAR.BF-1596>.
- Inyangala, B. A. O., Rege, J. E. O., Itulya, S. (1992). Growth traits of the Dorper sheep. II. Genetic and phenotypic parameters. Small ruminant research and development in Africa: Proceedings of the First Biennial Conference of the African Small Ruminant Research Network: ILRAD, Nairobi, Kenya, 10-14 December 1990. Nairobi, Kenya: ILCA.
- Kaymakçı, M. (2016). İleri Koyun Yetiştiriciliği. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri. ISBN 978-605-85998-1-9, Bornova İZMİR
- Koncagül, S., Demiralp, C., Aksümer, N., Akın, O., & Ertuğrul, M. (2011). Domestic animal genetic resources in Turkey. Ankara/Turkey. www.tagem.gov.tr.
- Korkmaz, M.K., & Yaprak, M. (2022). The Effect of Different Estrus Synchronization Methods on Reproductive Performance in Laparoscopic Artificial Insemination Program in Morkaraman Sheep. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 10(2), 247-253. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i2.247-253.4639>.
- Koyuncu, M., Öziş Altınçekiç, Ş., Nageye, Fİ. (2019). Anöstrus Dönemindeki Koyunlarda CIDR, Vitamin A, E + Selenium Kullanımının Döl Verimine Etkileri. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg*, 22(Ek Sayı 1), 179-187. DOI: 10.18016/ksutarimdoga.vi.560334.
- Kutlu, M.A., Çelik, Ş., Kaygusuzoğlu, E. (2022). Bingöl İlinde Halk Elinde Yetiştirilen Akkaraman ırkı Kuzuların Büyüme Performansının İncelenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg*, 25 (6), 1502-1509. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1011360>
- Martinez, MF., McLeod, B., Tattersfield, G., Smaill, B., Quirke, L D., & Juengel, J.L. (2015). Successful induction of oestrus, ovulation and pregnancy in adult ewes and ewe lambs out of the breeding season using a GnRH+progesterone oestrus synchronisation protocol. *Animal Reproduction Science*, 155, 28-35. doi: 10.1016/j.anireprosci.2015.01.010.
- Mura, M., Luridiana, S., Pulinas, L., Bizzarri, D., Cosso, G., & Carcangiu, V. (2019). Melatonin treatment and male replacement every week on the reproductive performance in Sarda sheep breed. *Theriogenology*, 135, 80-84.
- Nikbakht, K., Habibizad, J., & Meamar, M. (2022). Effect of GnRH and hCG injection on the reproductive performance and serum progesterone concentration of ewes during spring season. *Vet Res Forum*, 13(4), 553-561. <https://doi.org/10.30466/vrf.2021.527306.3158>.
- NRC, (2007). National Research Council. Nutrient requirements of small ruminants (1st edition). NRC, National Academy Press: Washington, DC, USA.
- Özyurtlu, N., & Bademkiran, S. (2010). Koyunlarda östrus senkronizasyonu ve östrusu uyarma yöntemleri. *Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, (1), 17-22.
- Özyurtlu, N., Mehmet, K. Ö. S. E., Bayrıl, T., & Küçükaslan, İ. (2016). Üreme mevsimine geçiş döneminde östrus siklusu uyarılan İvesi ve Zom koyunlarında bazı döl verimi özelliklerinin karşılaştırılması. *Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, (2), 67-72.
- Ravindranath, B. M., Rudraswamy, M. S., Naveenkumar, G. S., & Murthy, C. (2023). Studies on estrus response and fertility in estrus synchronized Nari Suvarna EWES with different systems of feeding. *The Pharma Innovation Journal*, 12(2), 3564-3567.
- Salarpoor, M. V., Kadivar, A., Davoodian, N., Khosravian, P., Esfandabadi, N. S., Mohebbi, A., & Mehrban, H. (2023). Development and evaluation of an injectable slow-release progesterone formulation for estrus synchronization in ewes out of the breeding season. *Reproduction in Domestic Animals*, 58, 935-945.
- Sotgiu, F. D., Porcu, C., Pasciu, V., Dattena, M., Gallus, M., Argiolas, G., & Molle, G. (2021). Towards a sustainable reproduction management of dairy sheep: glycerol-based formulations as alternative to ecg in milked ewes mated at the end of anoestrus period. *Animals*, 11(4), 922. doi: 10.3390/ani11040922.
- SPSS, (2019). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 26.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Takcı, A., & Kıvrak, M.B. (2023). Effect of additional progesterone treatment during intravaginal progesterone priming in anestrous ewes. *Med. Weter*, 79(7), 364-367. [dx.doi.org/10.21521/mw.6768](https://doi.org/10.21521/mw.6768)
- TUİK, (2023). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=101&locale=tr>. Erişim Tarihi:01,03,2024.
- Ünalın A., (2023). Biyoistatistik: Bilgiye Yolculuk / Veri Değerlendirme ve Anlamlandırma Sanatı (1. Basım), sayfa 1-686. Nobel Akademik Yayıncılık, Mart 2023, Ankara. ISBN: 978-625-427-772-6.
- Uyar, A., & Alan, M. (2008). Koyunlarda erken anöstrüs döneminde melatonin uygulamalarının ovulasyon ve gebelik üzerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19(1), 47-54.

Esmer Irkı İneklerin Tank Sütü Kompozisyonu, Fizikokimyasal Özellikleri ve Yağ:Protein Oranının Değerlendirilmesi

İsa YILMAZ^{1*}, Ahmet Erhan KARAHAN², Bayram YURT³

¹Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Hayvansal Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş, Türkiye, ²Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Iğdır, Türkiye, ³Bingöl Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0001-6796-577X>, ²<https://orcid.org/0000-0001-6252-0640>, ³<https://orcid.org/0000-0001-5447-1586>

✉: isa.yilmaz@alparslan.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma Esmer ırkı sığırlara ait sütlerin kompozisyonunu, fizikokimyasal özelliklerini ve yağ/protein oranını bazı besleme hastalıkları açısından incelemek için yapılmıştır. Bu amaçla Iğdır ili Merkez, Karakoyunlu, Aralık ve Tuzluca ilçelerinde Esmer ırkı sığır yetiştiren toplam 170 işletmeden elde edilen tank sütü örnekleri incelenmiştir. İlçeler bazında incelenen süt kompozisyonlarından kuru madde ($p<0.01$), donma noktası ($p<0.01$), protein ($p<0.05$) ve pH ($p<0.05$) değerleri istatistik olarak farklı bulunmuştur. Hayvan beslenme düzeyleri için yağ/protein oranının incelenmesiyle, sürülerin %25.7'sinin Asidoz, %62.4'ünün Normal ve %11.9'unun Ketozis'e maruz kaldıkları tespit edilmiştir. Sütlerin yağ/protein oranı baz alındığında ilçe ve mevsime göre ineklerin 1/3'i Asidoz+Ketozis'e maruz kalmaları rasyon içeriğinin dengesizliğine bağlanabilir. Yem değişikliğinde de bu durum önemli bir hal alır. Bu nedenle ineklerin kuru besleme döneminden sonra merada otlatılması veya mera döneminden sonra kuru besleme dönemine geçişte yağ/protein oranı kontrol edilmelidir. Süt üreten işletmelerde ineklerin süt yağ/protein oranının zamanla izlenmesi ketosis ve asidosis hastalıkları için bilgi verici olup, hayvanların dengeli beslenmesi için zamanla ölçülmesi önerilir.

Zootečni

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 06.11.2023

Kabul Tarihi : 14.05.2024

Anahtar Kelimeler

Esmer ırkı sığır

Tank sütü

Süt kompozisyonu

Yağ

Protein

Evaluation of Tank Milk Composition, Physicochemical Properties, and Nutrition Level by Fat/Protein Ratio in Brown Swiss Breed Cattle

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the composition, physicochemical properties and fat/protein ratio of milk of Brown cattle in terms of some nutritional diseases. For this purpose, tank milk of 170 farms raising Brown breed cattle in Merkez, Karakoyunlu, Aralık and Tuzluca districts of Iğdır province were examined. Statistical differences were found in solid matter ($p<0.01$), freezing point ($p<0.01$), protein ($p<0.05$), and pH ($p<0.05$) values among the milk compositions examined on a district and season basis. By examining the fat/protein ratio for animal nutrition levels, it was determined that the herds were exposed to 25.7% to Acidosis, 62.4% to Normal, and 11.9% to Ketosis. Based on the fat/protein ratio of the milk, 1/3 of the cows are exposed to Acidosis+Ketosis according to the district and season, which can be attributed to the imbalance of the ration content. This situation also becomes important in feed change. For this reason, the fat/protein ratio should be checked when the cows are grazed on pasture after the dry feeding period or when transitioning from the pasture period to the dry feeding period. Monitoring the milk fat/protein ratio of cows in milk producing enterprises over time is informative for ketosis and acidosis diseases and it is recommended to measure it over time for animals.

Animal Science

Research Article

Article History

Received : 06.11.2023

Accepted : 14.05.2024

Keywords

Brow-Swiss breed

Tank milk

Milk composition

Fat

Protein

To Cite: Yılmaz, İ., Karahan, A.E., & Yurt, B (2024). Evaluation of Tank Milk Composition, Physicochemical Properties and Nutrition Level by Fat/Protein Ratio in Brown Swiss Breed Cows. *KSU J. Agric Nat* 27(5), 1226-1235, 2024. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1387073.

GİRİŞ

İnek sütü dünya çapında en çok tüketilen gıdalardan biri olup, proteinler, karbonhidratlar, yağlar, mineraller ve vitaminler gibi temel besinleri içeren yüksek değere sahip bir üründür (Santos, 2013). Süt, sağlıklı olan bir hayvanın tam olarak sağılmasından elde edilen normal meme salgısı olup, karmaşık bir sıvı besindir (Aishwarya ve ark., 2017). Süt ayrıca, yağın globüller, majör süt proteini (kazein) ve bazı mineral maddelerin kolloidal halde ve laktozla birlikte bazı mineraller ve çözünür peynir altı suyu proteinleri şeklinde emülsifiye edildiği karmaşık bir kimyasal madde olarak ta tanımlanan heterojen bir karışımdır (Mehta, 2015).

Dünya çapında süt, içme sütü olarak ve süt ürünlerine dönüştürülerek tüketilmektedir. Fakat süt kolay taşış edilebilen bir yapıya sahiptir (Santos ve ark., 2012). Taşış süt kalitesini düşürür ve tüketicilerin sağlığını tehlikeye atabilir. Süt için potansiyel taşış edici maddeler; yabancı su, yabancı proteinler, peynir altı suyu proteinleri, melamin ve üre, bitkisel veya hayvansal yağlardır. Süt yağının bazı bileşenlerinin eklenmesi gibi süt taşış vakaları dünya çapında rapor edilmiştir (Poonia ve ark., 2017).

Süt ve süt ürünleri, insanın yaşam evrelerinin belirli kısımlarında bir dizi temel besin maddesinin önemli kaynağıdır. Küçük çocuklarda kemik gelişimi ve büyümede; yine ergenlik döneminde özellikle kız çocukları için kalsiyum, magnezyum, iyot ve diğer önemli besinleri sağlar. İnsanların D vitamini ihtiyacını karşılamada ve bebeklerin bilişsel gelişimi için hamilelik sırasında annenin iyot dengesinin sağlanmasında önemlidir. Ayrıca, süt ve süt ürünleri yaşlılarda yetersiz beslenmenin azaltılmasına ve kas kütlesi, kas işlevselliği ve kemik gücü kayıplarını azaltmada gereklidir (Givens, 2020).

Sütün kimyasal yapısı incelendiğinde genel olarak yağ, protein, laktoz, mineral, vitaminler ve enzimler sütün besin madde değerini belirleyen içerikler olup, sadece içilen süt için değil, işleme sanayiinde de sütün sınıflanmasında kullanılan kriterlerdir (Çağlayan & Şehu 2016). Çünkü çiğ inek sütünün fizikokimyasal bileşimi genellikle ürünün kalite özellikleri, saklama koşulları ve raf ömrünün belirlenmesinde önemlidir (Franzoi ve ark., 2020).

İnek sütü, yüzlerce farklı bileşenden oluşan, besin açısından zengin, kimyasal olarak karmaşık bir biyoakışkandır. İnek sütünün kimyasal bileşimi de onlarca yıldır çalışılmış olmasına rağmen, bu bilgilerin pekiştirilmesi ve güncellenmesi gereklidir. Bu amaçla ticari inek sütündeki kimyasal bileşenlerin en kapsamlı ve güncel karakterizasyonunu için yeni teknolojileri kullanarak çok fazla sayıda çalışmaya

ihtiyaç vardır (Foroutan ve ark, 2019).

Sütün elde edildiği hayvanın türü, cinsi, yaşı ve beslenmesinde kullanılan yem materyalinin yanı sıra laktasyon aşaması, doğum sayısı, yetiştirme sistemi, fiziksel çevre ve mevsim gibi faktörler sütün rengini, tadını ve bileşimini etkiler ve çeşitli ürünlerin üretilmesine olanak sağlar (Murphy & Mara, 1993; FAO, 2024). Sığırlardan elde edilen sütlerin kompozisyonu ve yoğunluğu da, başta hayvanın ırkı olmak üzere süt verimi ile birlikte hayvanları beslemede kullanılan rasyonun kaba yem miktarı, kalitesi, kaba/kesif yem oranı, toplam karışımı, rasyonun partikül büyüklüğü, rasyona ilave edilen yağların miktarı ve çeşidi, protein kaynağı, rasyonun karbonhidrat kaynağı gibi bir çok faktörün tek başına veya ortak etkisi altında şekillenmektedir (Walstra ve ark., 2006; Ergül ve ark., 2019).

Türkiye Tarım ve Orman Bakanlığı çiğ süt arzına dair yayınladığı tebliğde çiğ inek sütünde proteinin en az %2.8, yoğunluğun en az 1.028, yağsız kuru maddenin en az %8.5 ve süt yağının en az %3.4 olması gerektiğini bildirmiştir (Anonim, 2017).

Çiftlik Hayvanları Verisi için Küresel Standartlar (ICAR, 2019)'a göre ise inek sütlerinin yağ, protein, laktoz oranları sırasıyla %2.0–6.0, %2.5–4.5 ve %4.0–5.5 değerleri arasında olmalıdır.

Uluslararası Süt Federasyonu Derneği (IDFA, 2023)'ne göre ise, inek sütü yaklaşık olarak %87 su ve %13 kuru madde içeriğinde %3.7 yağ ve %9.0 yağsız kuru madde içermelidir ve süt içeriğinde en az %3.25 yağ ve %8.25 yağsız kuru madde bulunmalıdır.

Botswana Standartlar Bürosu (BOBS, 2018) standartlarına göre ise; çiğ inek süt yağı %3.3 ve protein %3.0, yağsız kuru madde %8.3'ten az olmamalı, pH 6.60–6.80 arasında olmalı ve yoğunluk ise 20 °C'de 1.026–1.032 g mL⁻¹ aralıklarda ölçülmelidir.

Süt proteini, toplam süt kuru maddesinin yaklaşık %25'ini oluşturur ve günümüzde süttten elde edilen yağdan daha değerli bir bileşen olarak kabul edilmektedir. Çünkü süt proteini birçok ürünün imalatında kullanılmaktadır. Süt proteini, en büyüğü kazein olan bir dizi farklı bileşenden oluşur. Süt proteini peynir ve kazein tozu üretimi için en önemli bileşendir (Murphy & Mara, 1993).

Bununla birlikte süt sığırcılığında, süt içeriğinden yağ ve protein oranı (yağ/protein) ineklerin rumen sağlığı, Asidoz ve Ketozis gibi metabolik hastalıklara maruziyetin belirtici olarak da değerlendirilmektedir. Bu nedenle hayvanlarda besleme kaynaklı oluşabilecek hastalıkların tespitinde ve önlenmesinde kolay uygulanabilir bir yöntemdir. Hayvan sağlığının kontrolü, süt kalitesi ve süt verimliliğinin artırılması

açısından gereklidir. Sağlıklı bir sığırın süt yağ/protein oranı 1 ile 1.5 arasında olması gerekir. Bu oranın 1'in altında olması Asidoz, 1.5'in üzerinde olması ise Ketozis riskini artırmaktadır (Eastridge, 2012). Bu nedenle inekleri beslemede kullanılan TMR (kaba, kesif ve tüm yem katkı maddelerinin bir karışımında verilmesi); kaba/kesif yem oranı, partikül büyüklüğünü, kolay fermente olabilen karbonhidratların kullanılan miktarı gibi faktörlerden etkilenen süt kompozisyonunda, süt yağ/protein oranına bakılarak hayvanların dengeli ve sağlıklı beslendikleri, Asidoz ve Ketozis gibi problemleri yaşayıp yaşamadıkları da kolayca tespit edilebilmektedir (Deniz, 2022).

Bu çalışmada, Iğdır ilinde süt sığırcılığı işletmelerinde; tank sütü kimyasal kompozisyonu incelenmiş ve yetiştirilen ineklerin beslemeye bağlı olarak maruz kalabilecekleri bazı besleme hastalıklarının belirtici olan yağ/protein oranına göre değerlendirme yapılmıştır.

MATERYAL ve METOD

Araştırma Materyali

Araştırma konusu hayvanların yetiştirildiği Iğdır ovası ve çevresi; Türkiye ve Doğu Anadolu ölçeğinde kendine özgü iklim özellikleri ile yöresel mikroklima özelliğine sahip olan, yazları sıcak ve kurak, kışları ılıman bir iklim özelliğindedir. İlde Haziran-Ağustos aylarında sıcaklık 39–42 °C arasında değişmekte olup, 1940–2020 yılları arasında görülen en düşük ve yüksek sıcaklıklar sırasıyla –30.3 ve +42.0 °C olarak belirlenmiştir (Anonim, 2023).

Araştırma materyalini merkez ilçede 51, Karakoyunlu ilçesinde 37, Aralık ilçesinde 68 ve Tuzluca ilçesinde 14 işletme olmak üzere 2015 yılında her mevsim alınan süt örnekleri oluşturmuştur. Araştırma konusu işletmelerin belirlenmesinde süt toplayan firmaların süt topladıkları işletmeler seçilmiş olup, böylece ticari olarak süt üretilip satan üreticilere ulaşılmıştır.

Örnekleme Yöntemi

Araştırma için gerekli süt numuneleri, süt toplayan firmaların süt topladıkları işletmelerden temin edilmiştir. Bu firmaların araçlarıyla birlikte süt toplama zamanlarında işletmelere gidilerek, işletmelerden araç ana tankına sütlerin boşaltılması esnasında süt örnekleri numune kaplarına alınmıştır. Her mevsim alınan süt örnekleri, elde edildiği işletmenin numarasının yazıldığı 50 cc'lik tüplere konularak, buz kalıpları arasında muhafazalı bir şekilde analiz yerine taşınmıştır.

Laboratuvar Analizleri

Süt örneklerinin fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesinde, Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootehni Laboratuvarında bulunan süt analiz cihazı

(BOECO Milk Analyzer) ve pH metre (HANNA H199161) cihazı kullanılmıştır. Böylece, tek ölçüm örnekleriyle süt toplam kuru maddesi, yağsız kuru madde, süt yağı, laktoz, ham protein, donma noktası, iletkenlik, yoğunluk ve pH özellikleri belirlenmiştir.

Süt Yağı/Protein Oranı

Bu çalışmada süt içeriğinin değişimine ve süt kalitesine etki eden yem rasyonlarının normal olarak işletmelerde inekleri beslemede kullanımı hakkında bilgi elde etmek için süt yağ/protein oranının Eastridge (2012) tarafından önerilen, ve hayvanların beslenme düzeylerinin göstergesi olan yağ/protein oranının; “ > 1 Asidoz”, “1–1.4 Normal” ve “ ≥ 1.5 Ketozis” ve üzeri şeklinde gruplar ile hayvanlardan normal süt eldesi incelenmiştir.

İstatistik Analizler

Bu çalışmada Esmer ırkı sığır işletmelerinden elde edilen tank sütlerinin süt kompozisyonları da hayvanların yetiştirildikleri işletmelerin bulundukları ilçelere ve mevsimlere göre varyans analizi tesadüf parselleri deneme deseni modeli kullanılarak incelenmiştir. Gruplar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak belirlenmiştir. İstatistik analizleri IBM SPSS 2013 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca veriler yağ/protein oranları hesaplanarak Asidoz, Normal ve Ketozis olmak üzere üç gruba ayrılmış elde edilen verilere karar ağacı algoritmalarından CT (Classification Tree) yöntemi uygulanarak sonuçlar yorumlanmıştır.

CT analizinde Parent:Child düğüm oranı 100:50 olarak, ağaç derinliği ise 4 olarak alınmıştır (SPSS, 2013).

Yöntemin performansı “Doğruluk (Accuracy), Hassasiyet (Precision), Özgüllük (Specificity), Geri Çağırma (Recall) ve Hata Oranı (Error Rate) metriklerine göre R (sürüm 3.6.1) programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

$$\text{Doğruluk} = [(TP+TN) / (TP+TN+FP+FN)] \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Hassasiyet} = [(TP) / (TP+ FP)] \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Özgüllük} = [(TN) / (TN+FP)] \times 100 \quad (3)$$

$$\text{Duyarlılık} = [(TP) / (TP+FN)] \times 100 \quad (4)$$

$$\text{Hata Oranı} = 1 - \text{Doğruluk} \quad (5)$$

Bu çalışma deneysel olmayan tarımsal uygulamaları (Anonim, 2011) kapsamında değerlendirildiğinden “Etik Kurul belgesi” alınmasına gerek duyulmamıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Süt kompozisyonunun, sütün işlenmesiyle elde edilecek ürünlerin kalitesinde ve miktarında önemli bir rolü vardır. Bununla birlikte besleyicilik açısından da insana besin maddesi sağlamada önemlidir.

Bu çalışmada Esmer ırkı sığırlardan elde edilen tank

sütlerinin içerikleri incelenmiş olup, elde edilen tank sütü içeriğine ait ele alınan tüm özellikler için

tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Esmer ırkı sığırlardan elde edilen tank sütüne ait tanımlayıcı istatistikler

Table 1. Descriptive statistics of tank milk obtained from Brown cattle

Özellikler	N	$\bar{x}$	SE	SD	Medyan	Minimum	Maximum
Toplam kuru madde (%)	680	12.90	0.04	1.10	12.82	9.60	18.39
Yağsız kuru madde (%)	680	8.82	0.00	0.66	8.85	7.03	12.65
Yağ (%)	680	4.08	0.03	0.85	4.06	2.12	6.96
Laktoz (%)	680	4.79	0.01	0.35	4.81	3.74	5.86
Kül (%)	680	0.72	0.00	0.06	0.72	0.59	0.99
Yoğunluk (g mL ⁻¹)	680	1.029,99	0.08	2.17	1.030.00	1.025.71	1.038.86
Protein (%)	680	3.60	0.01	0.20	3.58	2.97	4.73
Donma noktası (°C)	680	-0.561	0.003	0.087	-0.546	-0.871	-0.221
pH	680	6.66	0.01	0.21	6.68	5.25	6.99

Bu çalışmada mevsimlere göre tank sütü içeriğini oluşturan maddelerin varyans analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir.

Bu çalışmada mevsimlere göre süt kompozisyonu incelendiğinde (Çizelge 2), toplam kuru madde, yağ, kül, yoğunluk, donma noktası, yağ/protein oranı ve pH değerlerinde p<0.001 seviyesinde, laktoz değerinde ise p<0.05 seviyesinde mevsimden kaynaklanan farklılıklar istatistik olarak anlamlı bulunmuştur.

Bu çalışmada toplam kuru madde miktarı çiğ inek

sütlerinde sonbaharda en yüksek ve kış mevsiminde en düşük bulunmuştur (Çizelge 2). Parmar ve ark. (2020) Holstein sığır ırkında çiğ süt toplam kuru madde miktarını sonbahar ayında en yüksek, yaz mevsiminde ise en düşük olduğunu bildirmişlerdir. Bu değişimin istatistik olarak (p<0.05) anlamlı bulunduğunu ifade etmişlerdir. Özdemir ve Tahmas Kahyaoglu (2020), Kastamonu ilinde çiğ süt toplama merkezinden elde edilen süt örneklerinde toplam kuru madde miktarını en yüksek kış mevsiminde ve en düşük ise yaz mevsiminde elde etmişlerdir.

Çizelge 2. Mevsimlere göre süt kompozisyonu Varyans Analizi ve Duncan karşılaştırma test sonuçları

Table 2. Analysis of Variance and Duncan comparison test results of milk composition according to seasons

Süt Kompozisyonu	Mevsim				Genel N=680	P değeri
	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar		
	n=170	n=170	n=170	n=170		
	$\bar{x}\pm SE$	$\bar{x}\pm SE$	$\bar{x}\pm SE$	$\bar{x}\pm SE$	$\bar{x}\pm SE$	
Toplam kuru madde(%)	12.58±0.06 ^a	12.61±0.07 ^a	12.98±0.09 ^b	13.45±0.10 ^c	12.90±0.04	0.000**
Yağsız kuru madde(%)	8.80±0.05	8.86±0.04	8.84±0.06	8.78±0.05	8.82±0.00	0.608ös
Yağ (%)	3.78±0.05 ^a	3.75±0.06 ^a	4.13±0.06 ^b	4.67±0.07 ^c	4.08±0.03	0.000**
Laktoz (%)	4.81±0.03 ^{ab}	4.79±0.02 ^{ab}	4.85±0.03 ^a	4.73±0.03 ^b	4.80±0.01	0.018*
Kül (%)	0.71±0.00 ^b	0.72±0.00 ^b	0.74±0.01 ^a	0.70±0.00 ^b	0.72±0.00	0.000**
Yoğunluk (g mL ⁻¹)	1.029,86±0.19 ^b	1.031,08±0.17 ^a	1.029,89±0.15 ^b	1.029,13±0.13 ^c	1.029,99±0.08	0.000**
Protein (%)	3.58±0.02	3.60±0.01	3.61±0.02	3.60±0.02	3.60±0.01	0.474ös
Donma noktası (°C)	-0.540±0.01 ^a	-0.580±0.01 ^b	-0.570±0.01 ^b	-0.560±0.01 ^b	-0.561±0.00	0.000**
Yağ/protein oranı	1.06±0.02 ^c	1.04±0.02 ^c	1.15±0.02 ^b	1.30±0.02 ^a	1.14±0.01	0.000**
pH	6.62±0.01 ^b	6.62±0.02 ^b	6.67±0.02 ^a	6.71±0.02 ^a	6.66±0.01	0.000**

a, b, c: farklı harfler ortalamalar arasındaki farklılığı gösterir.

ös: Önemsiz, *: p<0.05 seviyesinde anlamlı, **: p<0.001 seviyesinde anlamlı

Mevcut çalışmada, esmer ırkı sığırlara ait tank sütü yağsız kuru madde miktarı ilkbaharda en yüksek, sonbaharda en düşük elde edilmiştir (Çizelge 2). Özlem ve Kul (2020), esmer ırkı sığırlara ait yağsız kuru madde miktarını ilkbaharda en yüksek ve yaz

aylarında en düşük bildirmişlerdir. Dobranić ve ark. (2008) tarafından ise, yağsız kuru maddenin yaz aylarında önemli ölçüde düşük olduğu tespit etmişlerdir.

Yine esmer ırkı sığırlarda yağ verimi sonbaharda en

yüksek, ilkbaharda ise en düşük bulunmuştur (Çizelge 2). Özlem ve Kul (2020) esmer ırkı sığırlarda süt yağ yüzdesinin sonbaharda en yüksek ve ilkbahar aylarında ise en düşük olduğunu bildirmişlerdir. Wangdi ve ark. (2016) farklı süt ırkı ineklerden elde edilen tank sütlerinde ortalama yağ oranını kış mevsiminde en yüksek, sonbahar mevsiminde ise en düşük olarak bildirmişlerdir.

Bu çalışmada en yüksek laktoz değeri yaz mevsiminde, en düşük ise kış mevsiminde tespit edilmiştir (Çizelge 2). Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda Noro ve ark. (2006) kış mevsiminde süt laktoz seviyesinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Özlem ve Kul (2020) ise mevsimin süt kompozisyonu üzerine etkisinin olduğunu tespit etmişlerdir. Pavel ve Gavan (2011) ana süt bileşenlerinin mevsime göre değişimini hayvanlara verilen yemlerin farklı sindirilebilir özelliklerinden kaynaklandığını ifade etmişlerdir.

Kül miktarı yaz mevsiminde en yüksek ve sonbahar mevsiminde en düşük elde edilmiştir (Çizelge 2). Özdemir ve Tahmas Kahyaoğlu (2020) Kastamonu ilinde çiğ süt toplama merkezinden aldıkları süt örneklerinde kül miktarının mevsimlere göre değiştiğini, en yüksek kış mevsiminde ve en düşük ise yaz mevsiminde olduğunu bildirmişlerdir.

Yine bu çalışmada yoğunluk ilkbaharda en yüksek ve sonbaharda en düşük bulunmuştur (Çizelge 2). Wangdi ve ark. (2016) farklı süt ırkı ineklerden elde edilen tank sütlerinde ortalama olarak süt yoğunluğunun mevsimlere göre değişmediğini ve eşit değerler aldığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte Parmar ve ark. (2020) ise Holstein sığır ırkında en düşük yoğunluğu ilkbahar mevsiminde, en yüksek ise yaz mevsiminde belirlemişlerdir.

Mevcut çalışmada, protein miktarı yaz aylarında en yüksek ve kış aylarında en düşük bulunmuştur (Çizelge 2). Özlem ve Kul (2020) proteini ilkbaharda en

yüksek ve yaz aylarında en düşük bildirmişlerdir. Noro ve ark. (2006) kışın daha yüksek protein seviyelerini bildirmişlerdir. Roma Júnior ve ark. (2009) sonbaharda protein oranını diğer mevsimlere göre daha yüksek tespit etmişlerdir.

Donma noktası ise, bu çalışmada ilkbahar mevsiminde daha düşük değerlere sahipken (-0.580 ± 0.01), kış mevsiminde daha yüksek değerlere (-0.540 ± 0.01) sahip olmuştur (Çizelge 2). Wangdi ve ark. (2016) farklı süt ırkı ineklerden elde edilen tank sütlerinde donma noktasının mevsimlere göre değişimini inceledikleri çalışmada, sonbaharda elde edilen sütlerde donma noktasının daha düşük değerlere sahip olduğunu (-0.550) ve ilkbahar mevsiminde ise daha yüksek (-0.524) değerler aldığını bildirmişlerdir.

Bu çalışmada yağ/protein oranı sonbahar aylarında en yüksek ve yaz aylarında en düşük bulunmuştur ($p < 0.001$). Wangdi ve ark. (2016) farklı süt ırkı ineklerden elde edilen tank sütlerinde ortalama yağ/protein oranını 1.54 olarak bildirmiş olup, en düşük sonbahar mevsiminde (1.53) ve en yüksek ise ilkbahar mevsiminde (1.63) elde etmişlerdir.

Çalışmamızda işletmelerden alınan tank sütlerinden elde edilen çiğ sütlerin pH değerleri sonbahar aylarında en yüksek ve kış aylarında en düşük seviye bulunmuştur (Çizelge 2). Özlem ve Kul (2020) pH değeri üzerine mevsimin etkisinin olduğunu bildirmişler ($p < 0.01$) ve kış mevsiminde en yüksek, ilkbahar aylarında en düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Fakat konu ile ilgili Özrenk ve İnci (2008) ile Syridion ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada mevsimlerin pH üzerindeki etkisinin olmadığı bildirmişlerdir.

Yine bu çalışmada hayvanların yetiştirildiği ilçelere göre tank sütü içeriğini oluşturan maddelerle ilgili varyans analiz sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. İlçelere göre süt kompozisyonuna ait Varyans Analizi ve Duncan karşılaştırma test sonuçları
Table 3. Analysis of Variance and Duncan comparison test results of milk composition according to districts

Süt Kompozisyonu	İlçeler					P değeri
	Merkez	Karakoyunlu	Aralık	Tuzluca	Genel	
	n=204	n=148	n=272	n=56	N=680	
	$\bar{x} \pm SE$	$\bar{x} \pm SE$	$\bar{x} \pm SE$	$\bar{x} \pm SE$	$\bar{x} \pm SE$	
Kuru madde(%)	13.06 $\pm$ 0.08	12.84 $\pm$ 0.10	12.82 $\pm$ 0.06	12.87 $\pm$ 0.13	12.90 $\pm$ 0.04	0.115ös
Yağsız kuru madde (%)	8.86 $\pm$ 0.05	8.76 $\pm$ 0.06	8.82 $\pm$ 0.04	8.87 $\pm$ 0.07	8.82 $\pm$ 0.03	0.171ös
Yağ (%)	4.21 $\pm$ 0.06	4.09 $\pm$ 0.08	4.00 $\pm$ 0.05	4.00 $\pm$ 0.10	4.08 $\pm$ 0.03	0.087ös
Laktoz (%)	4.79 $\pm$ 0.02	4.76 $\pm$ 0.04	4.812 $\pm$ 0.02	4.82 $\pm$ 0.04	4.80 $\pm$ 0.01	0.176ös
Kül (%)	0.70 $\pm$ 0.00 ^c	0.73 $\pm$ 0.01 ^a	0.73 $\pm$ 0.00 ^a	0.71 $\pm$ 0.01 ^b	0.72 $\pm$ 0.00	0.003**
Yoğunluk(g mL ⁻¹)	1.030,09 $\pm$ 0.13	1.029,90 $\pm$ 0.22	1.029,94 $\pm$ 0.13	1.030,14 $\pm$ 0.28	1.029,99 $\pm$ 0.08	0.400ös
Protein (%)	3.58 $\pm$ 0.01 ^b	3.64 $\pm$ 0.02 ^a	3.59 $\pm$ 0.01 ^b	3.54 $\pm$ 0.0 ^b	3.60 $\pm$ 0.01	0.041*
Donma noktası (°C)	-0.535 $\pm$ 0.01 ^c	-0.523 $\pm$ 0.01 ^c	-0.585 $\pm$ 0.01 ^b	-0.642 $\pm$ 0.00 ^a	-0.561 $\pm$ 0.00	0.006**
Yağ/protein oranı	1.18 $\pm$ 0.02	1.13 $\pm$ 0.02	1.12 $\pm$ 0.01	1.12 $\pm$ 0.03	1.14 $\pm$ 0.01	0.064ös
pH	6.68 $\pm$ 0.01 ^a	6.63 $\pm$ 0.02 ^{ab}	6.67 $\pm$ 0.01 ^{ab}	6.62 $\pm$ 0.04 ^{bc}	6.66 $\pm$ 0.01	0.044*

a, b, c: farklı harfler ortalamalar arasında farklılığı gösterir.

ös: önemsiz, *: $p < 0.05$ seviyesinde anlamlı, **: $p < 0.01$ seviyesinde anlamlı.

Elde edilen sonuçlara göre ilçeler bazında tespit edilen süt kompozisyonlarından kül ve donma noktası ($p<0.01$), protein ve pH ($p<0.05$) değerleri arasındaki farklılıklar istatistik olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 3). Yani işletmelerin bulunduğu ve hayvanların yetiştirildiği ilçelerin, süt içeriklerinde bir varyasyon kaynağı oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu duruma hayvanlara süt üretiminde verilen yemin içeriği ve hayvanların merada otlatıldığı bitkilerin çeşidinin sebep olduğu düşünülmektedir. Çünkü sığırlarda elde edilen sütlerin kompozisyonunu ve yoğunluğunu başta hayvanın ırkı olmak üzere yedirilen yemin içeriği şekillendirmektedir (Walstra ve ark., 2006; Ergül ve ark., 2019).

Çalışmada elde edilen ortalama süt kuru maddesi 12.90 ± 0.04 olup (Çizelge 3), yapılan benzer çalışmalarda kuru madde miktarı El-Tarabany ve ark. (2018) tarafından Esmer ırkı sığırlarda 13.7 olarak bildirilmiştir. Şahin ve Kaşıkçı (2014) ise Esmer ırkı sığırlarda ortalama kuru madde oranını tank sütlerinde 13.62 ± 0.17 olarak bildirilmiştir.

Bu çalışmada Esmer ırkı sığırlarda ortalama süt yağ oranı 4.07 ± 0.0 olarak bulunmuştur (Çizelge 3). Sarıaloğlu ve Laçın (2021) Esmer ırkı sığırlarda ortalama süt yağı oranını aile tipi ve modern işletmelerde sırasıyla $5.11-4.05$ olarak bildirmişlerdir. Aynı bağlamda Esmer ırkı sığırlarda süt yağı oranını Visentin ve ark. (2018) 4.24 ± 0.01 , Şahin ve Kaşıkçı (2014) ise 4.5 ± 0.61 olarak bildirmişlerdir.

Bu çalışmada tank sütü ortalama laktoz oranı 4.80 ± 0.0 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Şahin ve Kaşıkçı (2014) Esmer ırkı sığırlarda bu oranı 4.16 ± 0.05 olarak bildirmişlerdir. El-Tarabani ve ark. (2018) ise ortalama laktoz oranını Esmer ırkı sığırlarda 5.12 olarak belirlemişlerdir. Dağ ve Zülkadir (2024) işletmelerdeki Siyah Alaca ve Simmental ırkı inek sütlerinde laktoz oranını 4.56 ± 0.04 olarak bildirmiştir.

Bu çalışmada protein oranı ise, 3.60 ± 0.0 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Yapılan benzer çalışmalarda sütte ortalama protein oranı Esmer ırkı sığırlarda; Visentin ve ark. (2018) 3.68 ± 0.01 ve El-Tarabani ve ark. (2018) 3.79 olarak bildirmişlerdir. Şahin ve Kaşıkçı (2014) ise, Esmer ırkı sığır işletmelerinde tank sütü ortalama protein oranını 3.07 ± 0.06 olarak bildirmişlerdir.

Bu çalışmada donma noktası ortalama -0.561 ± 0.00 °C olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Çetiner (2017) sütlerin donma noktasını sulandırılmış süt, herhangi bir katkı yok ve süte farklı tuzlar katılmış şeklinde gruplandırarak sırasıyla ≥ -0.480 °C, -0.540 °C ve ≤ -0.630 °C şeklinde bildirmiştir. Bu sınıflandırmaya göre Iğdır ilinde yetiştirici şartlarında Esmer ırkı sığırlardan elde edilen sütlerin donma noktası bakımından normal olduğu söylenebilir. Yapılan

benzer çalışmalarda donma noktasının Açık ve Özdemir (2022) tarafından çiğ inek sütlerinde -0.562 °C ile -0.625 °C arasında değiştiği ve ortalama -0.592 °C olduğunu tespit edilmiştir. Yaylak ve ark. (2007) ise süt örneklerinin donma noktasını -0.553 °C olarak belirlemişlerdir.

Çalışmada elde edilen kül oranı 0.72 ± 0.0 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Eattsh ve ark. (2016) Esmer ırkı sığırlarda ortalama kül oranını 0.71 ± 0.01 tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada pH değeri 6.66 ± 0.01 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3). Benzer olarak yapılan çalışmalarda Macciotta (2012) Esmer ırkı sığır sürüsü sütlerinde ortalama pH değerini 6.67 ± 0.15 olarak bildirmiştir. Simmental ırkı sığır sütlerinde ise pH değeri 6.58 ± 0.08 olarak bildirilmiştir (Kurt ve Kaygısız, 2024). Düz ve ark. (2021) yaptıkları çalışmada Simmental ve Siyah Alaca ırkı sığır sütlerinde somatik hücre sayısının 200.000 hücre mL^{-1} altında olan sütlerde pH oranını 6.77 olarak bildirmişlerdir.

Bu çalışmada yoğunluk $1.029,99\pm0.08$ g mL^{-1} olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). İnek çiğ sütlerinde yoğunluk; hile ve taşış amaçlı sütnün yağının alınması veya süte su katılması durumlarında da yapılan uygulamaya göre düşebilmekte veya artabilmektedir (Demirci ve ark., 2010; Akın ve ark., 2016). Yapılan bir çalışmada çiğ süt yoğunluğu 1.030 ± 0.003 g ml^{-1} olarak bildirilmiştir (Tuncay ve ark., 2021).

Süt üretiminde kullanılan sığırların besleme eksikliklerinin olması muhtemel olup, bu nedenle Iğdır ilinde yapılan bu çalışmada süt kalitesini etkileyen ve süt kompozisyonun değişimine sebep olan yetersiz ve dengesiz besleme eksikliklerinin incelenmesi de yapılmış ve bu nedenle yağ/protein oranı değerlerine göre ineklerin normal, Asidoz ve Ketozis hastalıklarına maruz kalma durumları karar ağacı yöntemiyle incelenmiştir. Elde edilen bilgiler Şekil 1'de verilmiştir.

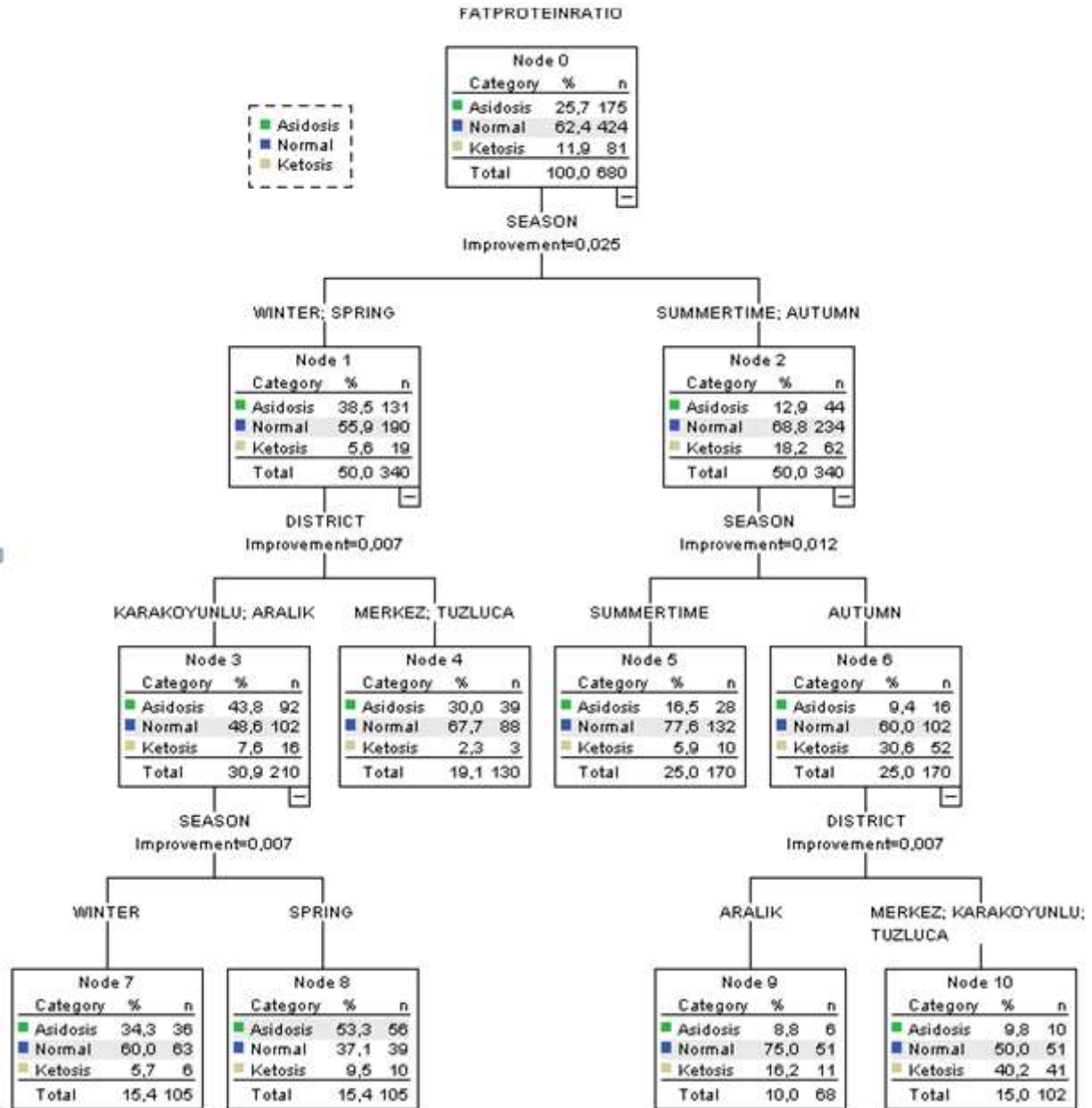
Çalışmada CT yönteminde modelin doğru sınıflama yüzdesi 64.9 olarak, performans değerlerinden doğruluk 75.3 , hata oranı 24.7 , duyarlılık 32 , özgüllük 90.3 ve hassasiyet 53.3 olarak tespit edilmiştir.

Sınıflandırma ağacı yöntemine göre yağ/protein oranları bakımından genel Asidososis oranı 25.7 , Normal 62.4 ve Ketozis ortalaması ise 11.9 olarak belirlenmiştir. Aynı sırayla Kaygısız ve Şahin (2023) bu değerleri Simmental sığır ırkında sırasıyla 46.0 , 46.0 ve 8.0 olarak bildirmişlerdir.

Sütlerin asitlik içeriğini mevsim ve ilçe faktörlerinden en fazla mevsim faktörü etkilemiş olup, kış-ilkbahar ve yaz-sonbahar olmak üzere kendi içinde homojen birbirleri arasında ise heterojen olarak iki alt guruba

ayrılmıştır. Kış ve İlkbahar aylarında Asidoz oranı yüksekken (%38.5 Node 1) Yaz ve Sonbahar aylarında Ketozis oranlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir (%18.2 Ketozis Node 2). Süt içeriklerine etki eden ikinci faktör olan ilçelerden, Karakoyunlu ve Aralık ilçeleri bir grup (Node 3), Merkez ve merkeze diğer ilçelerden daha yakın olan Tuzluca ilçesi bir gurup oluşturmuştur (Node 4). Karakoyunlu ve Aralık

ilçelerinde hem Asidoz (%43.8) oranı hem de Ketozis oranının (%7.6) Merkez ve Tuzluca ilçelerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu Asidoz oranı modeldeki en yüksek Asidoz oranıdır. Modelde dikkat çeken diğer bir nokta ise sonbahar aylarında Merkez, Tuzluca ve Karakoyunlu ilçelerinde Ketozis oranının en yüksek düzeyde (%40.2 Node 10) olmasıdır.



Mustafakemalpaşa ilçelerinde yetiştirilen ineklerde ortalama olarak sırasıyla; 1.12, 1.04 ve 0.92 olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada büyük, orta ve küçük işletme grupları için ise sırasıyla; 0.95, 1.02 ve 1.12 olarak bildirmiş olup, farklılıkların anlamlı bulunduğu ifade edilmiştir ($P<0.01$).

Çalışma kapsamında elde edilen sütlerin içerik olarak süt kompozisyonlarının korelasyonları da incelenmiş olup, Pearson korelasyonları Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4 incelendiğinde; kuru maddenin yağ ile yüksek ve laktoz ile orta düzeyde ($p<0.01$) pozitif yönlü; Yağsız kuru maddenin laktoz ve yoğunluk ile yüksek, kül ile orta düzeyde ($p<0.01$) ve pozitif yönlü; Laktoz ile yoğunluk arasında yüksek, kül ile orta düzeyde pozitif yönlü; Kül ile yoğunluk arasında orta düzeyde ve pozitif yönlü ($p<0.01$) bir korelasyon belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Süt kompozisyonuna ait Pearson korelasyonları ve önemlilik dereceleri⁽¹⁾

Table 4. Pearson correlations and significance levels of milk composition⁽¹⁾

Özellikler	Yağ/protein	KM	YKM	Y	L	K	YĞ	P	DN
Kuru madde (KM)	0.700								
Yağsız kuru madde (YKM)	-0.062	0.644**							
Yağ (Y)	0.962	0.799**	0.054						
Laktoz (L)	0.074	0.579**	0.902**	0.046 ^{ös}					
Kül (K)	-0.095	0.387**	0.614**	0.023 ^{ös}	0.687**				
Yoğunluk (YĞ)	-0.357	0.286**	0.779**	-0.238**	0.803**	0.636**			
Protein (P)	-0.249	0.278**	0.442**	0.015 ^{ös}	0.445**	0.442**	0.476**		
Donma noktası (DN)	0.014	0.059 ^{ös}	0.067 ^{ös}	0.025 ^{ös}	0.033 ^{ös}	-0.025 ^{ös}	0.046 ^{ös}	0.047 ^{ös}	
pH	0.029	0.110**	0.101**	0.065 ^{ös}	0.082*	0.025 ^{ös}	0.084*	0.126**	0.001 ^{ös}

ös: Önemli, *: $p<0.05$ seviyesinde anlamlı, **: $p<0.01$ seviyesinde anlamlı.

(1): Özellikler arasındaki korelasyonlar “ $r < 0.5$ zayıf”, “ $0.5 < r < 0.7$ orta” ve “ $0.7 < r$ güçlü” (Moore ve ark., 2013).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Genel olarak, Iğdır ilinde yetiştirilen Esmer ırkı sığırlardan elde edilen tank sütü kompozisyonu incelendiğinde; elde edilen tank sütleri içeriklerinin Türk Gıda Kodeksi (TGK), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve diğer uluslararası standartlar (Dünya Süt Örgütü) ölçüleri içerisinde yer aldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte ineklerin beslenmesinde kullanılan yem rasyonlarının içerik itibarıyla, bazı besleme hastalıklarına sebebiyet verip vermedikleri hakkında bilgi elde etmek için süt yağ/protein oranı karar ağacı yöntemiyle incelenmiş olup, sonuç itibarıyla süt üretiminde kullanılan ineklerin yaklaşık 1/3'ünün Asidoz+Ketozis rahatsızlığına maruz kaldıkları belirlenmiştir. Bu nedenle işletme sahiplerine süt üretimde kullandıkları inekler için bakım-besleme ve rasyon hazırlama konusunda eğitim verilmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Iğdır üniversitesi BAP birimi tarafından 2012-FBE-B14 numaralı proje ile desteklenmiştir. Bu nedenle Iğdır Üniversitesi BAP birimi ile bu projede görev alan ve vefat eden Prof. Dr. Ecevit EYDURAN'a teşekkür ederiz.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Aishwarya, M. N. L., & Badrud Duza, M. (2017). A Review on Adulteration of Milk. *Indo-American Journal of Pharmaceutical Research*, 7(08), 630-637. <https://doi.org/10.25258/IAJPR.7.8.10>
- Akın, M. S, Yapık, Ö., & Akın M. B. (2016). Adıyaman ilinde süt üretim çiftliklerinden ve toplayıcılardan sağlanan sütlerin bazı özellikleri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(4), 253-265.
- Anonim, (2011). Deneyisel ve Diğer Bilimsel Amaçlar İçin Kullanılan Hayvanların Refah ve Korunmasına Dair Yönetmelik. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111213-4.htm>. (Erişim tarihi: 15.12.2022).
- Anonim, (2017). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. Çiğ sütün arzına dair tebliğ (tebliğ no: 2017/20). *Resmî Gazete*. Retrieved from <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/04/20170427-2.htm> (Alınma Tarihi: 15.02.2023).
- Anonim, (2023). Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü istatistik verileri. Retrieved from <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=IGDIR> (Alınma Tarihi: 06.11.2023).

- BOBS, (2018). Botswana Bureau of Standards. Raw cow's milk-Specification Final Draft Standard. Retrieved from <https://bobstandards.bw/> (Alınma Tarihi: 22.02.2023).
- Çağlayan, A., & Şehu, A. (2016). Süt ineklerinde 2-Hydroxy-4-(methylthio) butanoik asit izopropil esterinin süt verimi ve kompozisyonu üzerine etkileri. *Ankara Üniv Vet Fak Derg*, 63, 311-315.
- Çetiner, Ş. (2017). *Süt Teknolojisi 1*. ADU Çine Meslek Yüksekokulu. Aydın.
- Dağ, B., & Zülkadir, U. (2024). Ankara Etimesgut'daki Kimi Süt Sığırcı İşletmelerindeki İneklerin Süt Komponentleri ve Bunlara Etkili Faktörlerin Belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 27(2), 478-488. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi1295074>
- Demirci, M., Öksüz, Ö., Şimşek, O., Kurultay, Ş., Kıvanç, M., & Gündüz, H. H. (2010). *Süt ve Süt Ürünlerinin Kalite Kontrolü*. Anadolu Üniversitesi Yayın No: 2064, p.254.
- Deniz, A. (2022). *Bursa bölgesindeki süt sığırcılığı işletmelerinde yem ve süt kalite özelliklerinin belirlenmesi (Tez no 752744)*. [Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Dobranić, V., Njari, B., Samardžija, M., Mioković, B., & Resanović, R. (2008). The influence of the season on the chemical composition and the somatic cell count of bulk tank cow's milk. *Veterinarski Arhiv*, 78(3), 235-242.
- Düz, M., Doğan, Y. N., Doğan, İ. (2021). İnek Sütlerinde Somatik Hücre Sayısı ile Süt Amiloid A, Elektriksel İletkenlik ve pH Arasındaki İlişkiler. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 24 (2): 457-463. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.748069>
- Eastridge, M. L. (2012). Variation in Milk Fat of Fresh Cows. *Tri-State Dairy Nutrition Conference Proceedings*, 59-65.
- Eattsh, A. M., Fawzy, M. M., Ali, H. A., & El Araby, I. E. (2016). Some Performance Genes in Dairy Cattle about Milk Composition. *Alexandria Journal for Veterinary Sciences*, 51(1), 31-36. <https://doi.org/10.5455/ajvs.236817>
- El-Tarabany, M. S., El-Tarabany, A. A., & Emara, S. S. (2018). Impact of crossbreeding Holstein and Brown Swiss cows on milk yield, composition, and fatty acid profiles in subtropics. *Trop Anim Health Prod.*, 50, 845-850. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1506-2>
- Ergül, Ş., Ergül, A., & Göncü, S. (2019). Süt sığırlarında besleme stratejilerinin süt verimi ve süt kompozisyonu üzerine etkileri. *International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research*, 2(2), 145-165.
- FAO, (2024). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Gateway to dairy production and products. Retrieved from <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/milk-composition/en/> (Alınma Tarihi: 16.02.2024).
- Foroutan, A., Guo, A. C., Vazquez-Fresno, R., Lipfert, M., Zhang, L., Zheng, J., & Wishart, D. S. (2019). Chemical composition of commercial cow's milk. *Journal of agricultural and food chemistry*, 67(17), 4897-4914. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b01516>
- Franzoi, M., Manuelian, C. L., Penasa, M., & De Marchi, M. (2020). Effects of somatic cell score on milk yield and mid-infrared predicted composition and technological traits of Brown Swiss, Holstein Friesian, and Simmental cattle breeds. *Journal of Dairy Science*, 103(1), 791-804.
- Givens, D. I. (2020). MILK Symposium review: The importance of milk and dairy foods in the diets of infants, adolescents, pregnant women, adults, and the elderly. *Journal of Dairy Science*, 103(11), 9681-9699. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18296>
- ICAR, (2019). The Global Standard for Livestock Data. Guidelines. Retrieved from <https://www.icar.org/index.php/icar-recording-guidelines/> (Alınma Tarihi: 21.02.2023).
- IDFA. (2023). International Dairy Foods Association. Definitions. Retrieved from <https://www.idfa.org/definition> (Alınma tarihi 21.02.2023).
- 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. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.1220523>
- Kurt, M., & Kaygısız, A. (2024). Siyah Alaca, Kırmızı Alaca ve Simental sığır sütlerinde somatik hücre sayısı ile süt amiloid A, elektriksel iletkenlik ve pH arasındaki ilişkiler. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29 (1), 120-132. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.1340860>
- Macciotta, N. P. P., Cecchinato, A., Mele, M., & Bittante, G. (2012). Use of multivariate factor analysis to define new indicator variables for milk composition and coagulation properties in Brown Swiss cows. *Journal of Dairy Science*, 95(12), 7346-7354. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-5546>
- Mehta, B. M. (2015). Chemical composition of milk and milk products. In *Handbook of food chemistry*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 511-553.
- Moore, D. S., Notz, W. I., & Fligner, M. A. (2013). *The basic practice of statistics* (6th ed.). New York, NY: W. H. Freeman and Company.
- Murphy, J. J., & O'Mara, F. (1993). Nutritional manipulation of milk protein concentration and its impact on the dairy industry. *Livestock Production Science*, 35(1-2), 117-134.
- Noro, G., González, F. H. D., Campos, R., & Dürr, J. W. (2006). Effects of environmental factors on milk yield and composition of dairy herds assisted by

- cooperatives in Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(3), 1129-1135.
- Ozrenk, E., & Inci, S. S. (2008). The effect of seasonal variation on the composition of cow milk in Van province. *Pakistan Journal of Nutrition*, 7(1), 161-164. <https://doi.org/10.3923/pjn.2008.161.164>
- Önoğlu, R. K., Çimen, M., Memkeze, S., Turan, Z., & Çalpucu, T. (2015). Mersin İli Tarsus İlçesinden Elde Edilen Sütlerin Protein/Yağ Oranının Türk Standartlarına Uygunluğu. *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*, 7(27), 31-36.
- Özdemir, D., & Tahmas Kahyaoğlu, D. (2020). Identification of microbiological, physical, and chemical quality of milk from milk collection centers in Kastamonu Province. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 44(1), 118-130. <https://doi.org/10.3906/vet-1908-86>
- Özlem, O., & Kul, E. (2020). Effects of some environmental factors on somatic cell count and milk chemical composition in cow bulk tank milk. *Akademik Ziraat Dergisi*, 9(1), 163-170. <http://dx.doi.org/10.29278/azd.725884>
- Parlar, T. (2019). *Toplam Rasyon Karışımı Kullanılan Bir Süt Sığırtı İşletmesinin Besleme Açısından Değerlendirilmesi (Tez no 575788)*. [Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Parmar, P., Lopez-Villalobos, N., Tobin, J. T., Murphy, E., McDonagh, A., Crowley, S. V., ... & Shalloo, L. (2020). The effect of compositional changes due to seasonal variation on milk density and the determination of season-based density conversion factors for use in the dairy industry. *Foods*, 9(8), 1004. <https://doi.org/10.3390/foods9081004>
- Pavel, E. R., & Gavan, C. (2011). Seasonal and milking-to-milking variations in cow milk fat, protein, and somatic cell counts. *Notulae Scientiae Biologicae*, 3(2), 20-23. <https://doi.org/10.15835/nsb325715>
- Poonia, A., Jha, A., Sharma, R., Singh, H. B., Rai, A. K., & Sharma, N. (2017). Detection of adulteration in milk: A review. *International journal of dairy technology*, 70(1), 23-42. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12274>
- Roma Júnior, L. C., Montoya, J. F. G., Martins, T. T., Cassoli, L. D., & Machado, P. F. (2009). Seasonability of protein and other milk components related to the quality payment program. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 61(6), 1411-1418.
- Santos, P. M., Pereira-Filho, E. R., & Rodriguez-Saona, L. E. (2013). Application of hand-held and portable infrared spectrometers in bovine milk analysis. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(6), 1205-1211.
- Santos, P. M., Wentzell, P. D., & Pereira-Filho, E. R. (2012). Scanner digital images combined with color parameters: a case study to detect adulterations in liquid cow's milk. *Food Analytical Methods*, 5, 89-95.
- Saralioğlu, M. F., & Laçın, E. (2021). Süt Kalitesi Üzerine İşletme Yapı ve Yönetimlerinin Etkileri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1), 807-818. <https://doi.org/10.21597/jist.793731>
- SPSS, (2013). *IBM SPSS Statistics 21.0 for Windows*. Armonk, NY.
- Syridion, D., Layek, S. S., Behera, K., Mohanty, T. K., Kumaresan, A., Manimaran, A., Dang, A. K., & Prasad, S. (2012). Effects of parity, season, stage of lactation, and milk yield on milk somatic cell count, pH, and electrical conductivity in crossbred cows reared under subtropical climatic conditions. *Milchwissenschaft*, 67(4), 362-365.
- Şahin, A., & Kaşıkçı, M. (2014). Sivas ili Yıldızeli ilçesinde halk elinde yetiştirilen esmer sığırların çiğ süt kompozisyonunu belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11(2), 44-50.
- Tuncay, R. M., İşleyici, Ö., Sancak, Y. C., & Çakmak, T. (2021). Van'da tüketime sunulan çiğ sütlerin fizikokimyasal özellikleri. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 10(2), 87-93. <https://doi.org/10.31196/huvfd.764709>
- Visentin, G., Penasa, M., Niero, G., Cassandro, M., & De Marchi, M. (2018). Phenotypic characterization of major mineral composition predicted by mid-infrared spectroscopy in cow milk. *Ital. J. Anim. Sci.*, 17, 549-556. <https://doi.org/10.1080/1828051x.2017.1398055>
- Walstra, P., Geurts, T. J., Noomen, A., & Jellema, A. (2006). *Dairy Technology: Principles of Milk Properties and Processes*. CRC Press, USA.
- Wangdi, J., Zangmo, T., Karma, M., & Bhujel, P. (2016). Compositional quality of cow's milk and its seasonal variations in Bhutan. *Livestock Research for Rural Development*, 28(1), 14.
- Yaylak, E., Alçiçek, A., Konca, Y., & Uysal, H. (2007). İzmir ilçelerinde mandralarca kış aylarında toplanan sütlerde bazı besin madde ve fiziksel özelliklere ait değişimlerin saptanması. *Hayvansal Üretim Dergisi*, 48(1), 26-32.