



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 26 Sayı-Number 2 Yıl-Year: 2023



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
- The International Plant Names Index
- DRJI (Directory of Research Journal Indexing)
- Google Scholar
- Scientific Indexing Services (SIS)
- International Directory of Agriculture, Food and The Environment
- CiteFactor
- Journal Index

Yazışma Adresi / Corresponding Address

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv.
Tarım ve Doğa Dergisi,
46100 – Kahramanmaraş/TÜRKİYE
Tel : (+90-344) 300 2108

E-mail: dogabilimleri@ksu.edu.tr

Web: <http://dergipark.org.tr/ksudobil>
<http://dogadergi.ksu.edu.tr>

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

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

Derginin Eski Adı/Previous Name of Journal

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

Cilt-Volume **26**

Sayı-Number **2**

Yıl-Year **2023**



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

Sahibi/ Owner

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

Editörler / Editors

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

Prof.Dr. İ. Ersin AKINCI
KSÜ Ziraat Fak.
Bahçe Bitkileri Böl.
akinci.ie@ksu.edu.tr

Prof.Dr. İsmail AKYOL
Ankara Üniv. Ziraat Fak.
Zootečni Böl.
ismail.akyol@ankara.edu.tr

Prof. Dr. Burhan ARSLAN
Tekirdağ Namık Kemal Üniv.
Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl.
barslan@nku.edu.tr

Prof.Dr. Sakine Serap AVGIN ✂
KSÜ Eğitim Fak. Biyoloji Böl.
ssavgin@ksu.edu.tr

Doç. Dr. Ali ÇAYLI
KSÜ Ziraat Fak.Biyosistem Müh. Böl.
alicyayli@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
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv.
Ziraat Fak. Bitki Koruma Böl.
mkusek@ksu.edu.tr

İngilizce Editörleri/English Editors

Dr. Öğr. Üyesi Sabahattin CÖMERTPAY
KSÜ Ziraat Fak. Tarımsal Biyoteknoloji Böl.
sabahattin@ksu.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Turhan YILMAZ
KSÜ Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl.
turhanyilmaz@ksu.edu.tr

İstatistik Editörleri/English Editor

Doç. Dr. Şenol ÇELİK
Bingöl Üniv.
senolcelik@bingol.edu.tr

Prof. Dr. Hikmet ORHAN
Isparta Süleyman Demirel Üniv.
hikmetorhan@hotmail.com

Alan Editörleri/Associate Editors

Prof. Dr. Levent BAT
Sinop Üniv.
leventbat@gmail.com

Prof. Dr. Hikmet ORHAN
Isparta Süleyman Demirel Üniv.
hikmetorhan@hotmail.com

Doç. Dr. Ahmet Levent İNANÇ
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv.
linanc@ksu.edu.tr

Doç. Dr. Köksal KARADAŞ
İğdır Üniv.
kkaradas2002@igdir.edu.tr

Doç. Dr. Oğuz Ayhan KİREÇCİ
Bitlis Eren Üniv.
kireccioguzayhan@gmail.com

Prof. Dr. Ayşe Dilek ÖZŞAHİN
Bitlis Eren Üniv.
molekuler@gmail.com



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

Danışmanlar Kurulu/Advisory Board

Prof.Dr. Ahmet ALP
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv.

Dr. Larisa CAÏSİN
State Agrarian University, MOLDOVA

Prof.Dr. Rüştü HATİPOĞLU
Çukurova Üniv., ADANA

Prof.Dr. A Salah KHATTAB
Tanta University, EGYPT

Doç.Dr. Murat KÜTÜK
Gaziantep Üniv. GAZİANTEP

Dr. Alisa PİRLOG
State Agrarian University, MOLDOVA

Prof.Dr. Hüseyin SÜZEK
Muğla Sıtkı Koçman Üniv. MUĞLA

Prof. Dr. İbrahim YILMAZ
Akdeniz Üniv. ANTALYA

Doç.Dr. Tugay AYASAŞAN
Korkutata Üniv. OSMANİYE

Dr. Eslam FAID-ALLAH
Minoufiya University, EGYPT

Prof.Dr Stanislaw HURUK
Jan Kochanowski Univ. POLAND

Prof.Dr. K Mahmood KHAWAR
Ankara Üniv., ANKARA

Prof. Dr. Ramazan MERAL,
Bingöl Üniv. BİNGÖL

Dr. Ahmad K. SALAMA
Autonomous University of
Barcelona, SPAIN

Prof. Dr. Kadir YILMAZ
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv

Prof. Dr. Fikri BALTA
Ordu Üniv. ORDU

Prof.Dr. Wayne GARDNER,
The University of Georgia, USA

Prof. Dr. Khalid JAVED
University of Veterinary and Animal
Sciences, PAKİSTAN

Dr. Öğr.Üye Mustafa KÜSEK
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv.

Prof.Dr. Yeşim Yalçın MENDİ,
Çukurova Üniv., ADANA

Prof.Dr. Fatih SATIL
Balıkesir Üniv. Balıkesir

Prof.Dr Vytautas TAMUTIS
Uniwersytet Aleksandra, LITVANIA

Prof.Dr. Jose Cola ZANUNCIO
Federal Univ. of Vicosa, BRAZIL



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

ACI KAYBIMIZ



Prof. Dr. Sakine Serap AVGIN

(1977-2023)

Sevgili meslektaşımızı 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ta meydana gelen depremde kaybetmiş olmanın derin üzüntüsünü yaşıyoruz. Merhumeye Allah'tan rahmet, ailesine ve yakınlarına başsağlığı dileriz.



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

İÇİNDEKİLER

ARAŞTIRMA MAKALESİ - RESEARCH ARTICLE

- Evaluation of Free Radical Scavenging, Anti-inflammatory and Hypoglycemic Activity of *Helianthemum oelandicum* subsp. *incanum* (Willk.) G. Lopez from Türkiye
Türkiye'de Yetişen *Helianthemum oelandicum* subsp. *incanum* (Willk.) G. Lopez Bitkisinin Serbest Radikal Süpürücü, Anti-inflamatuvar ve Hipoglisemik Aktivitelerinin Değerlendirilmesi
Asli CAN AGCA, Sezen YILMAZ SARIALTIN, Betül SEVER YILMAZ 227-233
- Giresun'da Yetişen Fındık Ağacı (*Corylus avellana* L.) Yapraklarında Bazı Fenolik Bileşiklerin ve Antioksidan Aktivitelerinin Araştırılması
Investigation of Some Phenolic Compounds and Antioxidant Activities of the Hazelnut Tree (*Corylus avellana* L.) Leaves Grown in Giresun
Mehmet Emin ŞEKER, Ayça AKTAŞ KARAÇELİK 234-244
- Effect of Different Bacterial Fertilizers on Soil Carbon Mineralization
Farklı Bakteriye Gübrelerin Toprak Karbon Mineralizasyonu Üzerine Etkisi
İpek EKİCİ, Zahradeen SANI, Sadik DİNCERÇ 245-253
- New Data on the Bat Fauna (Mammalia: *Chiroptera*) from the Eastern Anatolia (Bitlis, Turkey)
Doğu Anadolu Bölgesi'nden (Bitlis, Türkiye) Yarasa Faunası Üzerine Yeni Veriler (Mammalia: *Chiroptera*)
Kubilay TOYRAN, Ferit GENCER 254-262
- Koronavirüs (Covid-19) Pandemi Sürecinde, Sağlık Çalışanlarının Tıbbi ve Aromatik Bitki Kullanımının Değerlendirilmesi
Evaluation of Using Medicinal and Aromatic Plants by Healthcare Professionals During the Coronavirus Pandemic (Covid-19) Period
Fatih SATIL, Emine AKTAŞ 263-270
- Değişik Gelişme Dönemlerinde Yapılan Yaprak Alma ve Uç Alma Uygulamalarının Asma Yaprak Alanı Özelliklerine Etkisi
The Effect of Leaf Removal and Topping at Different Stages on the Grape Leaf Characteristics
İlknur KORKUTAL, Elman BAHAR, Arzu ZİNNİ 271-281
- Ekim Zamanlarının Şeker Mısır (*Zea Mays Sacchararata* Sturt.) Çeşitlerinde Bazı Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi
The Effect of Sowing Times on Some Yield and Quality Characteristics of Sweet Corn (*Zea Mays Sacchararata* Sturt.) Varieties
Sevda KILINÇ, Şehmus ATAKUL, Şerif KAHRAMAN, Hüsnü AKTAŞ, İrfan ERDEMÇİ, İsmail GÜL 282-292
- Response of Different Safflower Genotypes to Anther Culture
Farklı Aspir Genotiplerinin Anter Kültürüne Tepkisi
Dudu Büşra NAKAS, Süleyman AVCI, Mehmet Demir KAYA 293-298
- Phylogenetic Relationships of The *Trifolium* L. Species Based on cpDNA Sequences
cpDNA Sekansları Temelinde *Trifolium* L. Türlerinin Filogenetik İlişkileri
Aykut YILMAZ, Yudum YELTEKİN 299-306



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

[Deficit Irrigation Programs Effects on Yield in Millet \(*Panicum miliaceum* L.\) in Thrace Region Conditions](#)

Trakya Bölgesi Koşullarında Kısıntılı Sulama Programlarının Darıda (*Panicum miliaceum* L.) Verim Üzerine Etkileri
Ahmet İSTANBULLUOĞLU, İsmet BAŞER, Samet MORAY 307-313

[Karasal İklim Şartlarında Çadır Ağıl Tipinin Kullanım Olanakları; Yozgat İli Örneği](#)

Usage Opportunities of Tent Barn Type in Terrestrial Climate Conditions; Example of Yozgat Province
Müge ERKAN CAN, Orhan ERMETİN, Mustafa BOĞA 314-325

[Sürülebilir Özellikle Yeni Kahvaltılık Bir Ürün: Dut Pekmezi Kreması](#)

A New Breakfast Spreadable Product: Mulberry Molasses Cream
Sefa IŞIK, Şerafettin ÇELİK 326-338

[Polyphenols of Artichoke Fractions and Their In-Vitro Digestion](#)

Enginar Fraksiyonlarının Polifenoller ve *In-Vitro* Sindirimi
Nihal TÜRKMEN EROL 339-345

[Postharvest Losses in Onion: Causes and Determinants](#)

Abraham FALOLA, Ridwan MUKAİLA, Robert Omotayo UDDIN II, Charles Oladele AJEWOLE, Wakilat GBADEBO 346-354

[Food Insecurity and Dietary Diversity of the Vulnerable Group in Nigeria: Drivers and Coping Strategies](#)

Abraham FALOLA, Ridwan MUKAİLA, Adetomiwa Elijah ADETIPE 355-364

[The Socioeconomic Attributes and Risk Behaviour of Small-Scale Oil Palm Processors \(Millers\) in Akwa Ibom State, Nigeria](#)

Sunday AKPAN, Veronica S. NKANTA, Udoro J UDO 365-376

[Türkiye'nin Nohut Dış Ticaretinde Karşılaştırmalı Üstünlüğünün Analizi](#)

Analysis of Comparative Advantage in the Chickpeas' Foreign Trade of Türkiye
Veli Anıl ÇAKAN, Şule TURHAN 377-384

[Şeker Pancarı Üretim Maliyeti ve Kârlılık Analizi: Burdur İli Örneği](#)

Sugar Beet Production Cost and Profitability Analysis: The Case of Burdur Province
Bektaş KADAKOĞLU, Bahri KARLI, Nezaket TAŞCI, Hatice ÖZYÜREK 385-392

[Van Edremit İlçesi Elma Bahçelerinde Çok Kriterli Karar Verme Analizi-CBS ile Toprak Kalite CBS ile Toprak Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi](#)

Determination of Soil Quality Characteristics with Multi-Criteria Decision-Making Analysis-GIS in Apple Orchards in Van-Edremit District
Siyami KARACA, Bulut SARÇIN, Pelin ALABOZ, Orhan DENGİZ 393-408

[Biberiye Esansiyel Yağı ve Nanoemülsiyonunun Balık Kaynaklı Patojenik ve Bozulma Etmeni Bakteriler Tarafından \[Biyojenik Aminler Üzerine Etkilerinin İncelenmesi\]\(#\)](#)

Inhibitory Effect of Rosemary Essential Oil and Its Nanoemulsion on The Formation of Biogenic Amines by Food-Borne Pathogens and Fish Spoilage Bacteria in Histidine Decarboxylase Broth
Yılmaz UÇAR 409-423



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

Aspir Samanı Çeşitlerinin Yem Değeri Özelliklerinin Karşılaştırılması

Comparison of Feed Value Characteristics of Safflower Straw Varieties

424-429

Bilal SELÇUK, Tuğba BAKIR, Tahsin BEYÇİOĞLU, Adem KAMALAK, Fatih KILLI

Investigation of the Relationship between Body Length and Live Weight of the Pikeperch (*Sander Lucioperca Linnaeus, 1758*) in Beyşehir Lake Population

Beyşehir Gölü Populasyonundaki Sudak (*Sander Lucioperca Linnaeus, 1758*) Balıklarının Vücut Uzunluğu ile Canlı Ağırlıkları Arasındaki İlişkilerin Matematiksel Modellerle İncelenmesi

430-436

Yasin ALTAY, Nazire MIKAIL, İbrahim AYTEKİN

Cultivar and Harvest Stage Effects on Nutritive Value of Whole Crop Oat (*Avena sativa L.*) Silages

Çeşit ve Hasat Dönemlerinin Yulaf Silajlarının Besin Değeri Üzerine Etkileri

437-449

Numan KILIÇALP

Effect of Adding Flaxseed Essential Oil in Alfalfa Ensiling Process on Ruminal Fermentation Kinetics

Yonca Silolama İşlemine Keten Tohumu Esansiyel Yağı İlavesinin Rumen Fermantasyon Kinetiğine Etkisi

450-458

Maghsoud BESHARATI, Valiollah PALANGİ, Masoumeh NIAZİFAR, Tugay AYAŞAN

Abdelfattah ZM. SALEM

Investigation of Potential Nutritive Values of Some Tree Leaves and Its Extracts by Using In Vitro Gas Production

Bazı Ağaç Yaprakları ve Ekstraktlarının Potansiyel Besin Değerlerinin İn Vitro Gaz Üretim Yöntemiyle Araştırılması

459-469

Sıraç YAVUZ, Durmuş ÖZTÜRK



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

HAKEMLER/Referees*

Prof. Dr. Hasan AKAN	Harran Üniv. Fen-Edebiyat Fak. Biyoloji Böl.
Dr. Sheu-usman Oladipo AKANBİ	Dept. of Agricultural Economics, University Of Ilorin, Ilorin, NIGERIA
Prof. Dr. Cuma AKBAY	KSÜ Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Kahramanmaraş
Prof. Dr. Erhan AKÇA	Adıyaman Üniv. Teknik Bilimler MYO Adıyaman
Prof. Dr. İlknur AKGÜN	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Isparta
Dr. Öğr. Üyesi Fırat ARSLAN	Alanya Alaaddin Keykubat Üniv. Rafet Kayış Mühendislik Fak. Alanya
Doç. Dr. Ayla ARSLANER	Bayburt Üniv. Mühendislik Fak. Gıda Mühendisliği Böl. Bayburt
Doç. Dr. Tugay AYAŞAN	Osmaniye Korkut Ata Üniv. Kadirli Uygulamalı Bilimler Fak. Osmaniye
Prof. Dr. Cahit BALABANLI	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Isparta
Dr. Öğr. Üyesi Nazan BALBABA	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv. Türkoğlu MYO. Kahramanmaraş
Prof. Dr. İsmet BAŞER	Tekirdağ Namık Kemal Üniv. Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Tekirdağ
Prof. Dr. Mustafa BOĞA	Niğde Ömer Halisdemir Üniv. Bor MYO Gıda İşleme Böl. Niğde
Doç. Dr. Sedat BOYACI	Kırşehir Ahi Evran Üniv. Ziraat Fak. Biyosistem Mühendisliği Böl. Kırşehir
Prof. Dr. Mehmet BOZOĞLU	Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Samsun
Doç. Dr. Selma BÜYÜKKILIÇ BEYZİ	Erciyes Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Kayseri
Prof. Dr. Kenan BÜYÜKTAŞ	Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Böl. Antalya
Doç. Dr. Onder CANBOLAT	Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Bursa
Prof. Dr. Ali COŞKAN	Isparta Uygulamalı Bil. Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bil. ve Bitki Besleme Böl. Isparta
Prof. Dr. Behiç COŞKUN	Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi Tarım ve Doğa Bilimleri Fak. Konya
Doç. Dr. Şenol ÇELİK	Bingöl Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Bingöl
Doç. Dr. Şenol ÇELİK	Bingöl Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Bingöl
Doç. Dr. Şenol ÇELİK	Bingöl Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Bingöl
Doç. Dr. Sevim ÇİFTÇİ YEĞİN	Giresun Üniv. Sağlık Hizmetleri MYO Giresun
Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU	Harran Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl. Şanlıurfa
Prof. Dr. Hasan DEĞİRMENCİ	KSÜ Ziraat Fak. Biyosistem Mühendisliği Böl. Kahramanmaraş
Doç. Dr. Tuğba DEMİR	Sivas Cumhuriyet Üniv. Veteriner Fak. Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Böl. Sivas
Doç. Dr. Yasin DEMİRBAŞ	Kırıkkale Üniv. Fen-Edebiyat Fak. Biyoloji Böl. Kırıkkale

* Soyada göre sıralanmıştır.



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

Prof. Dr. Murat DEMİREL	Van Yüzüncü Yıl Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Van
Prof. Dr. Omca DEMİRKOL	Sakarya Üniv. Mühendislik Fak. Gıda Mühendisliği Böl. Sakarya
Prof. Dr. Ercan EFE &	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Kahramanmaraş
Dr. Lynda EGWUE	Univ. of Nigeria, Dept. of Agricultural Economics, Enugu State, NIGERIA
Dr. Öğr Üyesi Mustafa EVREN	Ondokuz Mayıs Üniv. Mühendislik Fak. Gıda Mühendisliği Böl. Samsun
Doç. Dr. Yekta GEZGİNC	KSÜ Mühendislik-Mimarlık Fak. Gıda Mühendisliği Böl. Kahramanmaraş
Dr. Öğr Üyesi Selçuk GÖÇMEZ	Aydın Adnan Menderes Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bil. ve Bitki Bes. Böl. Aydın
Dr. Öğr Üyesi Serdar GÖZÜTOK	Bolu Abant İzzet Baysal Üniv. Ziraat Fak. Yaban Hayatı Ekolojisi ve Yön. Böl. Bolu
Prof. Dr. Aykut GÜL	Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Adana
Prof. Dr. Orhan GÜNDÜZ	Malatya Turgut Özal Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Malatya
Dr. Öğr Üyesi Abdussamat GÜZEL	İnönü Üniv. Sağlık Hizmetleri MYO Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Böl. Malatya
Prof. Dr. Leyla İDİKUT	KSÜ Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Kahramanmaraş
Doç. Dr. Önder KAMILOĞLU	Hatay Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fak. Bahçe Bitkileri Böl. Hatay
Prof. Dr. Ayla KAYA	Anadolu Üniv. Eczacılık Fak. Temel Eczacılık Bilimleri Böl. Eskişehir
Prof. Dr. Ünal KILIÇ	Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Samsun
Dr. Öğr Üyesi Bakiye KILIÇ TOPUZ	Iğdır Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Iğdır
Prof. Dr. Mustafa KIRALAN	Balıkesir Üniv. Mühendislik Fak. Gıda Mühendisliği Böl. Balıkesir
Prof. Dr. Mustafa KIZILSIMSEK	KSÜ Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl. Kahramanmaraş
Prof. Dr. Rasim KOÇYİĞİT	Tokat Gaziosmanpaşa Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Böl.
Prof. Dr. Ayten NAMLI	Ankara Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl. Ankara
Dr. Sudhanya NATH	West Bengal Univ. of Animal and Fishery Sci., Dept. of Animal Nutrition, INDIA
Dr. Angela E. OBETTA	Univ. of Nigeria, Dept. of Agricultural Economics, Enugu State, NIGERIA
Prof. Dr. Sami Gökhan ÖZKAL	Pamukkale Üniv. Mühendislik Fak. Gıda Mühendisliği Böl. Denizli
Prof. Dr. Müdahir ÖZGÜL	Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Böl. Erzurum
Dr. Öğr Üyesi Mücahit PAKSOY	KSÜ Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Kahramanmaraş
Dr. Öğr Üyesi Ayşe Esra PEKER	Fırat Üniv. İktisadi ve İdari Bilimler Fak. İktisat Böl. Elazığ
Doç. Dr. Ferda SARI	Sivas Cumhuriyet Üniv. Sivas Teknik Bilimler MYO Sivas
Prof. Dr. Zehra SARIÇİÇEK	Ankara Üniv. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Ankara



KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

TARIM ve DOĞA DERGİSİ

Prof. Dr. Şebnem SELEN İŞBİLİR	Trakya Üniv. Fen Fak. Kimya Böl. Edirne
Prof. Dr. Sonay SÖZÜDOĞRU OK	Ankara Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl. Ankara
Prof. Dr. Nazım ŞEKEROĞLU	Gaziantep Üniv. Fen-Edebiyat Fak. Biyoloji Böl. Gaziantep
Prof. Dr. Ramazan ŞEVİK	Afyon Kocatepe Üniv. Mühendislik Fak. Gıda Mühendisliği Böl. Afyon
Doç. Dr. Kasım TAKIM	Harran Üniv. Veteriner Fak. Temel Bilimler Böl. Şanlıurfa
Prof. Dr. Zekai TARAKÇI	Ordu Üniv. Ziraat Fak. Gıda Mühendisliği Böl. Ordu
Prof. Dr. M. Bahattin TANYOLAÇ	Ege Üniv. Mühendislik Fak. Biyomühendislik Böl. İzmir
Doç. Dr. Nuran TAPKI	Hatay Mustafa Kemal Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Hatay
Prof. Dr. Mahmut Sinan TAŞPINAR	Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Biyoteknoloji Böl. Erzurum
Doç. Dr. Kadir Ersin TEMİZEL	Ondokuz Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Böl. Samsun
Prof. Dr. Cafer TÜRKMEN	ÇOMU Ziraat Fak. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl. Çanakkale
Prof. Dr. Yavuz TOPCU	Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Erzurum
Doç. Dr. Ali Beyhan UÇAK	Siirt Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Böl. Siirt
Doç. Dr. Ahmet Semih UZUNDUMLU	Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Erzurum
Prof. Dr. Hasan VURAL	Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Tarım Ekonomisi Böl. Bursa
Doç. Dr. Tarkan YORULMAZ	Çankırı Karatekin Üniv. Gıda ve Tarım MYO Ormancılık Böl. Çankırı
Prof. Dr. Sabri YURTSEVEN	Harran Üniv. Ziraat Fak. Zootehni Böl. Şanlıurfa



Evaluation of Free Radical Scavenging, Anti-inflammatory and Hypoglycemic Activity of *Helianthemum oelandicum* subsp. *incanum* (Willk.) G. Lopez from Türkiye

Aslı CAN AGCA¹, Sezen YILMAZ SARIALTIN², Betül SEVER YILMAZ³

¹Ankara Yıldırım Beyazıt University, Institute of Public Health, Department of Traditional, Complementary and Integrative Medicine, Ankara, TÜRKİYE. ²Ankara University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmaceutical Toxicology, Ankara, TÜRKİYE. ³Ankara University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmacognosy, Ankara, TÜRKİYE.

¹<https://orcid.org/0000-0002-5710-3479>, ²<https://orcid.org/0000-0002-8387-4146>, ³<https://orcid.org/0000-0003-2084-9514>

✉: aslicanagca@aybu.edu.tr

ABSTRACT

Helianthemum is represented by 19 taxa, and out of four are endemic in Türkiye. The antioxidant, anti-inflammatory, and hypoglycemic activities of the ethanol (75%) and aqueous extracts from aerial parts of *Helianthemum oelandicum* subsp. *incanum* growing in Türkiye was examined in this study. The water extract exhibited antioxidant activity with 67.26±0.49 and 68.08±0.41 µg ml⁻¹ values on DPPH and ABTS radicals, respectively. The antioxidant activity value of ethanol extract on DPPH radical was found as 46.71±0.27 µg ml⁻¹, where as this value was determined as 51.60±0.76 µg ml⁻¹ for scavenging effects on ABTS radical. Both ethanol and aqueous extracts possessed in vitro anti-inflammatory activity by inhibiting erythrocyte membrane hemolysis in a concentration dependent manner and ethanol extracts exhibited greater activity than aqueous extracts. By measuring the inhibitory effect of the extracts on α-glucosidase, in vitro hypoglycemic activity was assessed. According to the results of this study, the IC₅₀ values of both ethanolic and aqueous extracts were found to be close to each other, 2.52±0.01 and 3.21±0.01 µg ml⁻¹, respectively and compared with the standard compound acarbose (IC₅₀= 0.90±0.01 µg ml⁻¹) it was determined that both extracts exhibited strong inhibition on α-glucosidase. Based on all results evaluated, the ethanolic extract displayed higher antioxidant, anti-inflammatory, and hypoglycemic activities than the aqueous extract.

Biochemistry

Research Article

Article History

Received : 27.10.2021

Accepted : 03.03.2022

Keywords

Free radical scavenging activity
Anti-inflammatory activity
Hypoglycemic activity
Helianthemum oelandicum
subsp. *incanum*

Türkiye’de Yetişen *Helianthemum oelandicum* subsp. *incanum* (Willk.) G. Lopez Bitkisinin Serbest Radikal Süpürücü, Anti-inflamatuvar ve Hipoglisemik Aktivitelerinin Değerlendirilmesi

ÖZET

Helianthemum Türkiye’de 4’ü endemik olmak üzere 19 takson ile temsil edilmektedir. Bu çalışmada Türkiye’de doğal olarak yetişen *Helianthemum oelandicum* subsp. *incanum* toprak üstü kısımlarının etanollü (%75) ve sulu ekstralarının antioksidan, anti-inflamatuvar ve hipoglisemik aktiviteleri araştırılmıştır. Sulu ekstrenin DPPH ve ABTS radikalleri üzerine gösterdiği süpürücü etki miktarı sırasıyla 67.26±0.49 ve 68.08±0.41 µg ml⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Bitkinin etanollü ekstresinin DPPH radikaline karşı gösterdiği antioksidan aktivite değeri 46.71±0.27 µg ml⁻¹ iken, ABTS radikali için bu değer 51.60±0.76 µg ml⁻¹ olarak bulunmuştur. Bitkinin hem etanollü hem de sulu ekstresinin eritrosit membran hemolizini konsantrasyona bağlı olarak inhibe ederek in vitro anti-inflamatuvar etki gösterdiği ve etanollü ekstrenin sulu ekstreye göre daha güçlü etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Bitki ekstralarının in vitro hipoglisemik aktivite tayini için α-glukozidaza karşı inhibisyon etkileri ölçülmüş, etanollü ve sulu ekstraların IC₅₀ değerleri sırasıyla 2.52±0.01 ve 3.21±0.01 µg ml⁻¹ bulunmuş ve standart bileşik akarboz ile karşılaştırıldığında (IC₅₀= 0.90±0.01 µg ml⁻¹) α-glukozidaza karşı güçlü inhibisyon gösterdikleri tespit edilmiştir. Tüm aktivite sonuçları bir arada değerlendirildiğinde etanollü ekstrenin antioksidan, anti-inflamatuvar ve hipoglisemik

Biyokimya

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 27.10.2021

Kabul Tarihi : 03.03.2022

Anahtar Kelimeler

Serbest radikal süpürücü aktivite
Anti-inflamatuvar aktivite
Hipoglisemik aktivite
Helianthemum oelandicum
subsp. *incanum*.

aktivitesinin sulu ekstreden daha yüksek olduğu bulunmuştur.

- Atıf Şekli:** Can Agca, A., Yılmaz Sarialtın, S. & Sever Yılmaz, B. (2023). Türkiye’de Yetişen *Helianthemum oelandicum* subsp. *incanum* (Willk.) G. Lopez Bitkisinin Serbest Radikal Süpürücü, Anti-inflamatuvar ve Hipoglisemik Aktivitelerinin Değerlendirilmesi *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 26(2), 227-233. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.1015574>.
- To Cite:** Can Agca, A., Yılmaz Sarialtın, S. & Sever Yılmaz, B. (2023). Evaluation of Free Radical Scavenging, Anti-inflammatory and Hypoglycemic Activity of *Helianthemum oelandicum* subsp. *incanum* (Willk.) G. Lopez from Türkiye. *KSU J. Agric Nat* 26 (2), 227-233. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.1015574>.

INTRODUCTION

Herbal drugs have been popular in the healthcare system globally day by day. With the increasing use of medicinal plants, the pharmaceutical industry focuses on new natural sources. Of course, traditional therapy, which is closely linked to cultures, should be supported by scientific studies so that it can be an option as a complementary medicine and could be suggested by healthcare professionals.

Helianthemum taxa, belonging to the Cistaceae family, are annual or perennial shrub and herbaceous plants that spread widely in Europe, America, North Africa and Central Asia. *Helianthemum* is represented by 19 taxa, and out of four are endemic in Türkiye (Davis, 1965; Şam Gökşen & Baydemir, 2016).

The traditional uses of one of *Helianthemum* species, called *H. nummularium* (L.) Miller., are recorded against constipation and as a blood stopper in Türkiye (Baytop,1999). Besides, *Helianthemum* species are used traditionally as anti-inflammatory, antiulcerogenic, wound healing, antimicrobial, cytotoxic and antidiabetic agent in different countries. The decoctions and teas prepared from this genus are also used to treat gastrointestinal problems (Rubio-Moraga et al., 2013; Şam Gökşen & Baldemir, 2016; Hamza et al., 2019). Djemam et al. determined that *H.lippi* performed relaxation on distal rat colon (Djemam et al., 2020).

There were reports on the antioxidant, antimicrobial, antiprotozoal, anti giardial activities of some *Helianthemum* species (Barbosa et al., 2006; Rubio-Moraga et al., 2013; Baldemir et al., 2017; Benabdelaziz et al., 2017; Chemam et al., 2017) but there was only one study investigating the antidiabetic activity of one of *Helianthemum* genus, called *H. getulum* Pomel an endemic plant to North Sahara (Terfassi et al., 2021). The antidiarrhoeal activity was reported for flavonoids from *H.glomeratum*, an endemic plant grown in Mexico (Calzada & Alanis, 2007).

As the number of studies on biological activities of *Helianthemum* taxa are limited and records on traditional use of *H. oelandicum* subsp. *incanum* (Willk.) G. Lopez (the synonym name: *H.canum* (L.) Miller.) is not found during the literature survey; the goal of this study was to examine the antioxidant, anti-inflammatory and hypoglycemic properties of

different extracts from aerial parts of *Helianthemum oelandicum* subsp. *incanum* growing in Türkiye. All assays were carried out on both aqueous and ethanolic extracts in order to determine which could potentially be a natural source for the treatment of diabetes and inflammation.

MATERIAL and METHODS

Plant Material

The aerial parts of *H. oelandicum* subsp. *incanum* growing in Türkiye was collected from Ayaş in Ankara. The plant was identified by Prof. Dr. H. Duman from the Department of Biology, Faculty of Art and Science, Gazi University, Ankara, Türkiye. The voucher specimens are deposited at the Herbarium belonging to the Faculty of Pharmacy of Ankara University with the corresponding herbarium number; AEF27028.

Preparation of Extracts

From the air-dried and powdered aerial parts of *Helianthemum oelandicum* subsp. *incanum*, two different extracts were prepared by using ethanol (75%) and water separately.

The air-dried and powdered aerial parts of the *H. oelandicum* subsp. *incanum* used in this study was weighed accurately and then extracted with ethanol (75%). It was prepared by maceration of 50 g of plant powder in 300 ml of ethanol for 8 hours in 3 days. Each maceration was developed with fresh solvent (3x300 ml). The macerates obtained with ethanol were filtered and evaporated until dry.

Additionally, the air-dried and powdered aerial part of the plant used in this study was weighed accurately and then extracted with water. It was prepared by maceration of 50 g of plant powder in 300 ml of water for 8 hours in 3 days. Each maceration was developed with fresh solvent (3x300 ml). The macerates obtained with water were filtered and lyophilized.

Antioxidant Activity

DPPH Free Radical Scavenging Activity

To determine the effectiveness of plant extracts in scavenging DPPH, they were tested for their ability to neutralize the radical (Okur et al., 2018; Blois et al., 1958). 100 µM DPPH was mixed in methanol and an

array of crude extract concentration (final concentrations: 10-100 $\mu\text{g ml}^{-1}$). Incubation at room temperature in the dark for 30 minutes was performed. Then, the absorbance was measured at 517 nm. Based on the radical reduction percentage, scavenging activity was calculated. Butylated hydroxytoluene (BHT) was served as a standard compound, where as the only solvent was the negative control. Each experiment was performed at least in duplicate. The formula below was used to calculate the percentage of inhibition.

$$\text{Inhibition (\%)} = [(Optical\ density_{control} - Optical\ density_{test\ sample}) / Optical\ density_{control}] \times 100 \quad (1).$$

For each extract, the IC₅₀ values were derived from calibration curves and the results were presented as mean IC₅₀.

ABTS Free Radical Scavenging Activity

The antioxidant activity of the samples was examined by ABTS^{•+} radical cation decolorization assay (Yalcin et al., 2020; Re et al., 1999). 7mM ABTS^{•+} aqueous solution was reacted with 2.45 mM potassium persulfate in order to obtain ABTS^{•+}. Prior to use, the mixture was kept overnight (12 to 16 hours) at room temperature (in the dark). Fresh ABTS^{•+} solution was prepared for each analysis to prevent self-degradation of the radical. The working solution was diluted with ethanol (pH=7.4) to give an absorbance of 0.700 at 734 nm, and the test compound was dissolved with the final working solution (100x). The final concentration was 1-100 $\mu\text{g ml}^{-1}$. Incubation at room temperature for 6 minutes in the dark was performed. Then, the absorbance was measured at 734 nm. Trolox was used as a standard compound where, as only solvent was the negative control. Each experiment was performed at least in duplicate. The formula below was used to calculate the percentage of inhibition.

$$\text{Inhibition (\%)} = [(Optical\ density_{control} - Optical\ density_{test\ sample}) / Optical\ density_{control}] \times 100 \quad (2).$$

For each extract, the IC₅₀ values were derived from calibration curves and the results were presented as mean IC₅₀.

Anti-inflammatory Activity

The anti-inflammatory activity of the extracts was assessed by measuring their protective effects on the human erythrocyte membrane (Shinde et al., 1999; Gunathilake et al., 2018). *The study protocol was confirmed by Human Research Ethics Committees of the Faculty of Medicine of Ankara University (Document date: 14.05.2020, document number: i5-273-20)*. Human blood samples were collected from a volunteer who had not taken anti-inflammatory or steroidal medicine for two weeks prior to the experiment. The tubes containing blood samples were centrifuged for 10 min at 3000 rpm. Then the isolated

packed cells were washed with 0.85% isosaline (pH 7.2). The cell suspension was prepared using sterile saline solution (1:10). The reaction mixture consisted of an equal volume of test sample (ethanolic and aqueous extracts) and 10% cell suspension. Incubation at 56°C for 30 minutes was performed. After the tubes cooled to room temperature, centrifuge step was performed at 2500 rpm for 5 min. The absorbance of the supernatant was measured at 560 nm. Acetylsalicylic acid (ASA) served as a standard compound, whereas only solvent was used as a negative control. The formula below was used to calculate the percentage of protection.

$$\text{Protection (\%)} = 100 - [(Optical\ density_{test\ sample} / Optical\ density_{control}) \times 100] \quad (3).$$

For each extract, the IC₅₀ values were derived from calibration curves and the results were presented as mean IC₅₀ as well as percentage of protection.

Hypoglycemic Activity

α -glucosidase inhibitory activity was evaluated to determine hypoglycemic activity of the extracts using the method with slight modifications, in vitro (Liu et al., 2014). α -glucosidase (0.02 unit μl^{-1}) was mixed with sample (final concentration: 0.10-10 $\mu\text{g ml}^{-1}$) and sodium phosphate buffer (pH 6.8). The reaction mixture was mixed and incubated at 37°C for 20 min. p-nitrophenyl- α -D-glucopyranoside (pNPG) substrate solution was prepared in 0.2 M sodium phosphate buffer (pH=6.8). Then, pNPG substrate solution was added (0.02 M). Incubation at 37°C for 30 minutes was performed. A solution of 0.2 M Na₂CO₃ was added to stop the reaction. Acarbose served as a standard compound. The absorbance was measured at 405 nm. The formula below was used to calculate the percentage of inhibition.

$$\text{Inhibition (\%)} = [(Optical\ density_{control} - Optical\ density_{test\ sample}) / Optical\ density_{control}] \times 100 \quad (4).$$

For each extract, the IC₅₀ values were derived from calibration curves and the results were presented as mean IC₅₀.

Statistical Analysis

Statistical analysis was conducted using SPSS 23.0 software. The results were presented as mean IC₅₀± Standard Deviation (SD). One-way analysis of variance was assessed by ANOVA with LSD test to compare the results. A *p*-value below 0.05 was confirmed as the minimum level of significance.

RESULT and DISCUSSION

Antioxidant Activity

DPPH Free Radical Scavenging Activity

Both ethanol and aqueous extracts displayed moderate antioxidant effect by scavenging DPPH free

radical in a concentration-dependent manner. Ethanol extracts showed higher DPPH scavenging activity than aqueous extracts as presented in Table 1.

ABTS Free Radical Scavenging Activity

Ethanol and aqueous extracts noted moderate antioxidant effect by scavenging ABTS free radical. Inhibition increased with the extract concentration. Ethanol extracts displayed greater ABTS free radical

scavenging activity than aqueous extracts, as exhibited in Table 2.

In the present study, the water extract exhibited antioxidant activity with 67.26 and 68.08 $\mu\text{g ml}^{-1}$ IC_{50} values on DPPH and ABTS radicals, respectively. The antioxidant activity value of ethanol extract on DPPH radical was found as 46.71 $\mu\text{g ml}^{-1}$, whereas this value was determined as 51.60 $\mu\text{g ml}^{-1}$ for scavenging effects on ABTS radical.

Table 1 DPPH free radical scavenging activity of the extracts
Çizelge 1 Ekstrelerin DPPH serbest radikal süpürücü etkisi

	<i>Inhibition Concentration₅₀ (IC₅₀) ($\mu\text{g ml}^{-1}$)</i> <i>İnhibisyon Konsantrasyonu₅₀</i>
<i>Ethanolic extract of H. oelandicum subsp. incanum</i>	46.71±0.27 ^a
<i>H. oelandicum subsp. incanum etanolü ekstresi</i>	
<i>Aqueous extract of H. oelandicum subsp. incanum</i>	67.26±0.49 ^a
<i>H. oelandicum subsp. incanum sulu ekstresi</i>	
<i>Butylated Hydroxytoluene (BHT)</i>	11.02±0.44
<i>Butilhidroksi toluen</i>	

^(a) Statistically significant: $p < 0.05$, compared to control. The data shows mean±SD of 2-4 independent experiments

^(a) İstatistiksel olarak anlamlı: $p < 0.05$, kontrole kıyasla. Veriler 2-4 bağımsız deneyin ortalama±SS'sini gösterir.

Table 2 ABTS free radical scavenging activity of the extracts
Çizelge 2 Ekstrelerin ABTS serbest radikal süpürücü etkisi

	<i>Inhibition Concentration₅₀ (IC₅₀) ($\mu\text{g ml}^{-1}$)</i> <i>İnhibisyon Konsantrasyonu₅₀</i>
<i>Ethanolic extract of H. oelandicum subsp. incanum</i>	51.60±0.76 ^a
<i>H. oelandicum subsp. incanum etanolü ekstresi</i>	
<i>Aqueous extract of H. oelandicum subsp. incanum</i>	68.08±0.41 ^a
<i>H. oelandicum subsp. incanum sulu ekstresi</i>	
<i>Trolox (Troloks)</i>	1.58±0.01

^(a) Statistically significant: $p < 0.05$, compared to control. The data shows mean±SD of 2-4 independent experiments.

^(a) İstatistiksel olarak anlamlı: $p < 0.05$, kontrole kıyasla. Veriler 2-4 bağımsız deneyin ortalama±SS'sini gösterir.

Baldemir et al. observed that methanol and water extracts of *H. oelandicum* subsp. *incanum* were rich in phenolic compounds and had scavenging effects on both DPPH and ABTS radicals. Besides, they mentioned the high correlation between scavenging effects and the total phenol content of the extracts (Baldemir et al., 2017). The leaves of the most common 11 *Helianthemum* taxa in Spain were studied for determining the chemical composition and biological activities and reported as *Helianthemum cinereum*, *H. alypoides* and *H. marifolium* constantly showed the greatest radical scavenging activity, additionally the EC_{50} value of radical scavenging activity of water extracts of *H. oelandicum* subsp. *incanum* on DPPH and ABTS radicals was reported as 43.72 $\mu\text{g ml}^{-1}$ and 96.15 $\mu\text{g ml}^{-1}$, respectively. In 80% MeOH extracts, EC_{50} values against DPPH and ABTS are found in order of 66.2 $\mu\text{g ml}^{-1}$ and 34 $\mu\text{g ml}^{-1}$ (Rubio-Moraga et al., 2013). Phenolic compounds are known as natural antioxidants, and there were studies showing that the amounts of them were depended on extraction parameters (Sultana et al.,

2009; Anokwuru et al., 2011; Demir et al, 2019; Demir et al., 2020), and also a strong correlation between phenolic content of extracts, the molecular structure of compounds and antioxidant activity was drawn attention in previous studies (Rubio-Moraga et al., 2013; Benabdelaziz et al., 2017; Baldemir et al., 2017; Chemam et al., 2017).

Anti-inflammatory Activity

Both ethanol and aqueous extracts possessed *in vitro* anti-inflammatory activity by inhibiting heat-induced erythrocyte membrane hemolysis. The protective effects of the extracts were enhanced as their concentration increased, as shown in Figure 1.

Ethanol extracts showed the highest percentage of inhibition at 20 mg ml^{-1} with 91.33% followed by 10 mg ml^{-1} with 90.97%. Aqueous extracts showed 42.74% and 70.48% inhibition at 10 and 20 mg ml^{-1} , respectively. Ethanol extracts exhibited most significant activity than aqueous extracts, as seen in Table 3.

Water extract of *H. oelandicum* subsp. *incanum* was noted lower anti-inflammatory activity than ethanolic

extract ($IC_{50}=11.49$ and 6.07 mg ml⁻¹, respectively).

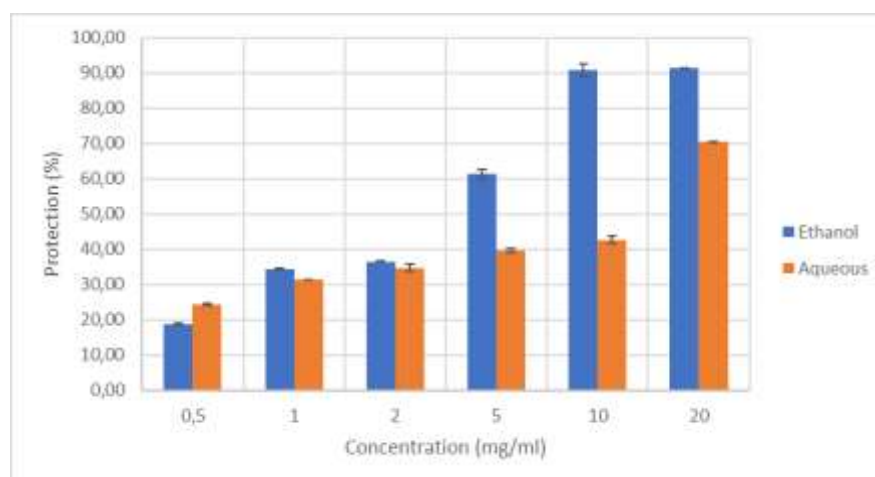


Figure 1 The protective effects of the extracts in different concentrations
Şekil 1 Ekstrelerin farklı konsantrasyonlardaki koruyucu etkileri

Table 3 Anti-inflammatory activity of the extracts
Çizelge 3 Ekstrelerin anti-inflamatuvar aktivitesi

	Inhibition Concentration ₅₀ (IC_{50}) (mg ml ⁻¹) İnhibisyon Konsantrasyonu ₅₀
Ethanolic extract of <i>H. oelandicum</i> subsp. <i>incanum</i> <i>H. oelandicum</i> subsp. <i>incanum</i> etanollü ekstresi	6.07 ± 0.12^a
Aqueous extract of <i>H. oelandicum</i> subsp. <i>incanum</i> <i>H. oelandicum</i> subsp. <i>incanum</i> sulu ekstresi	11.49 ± 0.01^a
Acetylsalicylic acid (ASA) Asetilsalisilik asit	0.28 ± 0.01

(^a) Statistically significant: $p < 0.05$, compared to control. The data shows mean \pm SD of 2-4 independent experiments.

(^a) İstatistiksel olarak anlamlı: $p < 0.05$, kontrole kıyasla. Veriler 2-4 bağımsız deneyin ortalama \pm SS'sini gösterir.

Hypoglycemic Activity

The extracts were tested for hypoglycemic activity using in vitro assessments of α -glucosidase inhibitory activity. Ethanol extracts exhibited higher α -glucosidase inhibitory potential than aqueous extracts. The IC_{50} values of both ethanolic and aqueous extracts were found to be close to each other, 2.52 and 3.21 μ g ml⁻¹, respectively and compared with the standard compound acarbose ($IC_{50}=0.90$ μ g ml⁻¹). It was determined that both extracts exhibited strong inhibition on α -glucosidase as shown, in Table 4.

Terfassi et al. studied a different *Helianthemum* taxa called *H. getulum* an endemic plant to septentrional Sahara. They mentioned that both the fractions and extract of plant showed a remarkable inhibition activity on α -glucosidase and were in agreement with the present study (Terfassi et al, 2021).

CONCLUSION

In this study, we tested two extracts prepared with water and ethanol from *Helianthemum oelandicum* subsp. *incanum* from Türkiye for investigating the *in vitro* antioxidant, anti-inflammatory and hypoglycemic activities in the light of traditional uses

of the plant worldwide. Present results indicate that although aqueous and ethanolic extracts of the aerial part of the plant were found to show moderate antioxidant and anti-inflammatory effects *in vitro*, both extracts of aerial parts of *H. oelandicum* subsp. *incanum* have potential α -glucosidase inhibitory activities supporting the traditional use against diabetes. Further studies are needed to determine the mechanisms of action and chemical profile of the plant to decide if the plant could be a promising candidate for the treatment of diabetes.

Author's Contribution

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

Statement of Conflict of Interest

Authors have no conflict of interest to declare.

Statement of Research and Publication Ethics

The authors declare that this study has been performed in accordance with research and publication ethics.

Table 4 α -glucosidase inhibitory activity of the extracts
Çizelge 4 Ekstrelerin α -glukozidaz inhibisyon aktivitesi

	<i>Inhibition Concentration₅₀ (IC₅₀)</i> <i>İnhisyon Konsantrasyonu₅₀</i> ($\mu\text{g ml}^{-1}$)
<i>Ethanollic extract of H. oelandicum subsp. incanum</i> <i>H. oelandicum subsp. incanum etanollü ekstresi</i>	2.52±0.01 ^a
<i>Aqueous extract of H. oelandicum subsp. incanum</i> <i>H. oelandicum subsp. incanum sulu ekstresi</i>	3.21±0.01 ^a
<i>Acarbose</i> <i>Akarboz</i>	0.90±0.01

(^a) Statistically significant: $p < 0.05$, compared to control. The data shows mean±SD of 2-4 independent experiments.

(^a) İstatistiksel olarak anlamlı: $p < 0.05$, kontrole kıyasla. Veriler 2-4 bağımsız deneyin ortalama±SS'sini gösterir.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank to Prof. Dr. Hayri Duman for identification of the plant.

REFERENCES

- Anokwuru, C.P., Anyasor, G.N., Ajibaye, O., Fakoya, O. & Okebugwu, P. (2011). Effect of extraction solvents on phenolic, flavonoid and antioxidant activities of three nigerian medicinal plants. *Natural and Science*, 9(7), 53-61.
- Baldemir, A., Gokşen, N., Ildız, N., Şeker Karatoprak, G. & Koşar, M. (2017). Phytochemical profile and biological activities of *Helianthemum canum* L. BAUMG. from Turkey. *Chemistry & Biodiversity*, 14, 2-12.
- Blois, M.S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 26, 1199-1200. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201700052>
- Barbosa, E., Calzada, F. & Campos, R (2006). Antigiardial Activity of Methanolic Extracts from *Helianthemum glomeratum* Lag. and *Rubus coriifolius* Focke in Suckling Mice CD-1. *Journal of Ethnopharmacology* 108, 395–397. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.05.026>
- Baytop, T. (1999). *Türkiye’de Bitkilerle Tedavi (Therapy with Medicinal Plants in Turkey)*, Nobel Tıp Basımevi, İstanbul.
- Benabdelaziz, I., Marcourt, L., Benkhaled, M., Wolfender, J.L. & Haba, H (2017). Antioxidant and antibacterial activities and polyphenolic constituents of *Helianthemum sessiliflorum* Pers. *Natural Product Research*, 31(6), 686-690. <https://doi.org/10.1080/14786419.2016.1209669>
- Calzada, F. & Alanis, A.D. (2007). Additional antiprotozoal flavonol glycosides of the aerial parts of *Helianthemum glomeratum*. *Phytotherapy Research*, 21, 78-80. doi: 10.1002/ptr.2031
- Chemam, Y., Benayache, S., Marchioni, E., Zhao, M., Mosset, P. & Benayache, F (2017). On-Line screening, isolation and identification of antioxidant compounds of *Helianthemum ruficomum*. *Molecules*, 22(239), 1-14. <https://doi.org/10.3390/molecules22020239>
- Davis, P.H. (1965). *Flora of Turkey and East Aegean Islands*, Vol I, Edinburgh University Press, Edinburgh, UK.
- Demir, T., Akpınar, Ö., Kara, H. & Güngör, H. (2019). Nar (*Punica granatum* L.) kabuğunun in vitro antidiyabetik, antiinflamatuvar, sitotoksik, antioksidan ve antimikrobiyal aktivitesi. *Akademik Gıda*, 17(1), 61-71. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.544647>
- Demir, T., Akpınar, Ö., Kara, H. & Güngör, H. (2020). Cherry stem phenolic compounds: Optimization of extraction conditions and in vitro evaluations of antioxidant, antimicrobial, antidiabetic, anti-inflammatory, and cytotoxic activities. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44, e14804. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14804>
- Djemam, N., Lassed, S., Gül, F., Altun, M., Monteiro, M., Menezes-Pinto, D., Benayache, S., Benayache, F., Zama, D., Demirtas, I. & Morato, M. (2020). Characterization of Ethyl Acetate and n-Butanol Extracts of *Cymbopogon schoenanthus* and *Helianthemum lippii* and their effect on the smooth muscle of the rat distal colon. *Journal of Ethnopharmacology*, 252, 112613. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.112613>
- Gunathilake, K.D.P.P., Ranaweera, K.K.D.S. & Rupasinghe, H.P. (2018). *In vitro* anti-inflammatory properties of selected green leafy vegetables. *Biomedicines*, 6(4), 107. <https://doi.org/10.3390/biomedicines6040107>
- Hamza, N., Berke, B., Umar, A., Cheze, C., Gin, H. & Moore, N. (2019). A review of algerian medicinal plants used in the treatment of diabetes. *Journal of Ethnopharmacology*, 238, 1-28. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.111841>
- Liu, X., Zhu, L., Tan, J., Zhou, X., Xiao, L., Yang, X. & Wang, B. (2014). Glucosidase inhibitory activity and antioxidant activity of flavonoid compound and triterpenoid compound from *Agrimonia pilosa* Ledeb. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 14(12), 1-10. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-14-12>
- Okur, M.E., Polat, D.C., Ozbek, H., Yilmaz, S., Yoltas, A. & Arslan, R. (2018). Evaluation of the

- antidiabetic property of *capparis ovata* desf. var. *palaestina* zoh. extracts using *in vivo* and *in vitro* approaches. *Endocrine, Metabolic & Immune Disorders-Drug Targets (Formerly Current Drug Targets-Immune, Endocrine & Metabolic Disorders)*, 18(5), 489-501. <https://doi.org/10.2174/1871530318666180328110524>.
- 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. [https://doi.org/10.1016/s0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3)
- Rubio-Moraga, A., Argandoña, J., Mota, B., Pérez, J., Verde, A., Fajardo, J., Gómez-Navarro, J., Castillo-López, R., Ahrazem, O. & Gómez-Gómez, L. (2013). Screening for polyphenols, antioxidant and antimicrobial activities of extracts from eleven *Helianthemum* taxa (Cistaceae) used in folk medicine in South-Eastern Spain. *Journal of Ethnopharmacology*, 148, 287-296. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.04.028>
- Shinde, U., Phadke, A., Nair, A., Mungantiwar, A., Dikshit, V. & Saraf, M. (1999). Membrane stabilizing activity—a possible mechanism of action for the anti-inflammatory activity of *Cedrus deodara* wood oil. *Fitoterapia*, 70(3), 251-257. [https://doi.org/10.1016/S0367-326X\(99\)00030-1](https://doi.org/10.1016/S0367-326X(99)00030-1)
- Sultana, B., Anwar, F. & Ashraf, M. (2009). Effect of extraction solvent/technique on the antioxidant activity of selected medicinal plant extracts. *Molecules*, 14, 2167-2180. <https://doi.org/10.3390/molecules14062167>
- Şam Gökşen, N. & Baldemir, A. (2016). Traditional usages of *Helianthemum* Miller species. *Journal of Health Sciences*, 25, 49-52.
- Terfassi, S., Dauvergne, X., Stephane Cerantola, S., Lemoine, C., Bensouici, C., Fadila, B., Christian M, Marchioni, E. & Benayache, S. (2021). First report on phytochemical investigation, antioxidant and antidiabetic activities of *Helianthemum getulum*. *Natural Product Research*, 1-8. <https://doi.org/10.1080/14786419.2021.1928664>
- Yalcin, C.Ö., Yilmaz Sarialtin, S. & Cicek Polat, D. (2020). Quantification of phenolic and flavonoid contents and some biological activities of *Ornithogalum sigmoideum* Freyn & Sint. *Journal of Research in Pharmacy*, 24(4), 487-496. <https://doi.org/10.35333/jrp.2020.197>



Giresun'da Yetişen Fındık Ağacı (*Corylus avellana* L.) Yapraklarında Bazı Fenolik Bileşiklerin ve Antioksidan Aktivitelerinin Araştırılması

Mehmet Emin ŞEKER^{1*}, Ayça Aktaş KARAÇELİK²

¹ Department of Medicinal and Aromatic Plants, Giresun University, Giresun, Turkey, ² Department of Food Processing, Giresun University, Giresun, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-4463-6898>, ²<https://orcid.org/0000-0001-5381-2924>

✉: mehmetemin_seker@hotmail.com

ÖZET

Fındık (*Corylus avellana* L.), ekonomik değeri yüksek, küresel üretimi önemli olan bir üründür. Ancak fındık yaprakları ile ilgili çalışmalar bugüne kadar sınırlı kalmıştır. Bu çalışmada, Giresun'un iki ayrı bölgesinden toplanan üç çeşit (Yağlı (Tombul), Sivri ve Ham) fındık ağacı yaprağı infüzyon yöntemi ile ekstrakte edilmiştir. Analiz öncesinde ekstraktların glove box içerisinde buharlaştırılması ve örneklerin hazırlanması bu çalışmanın en kritik noktalarından birisidir. Ekstraktlarda fenolik bileşiklerin miktarları, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Fenolik bileşiklerin tayini Sıvı Kromatografi – Kütle Spektrometri (LC-MS/MS) ile ve toplam fenolik miktarı ise Folin-Ciocalteu yöntemi ile belirlenmiştir. Antioksidan aktivite, 2,2-azino-bis(3etilbenzo-tiazolin-6-sülfonik asit (ABTS^{•+}), 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH[•]) radikal giderme aktiviteleri ve demir (III) indirgeme / antioksidan güç (FRAP) yöntemleri ile test edilmiştir. Espiye Merkez'den toplanan tombul fındık ağacı yaprağı (TFE) ekstraktı en yüksek ABTS^{•+} radikal giderme (SC₅₀: 0.00023±3.9E-06 mg mL⁻¹) ve FRAP (882.75±8.24 µM TEAC (Trolox Eşdeğer Antioksidan Kapasitesi) antioksidan aktivitesi sergiledi. Ayrıca, Espiye Merkez'den toplanan ham fındık ağacı yaprağı (HFE) (SC₅₀: 0.00033±1.3E-06 mg mL⁻¹) ve tombul fındık ağacı yaprağı (TFE) (SC₅₀: 0.00034±1.7E-06 mg mL⁻¹) ekstraktları hemen hemen aynı DPPH[•] giderme aktivitesi sergiledi. TFE ekstraktı en yüksek toplam fenolik içeriğe (163.33±4.36 GAE (Gallik Asit Eşdeğeri) µg mL⁻¹ ve 228.67±6.11 KE (Katesin Eşdeğeri) µg mL⁻¹) sahipti. Analizlenen yapraklarda gallik asit, katesin, epikatesin, taksifolin, elajik asit, kuersetin ve kafeik asit tespit edilmiştir. Giresun'dan toplanan tombul fındık yapraklarında (TFG) ve sivri fındık yapraklarında (SFY) katesin miktarları sırasıyla 192.05±1.74 ve 367.63±2.6 µg g⁻¹ olarak bulunmuştur.

Biyokimya

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 28.03.2022

Kabul Tarihi : 22.08.2022

Anahtar Kelimeler

Fındık yaprağı

Antioksidan aktivite

Fenolik bileşikler

Toplam fenolik içerik

Corylus avellana

Investigation of Some Phenolic Compounds and Antioxidant Activities of the Hazelnut Tree (*Corylus avellana* L.) Leaves Grown in Giresun

ABSTRACT

Hazelnut (*Corylus avellana* L.) is an essential product with high economic value in global production. However, studies on hazelnut leaves have been limited so far. In this study, three types of (Yağlı (Tombul), Sivri and Haz) hazelnut tree leaves collected from two regions of Giresun were extracted with infusion method. Evaporation of the extracts and preparation of the samples in the glove box prior to analysis is one of the most critical points of this study. It was aimed to determine the amounts of phenolic compounds, the total amount of phenolic content and antioxidant activities in the extracts. The determination of phenolic compounds was determined by Liquid Chromatography-Mass Spectrometry (LC-MS/MS), and total phenolic content was determined by Folin-Ciocalteu method. Antioxidant activity, 2,2-azino-bis(3ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid (ABTS^{•+}), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil (DPPH[•]) radical scavenging activities and iron (III) reduction/antioxidant power) tested with FRAP methods. The chubby

Biochemistry

Research Article

Article History

Received : 28.03.2022

Accepted : 22.08.2022

Keywords

Hazelnut leaf

Antioxidant activity

Phenolic compounds

Total phenolic content

Corylus avellana

hazelnut tree leaves (TFE) extract collected from Espiye Merkez has the highest ABTS^{•+} radical scavenging (SC₅₀: 0.00023±3.9^{E-06} mg mL⁻¹) and FRAP (882.75±8.24 µM TEAC) (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) exhibited antioxidant activity. In addition, raw hazelnut tree leaves (HFE) (SC₅₀: 0.00033±1.3^{E-06} mg mL⁻¹) and chubby hazelnut tree leaves (TFE) (SC₅₀: 0.00034±1.7^{E-06} mg mL⁻¹) collected from Espiye Merkez extracts exhibited almost the same DPPH[•] scavenging activity. TFE extract had the highest total phenolic content (163.33±4.36 GAE (Gallic Acid Equivalent) µg mL⁻¹ and 228.67±6.11 CE (Catechin Equivalent) µg mL⁻¹). Gallic acid, catechin, epicatechin, taxifolin, ellagic acid, quercetin and caffeic acid were detected in the analyzed leaves. The catechin amounts were 192.05±1.74 and 367.63±2.6 µg g⁻¹ in the chubby (TFG) and pointed hazelnut leaves (SFY), respectively.

- Atıf Şekli:** Şeker, M. & Karaçelik, A.A. (2023). Giresun'da yetişen fındık ağacı (*Corylus avellana L.*) yapraklarında bazı fenolik bileşiklerin ve antioksidan aktivitelerinin araştırılması . *KSÜ Tarım ve Doğa Derg 26 (2)*, 234-244. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1094507>
- To Cite :** Şeker, M. & Karaçelik, A.A. (2023). Investigation of some phenolic compounds and antioxidant activities of the hazelnut tree (*Corylus avellana L.*) leaves grown in Giresun *KSU J. Agric Nat 26 (2)*, 234-244. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1094507>

GİRİŞ

Betulaceae familyasına ait fındık bitkisi (*Corylus avellana L.*), Avrupa ve Asya'ya özgü bir ağaçtır. C. Avellana doğal olarak Türkiye, İspanya ve İtalya gibi ılıman iklimlerde yetişmektedir (Bottone ve ark. 2019). Her ne kadar fındık ekimi için Türkiye ve İtalya başlıca üretici ülkeler olsalar da (dünya mahsulünün %80'i), son yıllarda güney yarımküre de yeni büyüme alanları arasına girmiştir (Alaşalvar ve ark., 2006).

Dünyada çok sayıda *Corylus* türü bulunmaktadır. *Coylus avellana L.* ve melezleri, 6 m yüksekliğe kadar büyüeyebilen, yaprak döken, yuvarlak, 6-12 cm uzunluğunda ve çapraz, her iki yüzeyi yumuşak tüylü ve çift tırtıklı ağaç veya çalılar olarak fındık üretimi açısından en önemli türleri oluştururlar (Oliveira ve ark., 2007; Masullo ve ark., 2015). Fındığın (*Corylus avellana L.*) Avrupa'da geniş bir coğrafi dağılıma sahip olduğu bilinmektedir ve genellikle ekonomik nedenlerle üretimi kontrollü olarak daha ziyade ılıman ve kışların nemli geçtiği bölgelerle yapılmaktadır (Silva ve ark., 1996). Fındık, Türkiyede ise en çok Karadeniz Bölgesinde yetişmektedir ve halk için ekonomik değeri olan önemli kaynaklardan biridir (Altunpala & Bozoğlu, 2018). Fındık bu bölgede yetiştirilip işlenerek yurt içi ve yurt dışı pazarlarına sunulmaktadır (Bozoğlu ve ark, 2019). Fındık hasadının bir yan ürünü olan fındık ağacı yaprağı da günümüzde potansiyel bir doğal gıda kaynağı olarak görülmektedir (Amaral ve ark., 2005).

Bitkisel ürünlere değer kazandıran en önemli gruplardan birisi sekonder metabolitler içerisinde yer alan fenolik bileşiklerdir. Aralarında fenoliklerin de bulunduğu bitki kimyasallarının araştırılmasına yönelik çalışmalar dünyada hızla devam etmektedir. Bu ikincil bitki metabolizmasından kaynaklanan (sekonder metabolitler) bileşikler önemli biyokimyasal, fizyolojik ve ekolojik işlevler yerine

getirirler ve bitkilerin çeşitli kısımlarında bulunurlar. Bilinen önemli fonksiyonları arasında oksidatif strese ve UV radyasyonuna karşı koruma, allelopati, patojenlere karşı direnci arttırma ve hücre duvarına malzeme sağlayarak yara iyileşmesine katkı sağlama bulunmaktadır (Miller & Ruiz-Larrea, 2002; Yao ve ark., 2004; Pereira ve ark., 2006; Shahidi ve ark., 2007). Fenolik bileşiklerin içerdiği bir grup olan flavonoidler, serbest radikalleri giderme konusunda büyük bir yeteneğe sahiptirler (Miller & Ruiz-Larrea, 2002). Bazı flavonoidlerin, anti-alerjik, anti-inflamatuar, antiviral, antikanserjenik, antitrombotik, antihepatotoksik ve antioksidan aktiviteler dahil olmak üzere çeşitli biyolojik aktivitelere sahip olduğu bildirilmiştir (Shi & Noguchi, 2001; Sivam, 2002; Yao ve ark., 2004). Fındığın (*Corylus avellana L.*) yaprağının galenik preparatları, vazokonstriktör ve hemorajik özellikleri nedeniyle geleneksel tıpta varisli damarları, hemoroidal semptomatolojiyi, ülserleri ve orofarenks enfeksiyonları tedavi etmek amacıyla kullanılabilir (Cunha & Pereira, 2003). Ayrıca hafif antidizanterik, antifungal ve sikatrizan özellikleri olduğu da bilinmektedir (Bruneton, 1993; Fraisse ve ark., 1999; Cunha & Pereira, 2003).

Fındık ağacı yaprakları (*Corylus avellana L.*) halk hekimliğinde genellikle infüzyon (kaynar suda bekletme) şeklinde kullanılmaktadır (Oliveira ve ark. 2007; Alfredo Bottone ve ark., 2019). Güneydoğu Avrupa ve Güney Batı Asya'ya özgü bir *Corylus* türü olan filbert (*Corylus maxima L.*) yaprağının da Türk geleneksel tıbbında, kaynatılarak egzamaların tedavisi için ya da yaprakların parçalar halinde kesilip bir beze sarılması suretiyle şişlik ve kızarıklık tedavisi için kullanılmakta olduğu Tuzlacı ve Aymaz (2001) tarafından belirtilmiştir. Bir başka çalışmada Portekiz'den toplanan 3 farklı *Corylus avellana L.* ağacı yaprağının infüzyon yöntemi ile ekstraksiyonu

yapılarak bazı fenolik bileşikleri tayin edilmiş ve ekstraktın antimikrobiyel özellikleri incelenmiştir. İlgili çalışmada ilk defa fındık ağacı yapraklarının antimikrobiyel amaçla kullanılabilmesi de önerilmiştir (Oliveira ve ark., 2007).

Bitkilerin ve ağaçların çeşitli kısımları (kök, gövde, kabuk, yaprak, çiçek vb.) mevcuttur. Bunların her biri kendine özgü ve yüksek miktarda sekonder metabolitler içermektedir. Fındığın faydaları üzerine birçok araştırma yapılmıştır ve bu konuda yeni çalışmalar yapılmaya da devam etmektedir. Bununla beraber fındık ağacı yaprakları üzerine az sayıda çalışma yayınlanmıştır ve bu çalışmaların da genellikle belirli bazı fenolik bileşikler (5-kafeoilkinik asit, mirisetin 3-ramnozid, kuersetin 3-ramnozid ve kaempferol 3-ramnozid) üzerine yoğunlaşmıştır (Riethmüller ve ark., 2013). Fındık hasadının bir yan ürünü olan fındık ağacı yaprağı çeşitli biyolojik aktiviteler gösterdiğinden potansiyel bir doğal antioksidan kaynağı olarak görülmektedir (Shahidi ve ark., 2007). Özellikle Giresun ve Ordu şehirlerinin birçok bölgesinde tonlarca fındık yetiştirilmektedir. Ancak, fındığın bir yan ürünü olarak yine her sene tonlarca ziyan olan fındık yapraklarının da potansiyel olarak nutrasötikler, diyet takviyeleri ve farmasötik veya kozmetik bileşenler olarak kullanılabilmesi bildirilmektedir (Shahidi ve ark., 2007; Alasalvar ve ark., 2006). Ayrıca yapılan çalışmalar, fındık yan ürünlerinin (yaprak, kabuk, kabuk ve yeşil yapraklı örtü) içerisinde, fındık ağacı yaprağının en yüksek toplam fenolik içeriğe ve en yüksek toplam antioksidan aktiviteye sahip olduğunu göstermektedir (Shahidi ve ark., 2007). Bu konularda yapılacak her çalışma, literatüre katkıda bulunacaktır.

Bu çalışma, fındık yaprağının halk hekimliğinde kullanımına uygun olacak şekilde, kaynar su ile ekstrakte edilerek; toplam fenolik miktarlarını, antioksidan aktivitelerini ve bu fenolik bileşiklerden bazılarının miktarlarını belirlemek amacıyla yapılmıştır. İnfüzyon yöntemi çalışmanın özgün yanlarından birisini oluşturmaktadır. Çünkü literatürde fındık yapraklarına halk hekimliğindeki etkileri nedeniyle infüzyon yöntemi uygulayan sadece bir çalışma mevcuttur (Oliveira ve ark., 2007). Çalışmanın önemli yanlarından birisi de özel bir örnek hazırlama yönteminin kullanılmış olmasıdır. Bu amaçla, inorganik kimya laboratuvarlarında havaya hassas inorganik ve organometalik bileşiklerin reaksiyonu veya sentezi için kullanılan glove box (Ashby & Schwartz, 1974), fındık yapraklarından ekstrakte edilen biyoaktif bileşiklerin havayla temas etmeden elde edilmesinde kullanılmıştır. İnorganik laboratuvarlarında kullanımı yaygın olan Schlenk sistemi veya glove box gibi ortamlar, havaya hassas ve kolay oksitlenebilen biyoaktif bileşiklerin (resveratrol ve karotenoidler gibi) vakum ortamında eldesinde

nadiren kullanılmıştır (Dall ve ark., 1995, McAndrew ve ark., 2016, Şeker ve ark., 2021). Bu amaçla, çalışmada tayini yapılan biyoaktif bileşiklerin, ekstraktlardan evaporatör ve süzme pompası kullanılmadan glove box içerisinde eldesi ilk defa yapılmıştır. Ayrıca fındık yaprağı ile ilgili literatürde bulunan çalışmalarda genellikle aynı baskın biyoaktif bileşikler çalışılmıştır (Amaral ve ark., 2005; Amaral ve ark., 2010; Riethmüller ve ark.; 2013, Bottone ve ark., 2019). Bazı fenolik asitleri (kafeik, p-kumarik, ferulik ve sinapik) sadece Alaşalvar ve arkadaşları çalışmıştır (Alaşalvar ve ark., 2006; Alaşalvar ve ark., 2007). Kateşin, epikateşin, taksifolin, elajik asit, serbest kuersetin gibi fenolik bileşiklerin miktarları ise ilk defa bu çalışmada belirlenmiştir. Literatürde yer alan çalışmalarda, fındık yaprağının belirlenen antioksidan etkilerine bu fenolik bileşiklerin de katkı sağladığı yapılan çalışma ile gösterilmiş olmaktadır.

Fındık yaprağı ekstraktlarının in vitro antioksidan aktivitelerini araştırmak için 2,2-azino-bis (3etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit (ABTS•+) ve 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH•) radikal giderme ve demir (III) indirgeme / antioksidan güç (FRAP) testleri uygulanmıştır. Bunların yanında toplam fenolik içerik Folin-Ciocalteu yöntemiyle belirlenmiştir. Fenolik bileşiklerin tayini LC-MS/MS ile yapılmıştır. Coğrafi konum, iklim koşulları ve tarımsal uygulamalar gibi çeşitli faktörler bitkilerin kimyasal bileşimini etkileyeceğinden dolayı (Amaral ve ark., 2010) Giresun şehrinde iki bölgeden, aynı türe ait üçer farklı yaprak örnekleri üzerinde çalışılmıştır.

MATERYAL ve METOD

Reaktifler ve Kimyasallar

Kateşin, epikateşin, taksifolin, kuersetin, gallik asit, ferulik asit, kafeik asit, elajik asit standartları Sigma Aldrich'den (Steinheim, Germany), HPLC saflıkta çözücü metanol, etil asetat, ekstraksiyon sırasında kullanılan sodyum klorür (NaCl) ve kurutmada kullanılan sodyum sülfat (Na₂SO₄) Merck (Darmstadt, Germany) firmasından satın alınmıştır.

Toplam fenolik ve antioksidan aktivite tayinlerinde kullanılan DPPH•, 2,4,6-Tris(2-piridil)-s-triazin (TPTZ), Folin-Ciocalteu reaktif fenol ve Trolox® (6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit) Sigma Aldrich'den (Steinheim, Germany) satın alınmıştır. Deneylerde kullanılan ultra saf deiyonize su Sartorius ultra saf su arıtma sisteminden elde edilmiştir.

Örnekleme yerleri

Bu çalışmada kullanılan fındık yaprakları, Giresun Merkez Osmaniye ve Giresun Espiye Kale bölgelerinden toplanmıştır. Bu amaçla kullanılan fındık ağacı yaprakları ve kodları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Fındık ağacı çeşitleri ve karşılarında yaprakların toplandığı yerler ve kısaltmaları.
Table 1. Hazelnut tree varieties and the places where the leaves are collected and their abbreviations.

Fındık Ağacı Yaprağı (Hazelnut Tree Leaf)	Toplandığı Yer (Kısaltması) (Gathering Place (Abbreviation))
Tombul fındık ağacı yaprağı 1	Giresun Merkez (TFG)
Sivri fındık ağacı yaprağı 1	Giresun Merkez (SFG)
Ham fındık ağacı yaprağı 1	Giresun Merkez (HFG)
Tombul fındık ağacı yaprağı 2	Espiye Merkez (TFE)
Sivri fındık ağacı yaprağı 2	Espiye Merkez (SFE)
Ham fındık ağacı yaprağı 2	Espiye Merkez (HFE)

Fenolik Bileşiklerin Sıvı Kromatografi/Kütle Spektrometresi (LC-MS/MS) ile Analizi

LC-MS/MS analizleri C18 kolon (ODS Hypersil, 4.6*250mm 5µm) kullanılarak 30 °C'de ve 0.7 mL dak-1 akış hızında yapılmıştır (Şeker ve ark., 2021). Enjeksiyon hacmi 20µL ve toplam analiz süresi 20 dakikadır. Mobil faz olarak A: %0.1 formik asitli su ve B: %100 metanol kullanılmıştır. Analiz test koşulları Çizelge 2'de gösterilmiştir.

LC-MS/MS analizlerine ait alıkonma zamanları, çarpışma enerjileri ve ürünler Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. LC-MS/MS hareketli faz şartları.
Table 2. LC-MS/MS mobile phase conditions.

Dakika Minute	%A (% 0.1 Formik Asitli Su) A% (0.1% Formic Acid Water)	%B (%100 Metanol) B% (100% Methanol)
0	100	0
1	100	0
12	5	95
15	5	95
20	0	100

Çizelge 3. LC-MS/MS analizine ait bazı değerler.
Table 3. Some values of LC-MS/MS analysis.

Alıkonma Zamanı (dakika) Retention Time (minute)	Analizlenen Madde Analyzed Substance	Ana İyon Parent Ion	Ürün İyon Product Ion	Çarpışma Enerjisi (eV) Collision Energy (eV)
8.92	Gallik Asit	169.7	80.50	25
			126.20	16
10.92	Kateşin	289.2	245.70	17
			203.90	22
11.26	Epikateşin	291.5	139.30	16
			123.30	15
11.80	Kafeik Asit	179.7	136.20	18
			135.20	27
12.57	Taksifolin	303.0	126.20	23
			285.50	15
12.88	Ferulik Asit	195.4	89.40	30
			177.40	7
13.99	Ellagik Asit	300.9	229.70	28
			284.50	32
14.67	Kuersetin	301.00	152.10	23
			179.90	10

LC-MS/MS analizi için kapiler sıcaklığı 300 °C, buharlaştırıcı sıcaklığı 350 °C, dengeleyici gaz basıncı 30 psi, aux gaz basıncı 4 psi, pozitif ve negatif sprey voltajları 2500 V olarak ayarlanmıştır.

Örnek Hazırlama ve Ekstraksiyon

Giresun ilinin iki ayrı bölgesinden *Corylus avellana* türünün 3 farklı varyetesine ait yaprakları hasat zamanı toplanmıştır. Yapraklar gölgede ve açık havada kurutulmuştur. Ardından yapraklar öğütülerek toz haline getirilmiş ve her bir tür için

10.000 ± 0.010 g'lık 3 paralel örnek tartılmıştır. Örnekler 150 mL kaynayan suda 15 dakika ekstrakte edildikten sonra oda sıcaklığına kadar soğumaya bırakılmıştır. Oda sıcaklığına kadar soğumuş olan ekstrakt önce santrifüjlenip daha sonra kalan süspansiyon süzülerek ayrılmıştır. Süzülerek ayrılan koyu renkli çözelti üzerine doygunluğa kadar tuz (NaCl) eklenmiştir (Masquelier, 1987). Çöken kısımlar tekrar santrifüjlendikten sonra kalan süspansiyon tanecikler süzülerek ayrılmıştır. Elde edilen açık renkli çözelti 25 mL etil asetat ile 3 kez ekstrakte

edikten sonra (Tallini ve ark., 2015) etil asetat fazları toplanmış ve etil asetat içinde kalabilecek su, sodyum sülfat ile kurutulmuştur. Konvansiyonel yöntemlerde ise elde edilen etil asetat faz evaporatör yardımıyla 50°C'de deriştirilmekte ve derişik kısım alınarak üzerine kloroform eklenmektedir (Masquelier, 1987). Böylece fenolik bileşikler çökertilmekte, çökelek vakum pompası yardımıyla süzülerek açık havada elde edilmekte ve kurutulmaktadır. Biyoaktif bileşiklerin kolay bozunabildiği, ısı etkisi, oksijen varlığı ve pH gibi faktörlere bağlı olarak oksidasyona uğrayıp farklı türlere dönüştüğü, renklerinin değıştığı bu durumun da sonuçları etkilediği bilinmektedir (Biesaga ve ark., 2014; Lucille Pourcel ve ark., 2007). Bu nedenle kalan etil asetat faz konvansiyonel yöntemlerden farklı olarak evaporatörde değıl, vakumda azot gazı altında glove box içinde tamamen uçurulmuştur. Süzme için vakum pompası kullanılmadığından elde edilen çökelti oksijensiz ortamda izole edilmiştir. Bu yöntemle elde edilen çökelti hem evaporatörün ısısına maruz kalmamış hem de havayla teması engellenmiştir. Elde edilen bej renkli katı kısım %25 (h/h)'lik metanol/su çözücüsünde çözülmüş ve analize kadar +4 °C buzdolabında saklanmıştır.

Folin-Ciocalteu Yöntemi ile Toplam Fenolik Madde Tayini

Fındık ağacı yaprak ekstraktlarının toplam fenolikleri Slinkard ve Singleton yöntemine göre standart olarak gallik asit ve kateşin kullanılarak bazı modifikasyonlarla Folin-Ciocalteu reaktifi ile belirlenmiştir (Slinkard & Singleton, 1977). Bütün numuneler stok çözeltiden 1:4 oranında seyreltilerek hazırlanmıştır. 50 µL numune çözeltisi 2.5 mL damıtılmış su ile seyreltilmiş ve 250 µL 0.2 N Folin-Ciocalteu reaktifi eklenmiştir. Vortekslenildikten ve 3 dakikalık bir inkübasyon periyodundan sonra 750 µL Na₂CO₃ (% 7.5) ilave edilmiş ve karışım vortekslenmiştir. Daha sonra 2 saat boyunca ortam sıcaklığında inkübe edildikten sonra 765 nm'de absorbans ölçülmüştür. Her bir numune ve standart konsantrasyonu 3 paralel çalışılmıştır. Ayrıca her bir numune ve standardın her bir konsantrasyonu için numune ve reaktif körü çalışılmıştır. Toplam fenolik içerik, gallik asit ve kateşin standartlarının 15.6-1000 µg mL⁻¹ konsantrasyon aralığında ayrı ayrı çizilen kalibrasyon grafikleri kullanılarak, mL numunesi başına µg gallik asit ya da kateşin eşdeğeri olarak ifade edilmiştir.

Demir (III) İndirgeme / Antioksidan Kuvvet (FRAP) Yöntemi

Bu çalışmada kullanılan yöntem, daha sonraları geliştirilen TPTZ-Fe (II) kompleksinin verdiği absorbansın ölçümüne dayanmaktadır (Benzie & Strain, 1999). Bütün numunelerin aktiviteleri, 31.25-1000 µM aralığında Troloks kullanılarak elde edilen

kalibrasyon grafiğı hazırlanarak, mikromolar TEAC (Troloks Eşdeğer Antioksidan Kapasite) olarak belirlenmiştir. Bütün numuneler stok çözeltiden 1:4 oranında seyreltilerek hazırlanmıştır. Yöntemde kısaca, 50 µL' lik örnek 1.5 mL FRAP reaktifi ile karıştırılmıştır (asetat tamponu, TPTZ ve FeCl₃.6H₂O) ve oda sıcaklığında 20 dakikalık inkübasyon sonunda 595 nm'de absorbanslar okunmuştur.

ABTS•+ Radikal Giderme Yöntemi

ABTS•+ radikal giderme yöntemi, Re ve arkadaşları (1999) tarafından modifiye edilen prosedüre dayanmaktadır. Kısaca, 7 mM ABTS ve 2.45 mM potasyum persülfat çözeltileri karıştırılmıştır. ABTS radikal katyonunu (ABTS⁺) hazırlamak için 16-20 saat oda sıcaklığında karanlıkta bekletilmiştir. Kullanıma hazır hale gelen mavi-yeşil renkli ABTS•+ radikal çözeltisi, 734 nm'de gösterdiği absorpsiyon 0.70 (±0.02) olacak şekilde seyreltilmiştir. Her bir deney tüpüne 50 µL numune + 1950 µL ABTS radikal çözeltisi pipetlenmiştir. 20 dakika oda sıcaklığındaki inkübasyon sonunda 734 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. Her bir numune ve standart konsantrasyonu iki paralel çalışılmıştır. Ayrıca numune/standardın her bir konsantrasyonu için birer kör çalışılmıştır. Bulunan absorbansa karşılık gelen konsantrasyonlar grafiğı geçirilerek SC₅₀ değerleri mg mL⁻¹ cinsinden hesaplanmıştır.

DPPH• Radikal Giderme Yöntemi

Radikal giderme aktivitesi yaygın olarak kullanılan DPPH radikali kullanılarak test edilmiştir (Cuendet ve ark., 1997). Bütün numunelerde ön deneme yapılarak çalışma aralığı belirlendi ve standartlar (BHT, Troloks,) değışik konsantrasyonlarda hazırlanmıştır. Öncelikle gerekli tüplere numuneler pipetlendi ve daha sonra eşit hacimde (750 µL) 100 µM metanolik DPPH• çözeltisi eklenerek vortekslenmiş ve 50 dakika oda sıcaklığında inkübe edilmiştir. Süre sonunda DPPH•'ın maksimum absorbans verdiği 517 nm'de absorbanslar okunmuştur. Hesaplamalarda paralellerin ortalaması alınarak kör değerleri bu ortalamadan çıkarılmıştır. Bulunan absorbanslara karşılık gelen konsantrasyonlar grafiğı geçirilerek SC₅₀ değerleri mg mL⁻¹ cinsinden hesaplanmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

LC-MS/MS ile Fenolik Bileşen Analizi

Fındık yaprağı ile yapılan az sayıdaki çalışmada, yapraktaki baskın türlerin myricetin, kaempferol ve quercetin ile bunların türevlerinden oluştuğu görülmektedir. Bu çalışmalarda ekstraksiyon işlemleri genellikle metanol ve etil asetat kullanılarak yapılmıştır. Yaprak içeriklerinin ve miktarlarının belirlenmesinde en çok kullanılan yöntemler HPLC-DAD ve LC-MS/MS'tir. *Corylus maxima* türlerinde

mirisetin-3-O-ramnozid ve kuersetin-3-O-ramnozid miktarlarının sırasıyla 30 ve 20 $\mu\text{g mg}^{-1}$ olduğu bildirilirken (Riethmüllera ve ark., 2015) *Corylus avellana* türlerinde ise bu miktarların daha da yüksek olduğu gösterilmiştir (Riethmüllera ve ark., 2013;

2016). Bunların dışında yaprakta çok çeşitli fenolik bileşiklerin de olduğu belirtilmektedir (Riethmüllera ve ark., 2013). Fakat bunlar üzerine yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır ve sonuçları karşılaştıracak araştırma bulunmamaktadır.

Çizelge 4. Fındık ağacı yapraklarındaki fenolik bileşiklerin kantitatif sonuçları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Table 4. Quantitative results of phenolic compounds in hazelnut tree leaves ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Fenolik Bileşik Phenolic Compound	TFG	SFG	HFG	TFE	SFE	HFE
Gallik Asit Gallic Acid	1.65±0.04	22.57±0.13	4.90±0.01	4.24±0.01	5.88±0.02	5.21±0.02
Kateşin Catechin	192.05±1.74	367.63±2.6	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.
Kateşin Türevi Catechin Derivative	T.E.	T.E.	776.15±6.12	868.26±6.71	451.2±3.16	1441.51±12.16
Epikateşin Epicatechin	6.84±0.06	22.70±0.12	33.01±0.22	31.44±0.19	13.32± 0.03	38.25±0.24
Taksifolin Taxifolin	0.84±0.02	0.73±0.01	2.60±0.02	0.54±0.00	0.71±0.00	1.89±0.00
Elajik Asit Ellagic Acid	9.58±0.03	2.54±0.01	4.56±0.03	8.16±0.03	3.00±0.01	6.156±0.02
Kuersetin Quercetin	5.56±0.01	1.26±0.11	4.10±0.02	5.16±0.02	0.77±0.00	2.13±0.01
Kafeik Asit Caffeic Acid	0.54±0.00	10.62±0.03	7.44±0.03	11.15±0.03	5.23±0.02	1.98±0.00
Ferulik Asit Ferulic Acid	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.	T.E.

T.E. Tespit Edilemedi (T.E.)

Veriler, üçlü ölçümlerin ortalama \pm SD (standart sapma) olarak temsil edilir.

Türkiye’de Giresun fındığı ve kısımları ile ilgili Alaşalvar ile arkadaşları tarafından çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan birinde fındık yaprağında 5 çeşit fenolik asit (gallik asit, kafeik asit, ferulik asit, *p*-kumarik asit ve sinapik asit) aranmış ve bunların miktarları belirlenmiştir. Sonuçlar bu maddelerin serbest ve esterleşmiş halleri olarak toplam miktarlar halinde verilmiştir (Alaşalvar ve ark., 2007).

Bu çalışmada ise, sinapik ve kumarik asitler analizlenmemiş bunların yerine taksifolin, kateşin epikateşin, elajik asit ve kuersetin miktarları tayin edilmeye çalışılmıştır. Analiz sonuçları Alaşalvar ve ark. (2007) sonuçlarıyla genel olarak uyuşmakla birlikte Giresun Osmaniye ve Giresun Espiye’den toplanan ağaç yapraklarında ferulik asit bulunamamıştır. Alaşalvar ve ark. (2007) ferulik asit ve diğer fenolik asitlerin miktarını toplam olarak (serbest + esterleşmiş toplamı) verdiğiinden serbest miktarın olup olmadığı belli değildir. Örneğin çotanak (fındığı saran yaprak benzeri kılıf) ile yaptıkları bir çalışmada esterleşmiş halde ferulik asit ve kafeik asit bulunmuşken serbest halde ferulik asit ve kafeik asit bulunmadığı bildirilmiştir (Alaşalvar ve ark., 2006). Alaşalvar, ve ark. (2007) yapraklardaki toplam gallik asit miktarını 157 $\mu\text{g g}^{-1}$ ekstrakt olarak ifade ederken, TFG ve SFG örneklerinde sırasıyla en düşük ve en

yüksek serbest gallik asit miktarları 1.65-22.57 $\mu\text{g g}^{-1}$ olarak bulunmuştur (Çizelge 4). Yine bulunan kafeik asit miktarları karşılaştırılacak olursa, Alaşalvar ve ark. (2007) toplam kafeik asit miktarını gram ekstrakt başına 362 mikrogram bulurken TFG ve TFE örneklerinde serbest kafeik asit miktarları gram örnek başına 0.538-11.152 mikrogram olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar toplam örnek miktarı (g) üzerinden verildiği için Alaşalvar ve arkadaşlarının ekstrakt üzerinden ($\mu\text{g g}^{-1}$) verilen sonuçlarına göre daha düşük çıkmıştır (Alaşalvar ve ark., 2006; Alaşalvar ve ark., 2007).

Bu fenolik asitlerin dışında fındık yapraklarında kateşinler ve diğer fenoliklerin miktarları üzerine literatürde çalışma bulunmamaktadır. Analizlenen örneklerden Giresun Osmaniye’den toplanan yağlı ve sivri fındık ağacı yapraklarında yüksek miktarlarda kateşin bulunurken diğer ağaç yapraklarında yüksek miktarlarda kateşin türevleri olduğu tespit edilmiştir. Yine tüm türlerde epikateşin tespit edilmiştir. Bu anlamda fındık yaprağının kateşin türevleri bakımından zengin bir kaynak olduğu anlaşılmaktadır. Kateşin, epikateşin, taksifolin, elajik asit ve serbest kuersetin miktarları ilk defa bu çalışmada tayin edilmiştir. *Corylus avellana* türlerinde mirisetin türevlerinin %60 oranında antioksidan aktiviteye katıldığı bildirilmiştir

(Riethmüllera ve ark., 2016). Diğer türlerin hepsinin antioksidan özellik gösteren ve antioksidan aktiviteye katkıda bulunan fenolik bileşenler olduğu bilindiğinden dolayı geri kalan %40'lık antioksidan aktiviteye bu türlerin de etkisi olduğu anlaşılmaktadır. Sekonder metabolitlerin içeriklerinin aynı fındık türü ve ürünleri için bölgeden bölgeye, mevsimden mevsime veya farklı fındık türüne göre de değiştiği görülmektedir (Amaral ve ark., 2010). Fındık yapraklarının halk hekimliğindeki kullanımları dikkate alındığında, diğer çözenler yerine infüzyon yöntemiyle elde edilen sonuçlar, insan sağlığı üzerindeki etkilerin değerlendirilmesinde daha belirleyici olacaktır.

Antioksidan aktivite

Bu çalışmada fındık ağacı yaprak ekstraktlarının antioksidan potansiyellerini belirlemek için DPPH[•], ABTS^{•+} ve FRAP yöntemleri kullanılmıştır (Çizelge 5). Ayrıca Folin-Ciocalteu yöntemi ile toplam fenolik madde (TPC) miktarı tayin edilmiştir. ABTS^{•+} ve DPPH[•] test sonuçları SC₅₀ (mg mL⁻¹) (başlangıç radikal konsantrasyonunu yarıya düşüren numune konsantrasyonu), FRAP sonuçları μM TEAC (Trolox Eşdeğeri Antioksidan Kapasite) ve TPC sonuçları gallik asit eşdeğeri (GAE μg mL⁻¹) ve kateşin eşdeğeri (KE, μg mL⁻¹) olarak ifade edilmiştir. SC₅₀ değerinin düşük olması, TEAC değerinin yüksek olması ve TPC miktarının yüksek olması yüksek antioksidan aktivitenin olduğunu göstermektedir (Karaçelik ve ark., 2015; Şeker ve ark., 2021).

Çizelge 5. Fındık yaprağı ekstraktlarının ve standartların toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktivitesi^x
Table 5. Total phenolic content and antioxidant activity of hazelnut leaf extracts and standards^x

Numune ve standartlar / Samples and standards	TPC (GAE, μg mL ⁻¹)	TPC (KE, μg mL ⁻¹)	Antioksidan aktivite / Antioxidant Activity		
			DPPH [•] giderme (SC ₅₀ , mg mL ⁻¹)	ABTS ^{•+} giderme (SC ₅₀ , mg mL ⁻¹)	FRAP (TEAC, μM)
HFG	105.95±4.59	148.33±6.43	0.00060±1.6E ⁻⁰⁵	0.00045±3.6E ⁻⁰⁶	496.27±1.80
HFE	99.29±1.24	139.00±1.73	0.00033±1.3E ⁻⁰⁶	0.00026±1.4E ⁻⁰⁵	481.18±8.17
TFG	96.67±1.65	135.33±2.31	0.00231±1.0E ⁻⁰⁵	0.00161±2.7E ⁻⁰⁵	416.08±9.88
TFE	163.33±4.36	228.67±6.11	0.00034±1.7E ⁻⁰⁶	0.00023±3.9E ⁻⁰⁶	882.75±8.24
SFG	108.33±3.38	151.67±4.73	0.00088±1.4E ⁻⁰⁵	0.00068±6.0E ⁻⁰⁶	514.12±13.76
SFE	138.57±6.89	194.00±9.64	0.00051±1.1E ⁻⁰⁵	0.00043±5.1E ⁻⁰⁶	615.69±10.79
Troloks	NT	NT	0.00391±2.7E ⁻⁰⁵	0.00342±1.9E ⁻⁰⁴	#
BHT	NT	NT	0.00899±1.7E ⁻⁰⁴	0.00053±9.9E ⁻⁰⁶	NT
Gallik asit	#	NT	NT	NT	NT
Kateşin	NT	#	NT	NT	NT

^x: Test sonuçları, üç deneyin ortalama ± standart hatası (SD) olarak ifade edilmiştir.

#: TEAC değerlerinin hesaplanmasında kalibrasyon eğrisi oluşturmak için Trolox ve TPC değerlerini elde etmek için gallik asit ve kuersetin kullanıldı. NT: Test edilmedi. TPC: Toplam fenolik içerik. DPPH[•]: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil. ABTS^{•+}: 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit). FRAP: Demir (III) indirgeme / antioksidan kuvvet. TEAC: Trolox eşdeğer antioksidan kapasite. SC₅₀: %50 radikal gidermeye neden olan antioksidan konsantrasyonu. BHT: Bütillenmiş hidroksitoluen. GAE: Gallik asit eşdeğeri. KE: kateşin eşdeğeri.

Bütün numuneler çalışılan konsantrasyonlarda oldukça etkili DPPH[•] ve ABTS^{•+} giderme aktivitesi sergilemiştir (Çizelge 5). Numuneler DPPH test sonuçlarına göre, BHT'den yaklaşık 2.30-27.24 kat Troloks'dan ise yaklaşık 1.69-11.85 kat daha yüksek antioksidan aktivite göstermiştir. ABTS test sonuçlarına göre, numuneler Troloks'dan yaklaşık 2,12-14,87 kat BHT'den 1,18-2,30 kat daha yüksek radikal giderme aktivitesi göstermiştir. Fındık ağacı yapraklarının sulu ekstraktları arasında HFE ve TFE sulu ekstraktları en yüksek DPPH[•] (SC₅₀: 0.00033±1.3E⁻⁰⁶ mg mL⁻¹ ve SC₅₀: 0.00034±1.7E⁻⁰⁶ mg mL⁻¹) ve ABTS^{•+} (SC₅₀: 0.00026±1.4E⁻⁰⁵ mg mL⁻¹ ve 0.00023±3.9E⁻⁰⁶ mg mL⁻¹) radikal giderme aktivitesi, TFG sulu ekstraktı (SC₅₀: 0.00231±1.0E⁻⁰⁵ mg mL⁻¹ ve SC₅₀: 0.00161±2.7E⁻⁰⁵ mg mL⁻¹) ise en düşük antioksidan aktivite göstermiştir. DPPH[•] ve ABTS^{•+} radikal giderme test sonuçları arasında yüksek bir

doğrusal korelasyon katsayısı (R²:0.9962) belirlenmiştir. Ayrıca, Çizelge 5'e göre Giresun Osmaniye'den toplanan numuneler (HFG, SFG ve TFG) ile Espiye Kale'den toplanan numunelerin (HFE, SFE ve TFE) karşılaştırılmasında en yüksek aktiviteye Espiye Kale'den toplanan numunelerin sahip olduğu görülmüştür.

Fındık yaprağı sulu ekstraktlarının demir (III) indirgeme / antioksidan kuvveti (FRAP) çalışması ilk defa bu çalışmada yapılmıştır. Numunelerin demir (III) indirgeme kuvvetleri 882.75±8.24, 615.69±10.79, 514.12±13.76, 496.27±1.80, 481.18±8.17 ve 416.08±9.88 μM TEAC olup Çizelge 5'de gösterilmiştir. FRAP sonuçları karşılaştırıldığında demir indirgeme potansiyeli en yüksek TFE (882.75±8.24 μM TEAC) olup antioksidan aktivitesi en yüksektir. En düşük FRAP değeri TFG (416.08±9.88 μM TEAC) numunesinde tespit edilmiştir. FRAP değerleri ile TPC

değerlerine karşı çizilen lineer grafikte, iki yöntemin sonuçları arasında iyi bir pozitif korelasyon tespit edilmiştir (R^2 : 0.9359).

Fındık ağacı yapraklarının sulu ekstraktlarındaki toplam fenolik içerik ve antioksidan aktivitelerinde önemli farklılıklar gözlenmiştir (Çizelge 5). TPC miktarları GAE cinsinden 96.67 ± 1.65 - 163.33 ± 4.36 $\mu\text{g mL}^{-1}$ aralığında olup KE cinsinden 135.33 ± 2.31 - 228.67 ± 6.11 $\mu\text{g mL}^{-1}$ aralığındadır. TFE ekstraktı diğer ekstraktlar ile karşılaştırıldığında en yüksek toplam fenolik içeriğe (163.33 ± 4.36 GAE $\mu\text{g mL}^{-1}$ ve 228.67 ± 6.11 KE $\mu\text{g mL}^{-1}$) sahip olduğu gözlenmiştir. TFG ekstraktı, diğer fındık ağacı yapraklarından elde edilen ekstraktlardan önemli ölçüde daha düşük bir fenolik içeriğe (96.67 ± 1.65 GAE $\mu\text{g mL}^{-1}$ ve 135.33 ± 2.31 KE $\mu\text{g mL}^{-1}$) sahiptir. TFE ekstraktının, antioksidan aktivite testlerinde yüksek aktivite göstermesi nispeten toplam fenolik madde miktarının yüksek olmasının sonucu olabilir.

Literatür ile kıyaslama yapmak için en yüksek antioksidan aktiviteye sahip HFE ve TFE ekstraktlarının 0.0004 mg mL^{-1} konsantrasyondaki %DPPH• giderme aktivitesi sırasıyla %60.47 ve %58.25 ve %ABTS•+ giderme aktivitesi sırasıyla %76.87 ve %85.62 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, *C. avellana* L. yapraklarının sulu ekstraktları (0.5 mg mL^{-1} 'de %93.1) (Oliveira ve ark., 2007) ve fındık metanol ekstraktları (2 mg mL^{-1} 'de %14.2) (Moure ve ark., 2001) için literatürde açıklanan %DPPH• giderme aktivite değerlerinden daha yüksektir. Oguzkan ve arkadaşları, yüksek konsantrasyonlarda *C. avellana* L. tipi fındığın yeşil kabuk ve yaprak ekstraktlarının DPPH• giderme aktivitesinin (EC_{50} : 3.42 $\mu\text{g mL}^{-1}$ ve EC_{50} : 52.52 $\mu\text{g mL}^{-1}$) standartlara kıyasla daha düşük antioksidan aktivite gösterdiğini tespit etmiştir (Oguzkan ve ark., 2016). Bir başka çalışmada, maserasyon, infüzyon ve SLDE-Naviglio gibi farklı ekstraksiyon prosedürleri kullanarak hazırlanan *C. avellana* L. cv. Tonda di Giffoni yaprak ekstraktlarının ABTS•+ giderme aktivite değerleri EC_{50} : 1.15 ± 0.02 - 1.62 ± 0.01 mg mL^{-1} aralığında olup DPPH• giderme aktivite değerleri EC_{50} : 100.33 ± 2.68 - 195.08 ± 3.81 $\mu\text{g mL}^{-1}$ aralığında tespit edilmiştir (Cerulli ve ark., 2018). Fenolik bileşiklerin kanser, kalp hastalığı ve çeşitli nörodejeneratif hastalıkların riskini azalttığı literatürde bildirilmiştir (Shahidi ve ark., 2015; Costa ve ark., 2017). Fenolik bileşiklerin bu özellikleri sahip oldukları antioksidan özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Riethmuller ve ark., 2016). Hem fındık çekirdeğinde hem de yan ürünlerinden (fındık zarı, sert kabuk, yeşil yapraklı örtü, ağaç yaprağı gibi) elde edilen ekstraktların güçlü antioksidan aktiviteler sergiledikleri bildirilmiştir (Alasalvar ve ark., 2006; Alasalvar & Shahidi, 2009; Bolling ve ark., 2011; Alasalvar & Bolling, 2015). *C. avellana*'nın yan ürünlerinden elde edilen ekstraktların fındık çekirdeğine göre daha güçlü antioksidan aktivite

sergiledikleri görülmüştür (Alasalvar ve ark., 2006; Oliveira ve ark., 2007; Shahidi ve ark., 2007; Cerulli ve ark., 2017; Esposito ve ark., 2017; Cerulli ve ark., 2018; Bottone ve ark., 2019). Bu çalışmadan elde edilen veriler fındık çekirdeği ve kabuğuna ek olarak fındık ağacı yapraklarının da potansiyel olarak mükemmel ve kolayca bulunabilen bir doğal antioksidan kaynak olarak düşünülebileceğini ortaya koymuştur.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma sonuçlarına göre *C. avellana* yapraklarının kayda değer bir antioksidan fenolik kaynağı olduğu öne sürülebilir. Ayrıca fındığın farklı kısımlarından elde edilen ekstraktların, çeşitli oksidatif stresle ilişkili hastalıkların tedavisi için yeni doğal antioksidan ürünler geliştirmek açısından ayrıntılı farmakolojik çalışmalar için değerlendirilebileceğini de göstermektedir. Fındık yaprağındaki antioksidan etkiye majör türler dışında kateşin, epikateşin, elajik asit, taksifolin, gallik asit, kafeik asit ve kuersetin gibi fenolik bileşiklerin de katkısı olduğu ifade edilebilir. Örnek ekstraksiyonlarının infüzyon yöntemi ile yapılması ve bu şekilde elde edilen ekstraktların antioksidan etkilerinin incelenmesi, halk hekimliğindeki kullanıma uygun olduğu için önemlidir. Son olarak tayini yapılan fenolik bileşiklerin havaya hassas oldukları için glove box içinde, havayla hiç temas etmeden elde edilerek çözeltiliye alınmaları ve analize gönderilmeleri bu türlerin oksidasyona uğramamaları açısından önemlidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı FEN-BAP-A-140316-69 proje numarası ile destekleyen Giresun Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna, Glove Box kullanımındaki yardımlarından dolayı Dr. Ahmet KARAÇELİK ve Prof. Dr. Saim TOPÇU'ya teşekkür ederiz.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Alasalvar, C., & Bolling, B. W. (2015). Review of nut phytochemicals, fat-soluble bioactives, antioxidant components and health effects. *British Journal of Nutrition*, *113*(S2), S68-S78. <https://doi.org/10.1017/S0007114514003729>
- Alasalvar, C., Karamać, M., Amarowicz, R., & Shahidi, F. (2006). Antioxidant and antiradical activities in

- extracts of hazelnut kernel (*Corylus avellana* L.) and hazelnut green leafy cover. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(13), 4826-4832. <https://doi.org/10.1021/jf0601259>
- Alasalvar, C., & Shahidi, F. (2009). Natural antioxidants in tree nuts. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111(11), 1056-1062. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200900098>
- Amaral, J. S., Ferreres, F., Andrade, P. B., Valentão, P., Pinheiro, C., Santos, A., & Seabra, R. (2005). Phenolic profile of hazelnut (*Corylus avellana* L.) leaves cultivars grown in Portugal. *Natural product research*, 19(2), 157-163. <https://doi.org/10.1080/14786410410001704778>
- Ashby, E. C., & Schwartz, R. D. (1974). A glove BOX system for the manipulation of air sensitive compounds. *Journal of Chemical Education*, 51(1), 65. <https://doi.org/10.1021/ed051p65>
- Altunpala, B., & Bozoğlu, M. (2018). Fındık İşletmelerinin Destekleme Düzeyine Bağlı Yetiştirme İstekliliği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(1), 161-167. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.472179>
- Benzil, I. F., & Strain, J. J. (1999). Ferric reducing antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods Enzymol*, 299, 15-27.
- Biesaga, M. (2011). Influence of extraction methods on stability of flavonoids. *Journal of chromatography A*, 1218(18), 2505-2512. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2011.02.059>
- Bolling, B. W., Chen, C. Y. O., McKay, D. L., & Blumberg, J. B. (2011). Tree nut phytochemicals: composition, antioxidant capacity, bioactivity, impact factors. A systematic review of almonds, Brazils, cashews, hazelnuts, macadamias, pecans, pine nuts, pistachios and walnuts. *Nutrition research reviews*, 24(2), 244-275. <https://doi.org/10.1017/S095442241100014X>
- Bottone, A., Cerulli, A., D'Urso, G., Masullo, M., Montoro, P., Napolitano, A., & Piacente, S. (2019). Plant specialized metabolites in hazelnut (*Corylus avellana*) kernel and byproducts: an update on chemistry, biological activity, and analytical aspects. *Planta medica*, 85(11/12), 840-855. <https://doi.org/10.1055/a-0947-5725>
- Bozoğlu, M., Başer, U., Topuz, B. K., & Eroğlu, N. A. (2019). An overview of hazelnut markets and policy in Turkey. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(5), 733-743. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.v22i45606.532645>
- Bruneton, J. (1999). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 3ème éd. *Lavoisier, Paris*, 1120.
- Cerulli, A., Lauro, G., Masullo, M., Cantone, V., Olas, B., Kontek, B., ... & Piacente, S. (2017). Cyclic diarylheptanoids from *Corylus avellana* green leafy covers: determination of their absolute configurations and evaluation of their antioxidant and antimicrobial activities. *Journal of Natural Products*, 80(6), 1703-1713. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.6b00703>
- Cerulli, A., Masullo, M., Montoro, P., Hošek, J., Pizza, C., & Piacente, S. (2018). Metabolite profiling of "green" extracts of *Corylus avellana* leaves by 1H NMR spectroscopy and multivariate statistical analysis. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 160, 168-178. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2018.07.046>
- Cuendet, M., Hostettmann, K., Potterat, O., & Dyatmiko, W. (1997). Iridoid glucosides with free radical scavenging properties from *Fagraea blumei*. *Helvetica Chimica Acta*, 80(4), 1144-1152. <https://doi.org/10.1002/hlca.19970800411>
- Cunha, A. P., Silva, A. P., & Roque, O. R. (2003). Aspectos históricos sobre plantas medicinais, seus constituintes ativos e fitoterapia. Plantas e produtos vegetais em fitoterapia. *Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian*, 100.
- Dall, W., Smith, D. M., & Moore, L. E. (1995). Carotenoids in the tiger prawn *Penaeus esculentus* during ovarian maturation. *Marine Biology*, 123(3), 435-441. <https://doi.org/10.1007/BF00349222>
- Esposito, T., Sansone, F., Franceschelli, S., Del Gaudio, P., Picerno, P., Aquino, R. P., & Mencherini, T. (2017). Hazelnut (*Corylus avellana* L.) shells extract: phenolic composition, antioxidant effect and cytotoxic activity on human cancer cell lines. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(2), 392. <https://doi.org/10.3390/ijms18020392>
- Fraisse, D., Carnat, A., Carnat, A. P., & Lamaison, J. L. (1999, September). Standardization of hazel leaf. In *Annales Pharmaceutiques Françaises*, 57(5), 406-409.
- Karaçelik, A. A., Küçük, M., Iskefiyeli, Z., Aydemir, S., De Smet, S., Miserez, B., & Sandra, P. (2015). Antioxidant components of *Viburnum opulus* L. determined by on-line HPLC-UV-ABTS radical scavenging and LC-UV-ESI-MS methods. *Food chemistry*, 175, 106-114. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.085>
- Masullo, M., Cerulli, A., Olas, B., Pizza, C., & Piacente, S. (2015). Giffonins A-I, antioxidant cyclized diarylheptanoids from the leaves of the hazelnut tree (*Corylus avellana*), source of the Italian PGI Product "Nocciola di Giffoni". *Journal of Natural Products*, 78(1), 17-25. <https://doi.org/10.1021/np5004966>
- Masquelier, J. (1987). *U.S. Patent No. 4,698,360*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

- McAndrew, R. P., Sathitsuksanoh, N., Mbughuni, M. M., Heins, R. A., Pereira, J. H., George, A., ... & Adams, P. D. (2016). Structure and mechanism of NOV1, a resveratrol-cleaving dioxygenase. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *113*(50), 14324-14329. <https://doi.org/10.1073/pnas.1608917113>
- Miller, N. J., & Ruiz-Larrea, M. B. (2002). Flavonoids and other plant phenols in the diet: Their significance as antioxidants. *Journal of nutritional & environmental medicine*, *12*(1), 39-51. <https://doi.org/10.1080/13590840220123352>
- Moure, A., Franco, D., Sineiro, J., Domínguez, H., Núñez, M. J., & Lema, J. M. (2001). Antioxidant activity of extracts from *Gevuina avellana* and *Rosa rubiginosa* defatted seeds. *Food Research International*, *34*(2-3), 103-109. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00136-8](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00136-8)
- Oğuzkan, S. B., Uğraş, S., Can, M., Uzun, A., Ülger, S., Üzmez, Ş., ... & Uğraş, H. İ. (2016). Biological activity analysis of hazelnut (*Corylus avellana* L.) green shell and leaf extracts. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, *19*(4), 373-378.
- Oliveira, I., Sousa, A., Valentão, P., Andrade, P. B., Ferreira, I. C., Ferreres, F., ... & Pereira, J. A. (2007). Hazel (*Corylus avellana* L.) leaves as source of antimicrobial and antioxidative compounds. *Food chemistry*, *105*(3), 1018-1025. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.059>
- Pereira, J. A., Pereira, A. P., Ferreira, I. C., Valentão, P., Andrade, P. B., Seabra, R., ... & Bento, A. (2006). Table olives from Portugal: phenolic compounds, antioxidant potential, and antimicrobial activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *54*(22), 8425-8431. <https://doi.org/10.1021/jf061769j>
- Pourcel, L., Routaboul, J. M., Cheynier, V., Lepiniec, L., & Debeaujon, I. (2007). Flavonoid oxidation in plants: from biochemical properties to physiological functions. *Trends in plant science*, *12*(1), 29-36. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2006.11.006>
- 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. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Riethmüller, E., Alberti, Á., Tóth, G., Béni, S., Ortolano, F., & Kéry, Á. (2013). Characterisation of Diarylheptanoid-and Flavonoid-type Phenolics in *Corylus avellana* L. Leaves and Bark by HPLC/DAD-ESI/MS. *Phytochemical Analysis*, *24*(5), 493-503. <https://doi.org/10.1002/pca.2452>
- Riethmüller, E., Könczöl, Á., Szakál, D., Végh, K., Balogh, G. T., & Kéry, Á. (2016). HPLC-DPPH screening method for evaluation of antioxidant compounds in *Corylus* species. *Natural Product Communications*, *11*(5), 1934578X1601100522. <https://doi.org/10.1177/1934578X1601100522>
- Riethmüller, E., Tóth, G., Alberti, Á., Végh, K., Burlini, I., Könczöl, Á., ... & Kéry, Á. (2015). First characterisation of flavonoid-and diarylheptanoid-type antioxidant phenolics in *Corylus maxima* by HPLC-DAD-ESI-MS. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, *107*, 159-167. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2014.12.016>
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects—A review. *Journal of functional foods*, *18*, 820-897. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>
- Shahidi, F., Alasalvar, C., & Liyana-Pathirana, C. M. (2007). Antioxidant phytochemicals in hazelnut kernel (*Corylus avellana* L.) and hazelnut byproducts. *Journal of agricultural and food chemistry*, *55*(4), 1212-1220. <https://doi.org/10.1021/jf062472o>
- Shi, H., Noguchi, N., & Niki, E. (2001). Introducing natural Antioxidants. *Antioxidants in food: practical applications*, 147-158.
- Silva, A. P., Ribeiro, R. M., Santos, A., & Rosa, E. (1996). Blank fruits in hazelnut (*Corylus avellana* L.) cv. 'Butler': characterization and influence of climate. *Journal of Horticultural Science*, *71*(5), 709-720. <https://doi.org/10.1080/14620316.1996.11515451>
- Hurst, W. J. (2008). *Methods of analysis for functional foods and nutraceuticals*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420007152>
- Slinkard, K., & Singleton, V. L. (1977). Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American journal of enology and viticulture*, *28*(1), 49-55.
- Şeker, M. E., Ay, E., KaraÇelİK, A. A., HÜseyİnoğlu, R., & Efe, D. (2021). First determination of some phenolic compounds and antimicrobial activities of *Geranium ibericum* subsp. *jubatum*: A plant endemic to Turkey. *Turkish Journal of Chemistry*, *45*(1), 60-70. <https://doi.org/10.3906/kim-2005-38>
- Şeker, M. E., Çelik, A., Dost, K., & Erdoğan, A. (2021). Investigation of Phenolic Content in Five Different Pine Barks Species Grown in Turkey by HPLC-UV and LC-MS. *Journal of Chromatographic Science*, *59*(6), 491-501. <https://doi.org/10.1093/chromsci/bmab022>
- Tallini, L. R., Pedrazza, G. P., Bordignon, S. A. D. L., Costa, A. C., Steppe, M., Fuentesfria, A., & Zuanazzi, J. A. (2015). Analysis of flavonoids in *Rubus erythrocladus* and *Morus nigra* leaves extracts by liquid chromatography and capillary electrophoresis. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, *25*, 219-227. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2015.04.003>

Tuzlacı, E., & Aymaz, P. E. (2001). Turkish folk medicinal plants, part IV: Gönen (Balıkesir). *Fitoterapia*, 72(4), 323-343. [https://doi.org/10.1016/S0367-326X\(00\)00277-X](https://doi.org/10.1016/S0367-326X(00)00277-X)

Yao, L. H., Jiang, Y. M., Shi, J., Tomas-Barberan, F. A., Datta, N., Singanusong, R., & Chen, S. S. (2004). Flavonoids in food and their health benefits. *Plant foods for human nutrition*, 59(3), 113-122. <https://doi.org/10.1007/s11130-004-0049-7>



Effect of Different Bacterial Fertilizers on Soil Carbon Mineralization

İpek EKİCİ^{1*}, Zahraddeen Kabir SANI², Sadik DINCER³

^{1,2,3}Department of Biology, Faculty of Science and Letters, Cukurova University, Balcalı ADANA

¹<https://orcid.org/0000-0001-9838-9947>, ²<https://orcid.org/0000-0002-0993-1309>, ³<https://orcid.org/0000-0002-0298-0917>

✉: ipek_ekici@hotmail.com

ABSTRACT

In this study, aimed to investigate the effect of bacterial fertilizer: A (*Bacillus* spp., *Trichoderma* spp.), B (*Azorhizobium*, *Azotobacter* and *Azospirillum*) and C (*Azotobacter* spp., *Bacillus* spp. and *Pseudomonas putida*) on soil carbon mineralization. On the application of A, B and C bacterial fertilizers on the sterilized control soil, whose initial carbon mineralization rates is 1.1%, mineralization rates of 5.12%, 3.54%, and 10.78% were respectively recorded. According to these results, it was observed that the application of bacterial fertilizer increased the carbon mineralization rate of the sterilized control soil by 365.45%, 221.82% and 880%, respectively. A carbon mineralization rate of 7.03%, 6.15% and 12.95% was recorded in the non-sterilized soil sample whose initial carbon mineralization rate is 5.1%, thereby increasing the mineralization rate by 25.31%, 9.63% and 130.84%. The application of the bacterial fertilizer to the soil was found to increase the soil carbon mineralization rate. It is recommended to incorporate bacterial fertilizers with CO₂-sequestering materials, such as biochar, to mitigate the fluctuations in the natural balance due to carbon release.

Microbiology

Research Article

Article History

Received : 06.09.2021

Accepted : 18.07.2022

Keywords

Bacterial fertilizer
Carbon mineralization
Plant ecology
Metagenome

Farklı Bakteriyel Gübrelerin Toprak Karbon Mineralizasyonu Üzerine Etkisi

ÖZET

Bu çalışmada, farklı içerikteki A (*Bacillus* spp., *Trichoderma* spp.), B (*Azorhizobium*, *Azotobacter* ve *Azospirillum*) ve C (*Azotobacter* spp., *Bacillus* spp. ve *Pseudomonas putida*) bakteriyel gübrelerinin toprak karbon mineralizasyonu üzerindeki etkisini araştırmayı amaçlandı. Karbon mineralizasyon oranı %1,1 olan steril edilmiş kontrol toprağına A, B ve C bakteri gübreleri uygulanmış ve karbon mineralizasyon oranları sırasıyla %5,12, %3,54 ve %10,78 olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlara göre bakteri gübresi uygulamanın steril edilmiş kontrol toprağının karbon mineralizasyon oranını sırasıyla %365,45, %221,82 ve %880 oranında arttırdığı görülmüştür. Karbon mineralizasyon oranı %5,1 olan steril edilmemiş toprak örneğinde de A, B ve C bakteri gübre uygulamasının karbon mineralizasyon oranları sırasıyla %7,03, %6,15 ve %2,95 olarak ölçülmüş olup bakteri gübre uygulamasının karbon mineralizasyon oranını sırasıyla %25,31, %9,63 ve %130,84 arttırdığı belirlenmiştir. Çalışmanın sonunda bakteriyel gübre uygulamasının toprak örneklerinde karbon mineralleşmesini artırdığı sonucuna varılmıştır. Bu artışın doğal dengeyi bozmasını önlemek için bakteri gübreleri uygulanırken biochar gibi karbon bağlayıcıların da verilmesinin uygun olacağı düşünülmüştür.

Mikrobiyoloji

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 06.09.2021

Kabul Tarihi : 18.07.2022

Anahtar Kelimeler

Bakteriyel gübre
Karbon mineralizasyonu
Bitki ekolojisi
Metagenom

Atıf Şekli: Ekici, İ., Sanı, Z.K., & Dincer, S. (2023) Farklı Bakteriyel Gübrelerin Toprak Karbon Mineralizasyonu Üzerine Etkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 26 (2), 245-253. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.992039>

To Cite : Ekici, İ., Sanı, Z.K., & Dincer, S. (2023). Effect Of Different Bacterial Fertilizers on Soil Carbon Mineralization. *KSU J. Agric Nat* 26(2), 245-253. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.992039>

INTRODUCTION

Biofertilizer contains live microbes that colonizing the rhizosphere or endosphere of plants, induce growth by increasing the uptake of essential nutrients by the host plant. These microorganisms are known to regulate

the natural nutrient cycle and the production of soil organic matter (Rokhzadi and Toashih, 2011, Ekici et al., 2022). Despite the many benefits derived from microbial biotechnology application in agriculture, there are challenges that need to be addressed and

opportunities that need to be explored (Prasad et al., 2019)

Soil microbial biomass, a sensitive indicator of soil quality, is of immense importance in agriculture. Organic matter decomposition is enhanced by bacteria which by extension impact significantly on nutrient cycle in the ecosystem (Maestre et al., 2015; Carini et al., 2016; Tedersoo, 2017). Intensive agricultural practices which involves the utilization of synthetic fertilizer have been found to impact on the environment negatively (Barros de Medeiros & Lopes, 2006; Mahdi et al., 2010; Xiang et al., 2012). Plant growth is strongly influenced by environmental factors such as temperature, water, and nutrient availability. By increasing the availability of nutrients for plant utilization in the soil, plant growth promoting bacteria (PGPB) enhances plant growth (Prasad et al., 2019).

Intensive soil management practices lead to a decline in soil microbial carbon fixation (Silva et al., 2010). Soil microbial activity is impacted by the complexity, quality, and quantity of available organic matter in the soil. Hence, soil microbial biomass carbon (SMBC) is likely to be sensitive to introducing a new plant cover (Belo et al., 2012). Soil microbiological property is usually improved through the application of biofertilizer. Unlike soil that was not treated with biofertilizer or is left to fallow, soil treated with biofertilizers was found to exhibit higher SMBC and lower CO₂ loss. Biofertilizer application to soil improves the microbiological quality of the soil (Ascari et al., 2019).

Other downsides of using synthetic fertilizers in agriculture include a decline in soil fertility, water pollution, eutrophication, biodiversity loss and soil acidification (Tomer et al., 2016; Kourgialas et al., 2017; Mahanty et al., 2017).

To preclude the negative impact on the ecosystem arising due to the utilization of synthetic fertilizer in agriculture, over the last decades, efforts have been channeled towards the utilization of eco-friendly biofertilizer as a substitute for synthetic fertilizer biofertilizer (Liu and Lal, 2015; Davarpanah et al., 2016; Mikhak et al., 2017). One of the advantages of biofertilizers over synthetic ones is their ability to minimize leaching (Subbarao et al., 2013; Malusa et al., 2016), plant growth promoting rhizobacteria (PGPB) are usually utilized as biofertilizers; these organisms commonly establish themselves in the rhizosphere of plants where they execute a variety of functions that are of benefit to the plant through direct or indirect plant growth promotion (Zhang et al., 2014). Direct and indirect plant growth promotion is achieved through the following: phosphate solubilization, auxin secretion, nitrogen fixation, pathogen antagonists through competition and antibiotics secretion (Ahmad et al., 2012; Mohite, 2013; Yin et al., 2015; Puri et al., 2016).

Alcaligenes, Azospirillum, Bacillus cereus, B subtilis., B. circulans, Enterobacter, Flavobacterium, Klebsiella, Pseudomonas gladioli, P. putida, P. fluorescens, Serratia are some of the bacteria commonly utilized in plant growth promotion due to their ability to produce plant growth regulators such as abscisic acid, auxins, ethylene, gibberellins and cytokinins (Arshad & Frankenberger, 1997). Plant growth promotion by *Bacillus amyloliquefaciens, B. cereus* and *B. subtilis* was the most effective (Francis et al., 2010).

Increase in crop yield is achieved through soil quality improvement, thereby mitigating the adverse effect of climate change (Shrestha et al., 2013). CO₂ emissions in agriculture include total microbial respiration in plant rhizosphere and soil (Rochette et al., 1999). One of the principal fluxes in the global carbon cycle is CO₂ emissions from soil. Atmospheric CO₂ concentration could be strongly affected by a slight change in the magnitude of soil CO₂ flux (Schlesinger and Andrews, 2000). To understand the changing global carbon cycle, knowledge of the factors modulating soil CO₂ flux and carbon sequestration becomes pertinent. Soil CO₂ flux is affected by agricultural practices that modify soil conditions. Microbial activity in soil is affected by soil characteristics, soil organic matter (SOM) and decomposition, which leads to the evolution of CO₂ from Carbon synthesized by plants (Franzluebbers et al., 1995). Carbon mineralization has been proposed to serve as a device for detecting changes in soil microbial ecology resulting from the interactions between inoculant and indigenous microbial populations of soil.

In-vitro effect of A (*Bacillus* spp., *Trichoderma* spp.), B (*Azorhizobium, Azotobacter* and *Azospirillum*) and C (*Azotobacter* spp., *Bacillus* spp. and *Pseudomonas putida*) bacterial fertilizers inoculation on carbon mineralization in the soil as well as interactions between the bacteria in the fertilizers and the soil microbial community was investigated.

MATERIAL and METHOD

Sampling Method

Soil samples were collected from uncultivated fields in Datça-Knidos County (30°43'31" N, 27°35'49" E), Muğla city. The area has an average temperature of 19.0°C and an average annual rainfall of 809mm. The samples were collected from a depth of 0 – 30 cm of the rhizospheric soil of *Colchicum balansae* planch plant. The soil sample was fragmented into two fragments, one of which was sterilized at 121 °C for 60 minutes while the other portion wasn't sterilized; the samples were coded according to the bacterial fertilizer treatment they received (Table 1).

Prior to the commencement of experimentation, the physicochemical properties of the collected samples were determined. The soil sample was air-dried and

sieved through a 2 mm sieve. The pH of the soil was determined using pH meter (Jackson, 1958), the organic carbon content of the sample was determined using the Anne method (Schlichting, 1971), Kjeldahl method was employed in determining the total N content of the sample (Bremner, 1965), the available phosphorus content of the sample was determined

according to Olsen method (Olsen, 1954). Moreover, the soil texture was determined according to the description of Bouyoucos (1951), the method reported by Allison & Moodie (1965) was adopted in determining the lime content of the soil, and the field capacity (θ_{fc}) of the soil was determined according to Demiralay (1993).

Table 1. Experimental setup key

Treatment	Definition
K	Unsterilized soil control
Ks	Sterilized soil control
A	Unsterilized soil to which bacterial fertilizer A was applied to.
As	Sterilized soil to which bacterial fertilizer A was applied to
B	Unsterilized soil to which bacterial fertilizer B was applied to
Bs	Sterilized soil to which bacterial fertilizer B was applied to
C	Unsterilized soil to which bacterial fertilizer C was applied to
Cs	Sterilized soil to which bacterial fertilizer C was applied to

Metagenomic Analysis

ZymoBIOMICSTM DNA Miniprep kit (Catalog number: D4300T, D4300 and D4304, Zymo Research/USA) was used to isolate DNA from the soil sample following the manufacturer's description. 27F (5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3'), 1492R (5'-TACGGCTACCTTGTACGACTT-3'), 21F (5'-TTCCGGTTGATCCYGCCGGA-3'), 958R (5'-YCCGGCGTTGAMTCCAATT-3'), EukF (5'-AACCTGGTTGATCCTGCCAGT-3'), EukR (5'-TGATCCTTCTGCAGGTTTCACCTAC-3') forward and reverse primers were used for amplification of the 16S rRNA gene of Bacteria, Fungi and Archaea respectively. NanoDrop spectrophotometer (NanoDrop Technologies Inc., Wilmington, DE, USA) was used to determine the purity and concentration of the isolated DNA.

With the aid of MinION™ control software, MinKNOW™ version 0.46.1.9 (R9.4), a sequencing protocol of 48 hours was executed. The read data based on the 1.2.2 rev 1.5 workflows and software Metrichor™ agent (version 0.16.37960) was obtained. On completing the sequencing, Guppy v3.1.5 software (base-calling and de-multiplexing) was used in converting the sequencing results from fast5 to fastq format. Porechop v0.2.3 software was used in clearing the barcode, and adapter sequences and the universal primers and labels were eliminated by deleting 45 bases from both ends of the sequences. The reads were filtered at 1300 – 1500 bp length.

The cleaned readings were analyzed with a customized workflow using the mothur v.1.39.5 platform. The sequences were purified from chimeric structures by measuring the distances between them with the similarity matrix to be aligned relative to each other; readings showing more than 99% similarity were clustered and formed operational taxonomic units (OTUs). The generated OTUs were compared

according to the RDP 16S rRNA database, and their taxonomic annotations were performed. Likewise, the OTUs that were determined as the same genus were associated and statistical results were obtained. Further analyses, such as alpha diversity, beta diversity, and basic coordinate analysis, was performed relative to the organisms with whose OTUs are matched.

Determination of Bacterial count

With the aid of Petroff-hausser counting chamber, the total number of bacteria contained in each of the bacterial fertilizers (A, B, C) were determined. Two mL of the bacterial fertilizer was aseptically dispensed to the soil sample, and an uninoculated sample was set aside to serve as a control.

The bacterial count of the soil sample was determined by introducing 10 g of the soil sample to a flask containing 95 mL of 0.1% (w/v) sodium pyrophosphate solution. The mixture was homogenized for 30 minutes at 100 rpm on an orbital shaker. Afterwards its was serially diluted (10^{-1} to 10^{-6}). To evaluate aerobic mesophilic and spore-forming bacteria, an aliquot from the aforesaid dilution was plated on Tryptone soya agar (TSA, Oxoid, Basingstoke, Hampshire, England), and the plate was incubated at 30 °C for 2 days. While for the fungal count, an aliquot of the dilution was inoculated on modified Czapek dox agar (Oxoid Code: CM0097) and incubated for 3 days.

Determination of carbon mineralization in soil

At the bottom of a 750 mL glass jar, 80 g of the air-dried soil was moistened up to 80% of its own field capacity. As described by Treuer & Haydel (2011), the moistened soil was inoculated with 2 mL of bacterial fertilizer. A 50 mL beaker containing 10 mL of 1M NaOH was inserted in the middle of the jar containing the moistened soil. The jar was sealed and incubated

at 28 °C. Empty vessels were utilized as blank control. CO₂ gas released due to microbial activity in the soil contained in the jar was held by NaOH.

After every 3 days of incubation, the beaker inserted in the vessel was taken out, and 2 mL of BaCl₂ was added to its content till precipitation occurred; 1M HCl was titrated against the mixture with a few drops of phenolphthalein serving as an indicator (Alef & Nannipieri, 1995). In place of the collected beaker, another one containing 1 M NaOH was inserted, the jar was tightly sealed, and the incubation continued.

The carbon generated from microbial activity was expressed in mg per 100 g of dry soil (mg C 100 g⁻¹ of dry soil). The ratio of the carbon that undergoes mineralization to the total soil carbon was termed the "Mineralization rate".

Soil carbon mineralization was determined using the relation:

Carbon mineralization % C (CO₂) = ((B - S) × 6 P / 1) × 100
 B: the amount of HCl titrated against Blank control, S: the amount of HCl titrated against Sample, P: weight of dried soil sample

Statistical Analyses

Experiments for each treatment were run in triplicate, and the average value is represented. All data obtained from the experiment was statistically analysed using SPSS windows, version 15.0. To determine differences

existing among treatments, One-Way Analysis of variance and Tukey HSD multiple comparisons test were conducted.

RESULTS and DISCUSSION

The soil was found to be slightly alkaline, medium light structured, with less CaCO₃, less organic matter, very low total nitrogen and medium available phosphorus contents (Table 2).

Table 2. *Physico-chemical properties of the soil sample*

Characteristics	Quantity
Sand	68.43 %
Silt	20.24 %
Clay	11.33 %
% C	1.37 ± 0.17
% N	0.04 ± 0.01
C/N	34.67 ± 2.91
Available P	6.04 ± 0.48
CaCO ₃	0.19 ± 0.10
pH	7.63 ± 0.04
Field capacity	18.57 %

The soil sample was found to exhibit aerobic mesophilic bacterial count of 1.3 x 10⁴ cfu mL⁻¹, spore forming bacterial count of 2 x 10⁴ cfu mL⁻¹ and fungal count of 4.3 x 10⁴ cfu mL⁻¹ (Table 3).

Table 3. *Bacterial count enumeration*

Sample	Description
Soil	1.3 x 10 ⁴ cfu mL ⁻¹ aerobic mesophilic bacteria, 2 x 10 ⁴ cfu mL ⁻¹ spore forming bacteria, 4.3 x 10 ⁴ cfu mL ⁻¹ fungi, yeast and mould count.
Fertilizer A	<i>Bacillus pumilus</i> , <i>B. amyloliquefaciens</i> , <i>B. megaterium</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>B. licheniformis</i> , <i>Trichoderma harzianum</i> and <i>T. konigii</i> . Total microbial count: 1.2 x 10 ⁸ cfu mL ⁻¹ .
Fertilizer B	<i>Azorhizobium</i> , <i>Azotobacter</i> and <i>Azospirillum</i> : 3.1 x 10 ⁸ cfu mL ⁻¹ .
Fertilizer C	<i>Azotobacter</i> spp with <i>Bacillus licheniformis</i> (3 x 10 ³ cfu mL ⁻¹), <i>B. subtilis</i> (2 x 10 ³ cfu mL ⁻¹), <i>B. megatarium</i> (1 x 10 ³ cfu mL ⁻¹), <i>Pseudomonas putida</i> (8 x 10 ⁶ cfu mL ⁻¹), Total aerobic mesophilic bacterial count (1.3 x 10 ¹⁰ cfu mL ⁻¹)

cfu mL⁻¹: Colony forming units per millilitre

As a result of metagenome analysis, *Cryptococcus neoformans var grubii* H99 was found to be the dominant eukaryotic organism in the soil sample analyzed (45%); other prominent organisms are *Aspergillus oryzae* RIB40 (4%), *Aspergillus fumigatus* AF293 (2%) and *Zyoseptoria tritici* IPO323 (2%). Eukaryotic microorganisms have the ability to degrade polysaccharides that cannot be biologically degraded into smaller components by the exoenzymes of the bacterial domain, on the archaea domain, *Halopropundus* sp. MHRI and *Thermococcus* were found to both be 7%, while in the domain bacteria, *Brevibacterium* was observed to be 7%, thereby making it the most abundant in comparison to other bacterial genera (Figure 1). On the phylum level, **Actinobacteria>Proteobacteria>Chlorofleksi>**

Acidobacteria>Gemmatimonadetes>Planctomycetes was found to be approximately 96% dominant in the soil sample. Actinobacteria is of immense importance in agriculture and forestry.

In soil, they act more like fungi, decomposing organic matter, thereby making their nutrients readily available for plant utilization. On the genus level, **Micromonospora> Blastococcus> Solirubrobacter> Rubrobacter>Mycobacterium> Microvirga** was found to be approximately 17% thereby becoming the dominant genus. On the species level, *Conexibacter woesei* DSM 14684 (3%), *Plantactinospira* sp. BC1 (3%), *Solibacter usitatus* (1%), *Mycoplasma dispar* (1%), *Baekduia soli* (1%) were found to be the dominant species in the soil.

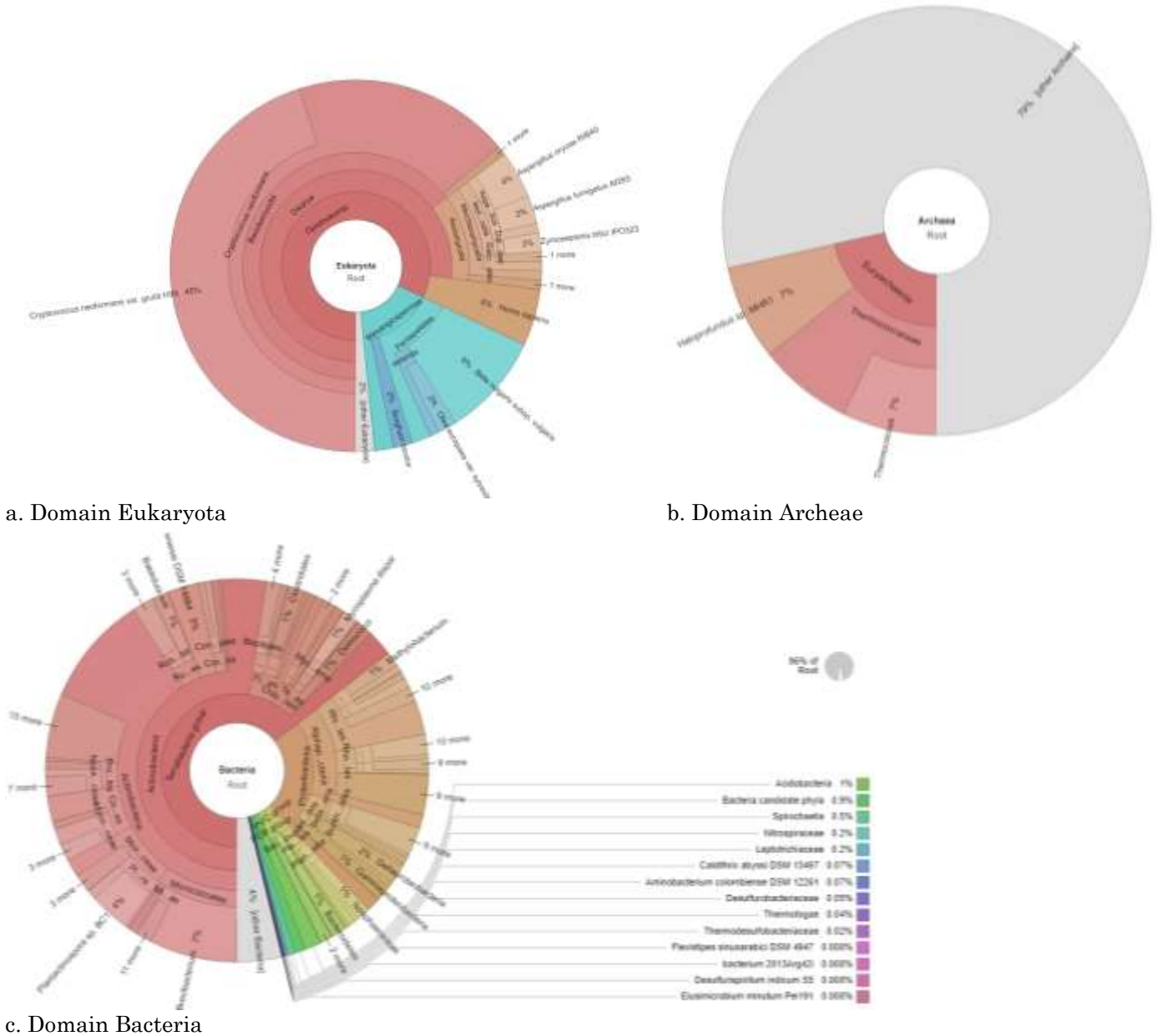


Figure 1. Composition and % abundance of a. Eukaryota b. Archaea c. Bacteria in the analyzed soil sample

The daily graph gave more meaningful results in terms of determining the presence of the interactions between the indigenous bacteria in the soil and the bacteria introduced to the soil through the application of the bacterial fertilizer. The highest carbon mineralization was observed to have occurred on the 3rd day, with the exception of the unsterilized soil treated with bacterial fertilizer C (Figure 2). This can be attributed to the utilization of easily decomposed carbon sources by microorganisms. The fluctuation in daily carbon mineralization was striking for the type of soil organic matter and the capacity of the microbes to decompose organic matter.

An adaptation phase was observed in the cumulative curve graph for the first 9 days, followed by a gradual

increase. The cumulative carbon mineralization was the lowest in the sterilized control soil and the highest in unsterilized soil treated with bacterial fertilizer C, followed by sterilized soil onto which bacterial fertilizer C was applied. Cumulative mineralized carbon increased with incubation time, and its increase gradually slowed down (Figure 3).

In sterilized soil treatment, the highest carbon mineralization was observed; this might be attributed to the interaction between the introduced bacteria contained in the bacterial fertilizer and the resident microbes of the unsterilized soil.

On applying the bacterial fertilizer A, B and C separately to the sterilized control soil, whose initial mineralization rate was 1.1%, mineralization rates of

5.12%, 3.54% and 10.78% were recorded, this shows that the application of the bacterial fertilizer to the soil increased the rate of carbon mineralization of the sterilized control soil by 365.45%, 221.82% and 880% respectively. So also, on inoculating the unsterilized control soil - whose initial carbon mineralization rate

was 5.61 - with bacterial fertilizers A, B and C, carbon mineralization rate of 7.03%, 6.15% and 12.95% were recorded, this signifies that application of the aforementioned bacterial fertilizers increased the rate of carbon mineralization of the soil by 25.31%, 9.63% and 130.84% respectively.

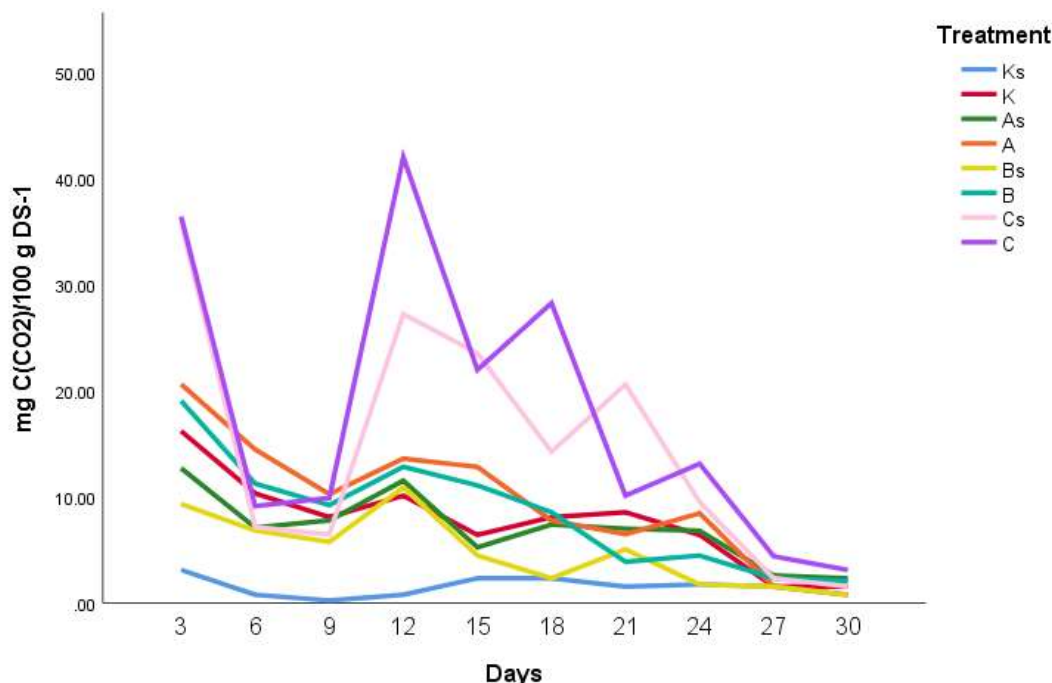


Figure 2. Daily carbon mineralization of soils, mg C (CO₂) 100 g⁻¹ Dry Soil

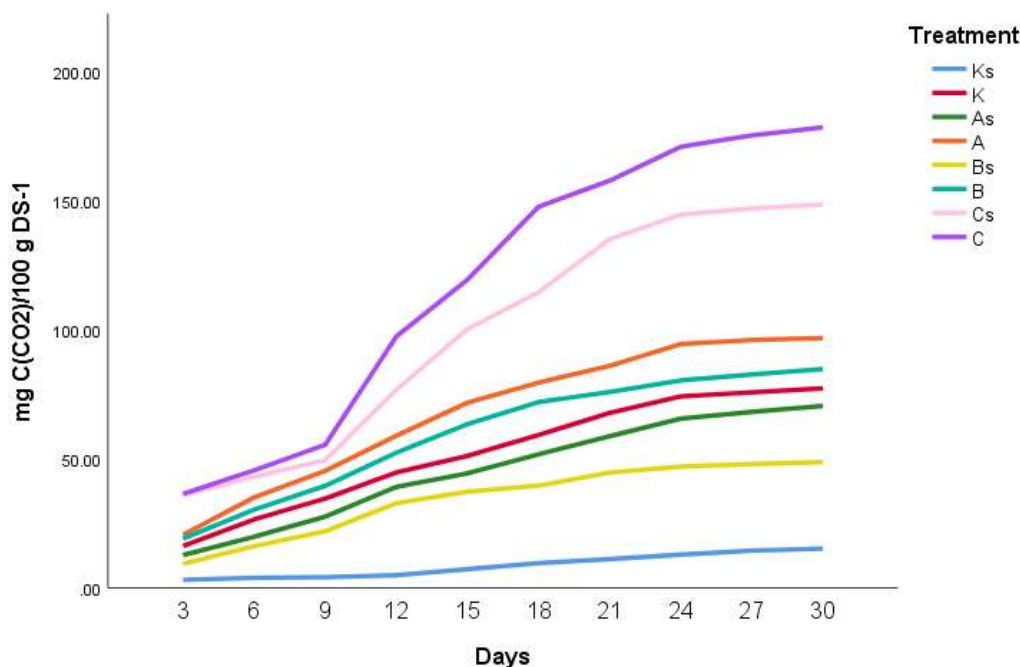


Figure 3. Cumulative carbon mineralization of the analyzed soils

Unsterilized soil treated with bacterial fertilizer C shows the highest carbon mineralization rate of 12.95%, (Figure 4) while the lowest rate (1.1%) was shown by the sterilized control soil. In ecologically

balanced soils, the carbon mineralization rate is usually around 10%. Higher value signifies the release of more carbon into the atmosphere, and this has a detrimental effect to the ecosystem.

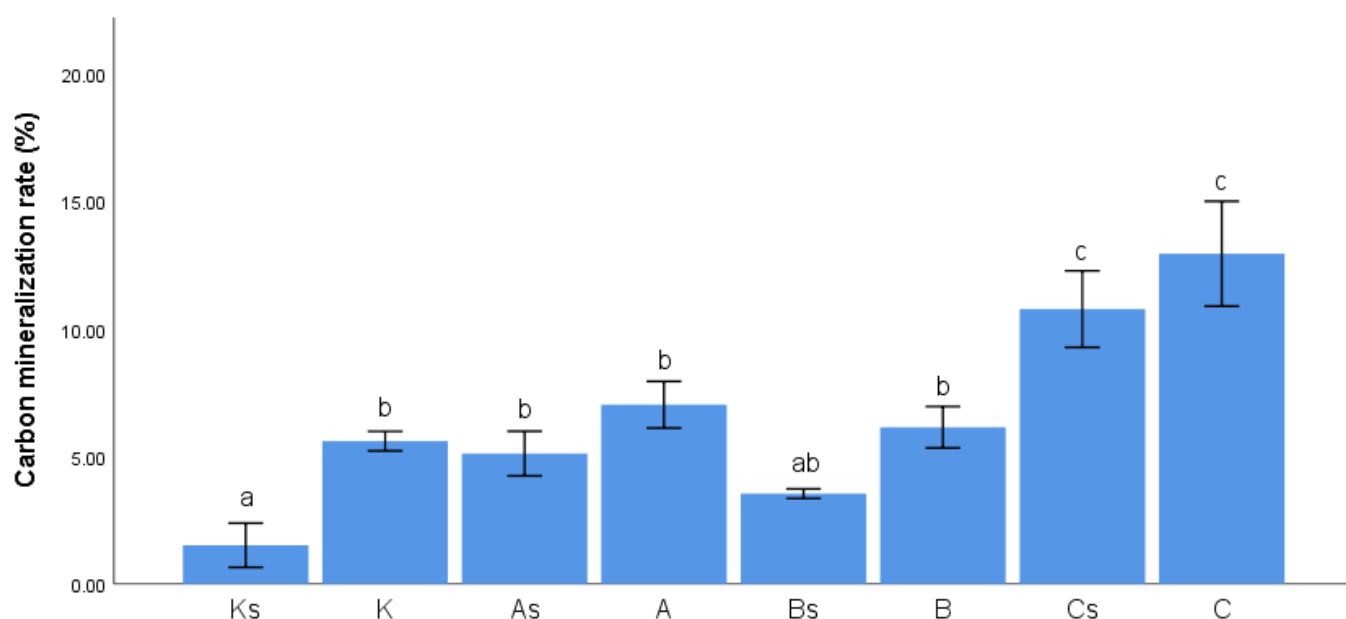


Figure 4. Carbon mineralization rates of the analysed soils (%). Each value represents the mean of three replicates \pm SE. Different letters indicate means that are significantly different from each other (ANOVA: Tukey test, $p < 0.05$)

On analyzing the carbon mineralization rate of the treatments using one way analysis of variance, it was found that significant differences exist among the two sets of treatments (i.e., the sterilized soil sample set and the unsterilized soil sample set) (Table 4).

Table 4. Carbon mineralization in soil samples treated with the three bacterial fertilizers

Soil	Carbon mineralization (C mg 100g ⁻¹ soil)
K	75.33 \pm 2.25
Ks	21.11 \pm 3.94 ^{a3}
A	96.87 \pm 1.07 ^{b2}
As	73.40 \pm 1.21 ^{a2c3}
B	85.98 \pm 2.50
Bs	48.20 \pm 1.75 ^{a3c3}
C	173.28 \pm 3.67 ^{b3}
Cs	142.43 \pm 6.98 ^{a3c3}

Same alphabet signifies the existence of significant difference between treatments $a_1b_1c_1 \leq 0.05$, $a_2b_2c_2 \leq 0.01$, $a_3b_3c_3 \leq 0.001$

While working to determine C mineralization model in garden soil treated with both inorganic and microbial fertilizer, Sarkar & Rakshit (2020) reported a significant increase in cumulative carbon dioxide flows of 137.25 mg CO₂ 100 g⁻¹ soil in the treated soil in comparison to 46.20 mg CO₂ 100 g⁻¹ soil recorded in the control soil. They also recorded a daily carbon mineralization of 0.26 and 1.78 mg C 100 g⁻¹ soil in the control soil and 0.30 and 3.23 mg C 100 g⁻¹ soil day⁻¹ in the treated soil and concluded that their application of the fertilizer to the soil increased carbon mineralization rate. Their findings corroborate that of

this research. So also, Salehi et al. (2017), while investigating the effect of organic and inorganic fertilizer application on soil CO₂ flux, came to the conclusion that the application of the said fertilizers significantly increases soil CO₂ flux. This study differs from other studies because instead of utilizing both organic and biofertilizer, only biofertilizer was utilized.

Among the three bacterial fertilizers used in the study, we found a low carbon mineralization rate in soil treated with bacterial fertilizer containing rhizobacteria. While the highest increase in carbon mineralization was recorded in soil treated with the fertilizer containing *Azotobacter* spp. and other plant growth-promoting bacteria in equal proportion.

CONCLUSION and RECOMMENDATIONS

This study confirms that bacterial fertilizer application enhances soil carbon mineralization rate. Though the application of bacterial fertilizer to agricultural soil has a positive effect on crop yield, it has a detrimental effect ecologically because it increases the emission of CO₂ into the atmosphere. A viable approach to compensating for the increased efflux of CO₂ from soils into the atmosphere is carbon sequestration, and one of the most effective and promising strategies of achieving carbon sequestration is the utilization of biochar. Future research should try to mitigate the issue of CO₂ emission into the atmosphere through the utilization of novel and cost-effective strategies.

Acknowledgement

This work was supported by Cukurova University Research projects unit (Project no. FYL-2020-12926).

Contribution Rate Statement Summary of Researchers

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

Conflict of Interest Statement

The authors report no conflict of interest.

REFERENCES

- Ahmad M., Zahir Z.A., Asghar H.N., & Arshad M. (2012). The combined application of rhizobial strains and plant growth promoting rhizobacteria improves growth and productivity of mung bean (*Vigna radiata* L.) under salt-stressed conditions. *Annals of Microbiology* 62, 1321–1330.
- Alef K., & Nannipieri P. (1995). Methods in applied soil microbiology and biochemistry. (Academic press, London).
- Allison L., & Moodie C.D. (1965). Carbonate. Methods of soil Analysis, Part 2, Agronomy, 1379–1400. (American society of Agronomy Inc, Madison).
- Arshad M., & Frankenberger W.T. (1997). Plant Growth-Regulating Substances in the Rhizosphere: Microbial Production and Functions. In D. L. Sparks [ed.], *Advances in Agronomy*, 45–151. Academic Press.
- Ascari J.P., Araújo D.V., Mendes I.R., Dallacort R., & Matsumoto L.S. (2019). Biological fertilizer and cover plants on soil attributes and maize yield. *Revista Caatinga* 32, 709–718.
- Belo E.S., Terra F.D., Rotta L.R., Vilela L.A., Paulino H.B., de Sousa E.D., Vilela L.A., & Carneiro M.A. (2012). Decomposição de diferentes resíduos orgânicos e efeito na atividade microbiana em um Latossolo Vermelho de Cerrado. *Global Science and Technology* 5(3), 107–116.
- Bouyoucos G.J. (1951). A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. *Agronomy Journal* 43, 434–438.
- Bremner J. (1965). Total nitrogen. Methods of soil analysis, Agronomy, 1149–1178. American society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Carini P., Marsden P.J., Leff J.W., Morgan E.E., Strickland M.S., & Fierer N. (2016). Relic DNA is abundant in soil and obscures estimates of soil microbial diversity. *Nature Microbiology* 2, 16242.
- Davarpanah S., Tehranifar A., Davarynejad G., Abadía J., & Khorasani R. (2016). Effects of foliar applications of zinc and boron nano-fertilizers on pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani) fruit yield and quality. *Scientia Horticulturae* 210, 57–64.
- Demiralay I. (1993). Toprak fiziksel analizleri. Atatürk üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum.
- Ekici I., Sani Z. K., Darici C., & Dincer S. (2022). Comparison of C and N mineralization and metagenome analysis of rhizosphere soils belonging to different *Colchicum* L. species. *Trakya University Journal of Natural Sciences* 23(1), 1-13.
- Francis I., Holsters M., & Vereecke D. (2010). The Gram-positive side of plant–microbe interactions. *Environmental Microbiology* 12, 1–12.
- Franzluebbers A.J., Hons F.M., & Zuberer D.A. (1995). Tillage-induced seasonal changes in soil physical properties affecting soil CO₂ evolution under intensive cropping. *Soil and Tillage Research* 34, 41–60.
- Jackson M.L. (1958). Soil chemical analysis. Prentice Hall Inc., New Jersey, U.S.A.
- Kourgialas N.N., Karatzas G.P., & Koubouris G.C. (2017). A GIS policy approach for assessing the effect of fertilizers on the quality of drinking and irrigation water and wellhead protection zones (Crete, Greece). *Journal of Environmental Management* 189, 150–159.
- Liu R., & Lal R. (2015). Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. *Science of The Total Environment* 514, 131–139.
- Medeiros M.B., & Lopes J. (2006). Biofertilizantes líquidos e sustentabilidade agrícola [Liquid biofertilizers and agricultural sustainability]. *Bahia Agrícola* 7, 24-26.
- Maestre F.T., Delgado-Baquerizo M., Jeffries T.C., Eldridge D.J., Ochoa V., Gozalo B., Quero J.L. et al (2015). Increasing aridity reduces soil microbial diversity and abundance in global drylands. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112, 15684–15689.
- Mahanty T., Bhattacharjee S., Goswami M., Bhattacharyya P., Das B., Ghosh A., & Tribedi P. (2017). Biofertilizers: a potential approach for sustainable agriculture development. *Environmental Science and Pollution Research* 24, 3315–3335.
- Mahdi S.S., Hassan G.I., Samoon S.A., Rather H.A., Dar S.A., & Zehra B. (2010). Bio-fertilizers in organic Agriculture. *Journal of Phytology* 2(10), 42–54.
- Malusa E., Pinzari F., & Canfora L. (2016). Efficacy of biofertilizers: Challenges to improve crop production. Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity. (Springer, New Delhi) 17–40.
- Mikhak A., Sohrabi A., Kassae M.Z., & Feizian M. (2017). Synthetic nanozeolite/nanohydroxyapatite as a phosphorus fertilizer for German chamomile (*Matricariachamomilla* L.). *Industrial Crops and Products* 95, 444–452.
- Mohite B. (2013). Isolation and characterization of indole acetic acid (IAA) producing bacteria from rhizospheric soil and its effect on plant growth. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 13, 638–649.

- Olsen S.R., Cole C.V., Watanabe F.S., & Dean L. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US Department of Agriculture Circular 939.
- Prasad M., Srinivasan R., Chaudhary M., & Jat L. (2019). Plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) for sustainable Agriculture: Perspectives and challenges. (PGPR Amelioration in sustainable Agriculture, Woodhead publishing) 127–157.
- Puri A., Padda K.P., & Chanway C.P. (2016). Evidence of nitrogen fixation and growth promotion in canola (*Brassica napus* L.) by an endophytic diazotroph *Paenibacillus polymyxa* P2b-2R. *Biology and Fertility of Soils* 52, 119–125.
- Rochette P., Flanagan L.B., & Gregorich E.G. (1999). Separating Soil Respiration into Plant and Soil Components Using Analyses of the Natural Abundance of Carbon-13. *Soil Science Society of America Journal* 63, 1207–1213.
- Rokhzadi A., & Toashih V. (2011). Nutrient Uptake and Yield of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Inoculated with Plant Growthpromoting Rhizobacteria. *Australian Journal of Crop Science* 5, 44–48.
- Salehi A., Fallah S., & Sourki A. (2017). Organic and inorganic fertilizer effect on soil CO₂ flux, microbial biomass, and growth of *Nigella sativa* L. *International Agrophysics* 31, 103–116.
- Sarkar D., & Rakshit A. (2020). Carbon mineralization dynamics of gangetic alluvial soil amended with fertilizers and plant growth-promoting microorganisms. *Climate Change and Environmental Sustainability* 8, 213.
- Schlesinger W.H., & Andrews J.A. (2000). Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry* 48, 7–20.
- Schlichting E. (1971). P. Duchaufour: Précis de Pédologie, 3e édition. Masson et Cie, Paris 1970. 482 S, 18 × 24 cm, 80 Fig., 23 Abb. (2 Farbtafeln). Brosch. 80 F, kart. 90 F. Zeitschrift für *Pflanzenernährung und Bodenkunde* 129, 250–251.
- Shrestha R.K., Lal R., & Rimal B. (2013). Soil carbon fluxes and balances and soil properties of organically amended no-till corn production systems. *Geoderma* 197, 177–185.
- Silva R.R., da Silva M.L., Cardoso E.L., de Moreira F.M., Curi N., & Alovizi A.M. (2010). Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes - MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34, 1584–1592.
- SPSS, (2006). IBM SPSS Statistics 15.0 for Windows. Armonk, NY.
- Subbarao C., Kartheek G., & Sirisha D. (2013). Slow release of potash fertilizer through polymer coating. *International Journal of Applied Science and Engineering* 11, 25–30.
- Tedersoo L. (2017). Correspondence: Analytical flaws in a continental-scale forest soil microbial diversity study. *Nature Communications* 8, 15572.
- Tomer S., Suyal D., & Goel R. (2016). Biofertilizers: A timely approach for sustainable Agriculture. Plant-Microbe interaction: An approach to sustainable Agriculture. (Springer Nature, Singapore) pp 375–395.
- Treuer R., & Haydel S.E. (2011). Acid-fast staining and Petroff Hausser chamber counting of Mycobacterial cells in liquid suspension. Current protocols in Microbiology. <https://doi.org/10.1002/9780471729259.mc10a06s20>
- Xiang W., Zhao L., Xu X., Qin Y., & Yu G. (2012). Mutual Information Flow between Beneficial Microorganisms and the Roots of Host Plants Determined the Bio-Functions of Biofertilizers. *American Journal of Plant Sciences* 3, 1115–1120.
- Yin Z., Shi F., Jiang H., Roberts D.P., Chen S., & Fan B. (2015). Phosphate solubilization and promotion of maize growth by *Penicillium oxalicum* P4 and *Aspergillus niger* P85 in a calcareous soil. *Canadian journal of microbiology* 61, 913–923.
- Zhang N., Wang D., Liu Y., Li S., Shen Q., & Zhang R. (2014). Effects of different plant root exudates and their organic acid components on chemotaxis, biofilm formation and colonization by beneficial rhizosphere-associated bacterial strains. *Plant and Soil* 374, 689–700.

New Data on the Bat Fauna (Mammalia: Chiroptera) from the Eastern Anatolia (Bitlis, Turkey)

Kubilay TOYRAN¹, Ferit GENCER²

¹Çankırı Karatekin University, Eldivan Vocational School of Health Services, Turkey, Çankırı, ²Bitlis Eren University, Graduate Education Institute, Department of Biology, Bitlis, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-6546-0054>, ²<https://orcid.org/0000-0003-2557-9840>

✉: kubilaytoyran@karatekin.edu.tr

ABSTRACT

This study was conducted between July 2014 and September 2019 in Bitlis province. The bats were caught with sweep net, special bat nets, gloves and flashlight by searching in the places such as caves, dens, empty buildings, historical inns and hammams, churches, tombs and garrets. Some bioecological and habitat characteristics, fur color, number of samples and record locations of the species were presented. As a result, *Rhinolophus hipposideros* belonging to the family Rhinolophidae of the suborder Microchiroptera and *Myotis myotis*, *M. blythii*, *M. mystacinus*, *M. capaccinii*, *Pipistrellus kuhlii*, *Eptesicus serotinus*, *Vespertilio murinus*, and *Plecotus macbullaris* belonging to the family Vespertilionidae of the suborder Microchiroptera were determined. *Rhinolophus hipposideros*, *Myotis myotis*, *Pipistrellus kuhlii*, *Eptesicus serotinus*, *Vespertilio murinus* and *Plecotus macbullaris* from the species were firstly recorded in Bitlis province.

Biology

Research Article

Article History

Received : 05.10.2021

Accepted : 04.01.2022

Keywords

Bat
Chiroptera
Distribution
Bitlis
Turkey

Doğu Anadolu Bölgesi'nden (Bitlis, Türkiye) Yarasa Faunası Üzerine Yeni Veriler (Mammalia: Chiroptera)

ÖZET

Bu çalışma Temmuz 2014 ve Eylül 2019 tarihleri arasında Bitlis İl sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir. Yarasalar atrap, özel yarasa ağları, eldiven ve el feneri yardımı ile mağara, in, boş bina, tarihi han ve hamam, kilise, türbe, binaların çatı araları ve benzeri yerlerde araştırılarak yakalanmıştır. Türlerle ilgili bazı biyoekolojik özellikleri, habitat özellikleri, kürk rengi, örnek sayıları ve kayıt yerleri verilmiştir. Sonuç olarak Microchiroptera alt takımının Rhinolophidae familyasına mensup *Rhinolophus hipposideros* ve Vespertilionidae familyasına mensup *Myotis myotis*, *M. blythii*, *M. mystacinus*, *M. capaccinii*, *Pipistrellus kuhlii*, *Eptesicus serotinus*, *Vespertilio murinus* ve *Plecotus macbullaris* türleri tespit edilmiştir. Türlerden *Rhinolophus hipposideros*, *Myotis myotis*, *Pipistrellus kuhlii*, *Eptesicus serotinus*, *Vespertilio murinus* ve *Plecotus macbullaris* bu çalışma ile Bitlis ilinden ilk defa kaydedilmiştir.

Biyoloji

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 05.10.2022

Kabul Tarihi : 04.01.2022

Anahtar Kelimeler

Yarasa
Chiroptera
Yayılış
Bitlis
Türkiye

Atf Şekli: Toyran, K., & Gencer, F (2023). Doğu Anadolu Bölgesi'nden (Bitlis, Türkiye) yarasa faunası üzerine yeni veriler (Mammalia: Chiroptera). *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 26(2), 254-262. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1004775>

To Cite : Toyran, K., & Gencer, F (2023). New data on the bat fauna (Mammalia: Chiroptera) from the Eastern Anatolia (Bitlis, Turkey). *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 26 (2), 254-262. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1004775>

INTRODUCTION

Chiroptera, which is the only order with real flying characteristics in the class mammalia, is represented with 1116 species in the world (Wilson & Reeder, 2005). The order Chiroptera is divided into two suborders: Megachiroptera and Microchiroptera. There are 186 species of Megachiroptera included in one family (Pteropodidae) and there are 930 species of Microchiroptera in 17 families (Albayrak, 2000; Wilson & Reeder, 2005). In Turkey, there are a total of 39 bat

species including one species included in the suborder Megachiroptera of the order Chiroptera and 38 species included in the suborder Microchiroptera of the order Chiroptera (Yorulmaz & Arslan, 2020).

The aim of this study was to determine the bat species distributing in Bitlis province of the Eastern Anatolia Region and record some bioecological characteristics about these species.

MATERIAL and METHODS

This study was conducted between 2014 and 2019 in Bitlis province, and the identified species are shown by numbering on the map (Figure 1). Field studies were conducted in the city center, districts and villages which were included in the field area. A total of 22 bat samples of 9 species were examined in this study. Caves, empty buildings, historical inns and hammams, churches, tombs, roofs of buildings and window frames were examined to obtain bat samples. The determined

samples were caught with sweep net, special bat net, flashlight, and gloves. The bats, which were examined considering the populations of the determined species, were released into their natural habitat.

Some ecological and biological characteristics of the species were specified and their photos with record locations and the number of samples were presented. The obtained data were compared with the relevant literature data and the assessments were presented in tables.

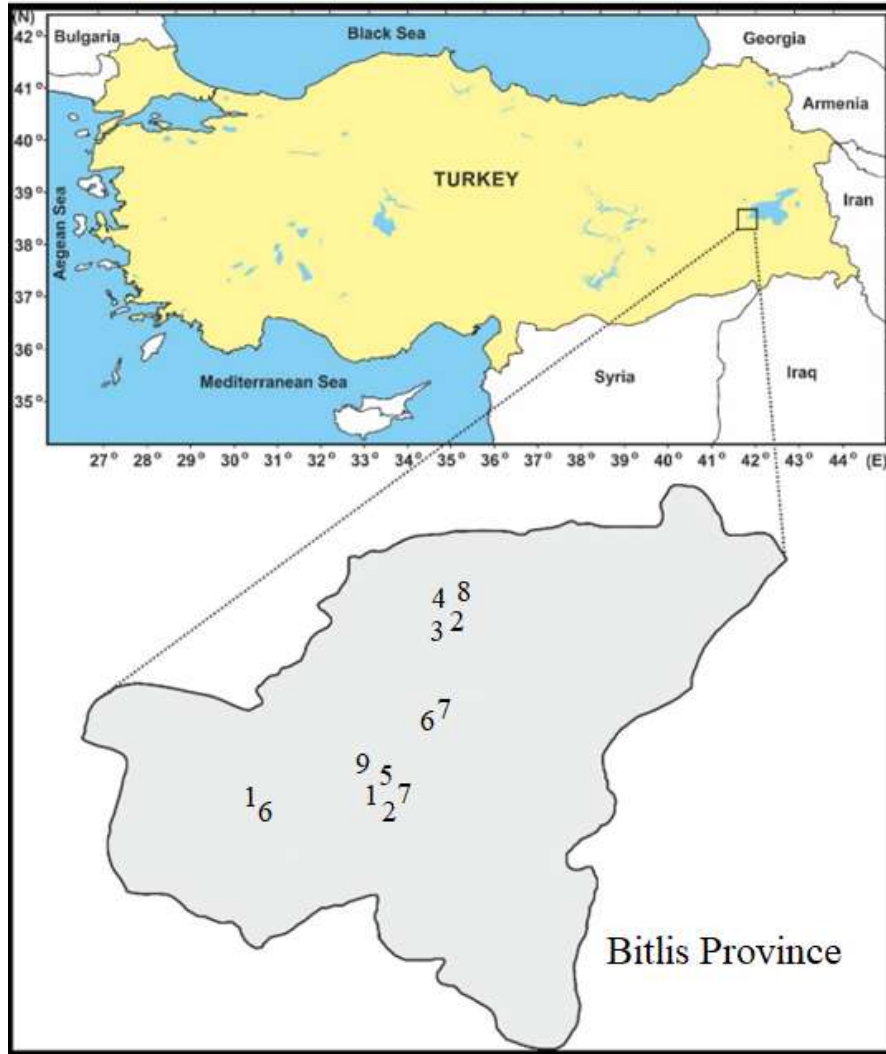


Figure 1. Map of Bitlis province, study area (Distribution of species 1: *Rhinolophus hipposideros*, 2: *Myotis myotis*, 3: *M. blythii*, 4: *M. mystacinus*, 5: *M. capaccinii*, 6: *Pipistrellus kuhlii*, 7: *Eptesicus serotinus*, 8: *Vespertilio murinus*, 9: *Plecotus macrobullaris*).

Şekil 1. Çalışmanın yapıldığı Bitlis il haritası (Türlerin yayılışı 1: *Rhinolophus hipposideros*, 2: *Myotis myotis*, 3: *M. blythii*, 4: *M. mystacinus*, 5: *M. capaccinii*, 6: *Pipistrellus kuhlii*, 7: *Eptesicus serotinus*, 8: *Vespertilio murinus*, 9: *Plecotus macrobullaris*).

RESULTS and DISCUSSION

In Bitlis province, 9 species of 6 genera belonging to the families Rhinolophidae and Vespertilionidae of the suborder Microchiroptera of the order Chiroptera were determined. 6 of these species were firstly recorded in Bitlis province.

One species of the family Rhinolophidae was found in

the study area.

Rhinolophus hipposideros (Bechstein, 1800)

1800. *Vespertilio hipposideros* Bechstein, Thomas Pennat's Allgemeine Uebers. Thiere, 2: 629.

Type locality: France

1857. *Rhinolophus hipposideros*, Blasius, Saugeth., Deutschland, 29.

Ecological characteristics: *Rhinolophus hipposideros* was found in Bitlis province solitarily or in pairs in the buildings such as tombs, churches, monasteries, hospital buildings and barns (Figure 2, Figure 3).

Fur color: The dorsal part varied from light brown gray to slightly reddish dark brown gray. The ventral part was smoky gray from the lower part of jaw to tail. In the dorsal, the hair's bottom and middle parts were yellowish gray and its end part was brown. In the ventral, hair's bottom, middle, and end parts were smoky gray. The nasal tip, ears and wing membrane were dark brown.

Sample number (4) and locations: Bitlis, Headquarters, Yükseliş neighborhood, Şeyh Hasan Tomb (2 ♂♂, 03.06.2017); Bitlis, Mutki, Mutki State Hospital (1 ♀, 15.06.2017); Bitlis, Headquarters, Cumhuriyet village (1 ♀, 24.09.2017).



Figure 2. An abandoned barn in which *Rhinolophus hipposideros* was determined.

Şekil 2. *Rhinolophus hipposideros*'un tespit edildiği terk edilmiş bir ahır.



Figure 3. Sample of *Rhinolophus hipposideros*.

Şekil 3. *Rhinolophus hipposideros* örneği.

In the study area, 8 species belonging to the genera *Myotis*, *Pipistrellus*, *Eptesicus*, *Vespertilio* and

Plecotus of the family Vespertilionidae were identified.

Myotis myotis (Borkhausen, 1797)

1797. *Vespertilio myotis* Borkhausen, Deutsche Fauna, 1:80.

Type locality: Germany

1897. *Myotis myotis* Miller, Ann. Mag. Nat. Hist., 20 (6), 383.

Ecological characteristics: *Myotis myotis* was found solitarily or in colonies in the historical inns, hammams, and ceilings of the natural caves in stream beds in Bitlis province (Figure 4, Figure 5). It was observed that the individuals determined in the first week of August exhibiting mating behavior.

Fur color: The dorsal part was slightly pale brownish gray from neck to tail. The ventral part was yellowish off white from the lower part of jaw to tail. In the dorsal part, the hair's bottom was blackish dark brown and its middle and end parts were brownish gray. In the ventral part, the hair's bottom was black and its middle and end parts were yellowish white.

Sample number (4) and locations: Bitlis, Headquarters, Kamah location (1 ♂, 03.06.2017; 2 ♂♂, 24.09.2017); Bitlis, Ahlat, Kınalıkoç village, Dere havzası (Soğaz) location (1 ♂, 05.08.2017).



Figure 4. The stream bed where *Myotis myotis* was determined.

Şekil 4. *Myotis myotis*'in tespit edildiği mağaranın bulunduğu dere yatağı.

Myotis blythii (Tomes, 1857)

1857. *Vespertilio blythii* Tomes, Proc. Zool. Soc. London, 53-54.

Type locality: Nasirabad, Rajputana, India

1951. *Myotis blythii* Ellerman and Morrison-Scott, Checklist of Palaearctic and Indian Mammals 1758-1946. Brit. Mus. (Nat.Hist.) 144-145.

Ecological characteristics: *Myotis blythii* was found solitarily or in colonies in the historical inns,

hammams, and ceilings of the natural caves in stream bed in Bitlis province (Figure 6, Figure 7). It was observed that the individuals determined in the first week of August exhibited mating behavior.



Figure 5. *Myotis myotis* individuals found in the ceiling of a cave.

Şekil 5. Mağara tavanında tespit edilen *Myotis myotis* bireyleri.

Fur color: The dorsal part was slightly yellowish pale brown. The ventral part was grayish off white. In the dorsal, the hair's bottom was ash gray and its middle and end parts were pale grayish brown. In the ventral part, the hair's bottom was pale black and its middle and end parts were off white.

Sample number (5) and locations: Bitlis, Ahlat, Kınalıkoç village, Dere havzası (Soğaz) location (2 ♂♂, 23.06.2015; 2 ♂♂, 1 ♀, 05.08.2017).



Figure 6. The stream bed where *Myotis blythii* was determined.

Şekil 6. *Myotis blythii*'nin tespit edildiği mağaranın bulunduğu dere yatağı.



Figure 7. Sample of *Myotis blythii*.
Şekil 7. *Myotis blythii* örneği.

Myotis mystacinus (Kuhl, 1819)

1819. *Vespertilio mystacinus* Kuhl, Ann. Wetterau Ges. Naturk., 4 (2), 202-204.

Type locality: Germany

1900. *Myotis mystacinus*, Mehely monogr. Chiropt. Hungariae, Budapest, 200-206.

Ecological characteristics: *Myotis mystacinus* was found solitarily in a building in Ahlat district of Bitlis province (Figure 8).

Fur color: The dorsal part was slightly yellowish gray brown. The ventral part was yellowish off white. In the dorsal part, the hair's bottom was nigricant dark brown. In the ventral, the hair's bottom was blackish brown and hair's end was smoky gray.

Sample number (1) and locations: Bitlis, Ahlat headquarters (1 ♀, 03.07.2015).

Myotis capaccinii (Bonaparte, 1837)

1837. *Vespertilio cappaccinii* Bonaparte, Faun. Ital., 1 (20)

Type locality: Sicily

1901. *Myotis capaccinii* Thomas, Proc. Zool. Soc., London, 37.

Ecological characteristics: *Myotis capaccinii* was found in an empty cottage made of briquettes located in the campus area of Bitlis Eren University (Figure 9).

Fur color: The dorsal part was yellowish light brownish pale gray. The ventral part was yellowish smoky gray.

Sample number (1) and locations: Bitlis, Headquarters, Bitlis Eren University (1♂, 03.09.2019).

Pipistrellus kuhlii (Kuhl, 1819)

1819. *Vespertilio kuhlii* Kuhl Ann. Wetterau. Ges. Naturk., 4 (2), 199-202.

Type locality: Trieste, Italy

1900. *Pipistrellus kuhlii* Mehely, Monogr. Chiropt. Hungariae, Budapest, 261.

Ecological characteristics: *Pipistrellus kuhlii* was found in the walls or roofs or under roofing in some empty buildings in the settlements of Bitlis province

(Figure 10, Figure 11).

Fur color: The dorsal part is pale yellowish grayish brown. The ventral part was yellowish off white. In the dorsal part, the hair's bottom was black and its end was light brown. Hair's bottom was pale black and the

hair's end was yellowish white in the ventral part.

Sample number (3) and locations: Bitlis, Ahlat, Ahlat Vocational High School (1♂, 16.11.2015); Bitlis, Tatvan, Karşıya neighborhood (1♀, 17.05.2017); Bitlis, Tatvan, Saray neighborhood (1♂, 05.08.2017).

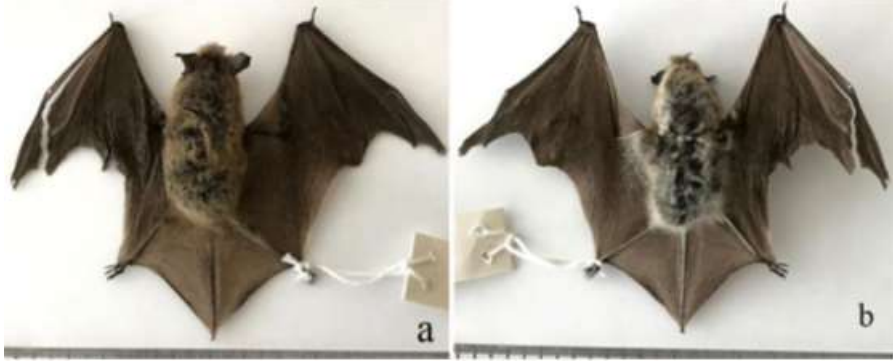


Figure 8. The dorsal (a) and ventral (b) views of *Myotis mystacinus*.
Şekil 8. *Myotis mystacinus*'ün dorsalden (a) ve ventralden (b) görünümü.



Figure 9. *Myotis capaccinii*.
Şekil 9. *Myotis cappaccinii*.

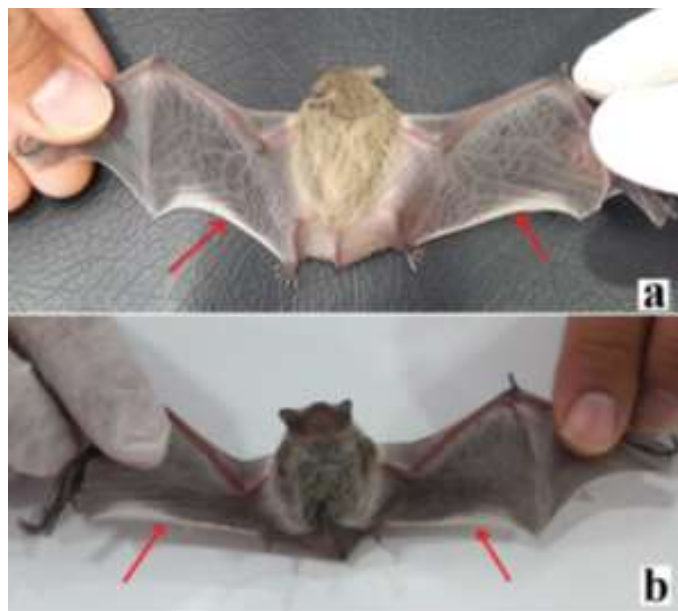


Figure 10. The dorsal (a) and ventral (b) views of *Pipistrellus kuhlii*.
Şekil 10. *Pipistrellus kuhlii*'nin dorsalden (a) ve ventralden (b) görünümü.



Figure 11. The garret where *Pipistrellus kuhlii* was determined.

Şekil 11. *Pipistrellus kuhlii*'nin tespit edildiği çatı arası.



Figure 12. The dorsal (a) and ventral views of (b) *Eptesicus serotinus*.
Şekil 12. *Eptesicus serotinus*'ün dorsal görünümü (a), ventral görünümü (b).

Vespertilio murinus Linnaeus, 1758

1758. *Vespertilio murinus* Linnaeus, Syst. Nat. 10th ed., 1: 32.

Type locality: Upsala, Sweden

Ecological characteristics: *Vespertilio murinus* was found solitarily in the wall of a mosque in Ahlat district of Bitlis province (Figure 13).

Fur color: Ear and nasal tip were pale black. The dorsal part was light, partly fallow, grizzled pale brown until tail and the neck was darker. The ventral part was light, dark and then light brownish light fallow from the lower part of jaw to tail. The hypogastric abdomen end was fully off white. In the dorsal part, hair's bottom was blackish dark brown, its middle part was brown, and its end and almost end parts were broken fallow. In the ventral part, hair's bottom was nigrificant dark brown and its middle and end parts were light fallow in the neck and abdomen parts. In the abdomen end, hair was fully off white.

Sample number (1) and locations: Bitlis, Ahlat, Central

Eptesicus serotinus (Schreber, 1774)

1774. *Eptesicus serotinus* Schreber, Die Säugethiere, 1: 167.

Type locality: France

Ecological characteristics: *Eptesicus serotinus* was found solitarily in the chimney of a building in Tatvan district of Bitlis province and in a toilet in the Engineering and Architecture Faculty of Bitlis Eren University (Figure 12).

Fur color: The dorsal part was dark brown from nasal tip to tail. The ventral part was dark yellowish brown from the lower part of jaw to tail. In the dorsal, hair's bottom, middle and end parts were dark brown. In the ventral part, the hair's bottom was smoky gray and its end part was yellowish brown. The nasal tip, ears, wing and tail membrane were blackish dark brown.

Sample number (2) and locations: Bitlis, Tatvan, Saray neighborhood (1♂, 27.06.2016); Bitlis, Headquarters, Bitlis Eren University (1♂, 12.07.2018).

Grand Mosque (1♂, 05.08.2016).

Plecotus macrobullaris (Kuzjakin, 1965)

1965. *Plecotus macrobullaris* Kuzjakin, Opredelitel mljekopitayushtshikh SSSR. Moskva. 79-116.

Type locality: North Ossetia, Russia

Ecological characteristics: *Plecotus macrobullaris* was found solitarily in the wall of a dark room of an abandoned railroad terminal building located in Rahva plain of Bitlis province (Figure 14, Figure 15).

Fur color: The dorsal part was grayish light brown. The ventral part was yellowish white. The dorsal part was black from hair bottom to its middle part and grayish light brown from its middle part to its end part. The ventral part was black from hair's bottom to the middle part and yellowish white from hair's middle part to its bottom. Ears, wing and tail membrane were light brown.

Sample number (1) and locations: Bitlis, Headquarters, Rahva plain (1♂, 24.09.2017).



Figure 13. The dorsal (a) and ventral views of (b) *Vespertilio murinus*.
Şekil 13. *Vespertilio murinus*'ün dorsal görünümü (a), ventral görünümü (b).



Figure 14. The old railroad terminal building where *Plecotus macrobullaris* was determined.
Şekil 14. *Plecotus macrobullaris*'in tespit edildiği eski gar binası.



Figure 15. Sample of *Plecotus macrobullaris*.
Şekil 15. *Plecotus macrobullaris* örneği.

Bats, which are nocturnal species, have crucial roles in wildlife. They are reservoir hosts for many diseases. It

is known that many bat species carry rabies virus (Ün et al., 2013). Insectivorous bat species keep insect

populations at a certain level and the species fed with fruits contribute to pollination and spreading of plants (Albayrak, 2000; Anonymous, 2018; Yorulmaz et al., 2018).

Sheltering characteristics vary among bat species and they use caves, rock cracks, tree holes, roofs of buildings and abandoned old inns, hammams and caravansaries as roosts (Vaughan et al., 2000; Toyran, 2013). *Myotis myotis* and *M. blythii*, which are among the identified species, have been found to inhabit sympatrically in the caves in the valley beds with streams. Also, it was observed that these species exhibited mating behavior at the beginning of August. In addition, lipoidosis was determined in the bodies of *Myotis myotis* samples identified at the end of September for winter sleep.

Toyran (2013) stated that the studies performed to open caves to tourism and the restoration works of old historical buildings have affected bat species negatively. The researcher observed a bat density including about 2500-3000 individuals in El-Aman Inn in the field study conducted in 2007. But, it was recorded that all the bats left the inn when the restoration works were completed in 2009. During this study, no bats were found in El-Aman Inn. But very little amount of bat dropping was found in some parts of the inn. In addition, it was observed that the buildings such as old churches and monasteries, which had a high number in the region, in which bats inhabited, were damaged by treasure hunters.

CONCLUSIONS

There are 6 families belonging to the order Chiroptera in Turkey. In addition, several studies have reported that the number of species is 36 and 40 in Turkey (Benda & Horáček, 1998; Wilson & Reeder 2005). Yorulmaz & Aslan (2020) assessed the records of the bat species in Turkey and recorded the number of species as 39.

The records of *Myotis blythii*, *M. mystacinus*, *M. capaccinii* and *Pipistrellus nathusii* species were provided before Bitlis province (Albayrak, 1990; Albayrak, 1991; Benda & Horáček, 1998; Karataş et al., 2003; Yorulmaz et al., 2020). In this study, 9 species from Bitlis province (*Rhinolophus hipposideros*, *Myotis myotis*, *M. blythii*, *M. mystacinus*, *M. capaccinii*, *Pipistrellus kuhlii*, *Eptesicus serotinus*, *Vespertilio murinus* and *Plecotus macbullaris*) were determined. *Rhinolophus hipposideros*, *Myotis myotis*, *Pipistrellus kuhlii*, *Eptesicus serotinus*, *Vespertilio murinus* and *Plecotus macbullaris* species were firstly recorded in Bitlis province. 10 of the 39 bat species distributing in Turkey are present in Bitlis province and the newly recorded 6 species have zoogeographical importance in terms of their distribution area.

When the protection of the species identified is examined, it is seen that they are at the least concerned (LC) status based on IUCN criteria (Anonymous, 2021). But, *Vespertilio murinus*, which has a quite limited distribution in Turkey, has been recorded in only three locations (Benda & Horáček 1998). For this reason, identification of this species in Bitlis province is a quite important record. It was observed that *Rhinolophus hipposideros*, *Myotis myotis*, *M. blythii* and *Pipistrellus kuhlii*, which were among the species found in the field studies, were common in the study area.

Researchers Contribution Rate Declaration Summary

This study is produced by the master thesis titled "Bats fauna of Bitlis Province (Mammalia: Chiroptera)" of Ferit GENCER and her supervisor Assoc. Prof. Dr. Kubilay TOYRAN.

Conflicts of Interest Statement

There is no conflict of interest between the authors.

REFERENCES

- Albayrak, İ. (1990). Doğu Anadolu Yarasaaları ve Yayılışları (Mammalia: Chiroptera). *Doğa Tr. J. of Zoology* 14, 214-228.
- Albayrak, İ. (1991). Studies on *Myotis mystacinus* and *Myotis brandti* (Mammalia, Chiroptera) in Turkey. *Mammalia* 55 (1), 113-120.
- Albayrak, İ. (2000). Yarasaalar, Eli kanatlı memeli. *Yeşil Atlas, Coğrafya ve Keşif Dergisi* 3, 69-73.
- Anonymous, (2018). Animal diversity. <https://animaldiversity.org/accounts/Chiroptera/> (Access date: 27.03.2018).
- Anonymous, (2021). IUCN. <https://www.Iucnred.list.org/> (Access date: 12.04.2021).
- Benda, P. & Horáček, I. (1998). Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean. Part I. Review of distribution and taxonomy of bats in Turkey. *Acta Soc. Zool. Bohem.* 62, 255-313.
- Karataş, A., Benda, P., Toprak, F. & Karakaya, H. (2003). New and significant records of *Myotis capaccinii* (Chiroptera: Vespertilionidae) from Turkey, with some data on its biology. *Lynx (Praha)* n. s., 34, 39-46.
- Toyran, K. (2013). Restorasyon Çalışmaları ve Yarasaalar: Bitlis El-Aman Hanı Örneği (Sözlü bildiri). Türkiye Yarasaaları Sempozyumu, DSİ 25. Bölge Müdürlüğü, Balıkesir, Türkiye, 25-26 Ekim 2013.
- Ün, H., Albayrak, İ., Tuncer, S., Ünal, N. & Aylan, O. (2013). Yarasaalarda Kuduz ve Kuduz Benzeri Viruslar(Sözlü bildiri). Türkiye Yarasaaları Sempozyumu, DSİ 25. Bölge Müdürlüğü, Balıkesir, Türkiye, 25-26 Ekim 2013.

- Vaughan, T., Ryan, J. & Czaplewski, N. (2000). *Mammalogy. 4th edition, Brooks Cole, Toronto, 565 pp.*
- Wilson, D.E. & Reeder, D.M. (2005). *Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference. 3rd ed. Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA, 2000 pp.*
- Yorulmaz, T., Albayrak, İ. & Toyran, K. (2020). Bats in Southeastern Turkey (Mammalia: Chiroptera). *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 9(3)*, 1180-1187.
- Yorulmaz, T. & Arslan, N. (2020). Current status of the bats in Turkey with their ecogeographic distributions and recommendations for national conservation status (Mammalia: Chiroptera). *Fresenius Environmental Bulletin 29*, 6691-6706.
- Yorulmaz, T., Ürker, O. & Özmen, R. (2018). Yarasa ve orman ilişkisi üzerine bir değerlendirme. *Ormanlık Araştırma Dergisi 5(1)*, 31-43.

Koronavirüs (Covid-19) Pandemi Sürecinde, Sağlık Çalışanlarının Tıbbi ve Aromatik Bitki Kullanımının Değerlendirilmesi

Fatih SATIL¹, Emine AKTAŞ²

¹Balikesir Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Balıkesir, Türkiye, ²Salıhlı Devlet Hastanesi, Manisa, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-4938-1161>, ²<https://orcid.org/0000-0003-1624-2285>

✉: fsatil@gmail.com

ÖZET

Bu çalışmada, Covid-19 (Kovid-19) pandemisine karşı sağlık çalışanları tarafından, geleneksel olarak kullanılan tıbbi ve aromatik bitkilerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Araştırma tanımlayıcı modelde tasarlanmış olup 10 Temmuz-31 Aralık 2021 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Türkiye'deki sağlık çalışanları araştırma evrenini oluşturup basit rastgele örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Verilerin toplanmasında, alan uzmanlarınca hazırlanan yarı yapılandırılmış anket formu kullanılmıştır. Demografik bilgiler ve tıbbi ve aromatik bitkiler olmak üzere iki kısımdan oluşan anket, Google forms üzerinden online olarak uygulanmıştır. Verilerin analizinde SPSS 24 paket programı kullanılmış, yüzdelik ve frekans hesaplamaları yapılmıştır. Araştırmaya, Türkiye genelinde 1320 sağlık çalışanı katılmış olup, katılımcıların %55'i kadın, %45'i erkektir, meslek gruplarına göre dağılımı; %18'i hemşire, %16'sı sağlık memuru, %12'si hekim, %10'u ATT, %9'u paramedik, %9'u ebe, %8'i tıbbi sekreter, %7'si eczacı, %6'sı psikolog ve %5'i diğer (sosyal çalışmacı, müdür, diş hekimi vs.) şeklindedir. Çalışma sonucuna göre; sağlık çalışanlarının %77'si Covid-19 pandemisinde tıbbi ve aromatik bitkilerin tamamen ve kısmen etkili olduğuna inandığını belirtmiş ve bunların %63'ü şifalı bitkileri kullanmıştır. Kullanılan bitkiler içinde kekik/*Origanum* sp. (%99), narenciye/*Citrus* sp. (%94) ve sarımsak/*Allium sativum* (%93) en yüksek düzeyde tercih edilmiştir. Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanımındaki bilgilerin en çok sosyal medya (%99) aracılığıyla elde edildiği görülmüştür. Katılımcıların %94'ü bitkileri aktardan temin etmiştir. Bitkiler daha çok demlenerek (%99) ve çiğ gıda (%91) şeklinde tüketilmektedir. Bu süreçte tıbbi ve aromatik bitki kullananların %63'ü Covid-19'a yakalanmadığını bildirmiştir. Sonuç olarak, Covid-19 sürecinde sağlık çalışanlarının büyük çoğunluğunun tıbbi ve aromatik bitkilerin etkisine inandığı ve şifalı bitkileri kullanmayı tercih ettikleri ortaya çıkarılmıştır. Bu çalışma modern tıp ilmi almış bireylerin tamamlayıcı tıba olan bakışını yansıtması açısından önemli bir değere sahiptir.

Botanik

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 18.04.2022

Kabul Tarihi : 26.07.2022

Anahtar Kelimeler

Aromatik bitki

Covid-19

Etnobotanik

Pandemi

Şifalı bitki

Evaluation of Using Medicinal and Aromatic Plants by Healthcare Professionals During the Coronavirus Pandemic (Covid-19) Period

ABSTRACT

In this study, it was aimed to evaluate the traditional use of medicinal and aromatic plants by health professionals against the Covid-19 (Kovid-19) pandemic. The research was designed in a descriptive model and was studied between 10 July and 31 December 2021. The population of the research consisted of healthcare professionals in Turkey. A Simple random sampling method was used. A semi-structured questionnaire prepared by the experts was used to collect the data. The questionnaire consisted of two parts: demographic information and medicinal and aromatic plants. The questionnaire form was applied online via Google forms. SPSS 24 package program was used to analyze data, and percentage and frequency calculations were made. 1320 healthcare

Botanic

Research Article

Article History

Received : 18.04.2022

Accepted : 26.07.2022

Keywords

Aromatic plant

Covid-19

Ethnobotany

Medicinal plant

Pandemic

professionals in Turkey participated in the research. 55% of the participants are female and 45% are male. Distribution of participants according to occupational groups; 18% nurse, 16% health officer, 12% physician, 10% ATT, 9% paramedic, 9% midwife, 8% medical secretaries, 7% pharmacist, 6% are psychologists, and 5% are other (social worker, manager, dentist, etc.). According to the results of the study, 77% of healthcare professionals stated that they believed that medicinal and aromatic plants were fully or partially effective in the Covid-19 pandemic, and 63% of them used medicinal plants. Among the plants used, thyme/*Origanum* sp. (99%), citrus/*Citrus* sp. (94%) and garlic/*Allium sativum* (93%) were preferred at the highest level. It was observed that most of the information about the use of medicinal and aromatic plants was obtained through social media (99%). In addition, 94% of the participants received the plants from herbalists. Plants are mostly consumed as infused (99%) and raw food (91%). During this period, 63% of those who used medicinal and aromatic plants reported that they did not get Covid-19. As a result, it has been determined that most healthcare professionals believe in the effect of medicinal and aromatic plants and prefer to use medicinal plants during the Covid-19 period. This study is essential in reflecting the view of individuals who have received modern medical science toward traditional and complementary medicine.

Atıf Şekli:	Satıl, F. & Aktaş, E. (2023). Koronavirüs Pandemi (Covid-19) Sürecinde, Sağlık Çalışanlarının Tıbbi ve Aromatik Bitki Kullanımının Değerlendirilmesi. <i>KSÜ Tarım ve Doğa Derg 26(2)</i> , 263-270. https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.000000
To Cite:	Satıl, F. & Aktaş, E. (2023). Evaluation of Using Medicinal and Aromatic Plants by Healthcare Professionals During the Coronavirus Pandemic (Covid-19) Period. <i>KSU J. Agric Nat 26(2)</i> , 263-270. https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.000000 .

GİRİŞ

Tıbbi ve aromatik bitkiler, hastalıkların önlenmesi ve iyileştirilmesiyle birlikte sağlığın korunmasında geleneksel ilaç olarak hem halk arasında hem de modern tıpta kullanılmaktadır (Demirci Kayran & Kırıcı, 2019). Ayrıca; besin takviyeleri ve bitkisel çay gibi tedavi amaçlı, tat ve çeşni olarak beslenmede de faydalanılmaktadır (Temel ve ark., 2018).

Anadolu'nun zengin bitki çeşitliliğiyle birlikte tarih boyunca birçok medeniyete ev sahipliği yapmış olması, bu coğrafyanın geleneksel tıbbi bitki kullanım kültürü açısından oldukça zengin olmasına neden olmuştur. Yüzyıllardır Anadolu halkı tarafından koruyucu, destekleyici ve tamamlayıcı tedavi amacıyla şifalı bitkiler tercih edilmektedir.

Türkiyenin zengin bitki çeşitliliğinin içerisinde yüzlerce bitki türü geleneksel halk hekimliğinde kullanıla gelmiştir. FAO'nun 2015 verilerine göre Türkiye'de halk tarafından kullanılan tıbbi ve aromatik bitki sayısı ise 500 civarındadır (Temel ve ark., 2018).

Türkiyede doğal olarak yetişen ve halk arasında gıda ve tıbbi amaçlarla kullanılan bu bitkilerin, mikrobiyal kaynaklı hastalıklardan korunmada ve bu hastalıkların tedavisinde başarılı olduğunu gösteren birçok etnobotanik çalışma bulunmaktadır (Sargın ve ark., 2013; Paksoy ve ark., 2016; Satıl & Selvi, 2020; Uzar & Uzar, 2020). Sadıkoğlu ve Alpınar (2004) tarafından, Cumhuriyet dönemine (1928–1997) ait

Türk Etnobotaniği ile ilgili yapılmış 765 yayın incelenmiştir. Bu yayınlardan 466'sının bitkilerin tıbbi kullanımları ile ilgili olduğu belirlenmiştir.

Tıbbi bitkiler birçok aktif fitokimyasal bileşikler içermesi nedeniyle bir çok hastalıkta olduğu gibi viral kaynaklı hastalıklarda da konakçının bağışıklık sistemini destekleyerek antiviral etki göstermektedir (Şekeroğlu & Gezici, 2020). Bu amaçla gerek dünyada gerekse Türkiye'de toplumun değişik kesimlerince tıbbi bitkileri tanıma ve kullanma düzeylerine yönelik çalışmalar ortaya konmuştur (Cömert & Dinç 2014; Teke ve ark., 2020).

Covid-19 (Kovid-19) için tedavi seçeneklerinin olmaması, dünya çapında endişeye yol açmış ve bu hastalığın bulaşmasını önlemek için birçok alternatif seçenek aranmaya başlanmıştır. Benzer şekilde, önleyici tedbirlere daha fazla odaklanmak da dahil olmak üzere enfeksiyonun ilerlemesini hafifletmek için insanlar doğal ve bitkisel ürünlere yönelmişlerdir (Alyami ve ark., 2020). Bu durum, koronavirüs pandemisi sürecinde halkın şifalı bitkilere karşı olan ilgisi daha da artmıştır. Bu konuda dünyada farklı grupların Covid-19'a karşı kullanılan bitkilere yönelik yapılmış bazı çalışmalar bulunmaktadır (Alyami ve ark., 2020; El Alami ve ark., 2020; Khanal ve ark., 2020; Charan ve ark., 2021:). Türkiyede ise daha çok geleneksel tedavide şifalı bitkilerin kullanımının tespitine yönelik çalışmalar yapılmıştır (Cömert & Dinç, 2014; Teke ve ark., 2020).

Bu çalışma ile Türkiye genelindeki sağlık personellerinin tıbbi aromatik bitkiler kullanımındaki eğilimleri belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, pandemi sürecinde Türkiyede sağlık personeli tarafından Covid-19'a karşı bağışıklık sistemini güçlendiren bitkileri tanıma ve kullanım düzeyleri ile etkilerine yönelik görüşleri ortaya konmuştur.

MATERYAL ve METOD

Bu araştırma tanımlayıcı modelde tasarlanmış olup, 10 Temmuz- 30 Aralık 2021 tarihleri arasında çalışılmıştır.

Covid-19 mücadelesinde diğer mesleklere göre en fazla maruz kalan meslek grubu sağlık çalışanlarıdır. Ayrıca kimyasal ilaçları ve kullanımını diğer meslek gruplarına göre en fazla bilen ve uygulayan meslek grubu da sağlık çalışanları olması nedeniyle bu çalışma sağlık personeli üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Türkiye'de bulunan 1.142.469 sağlık çalışanı araştırma evrenini oluşturmuştur (Anonim, 2021). Araştırmanın örneklemini ise araştırmanın yapıldığı tarihler (10 Temmuz - 30 Aralık 2021) arasında, online olarak internet üzerinden paylaşılan, ankete katılmayı kabul eden ve "basit rastgele örnekleme yöntemi" ile seçilen 1320 sağlık çalışanı oluşturmuştur (Karasar, 2003). Rastgele örnekleme yöntemi evrende bulunan her birimin/bireyin örneğe seçilme şansı birbirine eşittir (Özdamar, 2001). Bu bölümde ayrıca, veri toplama aracı/verilerin analizi, etik ve çalışmada yer alan katılımcılar ile ilgili bilgilere yer verilmiştir.

Veri Toplama Aracı ve Verilerin Analizleri

Google forms üzerinden hazırlanmış olan 15 soruluk

yarı yapılandırılmış anket formu katılımcılara online olarak uygulanmıştır. Verilerin toplanmasında kullanılan anket iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde demografik bilgiler, ikinci bölümde ise katılımcıların tıbbi ve aromatik bitkilere ait tutum ve davranışlarını belirlemeye yönelik sorular yer almaktadır. Anket formu online olarak internet üzerinden paylaşılmış olup, anketi doldurarak katılım sağlayan 1320 sağlık çalışanı üzerinden araştırma yürütülmüştür.

Verilerin analizinde; SPSS 24 paket programı kullanılmış olup frekans ve yüzdeler hesaplamaları yapılmıştır. Frekans ve yüzdeler tabloları, verinin bir bütün olarak okuyucuya sunulmasını sağlar ve anlamlandırılmasını kolaylaştırır (Büyüköztürk ve ark., 2013).

Araştırma Etiği

Araştırma, Balıkesir Üniversitesi Tıp Fakültesi, Klinik Araştırmalar Etik kurulunun 05 Temmuz 2021 tarihli ve 84498454/050.03./46493 sayılı onayı ile çalışılmıştır. Katılımcılar için gönüllülük esasına uygun olarak, anket formunun başlangıç kısmında araştırmaya katılma onamı alınmıştır. Araştırmaya katılmayı onaylayanlar çalışmaya dahil edilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Katılımcıların Demografik Özellikleri

Çalışmaya toplam 1320 kişi katılmıştır. Katılımcıların %55'i kadın, %45'i erkek, %37'si lisans, %27'si ön lisans, %26'sı lisansüstü ve %10'u lise mezunu, %24'ü 21- 30 yaş arası, %27'si 31-40, %31'i 41-50 ve %18'i 50 ve üzeri yaş aralığındadır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Katılımcıların yaş, öğrenim ve cinsiyet durumuna göre dağılımları

Table 1. Distribution of age, education and gender of the participants

Yaş (Age)	F	%	Öğrenim Durumu (Education Status)	F	%	Cinsiyet (Gender)	F	%
21-30	312	24	Lisansüstü	348	26	Kadın	730	55
31-40	353	27	Lisans	487	37	Erkek	590	45
41-50	414	31	Ön lisans	361	27			
50-	241	18	Lise	124	10			
Toplam	1320	100	Toplam	1320	100	Toplam	1320	100

Katılımcıların Bölgelere Göre Dağılımları

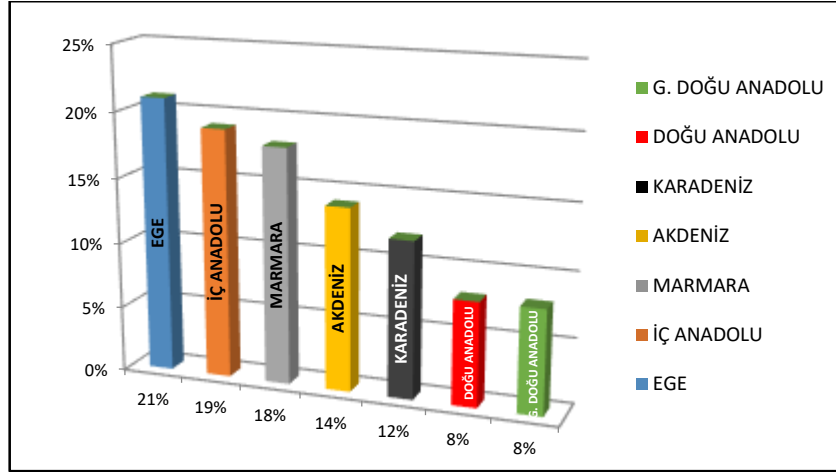
Bölgelere göre katılımcı dağılımı; Ege bölgesi 278 (%21), İç Anadolu 253 (%19), Marmara 241 (%18), Akdeniz 188 (%14), Karadeniz 160 (%12), Doğu Anadolu 112 (%8) ve Güney Doğu Anadolu bölgesi 100 (%8) katılımcıdır (Şekil 1).

Katılımcıların Mesleki Dağılımları

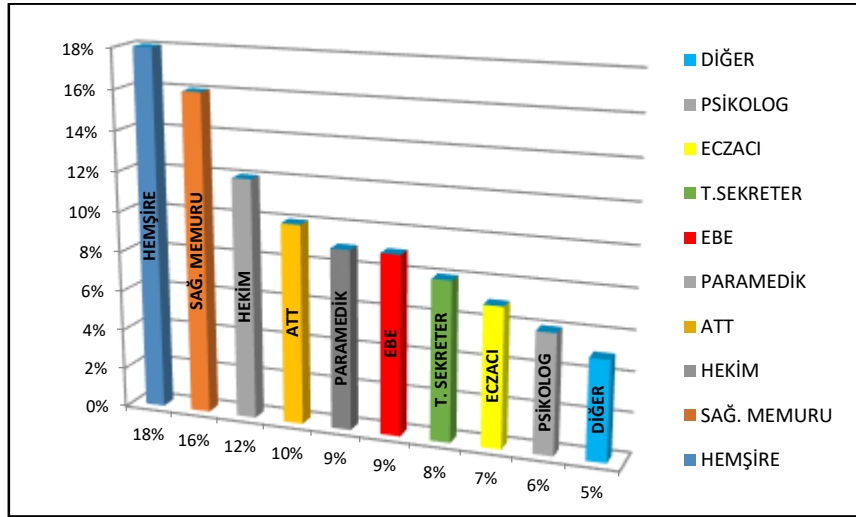
Katılımcıların; %18'i hemşire, %16'sı sağlık memuru, %12'si hekim, %10'u ATT, %9'u paramedik, %9'u ebe, %8'i tıbbi sekreter, %7'si eczacı, %6'sı psikolog, %5'i

diğer (sosyal çalışmacı, müdür, diş hekimi vs.) şeklindedir (Şekil 2).

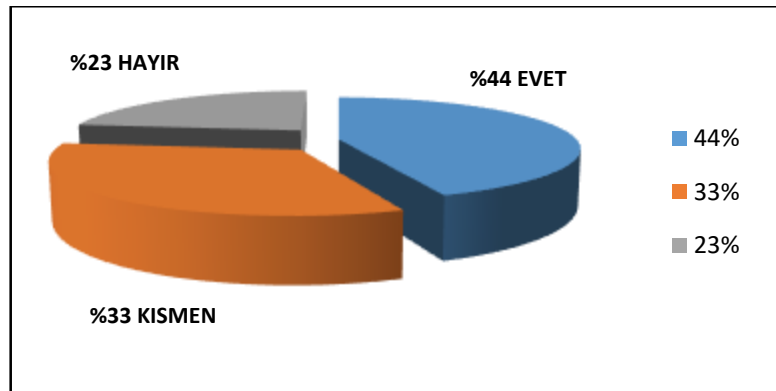
1320 katılımcının, 1016'sı şifalı bitkilerin etkili olduğuna kısmen ve tamamen inandığını belirterek ankete devam etmiş, 304 katılımcı ise etkili olduğuna inanmayıp devam etmemiştir. Bu durumda, Covid-19 pandemi sürecinde tıbbi ve aromatik bitkilerin etkili olduğuna tamamen inananların sayısı %44, kısmen inananların sayısı %33 ve inanmayanların sayısı ise %23'tür (Şekil 3).



Şekil 1. Katılımcıların Türkiye geneli bölgelere göre dağılımları
Figure 1. Distribution of the participants by regions of Turkey



Şekil 2. Katılımcıların meslek gruplarına göre dağılımları
Figure 2. Distribution of the participants by occupational groups



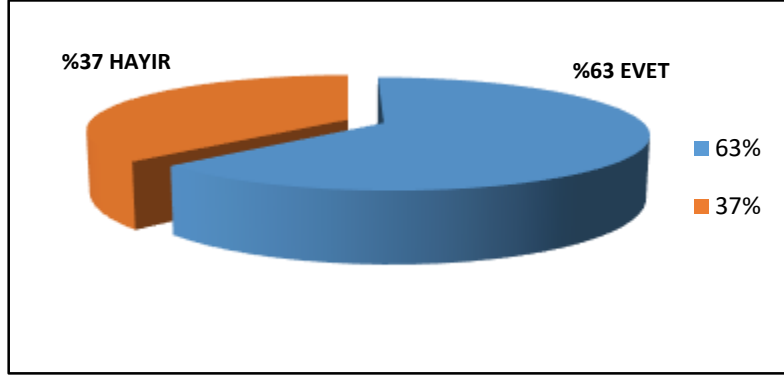
Şekil 3. Tıbbi ve aromatik bitkilerin etkinliğine inanma durumu
Figure 3. Belief in the effectiveness of medicinal and aromatic plants

Tıbbi ve aromatik bitkilerin etkili olduğuna kısmen ve tamamen inanan 1016 katılımcının 642'si (%63) bu bitkileri kullanmış olup ankete devam etmiş ve 374'ü (%37) ise kullanmamış olup ankete devam etmemiştir (Şekil 4).

Genel olarak; ankete katılan sağlık çalışanlarının %77'si tıbbi ve aromatik bitkilerin tamamen ve kısmen etkili olduğuna inanmış ve bunların %63'ü şifalı bitkileri kullanmıştır. Katılımcıların %23 ise şifalı bitkilerin etkisine inanmadıklarını söylemişlerdir.

Khanal et al. (2020) tarafından Nepal'in Tanahun bölgesinde yapılan benzer bir çalışmada da ankete

katılanların %73'ünün bazı hastalıkların tedavisinde şifalı bitkileri kullandıklarını söylemiştir.



Şekil 4. Covid-19 pandemi sürecinde tıbbi ve aromatik bitki kullanım durumu
Figure 4. The use of medicinal and aromatic plants during the Covid-19 pandemic

Kullanılan bitkiler ve bitkilerin kullanımında yararlanılan kaynaklar sorusu birden fazla cevap işaretlenebilen sorulardır. Kullanım değeri en yüksek olan bitki kekik/*Origanum* sp. (%99) olup

narenciye/*Citrus* sp. (%94) ve sarımsak/*Allium sativum* (%93) bunu izlemektedir. En düşük kullanım değeri ise diğer grupta yer alan mürver (*Sambucus nigra* L.) ve elma sirkesi (%4) olmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 2. Katılımcılar tarafından kullandıkları ifade edilen bitkiler
Table 2. Plants stated to be used by participants

Kategoriler (Categories) (N=642)	F	%
1.Kekik (<i>Origanum</i> sp.)	639	99
2.Narenciye (<i>Citrus</i> sp.)	603	94
3.Sarımsak (<i>Allium sativum</i> L.)	596	93
4. Adaçayı (<i>Salvia</i> sp.)	422	66
5. Zeytin /zeytin yaprağı (<i>Olea europaea</i> L.)	210	33
6. Çörekotu (<i>Nigella sativa</i> L.)	125	19
7. Meyan (<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.)	68	11
8. Udihindi (<i>Aquilaria agallocha</i> Roxb.)	54	8
9. Diğer (Mürver/ <i>Sambucus nigra</i> L., elma sirkesi)	24	4

El Alami et al. (2020) da Fas'ta yaptığı bir çalışmada, Google Forms üzerinden yaptıkları anket çalışmasında 100 kişiye Covid19 salgını sırasında kullanılan şifalı bitkileri sormuşlardır. Çalışmada, Covid-19 salgını sırasında kullanılan 11 familyaya ait toplam 23 tıbbi bitki türü belirlenmiştir. En çok kullanılan bitkiler ve kullanım sıklıkları: *Allium sativum* (%80.9), *Olea uropaea* (%72.7), *Allium cepa* (%66.7), *Zingiber officinale* (%66), *Thymus maroccanus* (%59.2), *Okalıptüs globülleri* (%56.5), *Foeniculum vulgare* (%54,3), *Curcuma xanthorrhiza* (%50), *Phoenix dactylifera* (%50), *Rosmarinus officinalis* (%47.9), *Thymus satureioides* (%41.9), *Mentha pulegium* (%41.3) ve *Pimpinella anisum* (%40)'tır.

Çalışma sonuçları ile farklı ülkelerde yapılan benzer çalışmaların bazı verileri Çizelge 3'te karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 3 incelendiğinde, özellikle Suusi Arabistan ve Fas'ta Covid-19 pandemisinde sarımsak ve soğanın en yaygın kullanılan bitkiler olduğu dikkati çekmektedir. Hem Türkiyede hem de Fas'ta zeytin yetişmesi nedeniyle her iki ülkede de pandemi sürecinde yaygın

olarak zeytin bitkisini kullanımı görülmektedir.

Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanımı hakkında yararlanılan kaynaklar ise en fazla sosyal medya (%86) iken en az yararlanılan kaynak ise aile büyüklerinden (%7) olmuştur (Çizelge 4).

Alyami et al. (2020), Suudi Arabistan Krallığı'nda yapmış oldukları anket çalışmasında da katılımcıların 372'sinin (%39.4) koronavirüs sürecinde kullandıkları bitkisel ürünleri sosyal medya ve internet üzerinden öğrendiğini bildirmiştir.

Tıbbi ve aromatik bitkilerin temin edilmesi ve kullanım şekli sorusu da birden fazla cevap işaretlenebilen sorulardandır. Bitkilerin temin edilme durumu; en fazla aktardan (%94) ve kendim topladım (%75) iken en az ise diğer grup (%17) ve komşudam/arkadaşımdan (%25) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 5).

Bitkilerin en fazla demleme (%99) ve gıda (%91) şeklinde kullanıldığı en az kullanım şeklinin ise yağ (%14) şeklinde kullanım olduğu belirlenmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 3. Farklı ülkelerde Covid-19 tedavisi için kullanılan şifalı bitkiler üzerine yapılan çalışmaların karşılaştırılması

Table 3. Comparison of studies on medicinal plants used in the treatment of Covid-19 in different countries

Ülke adı	Ankete katılan kişi sayısı	Tıbbi bitki kullanan kişi sayısı	En yaygın kullanılan uygulama/bitki türleri
Türkiye (Bu çalışma)	1320	642	Sarımsak (<i>A. sativum</i>) Zeytin (<i>O. europaea</i>) Soğan (<i>A. cepa</i>)
Suudi Arabistan Alyami et al. (2020),	5258	783	Zencefil (<i>Zingiber officinale</i>) Soğan (<i>A. cepa</i>) Sarımsak (<i>A. sativum</i>)
Fas El Alami et al. (2020)	100	-	Sarımsak (<i>A. sativum</i>) Zeytin (<i>O. europaea</i>) Soğan (<i>A. cepa</i>)
Hindistan Charan et al. (2021)	495	128	Ayurvedic Kadha Giloy (<i>Tinospora cordifolia</i> (Thunb.) Miers) Tulsi (<i>Ocimum sanctum</i> L.)

Çizelge 4. Bitkilerin kullanımında yararlanılan kaynaklar

Table 4. Resources used in the use of plants

Kategoriler (Categories) (N=642)	F	%
1.Sosyal medyadan	550	86
2.Aktardan	201	31
3.Şifalı bitkiler kitabından	126	20
4.Eczaneden	97	15
5.Aile büyüklerinden	46	7

Çizelge 5. Bitkilerin temin edilme şekli

Table 5. The way the plants are procured

Kategoriler (Categories) (N=642)	F	%
1.Aktardan	601	94
2.Kendim topladım	482	75
3.Eczaneden	207	32
4.Komşumdan arkadaşşımdan	162	25
5.Diğer (market, pazar ve online sipariş)	110	17

Çizelge 6. Bitkilerin kullanım şekli

Table 6. How to use plants

Kategoriler (Categories) (N=642)	F	%
1.Demleyerek	636	99
2.Gıda olarak (çiğ ya da pişirilerek)	584	91
3.Kaynatarak	422	66
4.Buhar ve koku	265	41
5.Bitkisel/Aromatik Yağ olarak	87	14

El Alami et al. (2020) tarafından Fas'ta Covid-19 ile ilgili yapılan benzer bir çalışmada kullanılan bitkilerin familya bazında kullanım şekilleri belirlenmiştir. Buna göre Lamiaceae ve Asteraceae türlerinin toprak üstü kısımlarının infüzyon veya kaynatma, Apiaceae türlerinin tohumlarının infüzyon, Cupressaceae türlerinin genç dallarının kurutulmasıyla elde edilen tozların ve Liliaceae türlerinin soğanının ağızdan alınarak kullanıldığını bildirmiştir.

Kullanılan bitkilerin etki şekli sorusu tek cevaplıdır.

Tıbbi ve aromatik bitki kullanan 642 katılımcıdan: %63'ü hastalığa yakalanmadım, %20'si hafif atlattım, %13'ü hiç etkisini görmedim ve %4'ü hastalığı ağır geçirdim demmiştir (Çizelge 7).

Bitkilerle birlikte ilaç ya da destekleyici kullanım durumu sorusu ise birden fazla cevaplıdır. Tıbbi ve aromatik bitkilerin yanında destekleyici tedavi kullanmayan 403'ü hastalığa yakalanmayanlardır. Geriye kalan 239 katılımcının yüzdelik değerleri ise; %92'si destekleyici olarak ilaç, %96'sı vitamin, %100'ü takviye edici gıdalar ve %74'ü mineraller kullanmıştır (Çizelge 8).

Çizelge 7. Kullanılan bitkilerin etki şekli

Table 7. The effect of the herbs used

Kategoriler (Categories) (N=642)	F	%
1.Hastalığa yakalanmadım	403	63
2.Hafif atlattım	128	20
3.Hiç etkisini görmedim	85	13
4.Hastalığı ağır geçirdim	26	4

Çizelge 8. Bitkilerle birlikte kimyasal ilaç ya da destekleyici kullanım durumu

Table 8. Use of chemical drugs or supplements with plants

Kategoriler (Categories) (N=642)	F	%
1.İlaç	220	92
2.Vitamin	230	96
3.Takviye edici gıda	239	100
4.Mineraller	176	74
5.Kullanmadım	403	63

Covid-19 tedavisinde alternatif tıp ve ilaç kullanımını belirlemek amaçlı yapılan benzer çalışmada Charan et al. (2021), Hindistan'daki bir izolasyon merkezinden 495 katılımcıya telefon üzerinden bir anket uygulamıştır. Sonuçta katılımcıların 367'sinin (%74.1) tamamlayıcı ya da alternatif tıp ürünü kullanmadığı, 128 kişinin (%25.8) 161 çeşit alternatif tıp ürünü veya ev ilaçları kullandığı görülmüş. Alyami et al. (2020)

tarafından Suudi Arabistan Krallığı'nda yapılan başka bir çalışmada ise katılımcıların yaklaşık %14.9'u pandemi döneminde kendilerini hastalıktan korumak için bitkisel ürünler veya besin takviyeleri kullandığını bildirmiştir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma, Türkiye'de Covid-19 pandemi sürecinde sağlık çalışanlarının tıbbi ve aromatik bitkilere ait tutum ve davranışlarına yönelik yapılan ilk çalışma özelliğini taşımaktadır. Bu nedenle çalışma modern tıp ilmi almış bireylerin tamamlayıcı tıba olan bakışını yansıtması açısından önemli bir değere sahiptir.

Çalışmada online anket yoluyla Türkiye genelinde 1320 sağlık çalışanına ulaşılmıştır. Bunlar içerisinde en yüksek katılımı hemşireler (%18) sağlamıştır. Ankete katılım oranı; Ege, Akdeniz ve Marmara bölgelerinde yüksek çıkmıştır. Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu bölgesinde ise katılım oranı düşüktür. Katılımcı oranları iller bazında değerlendirildiğinde; İzmir, İstanbul ve Ankara illerinde katılım oranı en yüksek (%8) iken Bayburt, Kırıkkale, Ağrı ve Kars illerinde ise en düşük (%0.2) olduğu görülmüştür.

Katılımcılara yarı yapılandırılmış anket formu online olarak uygulanmıştır. Yarı yapılandırılmış anketler, araştırmacıya özel bir konuda derinlemesine soru sorma imkanı sunar ve katılımcılardan alınan cevapların ayrıntılandırılmasını sağlar (Çepni, 2011).

Genel olarak; ankete katılan sağlık çalışanlarının %77'si tıbbi ve aromatik bitkilerin tamamen ve kısmen etkili olduğuna inanmış ve bunların %63'ü şifalı bitkileri kullanmıştır. Katılımcıların %23 ise şifalı bitkilerin etkisine inanmadıklarını söylemişlerdir.

Sonuç olarak, bu çalışmada sağlık çalışanlarının tıbbi ve aromatik bilgilerin etkinliğine inandıkları ve Covid-19 pandemi sürecinde bu bitkilerden yararlandıkları görülmüştür. Bununla birlikte ankete katılan sağlık personelleri bu süreçte şifalı bitkilerin yanı sıra destekleyici tedavi uyguladıklarını da belirtmişlerdir.

Katılımcılar tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanımı hakkında bilgileri daha çok sosyal medya aracılığı ile edinmişlerdir. Her ne kadar tıbbi ve aromatik bitkiler geleneksel tıpta yaygın olarak kullanılsa da bitkilerin kullanımında uzman tavsiyesi mutlaka alınmalıdır. Ayrıca doğru bitkiyi doğru dozda ve doğru yöntemle alınması da o bitkinin şifalı özelliklerinden yararlanmak için uyulması gereken en önemli kurallardan olduğu da unutulmamalıdır.

TEŞEKKÜR

İstatistik çalışmalarda desteklerini gördüğümüz Bartın Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Eğitim Bilimleri Bölümü Dr. Öğretim Üyesi Mustafa FİDAN'a teşekkür ederiz.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Alyami, HS., Orabi, MAA., Aldhabbah, FM., Alturki, HN., Aburas, WI., Alfayez, AI., Alharbi, AS., Almasuood, RA., & Alsuhaibani NA. (2000). Knowledge about COVID-19 and beliefs about and use of herbal products during the COVID-19 pandemic: A cross-sectional study in *Saudi Arabia. Saudi Pharm J* 28, 1326–1332.
- Anonim, (2021). Sağlık İstatistikleri Yıllığı 2020 Haber Bülteni. T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü. <https://sbsgm.saglik.gov.tr/Eklenti/41611/0/haber-bulteni-2020.pdf.pdf>
- Büyüköztürk, Ş., Çokluk, Ö. & Köklü, N. (2013). *Sosyal bilimler için istatistik*. Pegem Akademi. Ankara, 280 sy.
- Charan, J., Bhardwaj, P., Dutta, S., Kaur, R., Bist, SK., Detha, MD., Kumar, S., Kanchan, T., Yadav, D., Mitra, P., & Sharma, P. (2021). Use of Complementary and Alternative Medicine (CAM) and Home Remedies by COVID-19 Patients: A Telephonic Survey. *Ind J Clin Biochem* 36(1), 108–111.
- Cömert, M. & Dinç, H. (2014). Şifalı Bitkilerin Gençler Tarafından Bilinirliği (Young People's Knowledge Level of Plants with Healing Capabilities). *J of Tourism and Gastronomy Studies* 2(3), 23-27.
- Çepni, S. (2011). *Araştırma ve proje çalışmalarına giriş*. Celepler Matbaacılık, Trabzon, 442 sy.
- Demirci Kayıran, S. & Kırıcı, S. (2019). Adana (Türkiye) Aktarlarında Tedavi Amacıyla Satılan Bitkisel Droglar. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 22(1), 183-192.
- El Alami, A., Fattah, A., & Chait, A. (2020). Medicinal Plants Used for the Prevention Purposes during the Covid-19 Pandemic in Morocco. *JASAB* 2(1), 4–11.
- Karasar, N. (2003). Bilimsel Araştırma Yöntemi. 12. Basım, 3A Araştırma Eğitim Danışmanlık Ltd., Ankara, s.116-129.
- Khanal, H., Khanal, U., & Koirala, J. (2020). Medicinal plant vasaka could be a therapeutic option for the management of COVID-19 symptoms. *J Med Plant Res* 8(5), 44-48.
- Özdamar, K. (2001). *Örnekleme Yöntemleri*. SPSS ile Biyoistatistik. 4. Baskı, s.261-265.
- Paksoy, MY., Selvi, S., & Savran, A. (2016). Ethnopharmacological survey of medicinal plants in Ulukışla (Niğde-Turkey). *J Herb Med* 6(1), 42-48.

- Sadıkoğlu, N. & Alpınar, K. (2004). An evaluation of Turkish ethnobotanical studies (1928-1997). *J Fac Pharm Ist Univ* 37, 61-66.
- Sargin, SA., Akçiçek, E., & Selvi, S. (2013). An ethnobotanical study of medicinal plants used by the local people of Alaşehir (Manisa) in Turkey. *J Ethnopharmacol* 150(3), 860-874.
- Satıl, F. & Selvi, S. (2020). Ethnobotanical Features of *Ziziphora* L. (Lamiaceae) Taxa in Turkey. *Int J Nat Sci (IJNLS)* 4(1), 56-65.
- Şekeroğlu, N. & Gezici, S. (2020). Koronavirüs Pandemisi ve Türkiye'nin Bazı Şifalı Bitkileri. *Anadolu Klin* 25(1), 163-182.
- Teke, A., Yener, M., Akkuş, Ş., & Gümüşcü, A. (2020). Halkın Tıbbi-Aromatik Bitkiler Kullanımı ve Tanınmasında Bilinç Durumu: Çumra Örneği. In: *Research in Medicinal and Aromatic Plants*, Iksad Publications, Ankara, s.267-291.
- Temel, M., Tınmaz, AB., Öztürk, M., & Gündüz, O. (2018). Dünya'da ve Türkiye'de Tıbbi-Aromatik Bitkilerin Üretimi ve Ticareti. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 21 (Özel Sayı), 198-214.
- Uzar, F. & Uzar, İ. (2020). Traditional medicinal plants used for the treatment of viral infections: A short review. *J Integr Med* 1(1), 29-48.



Değişik Gelişme Dönemlerinde Yapılan Yaprak Alma ve Uç Alma Uygulamalarının Asma Yaprak Alanı Özelliklerine Etkisi

İlknur KORKUTAL^{1*}, Elman BAHAR², Arzu ZİNNİ³

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü 59030 Süleymanpaşa-Tekirdağ, ²Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü 59030 Süleymanpaşa-Tekirdağ, ³TÜRAN Tarım Lisesi, Gümüşyaka Merkez Mahallesi, 34580 Silivri-İstanbul

¹<https://orcid.org/0000-0002-8016-9804>, ²<https://orcid.org/0000-0002-8842-7695>, ³<https://orcid.org/0000-0003-2410-4747>

✉: ikorkutal@nku.edu.tr

ÖZET

Bu araştırma; Trakya'da, 41° 01'11.41" K ve 27°39'49.14" D enlem ve boylamlarında Michele Palieri üzüm çeşidi bağında yürütülmüştür. Omcalara farklı yaprak alma - uç alma uygulamaları farklı fenolojik gelişme aşamalarında uygulanmış ve bunların yaprak özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Deneme 2018-2019 ve 2019-2020 gelişme periyotlarında yürütülmüştür. Denemede 3 değişik gelişme döneminde (Tane Tutumu, İri Koruk, Ben Düşme) ve 4 farklı uygulama (Kontrol, Uç Alma, Yaprak Alma ve Yaprak Alma+Uç Alma) yapılmıştır. Yaprak alanı özelliklerini belirlemek için; fenolojik gelişme aşamaları, ortalama ana yaprak ve koltuk yaprak alanı (cm²), omca başına ana yaprak ve koltuk yaprak alanı (cm² omca⁻¹), omca başına toplam yaprak alanı (cm² omca⁻¹), dekara verim (kg da⁻¹), bir kilogram üzüme düşen gerçek yaprak alanı (cm² kg⁻¹) doğrudan güneş gören yaprak alanı (m² da⁻¹) ve bir kilogram üzüme düşen güneş gören yaprak alanı (cm² kg⁻¹) hesaplamaları yapılmıştır. Sonuç olarak; Tekirdağ ilinde Michele Palieri sofralık üzüm çeşidinde İri Koruk döneminde gerçekleştirilen Yaprak Alma ve Yaprak Alma+Uç Alma uygulamalarının yaprak alanlarını artırdığı belirlenmiştir.

Bahçe Bitkileri

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 07.02.2022

Kabul Tarihi : 24.08.2022

Anahtar Kelimeler

Yaprak Alma

Uç Alma

Sofralık Üzüm

Toplam Yaprak Alanı

Güneş Gören Yaprak Alanı

The Effect of Leaf Removal and Topping at Different Stages on the Grape Leaf Characteristics

ABSTRACT

This research was conducted in Thrace, at the latitude and longitude of 41° 01' 11.41" N and 27° 39' 49.14" E, in the vineyard. Different leaf removal and topping were applied to vines at different phenological development stages, and their effects on leaf characteristics were investigated on cv. Michele Palieri. The trial was conducted for two years in the 2018-2019 and 2019-2020 development periods. In the experiment, there were three different phenological stages (Berry Set, Bunch Closure, Veraison) and four different applications (Control, Topping, Leaf Removal, Leaf Removal+Topping). To determine the leaf area characteristics, phenological stages, average main leaf and lateral shoot leaf area (cm²), main leaf and lateral shoot leaf area per vine (cm² vine⁻¹), total leaf area per vine (cm² vine⁻¹), yield per decare (kg da⁻¹), leaf area per one-kilogram grape (cm² kg⁻¹), leaf area exposed to the sunlight (m² da⁻¹) and sun-exposed leaf area per kilogram grape (cm² kg⁻¹) were made. As a result, in the province of Tekirdağ, it was determined that the Leaf Removal and Leaf Removal+Topping applications carried out in the Bunch Closure period of the table grape cv. Michele Palieri increased the leaf area.

Horticulture

Research Article

Article History

Received : 07.02.2022

Accepted : 24.08.2022

Keywords

Leaf Removal

Topping

Table Grape

Total Leaf Area

Sun-Exposed Leaf Area

Atıf Şekli: Korkutal, İ., Bahar, E., & Zinni, A. (2023) Değişik Gelişme Dönemlerinde Yapılan Yaprak Alma ve Uç Alma Uygulamalarının Asma Yaprak Alanı Özelliklerine Etkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 26 (2), 271-281. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1069640>

To Cite : Korkutal, İ., Bahar, E., & Zinni, A. (2023). The Effect of Leaf Removal and Topping at Different Stages on the Grape Leaf Characteristics. *KSU J. Agric Nat* 26(2), 271-281. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1069640>

GİRİŞ

Taç yönetimi bağcılıkta çok önemli bir yere sahiptir.

Omcadan kaliteli ürün elde edebilmek amacıyla sürgün, salkım ve yaprakların taç içindeki homojen

dağılım ve yoğunluklarını sağlamak taç yönetimini oluşturmaktadır (Kliewer, 1980). Taç sistemindeki yaprakların sayısı, diziliş şekli ve hacimleri; salkım iklimi açısından farklılık göstermektedir (Smart ve ark., 1985). Omcadaki ana yaprak ve koltuk yapraklarının fizyolojik yaşlarında görülen farklılıklar, toplam fotosentez miktarını değiştirebilmektedir. Genç yapraklar yüksek fotosentez kapasitesine sahiptir, ancak bu yaprakların taç içindeki konumu da önemlidir (Schultz, 1993; 1995). Kalite odaklı üzüm üretiminin kanopi ikliminden etkilendiği unutulmamalıdır (Nagy ve ark., 2021). Gelişen teknoloji ile uydu temelli görüntüler ve insansız hava araçları (Da Silva ve ark., 2021) kullanılarak kanopi geometrik yapısı; yapraklar omca üzerinde iken (non-destructive) (Lopes & Pinto, 2005) yaprak alanını belirleme gibi yöntemler kullanılmaktadır.

Uç alma ve yaprak alma önemli kanopi yönetimi uygulamalarından olup, biyosentezi teşvik ederek salkım bölgesi iklimini iyileştirebilmektedir (Bubola ve ark., 2019; Stefanovic ve ark., 2021). Yaprak alma salkım bölgesindeki yaprakların uzaklaştırılması (Cirkovic ve ark., 2022), uç alma ise sürgün ucunun alınmasıdır (Dayer ve ark., 2021). Öte yandan kolay uygulanabilirliği ve makineli olarak yapılabilmesi bu önemi artırmaktadır. Yaprak ve uç alma nihai olarak olgunlaşmaya etki eden, yapılma zamanı ve derinliğine bağlı olarak etkisi değişen uygulamalardır (Intrieri ve ark., 2008; Palliotti ve ark., 2014; Anic ve ark., 2021). Bazal yaprakların alınması üzüm kalitesini artırmaktadır (Ferlito ve ark., 2020). Salkım bölgesinde tane tutumundan sonra yoğun yaprak alma ile havalanmanın çok arttığı Yue ve ark. (2019) ve Bakhsh ve ark. (2021) tarafından belirtilmiştir. Yaprak alma ile salkım bölgesine gelen ışık ve sıcaklığın arttığı ve bu şekilde kanopideki yaprak yoğunluğunun önüne geçildiği (Stefanovic ve ark., 2021), ayrıca oransal nem düşürülerek ve hastalık ve zararlılarla mücadelenin etkinlik kazandığı belirtilmiştir (Guidoni ve ark., 2008; Prior ve ark., 2010; Hickey & Wolf, 2019; Anic ve ark., 2021). Yaprak alanının büyüklüğü, omcanın ışık tutma kapasitesini belirler ve yüksek bitkilerde büyüme için gereklidir. Bitkinin yaprak alanı büyümesi ve kütleli büyümesi arasındaki ilişki, bitki bünyesindeki karbonhidratların; yeni yaprak alanı, yaprak kütlesi, kök kütlesi, çoğalma ve solunum arasında nasıl bölündüğüne bağlıdır (Risco ve ark., 2014; Weraduwege ve ark., 2015). Yaprak alanlarının belirlenmesi kanopi yoğunluğunun ölçülmesini sağlayarak, sonuçta üzüm kalitesinin geleneksel bağcılık uygulamalarından nasıl etkilendiğini ortaya koymaktadır. Çeşit, yaprak alanı gelişimini belirlerken; yaprak alanı da üretilen kuru madde miktarını belirlemektedir (Grantz & Williams, 1993; Candar ve ark., 2021). Tane tutumu dönemi ve hemen

sonrasında yapılan yaprak almanın verim bileşenlerini etkilemediği Bubola ve ark. (2019) ve Anic ve ark. (2021) tarafından belirtilmiştir. Ben düşme döneminden önce, Riesling üzüm çeşidinde salkım bölgesinden sürgün ucuna kadar çok şiddetli yaprak alma yapıldığında; olgunlaşma yaklaşık 2 hafta gecikmiştir (Stoll ve ark., 2009). Omca başına yüksek verim; düşük yaprak alanı/verim oranı ile ilişkilidir. Örneğin bu oran tek kanopilerde ($0.8 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$) ve bölünmüş kanopilerde ($0.5 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$) olabilir. Bu durumlarda gerekirse olgunlaşmayı geliştirmek ve omca başına düşük verim almak için salkım seyreltme veya erken dönemde uç alma yapılarak yaprak alanı/verim oranı artırılabilir (Kliewer & Dokoozlian, 2005; Palliotti ve ark., 2014). Diğer faktörler omca gelişimini kısıtlamadığında; toplam yaprak alanı ve doğrudan güneş gören yaprak alanı yüzdesi omcanın üzümü olgunlaştırma kabiliyetini belirlemektedir (Kliewer & Dokoozlian, 2005). Öte yandan Gomez del Campo ve ark. (2002) tarafından da vurgulandığı gibi yaprak alanı oluşturma kapasitesi genetik kontrol altındadır. Uç alma ile koltuk sürgünü gelişimi rekabete girdiğinden; sonuçta olgunlaşmayı geciktirebilir. Ben düşmeden bir hafta sonra geç dönemde yapılan uç alma ile şeker konsantrasyonunun önemli oranda düştüğü Filipetti ve ark. (2011) tarafından belirlenmiştir. Derin uç ve yaprak almanın Fetească Regală üzüm çeşidinde taneye şeker akışını geciktirdiği belirlenmiştir. Öte yandan ben düşme başlangıcında yapılan şiddetli uç almanın koltuk sürgünleriyle rekabeti artırarak hasatta gecikmeye yol açtığı görülmüştür. Ancak derin yaprak alma ile ortalama tane ağırlığı azaldığından; tane kabuğundaki aromatik bileşenlerin birikimi artmıştır (Bucur, 2021).

Bu araştırma; değişik gelişme dönemlerinde yapılan yaprak alma ve uç alma uygulamalarının yaprak özellikleri ve verim üzerine etkilerini incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

MATERYAL ve METOD

Materyal

Bu çalışma Trakya'da 2018-2019 ve 2019-2020 vejetasyon periyotlarında iki yıl süreyle, $41^{\circ}01'11.41''\text{K}$ enlem ve $27^{\circ}39'49.14''\text{D}$ boylamları arasındaki bağda yürütülmüştür. Bitkisel materyal olarak 10 yaşındaki, 110R anacına aşılamaş olan Michele Palieri üzüm çeşidi seçilmiştir. Yerden yüksekliği 170 cm olan omcalara büyük T terbiye şekli (T genişliği 160 cm) uygulanmıştır. Omcaların dikim aralık ve mesafeleri 2.5×1.5 m'dir. Omcalar 30-40 sürgün ve 20-30 salkım sayısına dengelenmiştir. Bağın rutin bakım işlemleri tüm deneme omcalarına aynı şekilde yapılmıştır. Sonbaharda taban gübrelemesi, vejetasyon periyodunda damla sulama ile temel gübreler ve görülen besin noksanlığı semptomlarına göre yaprak gübreleri periyodik olarak uygulanmıştır.

Yaprak dökümünün ardından ve baharda bordo bulamacı, vejetasyon periyodu içinde ölü kol, mildiyö, külleme ve salkım güvesi ilaçları kullanılmıştır. Bağda sulama yapılmamıştır, doğal yağışa bırakılmış ancak gübreler damla sulama sistemi ile verilmiştir.

Metod

Bağ Denemede; Tane Tutumu (T), İri Koruk (İ) ve Ben Düşme (B) olmak üzere üç ayrı dönemde uygulama yapılmıştır. Her dönemde sadece bir uygulama yapılmıştır. Bu gelişme dönemlerinde omcalara; Kontrol, Uç Alma (UA) uygulaması son salkımdan 8 yaprak sonra+koltuk sürgünü sayısı 3 adet olarak; Yaprak Alma (YA) ilk 4 yaprak alınarak; Yaprak Alma+Uç Alma (YA+UA) ise her iki uygulamanın kombinasyonu olarak yapılmıştır. Çalışma Tesadüf Blokları Deneme Deseninde planlanarak yürütülmüştür. Her blokta 3 omca ve 2 tekrerrür oluşturulmuştur.

İstatistik Analizler

Elde edilen veriler MSTAT-C (Microcomputer Statistical Package - Michigan State University, USA) ve JUMP (SAS, USA) istatistik paket programları ile değerlendirmiş ve istatistiki farkları ortaya koymak için de LSD testi (Fisher's Least Significant Difference, UK) uygulanmıştır. Yapılan analizde Dönem Ana Etkisi, Uygulama Ana Etkisi, Yıl Ana Etkisi ve Uygulama Ana Etkisi x Dönem Ana Etkisi interaksyonları değerlendirilmiştir.

Araştırmada İncelenen Kriterler

Yaprak Alma ve Uç Alma uygulamalarının etkilerini belirlemek amacıyla başlıca fenolojik gelişme aşamalarının (Tane Tutumu, İri Koruk, Ben Düşme) tarihleri kaydedilmiştir (Lorenz ve ark., 1995). Yaprak alanı özelliklerini belirlemek için; ortalama ana yaprak ve koltuk yaprak alanı (cm²); hasattan sonra iki sürgünden alınan ana yaprakların ortalama yaprak alanı scanner ile tarandıktan sonra elde edilen fotoğraflar Fläeche programı ile hesaplanmıştır (Kraft, 1995). Omca başına ana yaprak ve koltuk yaprak alanı (cm² asma⁻¹); hasattan sonra örnek alınan omcalardaki tüm sürgün sayıları belirlenmiş ve oranlanarak hesaplanmıştır.

Omca başına toplam yaprak alanı (cm² asma⁻¹) = Asma başına ana yaprak alanı (cm² asma⁻¹) + Asma başına koltuk yaprak alanı (cm² asma⁻¹) (1)

ile belirlenmiştir (Irimia & Tardea, 2006; Sanchez-de-Miguel ve ark., 2010). Dekara verim (kg da⁻¹), hasat döneminde olgunlaşan salkımların tartılmasıyla elde edilmiştir.

Bir kilogram üzüm düşen gerçek yaprak alanı (m² kg⁻¹) = Omca başına toplam yaprak alanı (m² asma⁻¹) / Asma başına verim (kg asma⁻¹) (2)

hesaplanmıştır (Sanchez-de-Miguel ve ark., 2010).

Doğrudan güneş gören yaprak alanı (m² da⁻¹) = (1000m²/SA) X [(H X 2)+TG] X (1-TBA) (3)

formülünden SA= Sıra arası mesafesi (m), H= Yükseklik (m), 2= İki yüzey, TG= Taç genişliği (m), TBA= Taç boşluk alanı (%10) ifade etmektedir.

Bir kilogram üzüm düşen güneş gören yaprak alanı (m² kg⁻¹) = Doğrudan güneş gören yaprak alanı (m² da⁻¹) / Dekara verim (kg da⁻¹) (4)

eşitliğinden bulunmuştur (Carbonneau, 1980; Carbonneau, 1983).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Michele Palieri üzüm çeşidinde üç ayrı dönemde (Tane Tutumu, İri Koruk ve Ben Düşme) farklı Yaprak ve Uç Alma uygulamalarının yaprak alanları üzerine etkilerinin incelendiği bu çalışmada iki deneme yılına ait aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

Fenolojik gelişme tarihleri

Denemede 2018-2019 yılları vejetasyon döneminde gerçekleşen bazı fenolojik gelişim aşamalarının tarihleri 1 Mayıs'tan itibaren kaydedilmiştir. Bunlardan Tane Tutumu (EL 27 aşaması) 06.06.2018 ve 15.06.2019 tarihlerinde kaydedilmiş ve iki yıl arasında 9 günlük bir fark olduğu görülmüştür. Benzer şekilde İri Koruk dönemi (EL 31 aşaması) 26.06.2018 ile 05.07.2019 tarihlerinde gerçekleşmiş ve aralarında 8 günlük bir fark oluşmuş; EL 35 döneminin ise (Ben Düşme) 25.07.2018 ile 03.08.2019 tarihlerinde gerçekleştiği ve 2019 yılında Ben Düşmenin 2018 yılından 9 gün daha geç gerçekleştiği belirlenmiştir. Uygulamaların olgunluk ve hasat (Eylül ayı ilk haftası) zamanına bir etkisi görülmemiştir.

Ortalama Ana Yaprak Alanı (cm²)

İki yıl (2018-2019) verileri incelendiğinde ortalama ana yaprak alanı üzerine DT istatistiki olarak p<0.05 seviyesinde önemli bulunmuştur. UT, YT ana etkilerinin ve UT x DT interaksyonunun istatistiki olarak önemli etkide bulunmadığı görülmüştür (Çizelge 1).

DT incelendiğinde İ (278.23 cm²) ve T (270.27 cm²) dönemlerinin birinci önem grubunda olduğu görülmüştür. Öte yandan B döneminin (255.98 cm²) son önem grubunda olduğu bulunmuştur. UT değerlendirildiğinde istatistiki olarak önemsiz bulunmuş ancak değerlerin 262.31 cm² ile 272.58 cm² arasında olduğu kaydedilmiştir. Çiçeklenme öncesi ve tane tutumunda farklı şekillerde yaprak alınan Sangiovese çeşidinde ana yaprak alanı değişimlerinin istatistiki olarak önemli bulunmadığı bulgusu (Intrieri ve ark., 2008) ile araştırma sonucu benzerdir. YT önemsiz bulunmuş, bu bulgunun yılın ana yaprak alanını değiştirmedini belirten Candar (2018) ile paralel olduğu görülmüştür.

Çizelge 1. Ortalama ana yaprak alanı üzerine farklı uygulamalar ve dönemlerinin etkileri
Table 1. Different applications and application periods effect on mean main leaf area

D	Yıl	Uygulamalar				Ana Etkiler	
		K	UA	YA	YA+UA	DT	YT
T	2018	286.2±12.7	252.2±11.1	260.6±18.9	264.5±19.3	270.3±5.3 ^a	
	2019	257.5±28.0	280.8±23.1	273.8±33.3	287.0±18.4		
	Ort.	271.9±7.9	266.7±1.9	267.2±7.4	275.8±1.4		
İ	2018	270.4±7.0	268.5±27.1	288.4±20.4	288.1±24.9	278.2±21.8 ^a	266.5±22.7 (2018)
	2019	291.4±43.6	252.7±12.5	271.5±76.1	294.9±66.7		
	Ort.	280.9±11.5	260.6±9.2	279.9±28.6	291.5±8.5		
B	2018	240.1±15.1	273.0±8.5	238.7±28.9	266.8±21.4	256.0±13.8 ^b	269.8±41.0 (2019)
	2019	251.3±42.1	247.2±34.8	302.4±49.4	228.1±23.2		
	Ort.	245.7±6.7	260.1±4.7	270.6±18.3	247.5±19.2		
UT		266.2±17.5	262.3±6.7	272.6±17.7	271.6±21.7		

Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grupların ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (UT: Uygulama Ana Etkisi, DT: Dönem Ana Etkisi, YT: Yıl Ana Etkisi).
DT p<0.05=9.870

Ortalama Koltuk Yaprak Alanı (cm²)

Ortalama koltuk yaprak alanına etkisi bakımından YT istatistiki olarak (p<0,05) önemli; ancak UT, DT ve UT x DT interaksiyonunun ise önemsiz olduğu görülmüştür (Şekil 1). YT incelendiğinde farklı dönemlerde yapılan yaprak ve uç alma uygulamaları sonucunda 2018 yılının 138.53 cm² değeriyle ön plana çıktığı görülmüştür. UT incelendiğinde rakamların birbirine çok yakın ve 129.85 cm² -131.44 cm² arasında olduğu tespit edilmiştir. DT bakımından; B (132.87 cm²), İ (130.08 cm²) ve T dönemi (128.76 cm²) olarak sıralandığı bulunmuştur.

Araştırma bulguları, Feng ve ark. (2015) yaprak alma ile koltuk sürgünleri büyümesi arttığından; yaprak alanları arasında istatistiki olarak bir fark oluşmadığı bulgusuyla benzerdir. Benzer şekilde bulgular Candar (2018) ile aynı doğrultudadır. Çiçeklenme öncesi ve tane tutumunda farklı şekillerde yaprak alınan Sangiovese çeşidinde koltuk yaprak alanı değişimlerinin istatistiki olarak önemli olduğu (Intrieri ve ark., 2008) bulgusu ile araştırma sonucu çelişmektedir. Bu farkın yaprak almaların yapılma zamanı ve yaprak alma şekliyle kaynaklanmış olacağı düşünülmüştür.

Omca Başına Ana Yaprak Alanı (m² omca⁻¹)

Omca başına ana yaprak alanı açısından incelendiğinde YT ve DT istatistiki olarak (p<0.05) önemli bulunmuştur. Ancak UT ve UT x DT interaksiyonunun istatistiki olarak önemli olmadığı görülmüştür (Çizelge 2).

YT incelendiğinde farklı dönemlerde yapılan yaprak ve uç alma uygulamaları sonucunda 2018 yılı (6.94 m² omca⁻¹), 2019 yılından (6.22 m² omca⁻¹) daha yüksek omca başına ana yaprak alanı değerine sahip olmuştur. Yapmış olduğu uygulamalarla ana yaprak alanlarının yıllar arasında değiştiğini belirten Candar (2018) ile benzer sonuç alınmıştır. DT açısından İ dönemi (7.24 m² omca⁻¹) birinci önem grubunda, B

(6.31 m² omca⁻¹) ve T (6.21 m² omca⁻¹) dönemlerinin ise son önem grubunda olduğu ortaya çıkmıştır. UT değerlerinin YA+UA (6,97 m² omca⁻¹) ile YA (6.15 m² omca⁻¹) arasında olduğu tespit edilmiştir. İri koruk döneminde el ve makineli yaprak alan Bubola ve ark. (2019)'nın, en yüksek ana yaprak alanının Kontrol uygulamasından elde ettikleri bulgusu ile deneme sonuçları benzerlik göstermektedir.

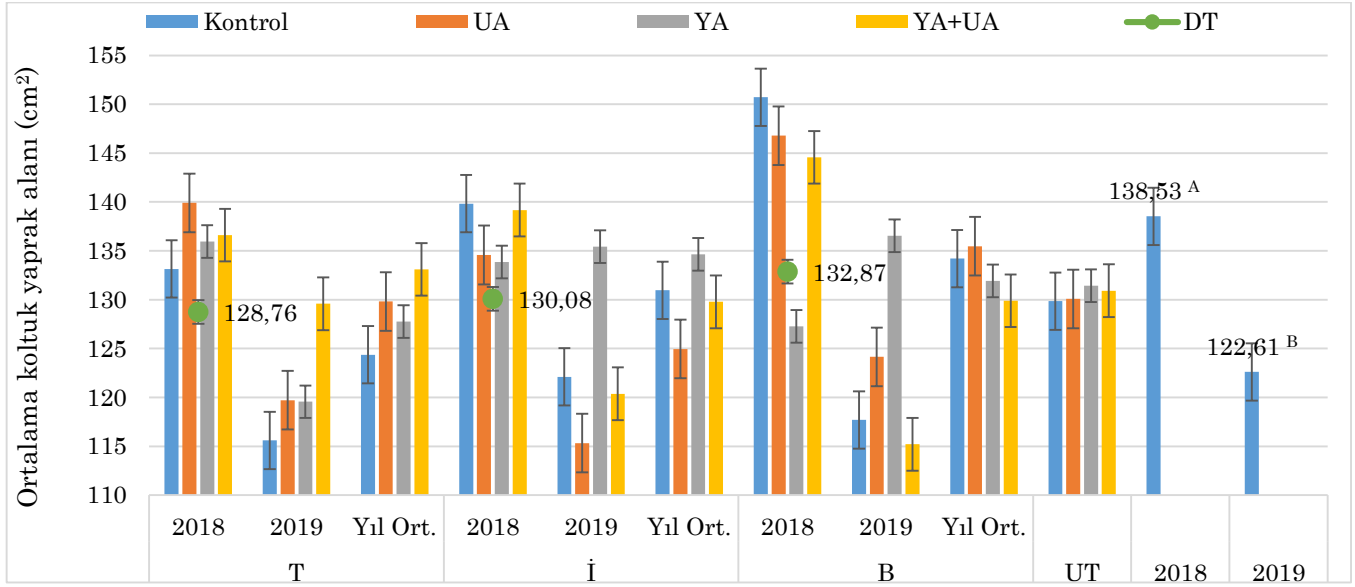
Omca Başına Koltuk Yaprak Alanı (m² omca⁻¹)

Omca başına koltuk yaprak alanı incelendiğinde YT istatistiki olarak p<0.05 seviyesinde önemli bulunmuştur. Ancak DT, UT ve UT x DT interaksiyonlarının ise istatistiki olarak önemli olmadığı görülmüştür (Şekil 2). YT incelendiğinde farklı dönemlerde yapılan yaprak ve uç alma uygulamaları sonucunda 2018 yılının 2019 yılından daha fazla yaprak alanına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu Candar (2018) ile aynı yöndedir. Dönem Ana Etkisi incelendiğinde İ dönemi (3.40 m² omca⁻¹), B dönemi (3.29 m² omca⁻¹) ve T (2.98 m² omca⁻¹) dönemi şeklinde sıralandığı görülmüştür. UT'ne göre 3.36 m² omca⁻¹ (YA+UA) ile 2.97 m² omca⁻¹ (YA) rakamsal değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir. Bubola ve ark., (2019), İri Koruk döneminde yaptıkları mekanik ve el ile yaprak almanın koltuk yaprak alanına etkisinin istatistiki olarak önemli olmadığı bulgusu ile aynı yönde sonuca varılmıştır.

Omca Başına Toplam Yaprak Alanı (m² omca⁻¹)

Omca başına toplam yaprak alanı bakımından YT ve DT istatistiki olarak p<0.05 seviyesinde önemli; UT ana etkisi ve UT x DT interaksiyonlarının önemli olmadığı görülmüştür (Çizelge 3).

YT incelendiğinde farklı dönemlerde yapılan yaprak ve uç alma uygulamaları sonucunda omca başına toplam yaprak alanı 2018 yılında (10.57 m² omca⁻¹); 2019 yılından (9.05 m² omca⁻¹) yüksek olduğu belirlenmiştir.

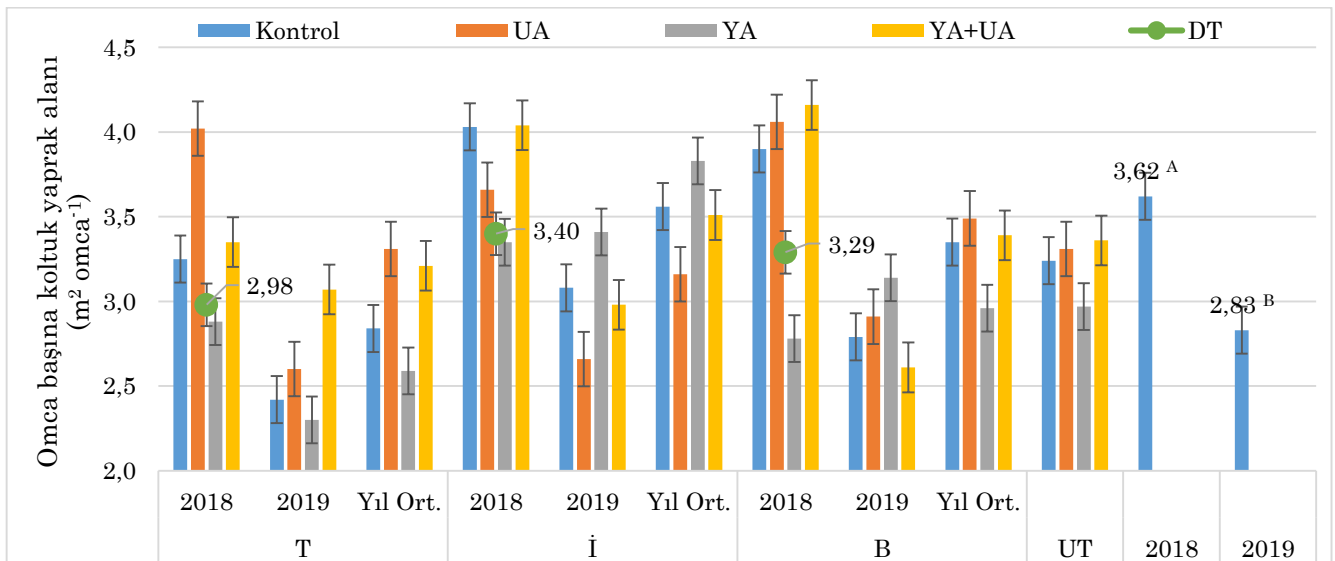


Şekil 1. Ortalama koltuk yaprak alanı üzerine farklı uygulamalar ve dönemlerinin etkileri
Figure 1. Different applications and application periods effect on mean lateral shoot leaf area
UT: Uygulama Ana Etkisi, DT: Dönem Ana Etkisi, YT: Yıl Ana Etkisi. YT p<0.05=10.075

Çizelge 2. Omca başına ana yaprak alanı üzerine farklı uygulamalar ve dönemlerinin etkileri
Table 2. Different applications and application periods effect on main leaf area per vine

D	Yıl	Uygulamalar				Ana Etkiler	
		K	UA	YA	YA+UA	DT	YT
T	2018	7.04±1.3	7.26±0.4	5.45±1.0	6.45±1.1	6.21±0.5 ^b	
	2019	5.31±1.0	6.11±1.0	5.27±0.3	6.82±1.1		
	Ort.	6.18±0.1	6.69±0.4	5.36±0.5	6.64±0.1		
İ	2018	7.67±1.2	7.28±1.6	7.24±0.1	8.29±0.8	7.24±0.8 ^a	6.94±1.3 ^A (2018)
	2019	7.38±1.2	5.79±1.5	6.85±1.6	7.38±2.3		
	Ort.	7.53±0.3	6.54±1.1	7.05±0.5	7.84±0.6		
B	2018	6.20±1.4	7.56±0.5	5.22±0.7	7.71±1.6	6.31±0.6 ^b	
	2019	5.86±1.9	5.86±1.6	6.92±1.0	5.15±1.2		
	Ort.	6.03±0.4	6.71±0.3	6.07±0.4	6.43±0.9		
UT		6.58±0.7	6.64±0.7	6.15±0.6	6.97±1.0		

Aynı sütunda farklı küçük ve aynı satırda büyük harfleri taşıyan grupların ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (UT: Uygulama Ana Etkisi, DT: Dönem Ana Etkisi, YT: Yıl Ana Etkisi). YT p<0.05=0.549, DT p<0.05=0.672



Şekil 2. Omca başına koltuk yaprak alanı üzerine farklı uygulamalar ve dönemlerinin etkileri
Figure 2. Different applications and application periods effect on lateral shoot leaf area per vine
UT: Uygulama Ana Etkisi, DT: Dönem Ana Etkisi, YT: Yıl Ana Etkisi. YT p<0.05=0.419

Çizelge 3. Omca başına toplam yaprak alanı üzerine farklı uygulamalar ve dönemlerinin etkileri
Table 3. Different applications and application periods effect on total leaf area per vine

D	Yıl	Uygulamalar				Ana Etkiler		
		K	UA	YA	YA+UA	DT	YT	
T	2018	10.28±1.6	11.28±0.6	8.33±1.8	9.80±1.8	9.19±0.7 ^b		
	2019	7.72±1.7	8.71±1.3	7.57±0.4	9.89±1.5			
	Ort.	9.00±0.1	10.00±0.6	7.95±0.8	9.85±0.2			
İ	2018	11.70±2.5	10.94±2.1	10.59±0.4	12.33±1.5	10.63±1.1 ^a	10.57±1.9 ^A (2018)	9.05±1.9 ^B (2019)
	2019	10.46±1.7	8.45±2.2	10.26±2.2	10.36±2.7			
	Ort.	11.08±0.6	9.70±1.5	10.43±0.8	11.35±0.9			
B	2018	10.10±2.3	11.62±0.6	8.00±0.6	11.87±2.1	9.60±0.8 ^{ab}		
	2019	8.65±2.8	8.77±1.9	10.06±0.7	7.76±1.7			
	Ort.	9.38±0.7	10.20±0.4	9.03±0.3	9.82±1.1			
UT		9.82±1.0	9.96±0.9	9.14±0.9	10.34±1.2			

Aynı sütunda farklı küçük ve aynı satırda büyük harfleri taşıyan grupların ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (UT: Uygulama Ana Etkisi, DT: Dönem Ana Etkisi, YT: Yıl Ana Etkisi). YT p<0.05=0.889, DT p<0.05=1.08

Yılın omca başına toplam yaprak alanını değiştirdiği bulgusu Candar (2018) ile aynı yönde olmuştur. DT incelendiğinde İ dönemi (10.63 m² omca⁻¹) birinci önem grubunda, B (9.60 m² omca⁻¹) dönemi ikinci önem grubunda ve T (9.19 m² omca⁻¹) döneminin ise son önem grubunda olduğu kaydedilmiştir. Sauvignon-Blanc üzüm çeşidinde taneler bezelye iriliğinde yapılan yaprak alma uygulaması sonucunda yaprak alanında önemli bir artış saptanmıştır (Würz ve ark., 2018). Araştırma bulgularının; yaprak alma uygulamasının kanopideki toplam yaprak alanını kontrole nazaran %6 oranında azalttığı ve bu azalmanın %26 oranında olduğunu belirten Anic ve ark. (2021) bulgusuyla paralel olduğu bulunmuştur. Grenache üzüm çeşidinde Tane tutumunu takiben son salkımdan sonraki boğumdan yapılan kesme ile derin (bir kez) ve Tane tutumu+Ben düşme döneminde (iki kez) aynı seviyeden yapılan uç almanın tek uygulamada %26-%58, çift uygulamada %77-%92 omca başına toplam yaprak alanını azalttığı bulgusu; uç alma ile omca başına toplam yaprak alanında azalma olduğu ancak bunun istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (De Toda & Balda, 2013). Bu farkın uç alma derinliğinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Dekara Verim (kg da⁻¹)

Dekara verime uygulama dönemleri ve uygulamaların etkileri bakımından sadece Yıl Ana Etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu; diğer ana etki ve interaksyonlarının önemli olmadığı ortaya konmuştur (Şekil 3). Bunun yıllar arasındaki iklim faktörlerinden (sıcaklık, yağış, nem, vb.) kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. YT açısından incelendiğinde; farklı dönemlerde yapılan yaprak ve uç alma uygulamaları sonucunda 2018 yılında 4616.06 kg da⁻¹ verim ve 2019 yılında ise 2586.70 kg da⁻¹ verim alındığı belirlenmiştir. Bunun sebebinin 2019 yılında daha az yağış (2018 yılı 675 mm yağış ve 2019 yılı 335 mm yağış) ve daha yoğun hastalıklar (*Uncinula necator*, *Plasmopara viticola*, *Botrytis* sp.) görülmesi ve

ilaçlamaların geç kalmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür (Korkutal ve ark., 2021).

Türker & Dardeniz (2014), koltuk almanın Cardinal ve Amasya Beyazı çeşitlerinde verim artışı yaratmadığı; Yalova İncisi, Yalova Çekirdeksizi, Ata Sarısı ve Kozak Beyazı çeşitlerinde verimi azalttığı; Korkutal ve ark. (2018) da Merlot çeşidinde uç almanın verimi azalttığını ifade etmişlerdir. Ayrıca yaprak alanı ile verim arasında pozitif bir ilişki olduğu Di Lorenzo & Pisciotta (2019) tarafından belirtilmiştir. Araştırmacıların bulgularıyla sonuçlar çelişmektedir. Bunun çeşit ve konum farkından kaynaklandığı düşünülmüştür. Ayrıca Würz ve ark., (2018) Sauvignon-Blanc çeşidinde taneler saçma ve bezelye iriliğinde iken yaprak alma ile verim artışı görüldüğü bulgusu ile araştırma bulguları çelişmektedir. Bunun da yaprak alma zamanları farkından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Sonuçlar; Tane Tutumu dönemi ve hemen sonrasında yapılan yaprak almanın verim bileşenlerini etkilemediği (Bubola ve ark., 2019; Anic ve ark., 2021) bulgusuyla benzerdir. Stefanovic ve ark., (2021) Tane Tutumundan hemen sonra (erken) yaprak aldıklarında verimin Ben Düşme başlangıcında (geç) gerçekleştirilen yaprak almaya oranla %9 düşürdüğünü bildirmişlerdir. Bu araştırmada ise %14 oranında verim düşüklüğü olduğu hesaplanmıştır. Bu bulgunun araştırmacıların sonuçları ile aynı yönde olduğu kaydedilmiştir.

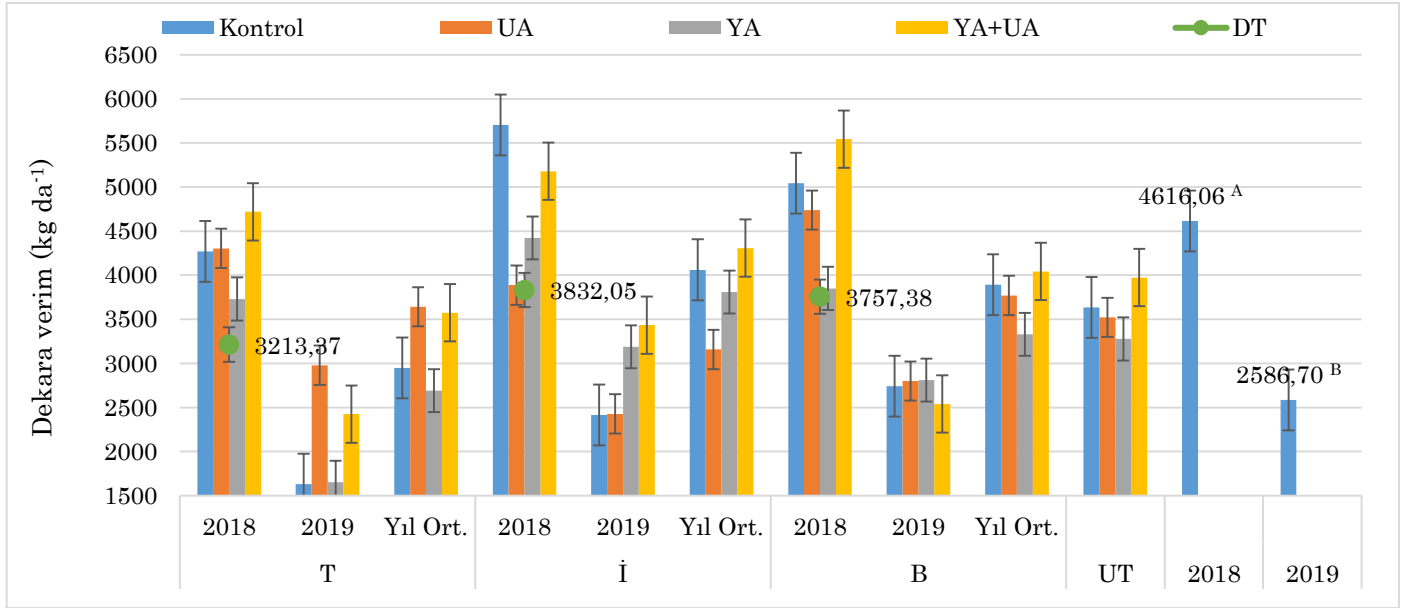
Bir Kilogram Üzüm Düşen Gerçek Yaprak Alanı (m² kg⁻¹)

Bir kilogram üzüm düşen gerçek yaprak alanına Yıl Ana Etkisi istatistiki olarak p<0.05 seviyesinde önemli etkide; UT, DT ve UT x DT interaksyonlarının etkisinin önemli olmadığı görülmüştür (Şekil 4).

YT incelendiğinde farklı dönemlerde yapılan yaprak ve uç alma uygulamaları sonucunda bir kilogram üzüm düşen gerçek yaprak alanı 2019 yılında 1.04 m² kg⁻¹ ve 2018 yılında 0.64 m² kg⁻¹ olmuştur. UT bakımından Kontrol (0.89 m² kg⁻¹)'ün rakamsal olarak yüksek

değer aldığı görülmüştür. Uç Alma (0.81 m² kg⁻¹) rakamsal olarak bir kilogram üzüm düşen gerçek yaprak alanını düşürmüştür. Dönemler incelendiğinde sırasıyla T 0.91 m² kg⁻¹, İ 0.85 m² kg⁻¹ ve B dönemi 0.74 m² kg⁻¹ değerine sahip olmuştur. Kliewer & Dokoozlian (2005) tek yüzeyli-kanopiye sahip sistemlerde yaprak alanı/verim oranının 0.8-1.2 m² kg⁻¹ olduğunu; yatay bölünmüş kanopilerde ise bu oranı 0.5-0.8 m² kg⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Büyük T terbiye sistemine sahip bu bağda tüm uygulama zamanları ve uygulamalar için elde edilmiş olan değerler Kliewer &

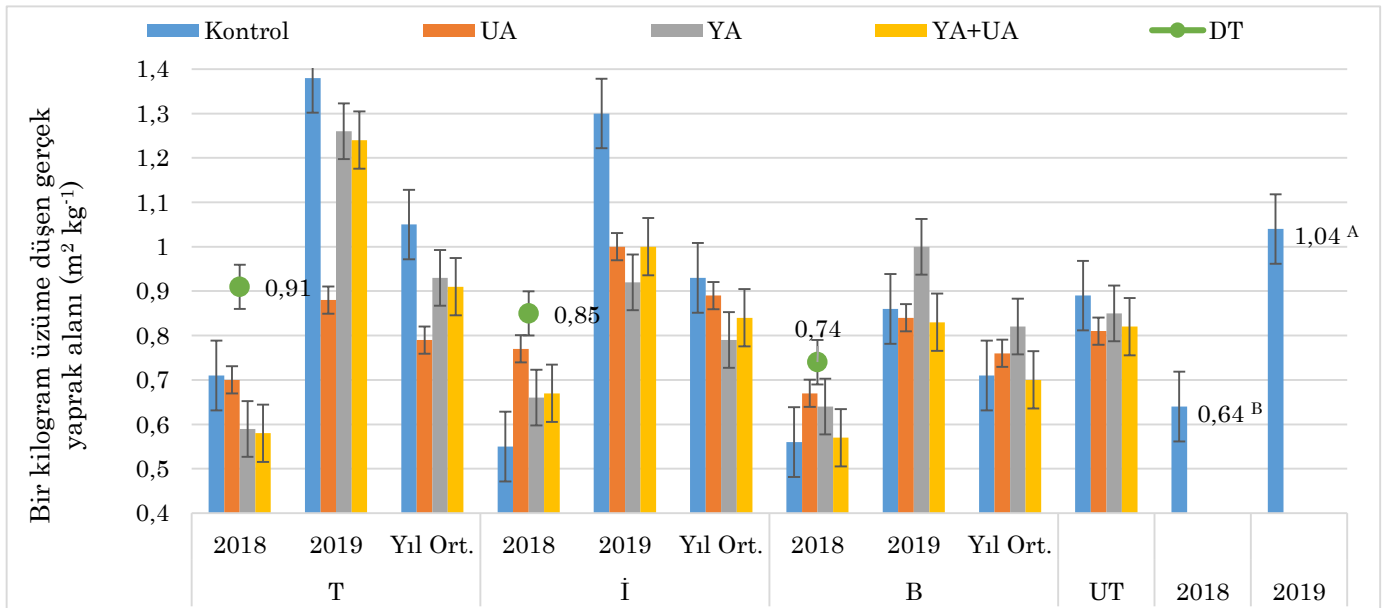
Dokoozlian (2005) tarafından belirlenen aralığa uygundur ve istatistiki olarak aralarında bir fark belirlenmemiştir. Ayrıca De Toda & Balda (2013) Grenache üzüm çeşidinde Tane Tutumundan sonra son salkımın üzerindeki boğumdan derin (tek uygulama) ve Tane Tutumu+Ben Düşme döneminde iki derin uç alma yapmışlar ve yaprak alanı / verim oranı sırasıyla 0.50-0.80 m² kg⁻¹ ve 0.15 m² kg⁻¹ olmuştur. Bu verilerin araştırma verilerinden oldukça düşük olduğu, bunun da tekrarlamalı uygulamadan kaynaklandığı düşünülmüştür.



Şekil 3. Dekara verim üzerine farklı uygulamalar ve dönemlerinin etkileri

Figure 3. Different applications and application periods effect on yield per decare

UT: Uygulama Ana Etkisi, DT: Dönem Ana Etkisi, YT: Yıl Ana Etkisi. YT p<0.05=2.030



Şekil 4. Bir kilogram üzüm düşen gerçek yaprak alanı üzerine farklı uygulamalar ve dönemlerinin etkileri

Figure 4. Different applications and application periods effect on leaf area per kilogram grape

UT: Uygulama Ana Etkisi, DT: Dönem Ana Etkisi, YT: Yıl Ana Etkisi. YT p<0.05=0.137

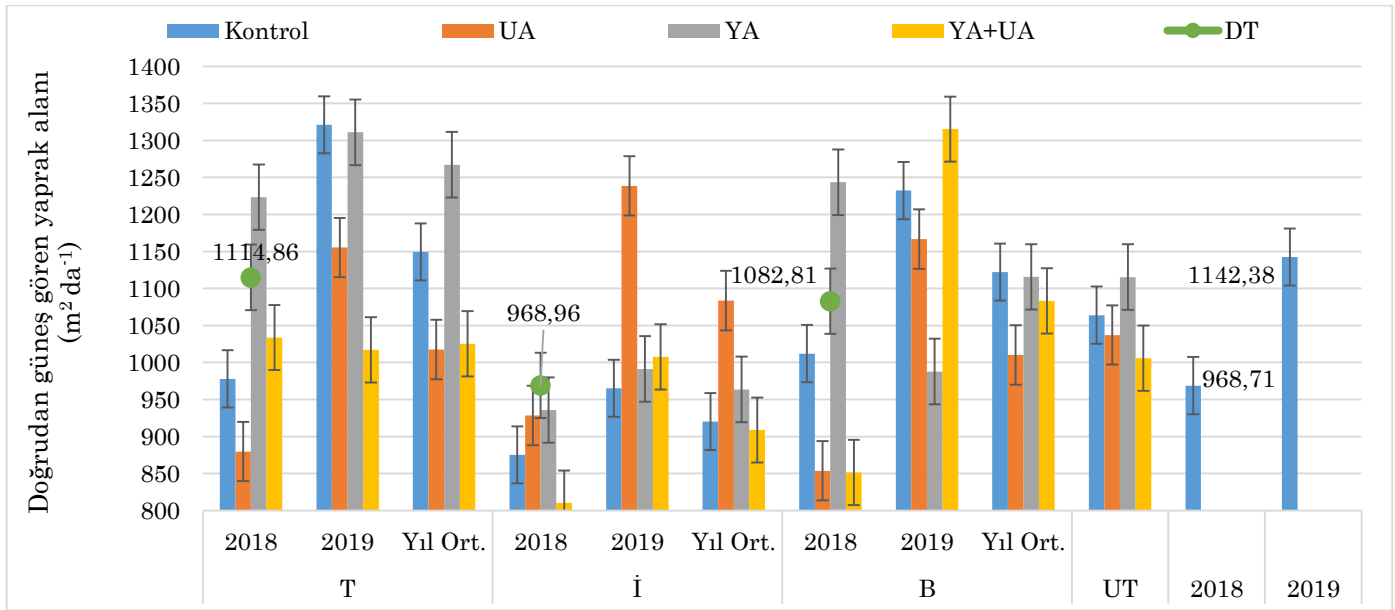
Doğrudan Güneş Gören Yaprak Alanı (m² da⁻¹)

Doğrudan güneş gören yaprak alanına yapılan tüm uygulama ve ana etkilerin istatistiki olarak önemli olmadığı saptanmıştır (Şekil 5). Bilindiği üzere doğrudan güneş gören yaprak alanı asmanın fotosentez kapasitesini belirlemektedir (Carbonneau, 1980). Diğer faktörler omca gelişimini kısıtlamadığında; toplam yaprak alanı ve doğrudan güneş gören yaprak alanı yüzdesi omcanın üzümlü olgunlaştırma kabiliyetini belirlediği Kliewer & Dokoozlian (2005) tarafından belirtilmiştir. İstatistiki olarak önemli olmamakla beraber YA uygulamasının doğrudan güneş gören yaprak alanına pozitif etkide

bulunduğu görülmüştür. Uygulama dönemlerinin etkileri ve yıllar arasında istatistiki olarak bir fark oluşmamıştır. Yıllar arasında bir farkın oluşmadığı bulgusu Candar (2018) ile benzerdir.

Bir Kilogram Üzüm Düşen Güneş Gören Yaprak Alanı (m² kg⁻¹)

Bir kilogram üzüm düşen güneş gören yaprak alanı incelendiğinde YT ve DT istatistiki olarak p<0.05 seviyesinde önemli bulunmuştur. Ancak UT ve UT x DT interaksiyonlarının istatistiki olarak önemli olmadığı görülmüştür (Çizelge 4).



Şekil 5. Doğrudan güneş gören yaprak alanı üzerine farklı uygulamalar ve dönemlerinin etkileri
Figure 5. Different applications and application periods effect on leaf area exposed to the sunlight (UT: Uygulama Ana Etkisi, DT: Dönem Ana Etkisi, YT: Yıl Ana Etkisi) Ö.D. (Önemli Değil)

Çizelge 4. Bir kilogram üzüm düşen güneş gören yaprak alanı üzerine farklı uygulamalar ve dönemlerinin etkileri
Table 4. Different applications and application periods effect on sun-exposed leaf area per one kilogram grape

D	Yıl	Uygulamalar				Ana Etkiler	
		K	UA	YA	YA+UA	DT	YT
T	2018	0.38±1.2	0.34±0.2	0.39±0.4	0.32±0.9		
	2019	0.93±0.3	0.53±0.8	0.91±0.2	0.66±0.7	0.55±0.4 ^a	
	Ort.	0.66±0.5	0.44±0.3	0.65±0.1	0.49±0.4		
İ	2018	0.26±0.5	0.40±0.8	0.34±0.6	0.30±1.2		
	2019	0.65±0.6	0.71±0.7	0.51±1.0	0.54±1.6	0.46±0.4 ^b	0.33±0.9 ^B (2018)
	Ort.	0.46±0.2	0.56±0.3	0.43±0.2	0.42±0.2		0.63±0.7 ^A (2019)
B	2018	0.32±1.3	0.31±0.6	0.43±1.3	0.27±0.9		
	2019	0.53±0.3	0.53±0.4	0.54±0.5	0.58±0.3	0.43±0.4 ^b	
	Ort.	0.43±0.3	0.42±0.1	0.49±0.4	0.43±0.4		
UT		0.51±0.4	0.47±0.2	0.52±0.3	0.45±0.4		

Aynı sütunda farklı küçük ve aynı satırda büyük harfleri taşıyan grupların ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (UT: Uygulama Ana Etkisi, DT: Dönem Ana Etkisi, YT: Yıl Ana Etkisi). YT p<0.05=0.065; DT p<0.05=0.080

YT incelendiğinde farklı dönemlerde yapılan yaprak ve uç alma uygulamaları sonucunda 2019 yılının bir kilogram üzüm düşen güneş gören yaprak alanı, 2018 yılından daha yüksek olduğu ve iki farklı önem grubu

oluşturduğu belirlenmiştir. DT açısından T dönemi (0.55 m² kg⁻¹) birinci önem grubunda, İ (0.46 m² kg⁻¹) ve B (0.43 m² kg⁻¹) dönemleri ise son önem grubunda olduğu ortaya çıkmıştır. Araştırma bulguları Korkutal

ve ark. (2018), farklı yaprak alma uygulamalarının bir kilogram üzüme düşen güneş gören yaprak alanını etkilemediği bulgusu ile benzerlik içindedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada; Michele Palieri üzüm çeşidinde, farklı Yaprak Alma ve Uç Alma uygulamaları yapılmıştır. Vejetasyon periyodu boyunca Tane Tutumu, İri Koruk ve Ben Düşme dönemlerinde bu uygulamalar gerçekleştirilerek; yaprak alanı üzerine etkileri incelenmiştir.

Yapılan yaprak alma ve uç alma uygulamalarının yaprak özelliklerine etkileri istatistik olarak önemli bulunmamıştır. Ancak YA uygulaması; ortalama ana yaprak alanı, koltuk yaprak alanı, doğrudan güneş gören yaprak alanı ve bir kilogram üzüme düşen doğrudan güneş gören yaprak alanı kriterlerini artırma yönünde etkide bulunmuştur. Öte yandan YA+UA uygulaması; omca başına ana yaprak alanı, omca başına koltuk yaprak alanı, omca başına toplam yaprak alanı ve verim kriterlerini diğer uygulamalara kıyasla yükseltmiştir.

Uygulama dönemlerinin yaprak özelliklerine etkileri açısından İri Koruk dönemi; ortalama ana yaprak alanı, omca başına ana yaprak alanı ve omca başına toplam yaprak alanını en çok artıran dönem olarak belirlenmiştir. Tane Tutumu döneminde yapılan uygulamalar ise; ortalama ana yaprak alanı ve bir kilogram üzüme düşen doğrudan güneş gören yaprak alanı kriterlerini etkilemiştir.

Verim açısından uygulamaların ve uygulama dönemlerinin etkisi olmadığı belirlenmiştir. Ancak yıllar arasında önemli fark görülmüş, bunun da hastalık ve yıllık yağış miktarı ile ilişkili olduğu düşünülmüştür.

Sonuç olarak; Tekirdağ ilinde, yüksek kollu T terbiye şekli verilmiş olan Michele Palieri üzüm çeşidinde İri Koruk döneminde YA ve YA+UA uygulamalarının yaprak özelliklerini iyileştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

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

Anic, M., Osreckak, M., Andabaka, Z., Tomaz, I., Vecenaj, Z., Jelic, D., Kozina, B., Karaoglan Kontic, J., & Karaoglan M 2021. The Effect of Leaf Removal on Canopy Microclimate, Vine Performance and Grape Phenolic Composition of Merlot (*Vitis vinifera* L.) Grapes in the Continental Part of Croatia. *Scientia Hort* 285, 110161.

- Bakhsh, A., Akhtar, A., Hussain, F., & Ahmed S 2021. Impact of Fruit Zone Leaf Removal on Fruit Quality and Yield of King's Ruby Grapes (*Vitis vinifera* L.). *Sarhad J of Agric* 37(3), 774-780.
- Bubola, M., Lukic, I., Radeka, S., Sivilotti, P., Grozic, K., Vanzo, A., & Lisjak K 2019. Enhancement of Istrian Malvasia Wine Aroma and Hydroxycinnamate Composition by Hand and Mechanical Leaf Removal. *J Sci Food Agric* 99(2), 904-914.
- Bucur GM 2021. Research on Some Methods of Canopy Management to Mitigate the Effects of Climate Warming at Grapevine. *Scientific Papers Series B Horticulture* 6(1), 305-310.
- Candar S 2018. Farklı Taç Mikroklimalarının Merlot (*Vitis vinifera* L.) Üzüm Çeşidine Ait Asmalarda Fizyolojik Faaliyetler ve Kalite Üzerine Etkileri. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi. Tekirdağ 451s.
- Candar, S., Açıkbaş, B., Korkutal, İ., & Bahar E 2021. Trakya Bölgesi Şaraplık Üzüm Çeşitlerinde Kısıntılı Sulama Uygulamalarının Yaprak ve Stoma Morfolojik Özelliklerine Etkileri. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 24(4), 766-776.
- Carbonneau A 1980. Recherche Sur Les Systèmes De Conduite De La Vigne, Essai De Maîtrise Du Microclimat Et De La Plante Entière Pour Produire Économiquement Du Raisin De Qualité. Thèse Université Bordeaux 2, Lavoisier, Payot Ed. 240p.
- Carbonneau A 1983. Methodes de Mesure Simple de la Surface Foliaire Exposee par Hectare, Element Determinant du Systeme de Conduite de la Vigne. *Connaissance Vigne Vin* 17(4), 281-285.
- Cirkovic, D., Matijasevic, S., Cirkovic, B., Laketic, D., Jovanovic, Z., Kostic, B., Beslic, Z., Sredojevic, M., Tesic, Z., Banjanac, T., & Gasic U 2022. Influence of Different Defoliation Timings on Quality and Phenolic Composition of the Wines Produced from the Serbian Autochthonous Variety Prokupac (*Vitis vinifera* L.). *Horticulturae* 8(4), 296.
- Da Silva, DQ., Aguiar, AS., Dos Santos, FN., Sousa, AJ., Rabino, D., Biddoccu, M., Bagagiolo, G., & Delmastro M 2021. Measuring Canopy Geometric Structure Using Optical Sensors Mounted on Terrestrial Vehicles, A Case Study in Vineyards. *Agriculture* 11, 208.
- Dayer, S., Murcia, G., Prieto, JA., Duran, M., Martinez, L., Piccoli, P., & Pena JP 2021. Non-structural Carbohydrates and Sugar Export in Grapevine Leaves Exposed to Different Light Regimes. *Physiologia Plantarum* 171, 728-738.
- De Toda, FM., & Balda P 2013. Delaying Berry Ripening Through Manipulating Leaf Area to Fruit Ratio. *Vitis* 52(4), 171-176.
- Di Lorenzo, R., & Pisciotta A 2019. Combined Influence of Bud Load and Bud Position Along the Cane on Vegetative and Reproductive Parameters

- of Grape cv. Grillo. *BIO Web of Conferences* 13, 04012.
- Ferlito, F., Allegra, M., Torrisini, B., Pappalardo, H., Gentile, A., La Malfa, S., Continella, A., Stagno, F., & Nicolosi E 2020. Early Defoliation Effects on Water Status, Fruit Yield and Must Quality of Nerello Mascalese Grapes. *Scientia Agricola* 77.
- Filippetti, I., Allegro, O., Movahed, N., Pastore, C., Valentini, G., & Intrieri C 2011. Effects of Late Season Source Limitation by Trimming and Antitranspirants Canopy Spray on Grape Composition During Ripening in *Vitis vinifera* cv. Sangiovese. Proceedings 17th International Symposium GiESCO, August 29-September 2 2011, Asti - Alba (CN), Italy, 259-262.
- Gomez del Campo, M., Ruiz, C., & Lisarrague JR 2002. Effect of Water Stress on Leaf Area Development, Photosynthesis, and Productivity in Chardonnay and Airén Grapevines. *Amer J Enol Vitic* 53, 138-143.
- Grantz, DA., & Williams LE 1993. An Empirical Protocol for Indirect Measurement of Leaf Area Index in Grape (*Vitis vinifera* L.). *HortScience* 28(8), 777-779.
- Guidoni, S., Oggero, G., Cravero, S., Rabino, M., Cravero, MC., & Balsari P 2008. Manual and Mechanical Leaf Removal in the Bunch Zone (*Vitis vinifera* L., cv Barbera), Effects on Berry Composition, Health, Yield and Wine Quality, in a Warm Temperate Area. *J Int Sci Vigne Vin* 42(1), 49-58.
- Hickey, CC., & Wolf TK 2019. Intensive Fruit-zone Leaf Thinning Increases *Vitis vinifera* L. 'Cabernet Sauvignon' Berry Temperature and Berry Phenolics without Adversely Affecting Berry Anthocyanins in Virginia. *HortScience* 54(7), 1181-1189.
- Intrieri, C., Filippetti, I., Allegro, G., Centinari, M., & Poni S 2008. Early Defoliation (hand vs mechanical) for Improved Crop Control and Grape Composition in Sangiovese (*Vitis vinifera* L.). *Aust J Grape and Wine Res* 14, 25-32.
- Irimia, L., & Tardea C 2006. The Exposable Leaf Area and the Leaf Index, which Characterize the Grapevine Training Systems in the Averești Wine-Growing Centre, Huși Vineyard. *Agron Res in Moldavia J* 3(127), 41-46.
- Kliwer WM 1980. Vineyard Canopy Management-a Review. In, Webb, A.D. (ed.) Production Grape and Wine Centennial Symposium, 342-352, 18-21 June 1980, Davis, California.
- Kliwer, WM., & Dokoozlian NK 2005. Leaf Area/Crop Weight Ratios of Grapevines, Influence on Fruit Composition and Wine Quality. *Amer J Enol Vitic* 56(2), 170-181.
- Korkutal, İ., Bahar, E., & Bayram S 2018. Farklı Toprak İşleme ve Yaprak Alma Uygulamalarının Syrah Üzüm Çeşidinde, Sürgün ve Yaprak Özellikleri ile Su Stresi Üzerine Etkileri. *J Tekirdag Agric Fac* 15(1), 1-13.
- Korkutal, İ., Bahar, E., & Zinni A 2021. Farklı Zamanlarda Yapılan Yaprak Alma ve Uç Alma Uygulamalarının Üzümde Salkım Özellikleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniv Zir Derg* 18(2), 157-164.
- Kraft A 1995. Flächenberechnung Einer SW-Grafik Flaeche Packing Programme.
- Lopes, C., & Pinto PA 2005. Easy and Accurate Estimation of Grapevine Leaf Area with Simple Mathematical Models. *Vitis* 44, 55-61.
- Lorenz, D., Eichhorn, KW., Bleiholder, H., Klose, R., Meier, U., & Weber E 1995. Phenological Growth Stages of the Grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*) Codes and Descriptions According to the Extended BBCH Scale. *Aust J Grape and Wine Res* 1, 100-110.
- Nagy, A., Sardy, DN., Ladanyi, M., Bodor, P., Fazekas, I., Somogyi, E., & Baló B 2021. Effect of Early Leaf Removal and Vineyard Characteristics on Zweigelt Grapevines (*Vitis vinifera* L.) in Different Sites. *Mitteilungen Klosterneuburg* 71, 156-169.
- Palliotti, A., Tombesi, S., Silvestroni, O., Lanari, V., Gatti, M., & Poni S 2014. Changes in Vineyard Establishment and Canopy Management Urged by Earlier Climate-related Grape Ripening, A Review. *Scientia Horticulturae* 178, 43-54.
- Prior B 2010, Qualitätsorientierte Traubenproduktion für die Fassweinvermarktung aus Sicht der Anbautechnik. Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Rheinhessen-Nahe-Hunsrück, 99-103.
- Risco, D., Perez, D., Yeves, A., Castel, JR., & Intrigliolo DS 2014. Early Defoliation in a Temperate Warm and Semiarid Tempranillo Vineyard, Vine Performance and Grape Composition. *Aust J Grape Wine Res* 20, 111-122.
- Sanchez-de-Miguel, P., Baeza, P., Junquera, P., & Lissarrague JR 2010. Chapter, 3 Vegetative Development, Total Leaf Area and Surface Area Indexes. S. Delrot et al. (eds.) Methodologies and Results in Grapevine Research. Springer, Dordrecht, Switzerland, 448 p.
- Schultz HR 1993. Photosynthesis of Sun and Shade Leaves Offield-grown Grapevine (*Vitis vinifera* L.) and Relation to Leaf Age. Suitability of the Plastochron Concept for the Expression of Physiological Age. *Vitis* 32, 197-205.
- Schultz HR 1995. Grape Canopy Structure, Light Microclimate and Photosynthesis. I. A Two dimensional Model of the Spatial Distribution of Surface Area Densities and Leaf Ages in Two Canopy Systems. *Vitis* 34, 211-215.
- Smart, RE., Robinson, JB., Due, GR., & Brian CJ 1985. Canopy Microclimate Modificassion for the Cultivar Shiraz. II. Effects on Must and Wine Composition. *Vitis* 24, 119-128.

- Stefanovic, D., Nikolic, N., Kostic, L., Todic, S., & Nikolic M 2021. Early Leaf Removal Increases Berry and Wine Phenolics in Cabernet Sauvignon Grown in Eastern Serbia. *Agronomy 11*, 238.
- Stoll, M., Scheidweiler, M., Lafontaine, M., & Schultz HR 2009. Possibilities to Reduce the Velocity of Berry Maturation Through Various Leaf Area to Fruit Ratio Modifications in *Vitis vinifera* L. Riesling. *Prog Agric Vitic 127*, 68-71.
- Türker, L., & Dardeniz A 2014. Sofralık Üzüm Çeşitlerinde Farklı Düzeylerdeki Koltuk Alma Uygulamalarının Verim ve Kalite Özellikleri Üzerindeki Etkileri. *Çanakkale Onsekizmart Üniv Zir Fak Derg 2(2)*, 73-82.
- Weraduwage, SM., Chen, J., Anozie, FC., Morales, A., Weise, SE., & Sharkey TD 2015. The Relationship Between Leaf Area Growth and Biomass Accumulation in *Arabidopsis thaliana*. *Frontiers in Plant Science 6(167)*, 1-21.
- Würz, DA., Allebrandt, R., Marcon Filho, JL., Bem, BPD., Brighenti, AF., Rufato, L., & Kretschmar AA 2018. Leaf Removal Timing and its Influence on Wine Grape Performance Sauvignon Blanc in High Altitude Region. *Revista de Ciencias Agroveterinarias 17(1)*, 91-99.
- Yue, X., Ju, Y., Tang, Z., Zhao, Y., Jiao, X., & Zhang Z 2019. Effects of the Severity and Timing of Basal Leaf Removal on the Amino Acids Profiles of Sauvignon Blanc Grapes and Wines. *J Integrative Agric 18(9)*, 2052-2062.



Ekim Zamanlarının Şeker Mısır (*Zea Mays Sacchararata Sturt.*) Çeşitlerinde Bazı Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi

Sevda KILINÇ^{1*}, Şehmus ATAKUL², Şerif KAHRAMAN³, Hüsnü AKTAŞ⁴, İrfan ERDEMCI⁵, İsmail GÜL⁶
^{1,2,3,5}GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi, Diyarbakır, Türkiye, ⁴Mardin Artuklu Üniversitesi Kızıltepe Meslek Yüksek Okulu, Mardin, Türkiye, ⁶Kilis 7 Aralık Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Kilis, Türkiye
¹<https://orcid.org/0000-0003-2450-3190>, ²<https://orcid.org/0000-0003-0364-4234>, ³<https://orcid.org/0000-0003-1160-0792>
⁴<https://orcid.org/0000-0001-6943-2109>, ⁵<https://orcid.org/0000-0002-3066-410X>, ⁶<https://orcid.org/0000-0003-0558-9240>
✉: sevda.kilinc@tarimorman.gov.tr

ÖZET

Bu çalışma, farklı ekim zamanının şeker mısırı (*Zea mays sacchararata sturt*) çeşitlerinde tane verimi ve kalite özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla, 2010-2012 yılları arasında Diyarbakır'da yürütülmüştür. Denemeler tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemelerde, ana parselleri ekim zamanı, alt parselleri ise çeşitler oluşturmuştur. Çalışma 8 farklı ekim zamanı (1 Nisan, 15 Nisan, 1 Mayıs, 15 Mayıs, 1 Haziran, 15 Haziran, 1 Temmuz, 15 Temmuz) ve 5 şeker mısırı çeşidi (Merit, Jübile, Lumina, Vega ve Sakarya Kompozit) kullanılarak yürütülmüştür. Üç yıllık sonuçlara göre en yüksek taze tane verimi (963.9kg da⁻¹) Vega çeşidinin 15 Nisan ve 1 Mayıs ekimlerinden elde edilmiştir. Suda çözünür kuru madde yönünden değerlendirildiğinde Vega çeşidinin şeker oranı yüksek, Sakarya Kompozit çeşidinin ise düşük olduğu belirlenmiştir. Tüketici talepleri bakımından önemli bir parametre olan *b(sarılık) değerinin en yüksek olduğu çeşit Lumina'dır. Diyarbakır koşullarında taze tane üretimi ve bazı kalite kriterleri dikkate alındığında şeker mısırı yetiştiriciliği için en uygun ekim zamanının 15 Nisan-01 Mayıs en uygun çeşidin ise Vega çeşidi olduğu belirlenmiştir.

Tarla Bitkileri

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 28.12.2021
Kabul Tarihi : 14.08.2022

Anahtar Kelimeler

Şeker mısır
Ekim zamanı
Çeşit
Tane verimi
Kalite

The Effect of Sowing Times on Some Yield and Quality Characteristics of Sweet Corn (*Zea Mays Sacchararata Sturt.*) Varieties

ABSTRACT

This study was carried out to determine the effect of different sowing times on grain yield and quality characteristics of sweet corn (*Zea mays sacchararata sturt*) cultivars in Diyarbakır between the years of 2010-2012. The experiment laid out in a randomized complete block design of split-plot restriction with three replications. The planting dates, (April 1- April 15 - May 1- May 15- June 1- June 15 - July 1-July 15) were designed in the main plots and sweet corn cultivars (Merit, Jübile, Lumina, Vega and Sakarya Composite) were included in subplots. According to the three year results, the highest fresh grain yield (963.9kg da⁻¹) was obtained from April 15 and May 1 sowing of Vega variety. When evaluated in terms of water-soluble dry matter, it was determined that the sugar content of Vega variety is high, while the Sakarya Composite variety is low. The variety with the highest *b (yellowness) value, which is an important parameter in terms of consumer demands, is Lumina. Considering the fresh grain production and some quality criteria in Diyarbakır conditions, it was determined that the most suitable planting time for sugar corn cultivation was April 15 May 01, and the most suitable variety was Vega variety

Field Crops

Research Article

Article History

Received : 28.12.2021
Accepted : 14.08.2022

Keywords

Sweet Corn
Sowing time
Variety
Grain yield
Quality

Atf Şekli: Kılınç,S., Atakul,Ş., Kahraman, Ş., Aktaş,H., Erdemci, İ., & Gül, İ.(2023) Ekim Zamanlarının Şeker Mısır (*Zea Mays Sacchararata Sturt.*) Çeşitlerinde Bazı Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 26 (2), 282-292. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1049530>

To Cite : Kılınç,S., Atakul,Ş., Kahraman, Ş., Aktaş,H., Erdemci, İ., & Gül, İ (2023). The Effect of Sowing Times on Some Yield and Quality Characteristics of Sweet Corn (*Zea Mays Sacchararata Sturt.*) Varieties. *KSU J. Agric Nat* 26(2), 282-292. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1049530>

GİRİŞ

Önemli C4 bitkilerinden olan mısır geniş adaptasyon özelliği sayesinde farklı coğrafyalarda geniş ölçüde ekilen en çok ekilen bitkilerden birisidir. At dişi, cin, kavuzlu, mumlu, sert, şeker ve unlu mısır olmak üzere toplam 7 grupta incelenen mısır grupları arasında en yaygın yetiştiriciliği yapılanları sert ve at dişi mısır gruplarıdır. Bunları şeker mısır ve cin mısır takip etmektedir. Mısır, dünyada pirinç ve buğdaydan sonra en önemli tahıl ürünüdür. Türkiye’de en yüksek üretim miktarına sahip olan tahılların başında buğday ve mısır gelmektedir. ABD, Çin ve Brezilya mısır üretimi konusunda başta gelen ülkelerdendir. Fransa, Macaristan, Tayland ve ABD tatlı mısır bazı ürünlerin başlıca ihracatçılarıdır. Japonya, İngiltere, Almanya, Belçika, Çin, Rusya Federasyonu ve İspanya gibi ülkeler ise önde gelen ithalatçılarıdır (Mehta ve ark., 2017). Tatlı mısır talebi, özellikle kentleşme, artan tüketim ve organize gıda işleme endüstrilerinin varlığı nedeniyle son birkaç yılda muazzam bir şekilde artış göstermiştir (Lertrat & Pulam, 2007).

Diğer mısır türlerine bitki gelişmesi ve koçan yapısı bakımından benzerlik gösteren şeker mısır süt olum döneminde endospermde yüksek oranda şeker bulundurmaktadır. Mısır grupları içerisinde en iri embriyo şeker mısırdaki bulunduğu için yağ ve protein oranı yüksektir. Hasadı süt olum zamanında yapılan şeker mısırın besin değeri oldukça yüksek olup (Öktem&Öktem., 2006; Kılınç ve ark., 2021), önemli oranda lif, mineral ve vitamin içermektedir (Khanduri ve ark., 2011; Metha ve ark., 2017).

Tatlı mısır, endospermde şekerlerin nişastaya dönüşümünü engelleyen genlerin varlığı dolayısıyla yüksek şeker (Okumura ve ark., 2014) ve düşük nişasta içeriği (Souza ve ark., 2013) ile karakterizedir.

Şeker oranını etkilediği belirtilen iki gen *su* ve *sh2* olarak adlandırılmaktadır. Genellikle süt olum dönemindeki *su* tipi çeşitlerin suda çözünen kuru madde (SÇKM) içerikleri 11-12 °Brix civarındadır (Beckingham, 2007). Süt olum döneminden sonra *su* tipi mısırlarda şeker hızla fitoglikojen ve nişastaya dönüştüğü için bu çeşitlerin yerini şeker daha yüksek şeker oranına sahip *se* ve *sh2* tipi çeşitler almıştır (Kleinhenz, 2001). *Se* ve *sh2* tipi şeker mısırları *su* tipi şeker mısırlarına göre % 25-50 ile % 50-100 oranında fazla şeker içermektedir (Orzolek ve ark., 2000) *Se* ve *sh2* tipli mısırlarda süt olum döneminde yapılan hasattan sonra şeker nişastaya daha yavaş dönüşmektedir (Kleinhenz, 2001). *Sh2* tiplerinin tanelerinin yapısı küçük ve buruşuktur. Türkiye’de *su* genine sahip Jubilee, Merit gibi çeşitler ile populasyon ya da kompozit çeşitler yetiştirilmektedir (Cesurer & Ülger, 1997; Sencar ve ark.,1999; Öktem & Öktem, 2006). Şeker içeriğinin tahmininde suda çözünür kuru madde miktarının refraktometre ile kolay ölçülebildiği için bu yöntem kullanılmıştır (Eşiyok ve ark., 2004).

Şeker mısırının pazarlanmasında tüketici tercihleri önemli bir faktördür. Şeker mısırdaki tanenin şeker içeriği ve rengi gibi kalite özellikleri önemlidir. Şeker mısırı tüketicilerinin tanenin rengine ve şeker miktarına önem verdikleri, genellikle sarı renkli çeşitleri tercih ettikleri belirtilmektedir (Lerner & Dana, 2007).

Şeker mısırdaki çeşit ve ekim zamanı ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalarda şeker mısırının verim parametrelerinin çeşitlere (Alan ve ark., 2011; Atakul, 2011) ve ekim zamanına (Waligora, 1997; Eşiyok & Bozokalfa, 2005; İdikut ve ark., 2005; Kara, 2011; Kula & Karadoğan, 2017) göre değiştiği belirtilmiştir.

Ekim zamanı mısır yetiştiriciliği açısından büyük önem arz etmektedir. İlkbaharda erken ekim döneminde soğuk stresi ve dölleme döneminin yüksek sıcaklıklara denk gelmesi ekim zamanını etkileyen önemli faktörlerdir. Üreticilere yapılacak tavsiyelerde iklimsel koşulların önemi vurgulanmalıdır.

Şeker mısır üretimini arttırmak için bölgelere uygun yüksek verimli çeşitlerin adaptasyon kabiliyetleri ve ekim zamanlarının belirlenmesi önem arz etmektedir.

Bu nedenle bölge koşullarına uygun ekim zamanlarının ve çeşitlerin belirlenmesi, çeşitlerin farklı ekim zamanlarında ekilerek verim ve kalite performanslarının kıyaslanması şeker mısırı üretiminde verimliliğin artırılması için büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışma Diyarbakır koşullarına en uygun şeker mısır ekim zamanını tespit etmek, kalite ve tane verimi yönü ile üretici ve tüketici isteklerine cevap veren çeşitleri belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL ve METOD

Araştırma, GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezine ait deneme arazisinde 2010-2012 yılları arasında yürütülmüştür.

Araştırmanın yürütüldüğü GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü deneme arazisi düz ve düze yakın eğimde olup, organik madde oranı düşüktür. Denemenin yürütüldüğü alandan alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analizleri GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Toprak Analizi Laboratuvarında yapılmış ve sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir.

Denemenin yürütüldüğü Diyarbakır ilinde yazları sıcak ve kurak kışları ise nispeten soğuk ve yağışlı geçmektedir. Son yıllarda genel olarak Türkiye’de görüldüğü gibi bölgemizde de yağışlarda düzensizlik yaşanmaktadır. Denemenin yürütüldüğü 2010-2012 yıllarına ait bazı iklim verileri Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde Temmuz ve Ağustos aylarında sıcaklık değerlerinin yüksek, nisbi nemin

düşük olduğu ve Nisan ayındaki gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkının da yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge1.Araştırma Alanı Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Table 1. Some physical and chemical properties of the research area soils

Derinlik Depth(cm)	Bünye Capacity	Ph	Kireç (Lime) (CaCO ₃)(%)	Toplam Tuz Total Salt(%)	Sınıfı Class	Yararlı Useful P ₂ O ₅ (kg/da)	Yararlı Useful K ₂ O(kg/da)	Organik Madde Organic Matter(%)
0-20	Killi-tınlı	7.6	9.5	0.092	Tuzsuz	1.43	124.17	0.78

Çizelge 2. Denemenin Yürütüldüğü Diyarbakır İlinin 2010-2011-2012 Mısır Yetiştirme Sezonuna Ait ve Uzun Yıllara İlişkin Önemli Meteorolojik Parametreler

Table 2. Monthly climate data during the growth period of sweet corn in 2010-2011-2012 and long years in Diyarbakır

Meteorolojik Parametreler Meteorological Parameters	Yıllar Years	Nisan April	Mayıs May	Haziran June	Temmuz July	Ağustos August	Eylül September	Ekim October
Ortalama Minimum Sıcaklık(°C) Average Minimum Temperature	2010	6.4	11.8	16.7	22.7	22.3	17.7	3.9
	2011	8.1	15.1	15.9	22.1	21.8	16.8	7.1
	2012	7.1	11.7	17.9	22.7	21.9	16.9	12.2
	U.Yıllar	7.1	11.3	16.4	21.6	20.9	15.9	9.8
Ortalama Maksimum Sıcaklık(°C) Average Maximum Temperature	2010	22.0	28.1	35.8	40.3	40.3	35.5	27.1
	2011	18.4	24.5	33.5	39.5	38.5	32.9	31.0
	2012	22.6	27.1	35.7	38.6	38.6	34.4	24.0
	U.Yıllar	20.2	26.5	33.7	38.4	38.1	33.2	25.2
Aylık Ortalama Yağış Monthly Average Rainfall	2010	22.4	31.6	11.2	0.0	0.0	0.4	62.4
	2011	209.0	80.1	13.6	0.6	0.0	9.2	63.0
	2012	26.2	41.0	7.0	1.6	0.0	1.8	11.8
	U.Yıllar	68.7	41.3	7.9	0.5	0.4	4.1	34.7
Ortalama Nem(%) Average Relative Humidity	Nispi 2010	60.4	49.3	29.1	19.6	17.5	27.4	56.0
	2011	75.7	67.6	38.0	22.5	21.7	30.2	41.6
	2012	58.5	58.0	27.8	20.2	20.8	23.1	55.2
	U.Yıllar	63.0	56.0	31.0	27.0	28.0	32.0	48.0

Kaynaklar: Diyarbakır meteoroloji müdürlüğü <https://www.mgm.gov.tr>

Araştırmada materyal olarak Jubilee, Sakarya Kompozit, Vega, Merit, Lumina mısır çeşitleri kullanılmış olup 8 farklı ekim tarihi (01 Nisan, 15 Nisan, 01 Mayıs, 15 Mayıs, 01 Haziran, 15 Haziran, 01 Temmuz ve 15 Temmuz) uygulanmıştır.

Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre kurulan deneme 3 tekrarlamalı olarak düzenlenmiştir. Ana faktör olarak ekim zamanları, alt faktör olarak ise çeşitler ele alınmıştır. Denemede, sıra arası 70 cm, sıra üzeri 20 cm, parsel alanı ise 5 m x 2.8 m =14 m² olacak şekilde 4 sıra olarak kurulmuştur.

Gübre olarak dekara toplam 30 kg saf azot (N) ve 10 kg saf fosfor (P₂O₅) uygulanmıştır. Ekim öncesi 10 kg da⁻¹ N ve 10 kg da⁻¹ P₂O₅ kompoze gübre formunda (20-20-0) uygulanmıştır. Geriye kalan N ise amonyum nitrat formunda boğaz doldurma ile uygulanmıştır. Ortadaki iki sıra süt olum döneminde hasat edilmiştir. Hasat zamanı "başparmak tırnağı testi" yöntemi

kullanılarak saptanmıştır (Çetinkol, 1989).

Araştırmada;

Taze tane verimi (kg da⁻¹), Tüm parsellerden hasat edilen taze koçanlar tanelinmiş, elde edilen ürün tartılarak veriler hektar cinsinden hesaplanmıştır.

Taze Koçanda tane sayısı (adet koçan⁻¹), Her parselden hasat edilen bitkilerden tesadüfi olarak seçilen 10 koçanda, her koçanda 4 sıradaki tane sayısı sayılarak ortalamaları alınıp koçan sıra sayısı ile çarpılarak bulunmuştur

Taze koçanda tane ağırlığı (g koçan⁻¹), Her parselde tesadüfi olarak alınan 10 koçanda taneler sömekten ayrılarak tartılmış, ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Suda çözünen kuru madde miktarı(SÇKM) (°Brix), Taze koçanlardan alınan tanelerin suyu tülbent yardımıyla elle sıkılmış ve buradan alınan 15 ml örnek santrifüjde 10.000 devirde 20 dk tutularak elde edilen

berrak süzüntüde, el refraktometre üzerine akıtılarak toplam şeker tahmininin ifadesi olan °Brix(suda çözünen kuru madde miktarı değeri) cinsinden ölçülerek belirlenmiştir (Eşiyok ve ark., 2004).

Renk tayini (L,a*,b*) : Mısır koçanlarının parlaklık ve renk değerleri (L, a*, b*) Minolta spektrofotometre (model: CM-3220d, minolda) aleti kullanılarak ölçülmüştür. L değeri parlaklık, a* değeri sarılık ve b* değeri ise kırmızı rengini ifade eder.

Araştırmada incelenen özellikler Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı (Anonim, 2009) ve CIMMYT-IBPGR (Anonim, 1991) dikkate alınarak yapılmıştır.

Çalışmada veriler bilgisayarda JMP 5.1 istatistik paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler yıllar birleştirilerek varyans analizi (ANOVA)'ne tabi tutulmuş, ekim zamanları ile çeşit ortalamaları arasındaki farklar LSD testi ile belirlenmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Taze Tane Verimi (kg da⁻¹)

Dekara taze tane verimi bakımından üç yıllık birleştirilmiş ortalamaların varyans analizinde ekim zamanı, çeşit ve ekim zamanı × çeşit etkisi 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Taze tane verimi ortalama değerleri ve Lsd testine göre oluşan gruplar

Table 3. Average values of fresh grain yield and groups formed according to Lsd test

Ekim Zamanları Sowing Time	Çeşitler (Varieties)					Sakarya Kompozit Sakarya Kompozit	Ortalama Average
	Merit Merit	Lumina Lumina	Jubilee Jubilee	Vega Vega	Vega Vega		
01 Nisan	654.9±57.71f-1	645.2±38.10 f-j	718.9±59.48 e-g	656.8±505.8 f-1	680.0±35.07 e-h	671.2±21.36 b-d	
15 Nisan	864.1±70.49 c	894.7±62.13 ab	896.7±67.53 ab	963.9±465.4 a	667.0±55.90 e-h	857.3±30.15 a	
01 Mayıs	597.9±35.26h-k	643.3±58.51f-j	769.1±50.22 c-e	942.7±79.67 a	624.8±48.57 f-k	715.6±30.81 b	
15 Mayıs	606.1±67.67h-k	479.0±74.33 l-n	491.3±78.38 lm	623.1±80.38g-k	476.7±50.77 l-n	535.2±31.31 e	
01 Haziran	377.3±55.54 no	327.7±59.28 o	390.6±63.30m-o	621.6±538.1 g-k	358.9±26.01 o	415.2±27.81 f	
15 Haziran	619.2±77.32 g-k	543.0±89.80 j-l	551.5±64.59 ı-l	620.6±89.27 g-k	487.5±45.61 l-n	564.3±32.96 de	
01 Temmuz	544.5±79.54 j-l	545.5±117.72 j-l	665.3±70.03 e-h	657.1±106.07f-1	477.4±75.46 l-n	578.0±40.59 c-e	
15 Temmuz	690.3±98.26 e-h	601.3±141.2h-k	833.6±142.2 b-d	739.8±161.9d-f	528.1±64.21 kl	678.6±56.31 bc	
Ortalama	619.3±27.76 c	584.9±34.26 c	664.6±32.79 b	728.2±34.35 a	537.5± 21.45 d		
V. K (%)	0.71						
Ekim Z. Lsd	111.7**						
Çeşit Lsd	49.2**						
E.Z.× Ç. Lsd	106.1**						

**0.01 seviyesinde;* 0.05 seviyesinde önemlidir

Çizelge 3 incelendiğinde ekim zamanlarına ait ortalama değerlerin 415.2 kg da⁻¹ (1 Haziran) ile 857.3 kg da⁻¹ (15 Nisan) arasında; çeşitlere ait ortalama değerlerin 537.5 kg da⁻¹ (Sakarya Kompozit.) ile 728.2 kg da⁻¹ (Vega) arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Ekim zamanı × çeşit etkilerine ait ortalama değerler 327.7 kg da⁻¹ (1 Haziran × Lumina) ile 963.9 kg da⁻¹ (15 Nisan × Vega) arasında değişim göstermiştir.

15 Nisan ekim zamanı taze tane verimi bakımından en yüksek gurubu oluştururken, 1 Haziran ekimi en düşük grubu oluşturmuştur. Vega çeşidi en yüksek Sakarya Kompozit çeşidi ise en düşük grupta yer almıştır. Taze tane verimi yönünden çeşit × ekim zamanı etkisinin önemli olduğu belirlenmiş, Vega × 15 Nisan ve Vega × 1 Mayıs etkisi en yüksek gurubu oluştururken, Lumina × 1 Haziran ile Sakarya Kompozit × 1 Haziran etkisi en düşük gurubu oluşturmuştur. Çeşit × ekim zamanı etkisinin önemli olması çeşitlerin taze tane veriminin ekim zamanlarına dayalı olarak değişebileceğini göstermektedir.

Taze tane veriminde zamanlar ve çeşitler arasında farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Verimler üzerinde sıcaklık artışları ve atmosferik nem düşüklüğünden kaynaklı çevresel iklim koşullarının etkisinin olduğu düşünülmektedir.

Bu araştırma bulguları; şeker mısır yetiştiriciliği için en uygun ekim zamanının Nisan ayının ortalarından Mayıs ayının ilk hafta sonuna kadar olduğunu bildiren Sarı ve ark. (1997), Jordanov (2008), Khan ve ark. (2011), Tezel ve ark. (2021)'nin çalışmalarıyla desteklenmektedir.

Taze Koçanda Tane Ağırlığı (g koçan⁻¹)

Koçanda tane ağırlığı bakımından üç yıllık birleştirilmiş ortalamaların varyans analizinde ekim zamanı, çeşit ve ekim zamanı × çeşit etkisi 0.01 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur(Çizelge 4).

Çizelge 4 incelendiğinde ekim zamanlarının ortalama değerlerinin 100.4 g koçan⁻¹ (1 Haziran) ile 163.5 g koçan⁻¹ (15 Nisan) arasında; çeşitlere ait ortalama

değerlerin 118.3 g koçan⁻¹ (Sakarya Kompozit) ile 145.7 g koçan⁻¹ (Vega) arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Ekim zamanı × çeşit interaksiyonlarına

ait ortalama değerler 90.24 g koçan⁻¹ (1 Haziran × Jübilee) ile 176.6 g koçan⁻¹ (15 Nisan × Vega) arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4. Koçanda tane ağırlığı ortalama değerleri ve Lsd testine göre oluşan gruplar

Table 4. Average values of grain weight per ear and groups formed according to Lsd test

Ekim Zamanları Sowing Time	Çeşitler (Varieties)					Sakarya Kompozit <i>Sakarya</i> <i>Compozit</i>	Ortalama Average
	Merit <i>Merit</i>	Lumina <i>Lumina</i>	Jubilee <i>Jubilee</i>	Vega <i>Vega</i>	Vega <i>Vega</i>		
01 Nisan	118.7±9.31 j-n	112.5±6.58 m-o	121.4±10.88 r-n	127.3±8.83 g-m	113.9±6.45 l-o	118.8 ±3.74 c	
15 Nisan	166.9±4.30 ab	174.0±11.06 a	164.4±5.38 a-c	176.6±2.56 a	135.8±5.99 e-ı	163.5 ±3.54 a	
01 Mayıs	146.8±4.17 d-f	129.0±11.02 g-l	146.2±5.02 ef	162.6±6.08 a-d	130.2±3.16 g-k	142.9 ±3.34 b	
15 Mayıs	136.7±7.92 e-ı	100.2±8.84 o-q	112.8±12.85m-o	141.5±7.26 e-g	107.7±7.23 n-p	119.8 ±4.58 c	
01 Haziran	98.13±12.71 o-q	91.22±17.44 pq	90.24±13.01 q	130.0±7.35g-k	92.71±4.18 pq	100.4 ±5.58 d	
15 Haziran	131.4±11.92 f-k	139.2±11.67 e-g	119.6±8.26 j-n	137.3±11.26 e-h	116.3±7.61 k-n	128.8 ±4.63 bc	
01 Temmuz	122.0±10.11h-n	121.4±18.05 r-n	140.1±12.05 e-g	150.6±16.06 c-e	118.5±8.20 j-n	130.5 ±6.10 bc	
15 Temmuz	137.4±9.23 e-h	133.4±20.79 f-j	151.5±11.43 b-e	139.8±20.73 e-g	131.7±11.37 f-k	138.8 ± 6.71b	
Ortalama	132.2±3.84 b	125.1±5.54 c	130.8±4.36 bc	145.7±4.30 a	118.3±2.88 d		
V. K (%)	12.93						
Ekim Z. Lsd	14.11**						
Çeşit Lsd	5.70**						
E.Z.× Ç. Lsd	15,79**						

**0.01 seviyesinde; * 0.05 seviyesinde önemlidir

Koçanda tane ağırlığı bakımından 15 Nisan ekim zamanı en yüksek gurubu oluştururken, 1 Haziran ekimi en düşük grubu oluşturmuştur. Vega çeşidi en yüksek gurubu oluştururken Sakarya Kompozit çeşidi en düşük gurubu oluşturmuştur. Vega × 15 Nisan ve Lumina × 15 Nisan interaksiyonu koçanda tane ağırlığı bakımından en yüksek gurubu oluştururken, Jubilee × 1 Haziran interaksiyonu en düşük gurubu oluşturmuştur.

Bu araştırma bulguları; koçanda tane ağırlığının 89-167 g aralığında olduğunu en yüksek değer Merit çeşidinden elde edildiğini göstermiştir. Atakul (2011), Eser ve Soylu (2020) tane ağırlığı değeri 234.3-192.6 g aralığında olduğunu, Ağaçeksen ve Öktem (2020) Merit çeşidinin farklı zamanlarda hasat edilmesi taze dane ağırlığı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğunu, Cesurer (1995) en yüksek koçanda tane ağırlığının Merit çeşidinden elde edildiğini bildiren çalışmaları ile farklılık göstermiştir. Farklı sonuçların çeşit farklılığı, farklı çevre şartları ve sıcaklık değişimlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Taze Koçanda Tane Sayısı (adet koçan⁻¹)

Koçanda tane sayısı bakımından üç yıllık birleştirilmiş ortalamaların varyans analizinde ekim zamanı, çeşit ve ekim zamanı × çeşit interaksiyonu 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 5 incelendiğinde ekim zamanları ortalama değerlerinin 359.8 adet koçan⁻¹ (1 Haziran) ve 607.3 adet koçan⁻¹ (15 Nisan) arasında; çeşitlerin ortalama değerlerinin 418.0 adet koçan⁻¹ (Sakarya Kompozit) ve

543.9 adet koçan⁻¹ (Vega) arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Ekim zamanı × çeşit interaksiyonlara ait ortalama değerler 333,7 adet koçan⁻¹ (1 Haziran × Sakarya Kompozit) ile 685.6 adet koçan⁻¹ (15 Nisan × Lumina) arasında değişim göstermiştir.

Koçanda tane sayısı bakımından 15 Nisan ekim zamanı en yüksek gurubu oluştururken, 1 Haziran ekimi en düşük grubu oluşturmuştur. Vega ile Lumina çeşitleri koçanda tane sayısı değeri bakımından en yüksek grupta yer alırken Sakarya Kompozit çeşidi en düşük grupta yer almıştır. Lumina × 15 Nisan interaksiyonu en yüksek gurubu oluştururken Sakarya Kompozit × 1 Haziran, Jubilee × 1 Haziran interaksiyonu en düşük gurubu oluşturmuştur.

Özellikle Haziran ayında yapılan ekimlerin çiçeklenme döneminde yüksek sıcaklıklara denk geldiği, tane sayısında önemli derecede düşüslere neden olduğu görülmektedir.

Bu araştırma bulguları; Anıl ve Sezer (2003), Fujino (1980) koçanlarda tane sayısı yönünden farklılık olduğunu, Kara (2011) ekim zamanlarının tane sayısı üzerinde etkisi olduğunu, Alan ve ark. (2011) ekim zamanlarının şeker mısırdaki koçanda tane sayısını önemli seviyede etkilediğini, Akgün ve ark. (2017) ekimlerin erken ya da Haziran ayında yapılması durumunda sıcaklık faktörünün koçandaki tane sayısının azalmasında etkili olabileceğini belirttikleri çalışmalarıyla benzerlik göstermiştir.

Suda Çözünen Kuru Madde Miktarı (SÇKM)

SÇKM bakımından üç yıllık birleştirilmiş ortalamaların varyans analizinde, çeşit, ekim

zamanı*çeşit interaksionu 0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. bulunurken, ekim zamanı 0.05 düzeyinde önemli

Çizelge 5. Koçanda tane sayısı ortalama değerleri ve Lsd testine göre oluşan gruplar

Table 5. Average values of number of grains per ear and groups formed according to Lsd test.

Ekim Zamanları <i>Sowing Time</i>	Çeşitler (<i>Varieties</i>)				Sakarya Kompozit <i>Sakarya Compozit</i>	Ortalama <i>Average</i>
	Merit <i>Merit</i>	Lumina <i>Lumina</i>	Jubilee <i>Jubilee</i>	Vega <i>Vega</i>		
01 Nisan	625.3±18.52 bc	595.3±24.05 b-e	554.9±12.20 d-h	580.9±29.78 c-f	482.6±24.25 j-p	567.8±12.06 b
15 Nisan	619.0±8.78 bc	685.6±29.41 a	605.3±18.34 b-d	635.3± 10.21ab	491.2±15.06 j-o	607.3±12.32 a
01 Mayıs	560.7±10.00 d-g	563.3±42.70 d-g	573.0±15.32 c-g	617.3± 22.26 bc	442.2±11.35 o-s	551.3±13.35 b
15 Mayıs	553.6±37.30 d-h	475.2±44.74 k-p	467.5±52.09 l-q	547.7±28.49 e-ı	414.7±32.02 q-s	491.7±18.74 c
01 Haziran	335.5±39.72 t-v	334.5±53.94 uv	333.8±49.41 v	461.4±21.16m-q	333.7±25.32 v	359.8±18.74 d
15 Haziran	449.2±32.07 n-r	548.6±27.92 e-ı	449.4±26.55 n-r	492.3±35.42 j-o	390.3±25.59 s-u	466.0±14.90 c
01 Temmuz	433.0±37.65 p-s	504.7±63.33h-m	522.4±33.23 g-k	519.8±43.87 g-l	390.9±24.77 st	474.1±19.83 c
15 Temmuz	480.1±33.07 k-p	557.0±61.47d-h	534.0±23.80 f-j	496.4±52.97 ı-n	398.8±27.54 rs	493.3±19.87 c
Ortalama	507.0±14.75 b	533.0±19.37 a	505.0 ±14.17 b	543.9±13.08 a	418.0±9.94 c	
V. (%)	11.39					
Ekim Z. Lsd	35.25**					
Çeşit Lsd	19.30**					
E.Z.* Ç. Lsd	53.40**					

**0.01 seviyesinde; * 0.05 seviyesinde önemlidir

Çizelge 6 incelendiğinde ekim zamanlarına ait ortalama değerlerin 20.33 °Brix (1 Temmuz) ile 23.23 °Brix (15 Mayıs, 1 Temmuz) arasında; çeşitlere ait ortalama değerlerin 16.02 °Brix (Vega) ile 24.58 °Brix (Sakarya Kompozit) arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Ekim zamanı * çeşit interaksionlarına ait ortalama değerlerin 14.82 °Brix (15 Temmuz ekimi * Vega) ile 26.42 °Brix (15 Haziran ekimi * Merit) arasında değişim gösterdiği görülmektedir.

1 Mayıs ile 1 Temmuz ekim zamanları en yüksek suda çözünen kuru madde miktarı gurubunu oluştururken 1 Nisan ekimi en düşük grubu oluşturmuştur. Sakarya Kompozit, Merit, Jubilee çeşitleri suda çözünen kuru madde miktarı bakımından en yüksek grubu oluştururken Vega en düşük grubu oluşturmuştur. Merit * 15 Haziran interaksionu en yüksek suda çözünen kuru madde miktarı gurubunu oluştururken Vega * 15 Temmuz ile Vega * 1 Mayıs interaksionu en düşük grubu oluşturmuştur.

Şeker içerikleri arttırılmış ve şekerin nişastaya dönüşüm hızı düşürülmüş çok sayıda şeker mısırı çeşidi vardır. El refraktometre ile yapılan °Brix (suda çözünen kuru madde miktarı) ölçümü şeker miktarı hakkında genel bilgi vermektedir. Brix değeri ile şeker oranı arasında ters korelasyon olduğu, Brix değeri arttıkça şeker oranının düştüğü bilinmektedir. Tatlı mısırdan danedeki nişasta miktarı arttıkça kuru maddenin yükseldiği bildirilmektedir (Flora & Wiley, 1974). Eşiyok ve Bozokalfa (2005) suda çözünen kuru madde miktarı üzerine yetiştirme döneminin etkisinin önemli olduğunu, Bozokalfa ve ark. (2004) en yüksek

suda çözünen kuru madde miktarı değerinin Merit F1 çeşidinden elde edildiğini, Atakul (2011) Brix değerinin %18.6-25.3 aralığında olduğunu, Soare ve ark. (2019), °Brix değerinde ekim zamanı ve çeşit arasında önemli farklılık olduğunu, ilk ekim zamanında %14.3'ten %26.5'e ve ikinci ekim zamanında %14.3'ten %28.5'e yükseldiğini, Eser ve Soylu (2020) en yüksek °Brix (suda çözünen kuru madde miktarı) değerinin Merit çeşidinden en düşük değerine ise Vega çeşidinden elde edildiğini bildiren çalışmalar bu araştırma bulgularını desteklemektedir. Ekim zamanlarında suda çözünen kuru madde miktarı farklılık göstermesi sıcaklık faktörüne bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Tane Renk Özellikleri (L, a*,b*)

L (Lightness) Değerleri

L (Lightness) özelliği bakımından üç yıllık birleştirilmiş ortalamaların varyans analizinde ekim zamanı 0.05 düzeyinde önemli bulunurken, çeşit, ekim zamanı * çeşit interaksionu önemli bulunmamıştır.

Çizelge 7 incelendiğinde ekim zamanlarına ait ortalama değerlerin 69.69 (15 Nisan) ile 78.61 (1 Mayıs) arasında değişim gösterdiği görülmektedir. 1 Mayıs ekimi en yüksek L (Lightness) değerine sahip gurubu oluştururken 15 Nisan ekimi en düşük L (Lightness) değerine sahip gurubu oluşturmuştur.

L (Lightness) değeri bakımından çeşitler arasında önemli bir fark görülmemiştir. Rengin parlaklık değerini belirleyen Lightness değeri tüketici talebi yönünden önemli bir kalite kriteridir.

Çizelge 6. Suda çözünen kuru madde miktarı ortalama değerleri ve Lsd göre oluşan gruplar
Table 6. Average values of water soluble dry matter content and groups formed according to Lsd

Ekim Zamanları Sowing Time	Çeşitler (Varieties)					Ortalama Average
	Merit	Lumina Lumina	Jubilee Jubilee	Vega Vega	Sakarya Kompozit Sakarya Compozit	
01 Nisan	19.77±1.19 m	20.61±1.06 lm	22.31±0.60 r-l	16.06±0.54 no	22.90±1.32 g-k	20.33±0.55 c
15 Nisan	22.93±0.89 g-k	22.08±1.19 j-l	23.42±1.52 f-j	15.80±0.61no	24.53±1.32 b-g	21.75±0.67 b
01 Mayıs	24.72±0.94 a-g	21.01±0.87 lm	24.91±1.12 a-f	15.61±0.60 o	21.06±1.22 lm	21.46±0.65 bc
15 Mayıs	25.42±0.65 a-d	23.37±1.16 f-j	23.58±1.66 e-j	17.4 ±0.38 n	26.30±0.48 ab	23.23±0.63 a
01 Haziran	24.79±0.86 a-g	22.50±0.53 h-l	24.06±1.30 c-r	16.35±0.42 no	25.68±0.40 a-c	22.68±0.59 ab
15 Haziran	26.42±0.49 a	21.03±0.85k-m	23.64±1.10 d-j	16.04±0.29 no	24.48±1.20 b-g	22.32±0.66 ab
01 Temmuz	25.68±0.43 a-c	23.24±0.60 f-j	25.32±0.56 a-e	16.04±0.45 no	25.86±0.64 a-c	23.23±0.60 a
15 Temmuz	24.93±0.63 a-f	22.40±0.22 h-l	24.20±1.19 c-h	14.82±0.39 o	25.82±0.74 a-c	22.43±0.70 ab
Ortalama	24.330.35 a	22.03 ±0.34 b	23.93±0.41 a	16.02 ±0.17 c	24.58 ±0.38 a	
V. K (%)	8.86					
Ekim Z. Lsd	1.18*					
Çeşit Lsd	0.66**					
E.Z.* Ç. Lsd	1.82**					

**0.01 seviyesinde ; * 0.05 seviyesinde önemlidir

Çizelge 7. L (lightness) değeri ortalama değerleri ve Lsd göre oluşan gruplar
Table 7. Average values of L (lightness) and groups formed according to Lsd

Ekim Zamanları Sowing Time	Çeşitler (Varieties)					Ortalama Average
	Merit	Lumina Lumina	Jubilee Jubilee	Vega Vega	Sakarya Kompozit Sakarya Compozit	
01 Nisan	69.82±3.57	72.02±1.07	74.04±0.69	73.33±0.75	73.39±1.80	72.52± 0.85b
15 Nisan	71.28±1.82	69.76±2.43	70.25±1.55	70.96±1.62	66.23±3.05	69.69 ±0.97d
01 Mayıs	78.59±3.49	79.32±2.60	77.63±3.12	77.78±2.44	79.72±2.26	78.61 ±1.20a
15 Mayıs	68.21±2.30	70.83±3.06	71.55±1.84	73.18±1.43	69.76±1.31	70.70 ±1.00cd
01 Haziran	72.32±1.25	73.09±1.07	72.69±1.66	72.15±0.70	67.73±1.82	71.59±0.65 bc
15 Haziran	71.80±1.26	73.09±1.09	73.29±0.88	72.94±1.10	72.52±0.89	72.72±0.46 b
01 Temmuz	74.02±1.02	75.35±0.96	72.78±0.50	72.15±1.06	71.71±1.10	73.20±0.45 b
15 Temmuz	72.18±1.39	70.49±1.71	71.86±1.32	72.33±1.16	72.34±0.87	71.84±0.57bc
Ortalama	72.28±0.85	73.00±0.73	73.01±0.60	73.10±0.52	71.68±0.75	
V. K (%)	6.03					
Ekim Z. Lsd	1.70*					
Çeşit Lsd	Ö.D					
E.Z.* Ç. Lsd	Ö.D					

**0.01 seviyesinde; * 0.05 seviyesinde önemlidir

Bu araştırma bulguları; Yetiştirme dönemleri ve çeşitler arasında etkileşimin olmadığını bildiren Tuncay ve ark.(2005), L (Lightness) değeri bakımından çeşit ve çeşit x ekim zamanı etkileşiminin önemli olmadığını, ekim zamanları arasında önemli farklılığın olduğunu ve 1 Mayıs ekiminin en yüksek değeri gösterdiğini belirten Atakul (2011) ile benzerlik gösterirken Eşiyok ve ark. (2004), L değerinin çeşitler arasındaki önemli farklılığın olduğunu, Küçükyağcı (2010) çeşitlere ait L değerlerinin 66.47 ile 77.19 arasında değiştiğini ve L değerleri bakımından çeşitler arasındaki farkın 0.01 düzeyinde önemli bulunduğunu bildirdikleri çalışmalarıyla farklılık göstermiştir. Bu farklılığın çalışmanın yürütüldüğü bölgede sıcaklık değerlerinin yüksek, yağış ve nemin düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

a* Özelliği

a* bakımından üç yıllık birleştirilmiş ortalamaların varyans analizinde ekim zamanı bakımından 0.01 düzeyinde önemli, ekim zamanı x çeşit interaksyonu 0.05 düzeyinde önemli fark bulunurken, çeşit bakımından önemli bir farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 8 incelendiğinde ekim zamanlarına ilişkin ortalama değerlerin 10.27 (1 Mayıs) ve 13.79 (1 Haziran) arasında; ekim zamanı x çeşit interaksyonuna ait ortalama değerlerin 8.36 (1 Mayıs x Merit) ile 16.16 (1 Haziran x Vega) arasında değiştiği görülmektedir.

1 Haziran ekimleri en yüksek a* değeri gurubunu oluştururken, 1 Mayıs ve 15 Temmuz ekimleri en düşük a* değeri gurubunu oluşturmuştur. 1 Haziran x

Vega interaksiyonları en yüksek a*değeri gurubunu oluştururken 1 Nisan × Merit, 1 Mayıs × Merit ve 15 Temmuz × Merit interaksiyonları en düşük a* değeri gurubunu oluşturmuştur.

a* değeri tanelerin kırmızılık özelliğinin değeri olup, tüketici talebi yönünden arzu edilmeyen bir özelliktir. Bu nedenle a* değerinin düşük olması istenir.

Elde edilen sonuçlar ekim zamanları ile ekim zamanı × çeşit interaksiyonlarının önemli olduğunu göstermekle beraber 1 Haziran ekiminden yüksek değerler elde ettiğini belirten Atakul (2011)'un sonuçları ile uyum içerisindedir.

b* özelliği

b* değeri bakımından üç yıllık birleştirilmiş ortalamaların varyans analizinde ekim zamanı ve çeşit bakımından 0.01 düzeyinde önemli fark bulunurken, ekim zamanı × çeşit interaksiyonu bakımından önemli bir farklılık bulunmamıştır. Çizelge 9 incelendiğinde ekim zamanlarına ilişkin ortalama değerlerin 53.97 (1 Haziran) ve 45.44 (1 Mayıs) arasında, çeşitlere ait ortalama değerlerin 51.07 (Lumina) ile 46.21 (Merit) arasında değişim gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 8. a* değeri ortalama değerleri ve Lsd göre oluşan gruplar

Table 8. Average values of a* and groups formed according to Lsd

Ekim Zamanları Sowing Time	Çeşitler (Varieties)					Sakarya Kompozit Sakarya Compozit	Ortalama Average
	Merit Merit	Lumina Lumina	Jubilee Jubilee	Vega Vega	Vega Vega		
01 Nisan	8.66±0.73 o	12.22±0.68 d-h	10.57±0.84 ı-n	12.52±0.58 d-g	10.63±0.62 ı-n	10.92± 0.36de	
15 Nisan	9.63±1.02 l-o	12.02±0.90 d-ı	11.94±0.85 d-ı	14.24±0.51 bc	12.28±0.81 d-h	12.02±0.42 b	
01 Mayıs	8.36±0.86 o	11.52±0.71 e-ı	11.01±0.67 g-l	10.57±0.94 ı-n	9.93±0.68 j-o	10.27± 0.37e	
15 Mayıs	9.17±0.75 no	11.44±1.16 f-j	10.84±0.64h-m	12.83±0.97 c-f	11.73±0.81 e-ı	11.20± 0.42cd	
01 Haziran	11.55±0.42 e-j	13.16±0.95 b-e	13.41±1.03 b-d	16.16±0.68 a	14.69±0.39 ab	13.79±0.38 a	
15 Haziran	9.83±0.70 k-o	11.44±0.94 e-k	13.42±1.32 b-d	12.95±0.94 c-f	11.53±0.98 f-ı	11.83± 0.47bc	
01 Temmuz	9.40±1.18 m-o	11.12±0.77 g-l	10.93±0.77h-m	12.28±0.67 d-h	11.71±0.78 e-ı	11.09±0.39 d	
15 Temmuz	8.41±0.70 o	10.63±0.76 ı-n	9.08±1.23 no	11.94±0.62 d-ı	11.47 ±1.15f-j	10.30± 0.44e	
Ortalama	9.37±0.30	11.74±0.31	11.41±0.36	12.94±0.31	11.75±0.31		
V. K.(%)	14.87						
Ekim Z. Lsd	0.71**						
Çeşit Lsd	Ö.D						
E.Z.* Ç. Lsd	1.58*						

** 0.01 seviyesinde; * 0.05 seviyesinde önemlidir

Table 9. Aaverage values of b* and groups formed according to Lsd

Çizelge 9. b* değeri ortalama değerleri ve Lsd göre oluşan gruplar

Ekim Zamanları Sowing Time	Çeşitler (Varieties)					Sakarya Kompozit Sakarya Compozit	Ortalama Average
	Merit Merit	Lumina Lumina	Jubilee Jubilee	Vega Vega	Vega Vega		
01 Nisan	45.56±1.89	54.19±1.91	49.30±0.70	51.25±1.71	48.10±1.42	49.67±0.80 b	
15 Nisan	46.13±1.61	50.37±1.86	49.20±1.40	50.82±1.13	47.98±2.19	48.89±0.76 b-d	
01 Mayıs	42.68±1.56	49.60±1.23	48.85±1.19	43.26±1.20	42.82±1.80	45.44±0.76 e	
15 Mayıs	45.44±1.21	49.52±2.15	49.97±0.95	47.99±0.82	46.63±0.43	47.91±0.59 cd	
01 Haziran	50.94±2.15	54.67±2.96	54.19±2.69	56.33±3.01	53.73±1.64	53.97±1.11 a	
15 Haziran	45.90±1.48	50.80±1.09	54.13±1.71	50.16±1.21	46.76±1.82	49.55±0.78 bc	
01 Temmuz	46.45±1.72	50.52±1.34	50.40±1.57	49.44±0.68	50.64±2.13	49.49±0.71 b-d	
15 Temmuz	46.59±1.89	48.95±1.75	47.88±2.12	47.62±1.08	48.31±1.71	47.87±0.75 d	
Ortalama	46.21±0.63 d	51.07±0.67 a	50.49±0.62 ab	49.60±0.66 b	48.12±0.68 c		
V. K. (%)	8.4						
Ekim Z. Lsd	2.84**						
Çeşit Lsd	1.38**						
E.Z.* Ç. Lsd	Ö.D						

** 0.01 seviyesinde; * 0.05 seviyesinde önemlidir

1 Haziran ekimleri en yüksek b* (sarılık) değeri gurubunu oluştururken 1 Mayıs ekimleri en düşük b*

(sarılık) değeri gurubunu oluşturmuştur.

Lumina çeşidi b* (sarılık) değeri bakımından en

yüksek gurubu oluştururken, Merit çeşidi b* (sarılık) bakımından en düşük gurubu oluşturmuştur.

Şeker mısırdaki b* (sarılık) değeri tüketici istekleri yönünden tercih edilen bir özelliktir. Lumina, Jübile, Vega çeşitleri Sakarya Kompozit ve Merit çeşitlerine göre daha sarı renkte olduğu tespit edilmiştir.

Atakul (2011), b* değeri bakımından Lumina çeşidinden yüksek, Merit çeşidinden ise düşük değerler elde ettiğini belirttiği çalışması ile bu araştırma bulguları benzerlik göstermiştir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

İncelenen özelliklerden; taze tane verimi, koçanda tane sayısı, tane ağırlığı ve suda çözünen kuru madde miktarı bakımından ekim zamanları, çeşitler ve ekim zamanı * çeşit interaksyonları arasında önemli farklılıklar bulunurken, b* (sarılık) değeri bakımından ekim zamanları ve çeşitler arasında; a* (kırmızılık) değeri bakımından ekim zamanları ve ekim zamanı * çeşit interaksyonları arasında; L(parlaklık) değeri bakımından ise sadece ekim zamanları arasında önemli derecede farklılıklar olduğu saptanmıştır.

Mısır yetiştiriciliğinde nispi nem, maksimum ve minimum sıcaklık çok önemlidir. Diyarbakır koşullarında Nisan ve Mayıs ayı hariç nisbi nem çok düşük olması, Temmuz ve Ağustos aylarında sıcaklık değerlerinin yüksek olması verimi önemli derecede etkilemektedir.

Çeşitler incelendiğinde verim ve kalite yönünden Vega çeşidinin üstün performans gösterdiği belirlenmiştir. Diyarbakır koşullarında taze tane üretimi amacıyla yetiştirilebilecek en uygun çeşidin Vega olduğu belirlenmiştir. Diyarbakır koşullarında şeker mısır yetiştiriciliğinde en uygun olan ekim zamanının 15 Nisan ile 1 Mayıs tarihleri arasındaki süreç olduğu belirlenmiştir. Kalite yönünden 15 Mayıs ve 1 Haziran ekim zamanlarında daha yüksek değerler elde edilmiştir. Ekim zamanları incelendiğinde tane verimi ile kalite arasında zıt ilişki olduğu görülmektedir.

Şeker mısırdaki döllenmenin tane verimi üzerindeki etkisi dikkate alınarak yüksek sıcaklıklara dayanıklılık gibi konular göz önünde bulundurulmalıdır. İslah çalışmalarında verim ve kalite üzerinde yüksek sıcaklığın etkileri dikkate alınarak çalışılması gerektiği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından TAGEM/TA/10/07/03/001 nolu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Ağaçkesen, M.N., & Öktem, A. (2020). Farklı Zamanlarda Yapılan Hasadın Merit Tatlı Mısır Çeşidinde (*Zea mays L. Saccharata Sturt*) Taze Koçan Verimi ve Bazı Verim Unsurlarına Etkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi* 23 (1), 69-76.
- Akgün, İ., Burcu, Y., Karaman, R., & Kaya, M. (2017). Isparta Koşullarında Farklı Ekim Zamanı ve Bitki Sıklığının Şeker Mısırdaki (*Zea mays saccharata Sturt.*) Taze Koçan Ağırlığı ve Bazı Tarımsal Özelliklere Etkisi Tarla Bitkileri *Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi* 26 (Özel Sayı), 23-30
- Alan, Ö., Sönmez, K., Budak, Z., Kutlu, İ., & Ayter, N.G. (2011). Eskişehir Ekolojik Koşullarında Ekim Zamanının Şeker Mısırdaki (*Zea Mays Saccharata Sturt.*) Verim ve Tarımsal Özellikleri Üzerine Etkisi. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25 (4), 34-41.
- Anıl, H., & Sezer, I. (2003). A Study on the effects different sowing time and transplanting on the yield, yield components and some quality characteristics in sweet corn at Çarşamba Plain. *O.M.U. Ziraat Fak. Dergisi* 18 (2), 17-23.
- Anonim, (2010). *Diyarbakır 2010 yılı Meteoroloji Bülteni*. Meteoroloji Müdürlüğü, Diyarbakır.
- Anonim, (2011). *Diyarbakır 2011 yılı Meteoroloji Bülteni*. Meteoroloji Müdürlüğü, Diyarbakır.
- Anonim, (2012). *Diyarbakır 2012 yılı Meteoroloji Bülteni*. Meteoroloji Müdürlüğü, Diyarbakır
- Anonymous, (1991). *Descriptors for Maize. International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City (CIMMYT)/International Board for Plant Genetic Resources, Rome (IBPGR)*
- Anonim, (2009). Tarımsal Değerleri Ölçme Denemeleri Teknik Talimatı (Mısır-*Zea mays L.*). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü., Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkezi Müdürlüğü., Ankara
- Atakul, Ş. (2011). *Diyarbakır Koşullarında Farklı Ekim Zamanlarının Beş Şeker Mısırdaki (*Zea mays L. Saccharata Sturt.*) Çeşidinde Taze Koçan ve Tane Verimi ile Bazı Tarımsal Özelliklere Etkisi (Tez no 285227)*, [Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Beckingham, C. (2007). Commodity growing guides- Sweet corn.

- Bozokalfa, M.K., Eşiyok, D., & Uğur, A. (2004). Ege Bölgesi Koşullarında Ana ve İkinci Ürün Bazı Hibrit Şeker Mısır (*Zea mays* L. var. *saccharata*) Çeşitlerinin Verim Kalite ve Bitki Özelliklerinin Belirlenmesi *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41 (1), 11-19
- Cesurer, L., & Ülger, A.C. (1997). Farklı ekim zamanlarının bazı şeker mısır çeşitleri üzerindeki etkisi. II. Tarla Bitkileri Kongresi, 25-29 Eylül 1997, s:134-138, Samsun.
- Çetinkol, M (1989). Tatlı Mısır Üretimi. *Hasat Aylık Tarım Dergisi*. İstanbul.
- Eser, C., & Soylu, S (2020). Orta Anadolu Koşullarında Şeker Mısır Çeşitlerinin Taze Koçan Verimi ile Bazı Agronomik Özelliklerinin Belirlenmesi, *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi* 9(2), 147-157,
- Eşiyok, D., Bozokalfa, M.K., & Uğur, A. (2004). Farklı Lokasyonlarda Yetiştirilen Şeker Mısır (*Zea mays* L. var. *saccharata*) Çeşitlerinin Verim Kalite ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41 (1), 1-9.
- Eşiyok, D., & Bozokalfa, M.K. (2005). Ekim ve Dikim Zamanlarının Tatlı Mısırdaki (*Zea mays* L.var. *saccharata*) Verim ve Koçanın Bazı Agronomik Karakterleri Üzerine Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 42(1), 35-46
- Flora, L.F., & Wiley, R.C. (1974). Sweet Corn Aroma, Chemical Components and Relative Importance in the Overall Flavor Response. *Journal of Food Science* 39, 770-773.
- Franco, A.A.N., Filho, P.S.VI., Scapim, C.A., Okumura, R.S. Numoto, A.Y., & Marques, O.J. (2018). Sowing Time of Sweet Corn in Summer Season in Northwestern Paraná, Brazil. *Journal of Agricultural Science* 10(11), 138-148.
- Fujino, M.(1980). The classification and ekolojik characters of commercial cultivars of sweet corn. Bulletin of the Chugoku *National Agricultural Experiment Station*,27, 49-58.
- İdikut, L., Cesur, C., & Tosun, S. (2005). Şeker Mısırdaki Ekim Zamanı ve Yetiştirme Tekniğinin Hasıl Verim ve Bazı Özelliklere Etkisi. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi* 8(1), 91-100.
- Jordanov, G. (2008). Influence of the Sowing Date over New Bulgarian Corn Hybrids *Productive Potential. Plant Science*. 45 (5), 403-406.
- Kara, B. (2011). Fresh Ear Yield and Growing Degree-Days of Sweet Corn in Different Sowing Dates in Southwestern Anatolia Region. *Turkish Journal of Field Crops*, 16(2), 166-171.
- Khan, Z.H., Khalil, S.K., Farhatullah, M.Y., Israr, M., & Abdulbasir, A. (2011). Selecting Optimum Planting Date for Sweet Corn in Peshawar, *Pakistan Sarhad Journal Agric*. 27(3), 341-347.
- Khanduri, A., Hossain, F., Lakhera, P.C., & Prasanna, B.M. (2011). Effect of harvest time on kernel sugar concentration in sweet corn. *Indian Journal Genet.*, 71, 231-234.
- Kılınc, S., Atakul, Ş., Kahraman, Ş., Aktaş, H., Erdemci, İ., & Gül, İ.(2021). The effect of different sowing times on fresh ear yield and yield components in sweet corn (*Zea mays* L. *saccharata* sturt.) varieties. *Journal of Applied Life Sciences and Environment* 2(186), 183-199.
- Kleinhenz, M.D. (2001). Sweet Corn Quality What is it? Excerpts from the Proceedings of the Ohio Fruit and Vegetable Growers Congress, February 7-9 2001, Toledo, OH. <http://www.oardc.ohio-state.edu/kleinhenz>
- Kula, N., & Karadoğan, T. (2017). Örtü Altı Koşullarında Yetiştirilen Şeker Mısır (*Zea mays saccharata Sturt*) Çeşitlerinde Uygun Dikim Zamanlarının Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 12 (1), 39-48.
- Küçükyavaş, Ş. (2010). *Bazı yeni şeker mısır tiplerinin Tokat-Kazova koşullarında bazı verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi*, (Tez no 251205) [Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı], Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi
- Letrat, K., & Pulam, T. (2007). Breeding for increased sweetness in sweet corn. *Inter. Journal Plant Breeding* 1, 27- 30.
- Lerner, BR., & Dana, MN. (2007). Growing Sweet Corn. HO-98.pdf. Purdue University Cooperative Extension Service. <http://www.ces.purdue.edu/extmedia/hort.htm#9>
- Mehta, B.K., Hossain, F., Muthusamy, V., Zunjare, R.U., Sekhar, J.C., & Gupta Hari, S. (2017). Analyzing the role of sowing and harvest time as factors for selecting super sweet (sh2sh2) corn hybrids. *Indian Journal Genet.*, 77(3), 348-356.
- Okumura, R.S., Vidigal Filho, P.S., Scapim, C.A., Marques, O.J., Franco, A.A.N., Souza, R.S., & Reche, D.L. (2014). Effects of nitrogen rates and timing of nitrogen topdressing applications on the nutritional and agronomic traits of sweet corn. *International Journal of Food, Agriculture and Environment*, 12, 391-398.
- Orzolek, M.D., Greaser, G.L., & Harper, J.K. (2000). Agricultural Alternatives: Sweet corn production.. Penn State College of Agricultural Sciences Agricultural Research and Cooperative Extension. <http://pubs.cas.psu.edu/PubDept.asp?varDept=2&Submit2=Go&offset=45>
- Öktem, A. & Öktem, A.G. (2006). Bazı Şeker Mısır (*Zea mays saccharata* Sturt) Genotiplerinin Harran Ovası Koşullarında Verim Karakteristik-lerinin Belirlenmesi, *Uludağ Üniversitesi Ziraat. Fakültesi Dergisi* 20 (1), 33-46.
- Sari N. & Abak, K. (1997) Effects of the Low Tunnel and Sowing Dates on the Yield, Plant Growth and Some Agronomic Characteristics of Sweet Corn (*Zea mays* L. var. *saccharata*). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 21, 207-211.

- Sencar, Ö., Gökmen, S., Sakın, M.A., & Ocakdan, M. (1999). Şeker mısırında (*Zea mays saccharata* Sturt.) koltuk almanın verim ve bazı özellikler Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi, 15-18 Kasım 1999, 1: 456-461, Adana.
- Soare, R., Dinu, M., Hoza, G., Bonea, D., Babeanu, C., & Soare, M. (2019). The influence of the hybrid and the sowing period on the production of sweet corn. *Scientific Papers. Series B, Horticulture. LXIII* (1), 2285-5653.
- Souza, R.S., Vidigal Filho, P.S., Scapim, C.A., Marques, O.J., Queiroz, D.C., Okumura, R. S., & Cortinove, V.B. (2013). Yield and quality of sweet corn at different plant populations. *Semina: Ciências Agrárias*, 34, 995-1010.
- Tezel, M., Gönülal, E., Arıcı, R.Ç., & Özcan, G. (2021). Konya Ekolojik Koşullarında Farklı Şeker Mısır (*Zea mays saccharata* Sturt) Genotiplerinin Verim ve Verim Komponentlerinin Belirlenmesi. *Ziraat Mühendisliği* 372, 34-43.
- Waligora, H. (1997). The influence of sowing terms on vegetation period and morphological characters of sweet corn. *Prace Zakresu Nauk Rolniczych*.83, 135-140.



Response of Different Safflower Genotypes to Anther Culture

Dudu Büşra NAKAS¹, Süleyman AVCI², Mehmet Demir KAYA³

Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, 26160, Eskişehir/Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-0717-3110>, ²<https://orcid.org/0000-0002-4653-5567>, ³<https://orcid.org/0000-0002-4681-2464>

✉: savci@ogu.edu.tr

ABSTRACT

In this study; the responses of 12 safflower genotypes to anther culture were determined in MS medium containing increasing doses of BAP (0, 0.5, 1, and 2 mg L⁻¹) and NAA (0, 0.1, and 0.5 mg L⁻¹). Donor plants were grown under field conditions and the main capitulas were collected in early or late uninucleate stage. A pre-treatment was applied to their capitules at +4 °C for 3-4 days. Only cvs. Balcı and Linas produced regenerable callus among these genotypes. Although regenerable callus rate was higher in Balcı than Linas, shoot regeneration was achieved only in Linas with 0.5 or 1 mg L⁻¹ of BAP + 0.1 mg L⁻¹ of NAA combinations. In total, 8 shoots of Linas were moved to ½ MS medium consisting of 0.1 mg L⁻¹ of NAA, but rooting of them could not be performed. In sum, among the 12 safflower genotypes, cvs. Balcı and Linas have higher anther culture regeneration potential; however, it is necessary to focus on shoot development and rooting on these cultivars in further experiments.

Agricultural Biotechnology

Research Article

Article History

Received : 07.03.2022

Accepted : 24.08.2022

Keywords

Safflower

Anther culture

BA

NAA

Genotype

Farklı Aspir Genotiplerinin Anter Kültürüne Tepkisi

ÖZET

Bu çalışmada; 12 aspir genotipinin artan dozlarda BAP (0, 0.5, 1 ve 2 mg L⁻¹) ve NAA (0, 0.1 ve 0.5 mg L⁻¹) içeren MS ortamında anter kültürüne karşı tepkileri belirlenmiştir. Donör bitkiler tarla koşullarında yetiştirilmiş ve ana çiçek tablaları erken veya geç tek çekirdekli dönemde hasat edilmiştir. Ön işlem olarak +4 °C'de ve 3-4 gün süreyle soğuk muamelesi uygulanmıştır. Aspir genotiplerinden sadece Balcı ve Linas çeşitleri rejenerere olabilir kallus üretmiştir. Balcı çeşidi daha yüksek oranda kallus oluşturmaya rağmen sadece Linas çeşidinde 0.5 veya 1 mg L⁻¹ BAP + 0.1 mg L⁻¹ NAA kombinasyonlarından sürgün rejenerasyonu gerçekleşmiştir. Toplamda Linas çeşidine ait 8 sürgün 0.1 mg L⁻¹ NAA içeren ½ MS ortamına aktarılmış, ancak köklenme sağlanamamıştır. Sonuç olarak; 12 aspir genotipi arasında Balcı ve Linas çeşitlerinin anter kültürü rejenerasyon potansiyelinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, bu çeşitler üzerinde gelecekte sürgün geliştirme ve köklendirme çalışmalarına odaklanılması gerekmektedir.

Tarımsal Biyoteknoloji

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 07.03.2022

Kabul Tarihi : 24.08.2022

Anahtar Kelimeler

Aspir

Anter kültürü

BA

NAA

Genotip

To Cite: Nakas, D.B., Avci, S., & Kaya, M.D. (2023). Response of different safflower genotypes to anther culture. *KSU J. Agric Nat* 26 (2), 293-298. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1084134.

Atıf İçin : Nakas, D.B., Avci, S., & Kaya, M.D. (2023). Farklı aspir genotiplerinin anter kültürüne tepkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 26 (2), 293-298. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1084134.

INTRODUCTION

Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is used for different purposes from the stem to the seeds (Menegaes & Nunes, 2020). The rate of oil in newly registered safflower cultivars ranges from 35 to 50% (Rahamatalla et al., 2001) and approximately 90% of the oil consists of oleic and linoleic acids (Liu et al., 2016). Because safflower oil contains an average of 70% linoleic acid (omega 6) and is very rich in tocopherol (Matthaus et al., 2015), it is one of the

alternative dietary vegetable oils that can be used for cardiovascular health. On the other hand, safflower cultivars containing of high oleic acid have been developed in recent years and thus, it has been contributed to the production of environmentally friendly biodiesel, just like canola.

It is necessary to develop new varieties that are more resistant to drought and cold, have high seed and oil yield, and have high linoleic and oleic acid content in oil to cultivate safflower in larger areas. Safflower is a

highly self-pollinated, but low level of cross-pollination occurs depending on variety, which indicates anther dehiscence after style elongation, and insect density (Pandey & Kumari, 2008).

Due to the pollination biology of safflower, very long periods are needed for pure-line selection after hybridizations. The application of haploidization techniques such as anther culture, which enables the selection of pure lines in a short time provides the shortening of the breeding period. However, due to regeneration and rooting problems, there have been two researches with Indian originated genotypes on anther culture in safflower so far (Prasad et al., 1990; Prasad et al., 1991). In these studies, it has been reported that the haploid regeneration rate varied according to the genotype, growth conditions of the donor plant, type of nutrient media, cold pre-treatment and the combinations of auxin and cytokinin in the medium.

Optimization of haploid regeneration protocols of safflower inbred lines that tolerate different stress

conditions is very important for the production of new safflower cultivar in a short time in the future. Although this method is a precise, efficient and innovative method for safflower breeding, but haploid plant production differs according to genotypes. In this study, the responses of twelve safflower genotypes, especially selected for winter hardiness, to anther culture were investigated.

MATERIALS and METHODS

In this study, a total of 12 safflower genotypes, eight inbred lines and four commercial cultivars, were used. The names, flower color and spininess of these genotypes are indicated in Table 1. Callus and shoot formation were induced with 6-Benzylaminopurine [(BAP), (Sigma-Aldrich Product Number: B3408)] and 1-Naphthaleneacetic acid [(NAA), (Sigma-Aldrich Product Number: N0640)] and also NAA was used for rooting of shoots. Surface sterilization of capitules was performed with mercuric chloride (PubChem CID: 24085).

Table 1. Flower colors and spininess of safflower genotypes used in anther culture study

Çizelge 1. Anter kültürü çalışmasında kullanılan aspir genotiplerinin çiçek renkleri ve dikenliliği

Numbers	Genotype names	Flower colors	Spininess
1	Balcı*	Yellow	Spiny
2	Dinçer*	Red	Spineless
3	58-11	Orange/ Red	Spineless
4	25	Yellow	Very few spines
5	37-5(3)	Orange	Spineless
6	38-4	Red	Spineless
7	Linac*	Red	Spiny
8	55-14	Orange/ Red	Spiny
9	Olas*	Orange	Spiny
10	43-11	Orange/ Red	Fewer spines
11	24	Yellow	Fewer spines
12	22	Red	Densely spines

*Commercial cultivars

The experimental design was performed in completely randomized plots involving three factors with four replications. The primary factor was safflower genotypes, the second factor was BAP (0, 0.5, 1, and 2 mg L⁻¹) doses, and the third factor was NAA (0, 0.1, and 0.5 mg L⁻¹) doses.

The application of anther culture in safflower genotypes was performed as described by Prasad et al. (1991). Immature capitules with white flowers, which indicates the early uninucleate stage of anther, were gathered from plants sowed in the field between 8 am and 9 am. First, the capitules were wrapped in aluminum foil and kept to cold treatment at +4°C for 3-4 days. Then, capitules with removed bract leaves were sterilized with 0.1% mercuric chloride (HgCl₂) for 6 minutes and rinsed 5 times with sterile water. Following sterilization, flowers were transferred into sterile water to prevent drying. Anthers separated from flowers under a stereo microscope were

transferred to MS media (Murashige & Skoog, 1962) consisting of varied doses of BAP and NAA.

At least 15 anthers for each hormone combination were cultured on 60 x 15 mm disposable petri dishes with full strength MS media consisting of 3% sugar for callus induction. Cultures were initially kept in the dark at 25°C with 50-60% humidity for 10 days in Panasonic Climate Chambers (MLR-352H-PE) and then continued at the same culture condition with 16/8 day and night illumination. The rates of regenerable callus formation (RRCF) were determined 3-4 weeks after the beginning of culture. The calli were transferred to full strength MS medium involving 2% sugar in the same hormone combinations for shoot induction. Shoot formation was observed 3-4 weeks following the calli were incubated in the shooting medium. Then, developed shoots were moved to MS medium consisting of 0.5 mg L⁻¹ of kinetin for shoot elongation during two weeks. Rooting was carried out

in a half-strength MS medium involving 0.1 mg L⁻¹ of NAA with 1% sucrose.

The data were analyzed by using the JMP 14 statistical program. Arcsin \sqrt{x} transformation was applied to the % values that did not indicate the normal distribution and the mean values were compared according to the LSD and t-tests.

RESULTS and DISCUSSION

Regenerable callus formation

The high rate swelling in anthers of some safflower inbred lines such as 22, 24, 25, and 43-11 was observed compared to other genotypes in the first two weeks after the anther incubation, but compact and green calli were induced only in cvs. Balcı and Linas in the following two weeks (Figure 1a and Figure 1b). On the other hand, the calli of cv. Balcı indicated overgrowth (Figure 1c), it did not produce shoots as in cv. Linas (Figure 1d and Figure 1e). The shoots of cv. Linas were elongated with 0.5 mg L⁻¹ of kinetin, but some of them had lost their vitality (Figure 1f).

The regenerable calli were induced in only cvs. Balcı and Linas among 12 safflower genotypes and also cv. Balcı indicated a higher RRFC than Linas (Table 2). These findings confirmed Lantos et al. (2022) who stated in vitro androgenesis is under genetic control in common crop plants. Prasad et al. (1991) and Thengane et al. (1994) also reported that anther response varied depending on safflower and sunflower genotypes, respectively.

High doses of BAP and NAA adversely affected the rate of regenerable callus (Table 2). The highest RRFC was obtained from 0.1 mg L⁻¹ of NAA + 0.5 mg L⁻¹ of BAP in cv. Balcı and 0.5 mg L⁻¹ of NAA + 1 mg L⁻¹ of BAP in cv. Linas (Table 3). All combinations of NAA with 2 mg L⁻¹ of BAP did not produce regenerable callus in cv. Linas. Prasad et al. (1991) determined that the highest callus formation rates were obtained from combinations of 0.5, 1, 2, and 3 mg L⁻¹ of BA and 0.5 mg L⁻¹ of NAA in safflower, and the rate of callus formation was adversely affected by increasing NAA doses. On the other hand, some genus like *Dendranthema* (Khandakar et al., 2014), *Helianthus* (Voronova, 2016) and *Tagetes* (Kumar et al., 2018) belonging to the *Asteraceae* family indicated better responses to anther culture at 2 : 0.1, 2 : 1 and 2 : 0.5 mg L⁻¹, BAP : NAA, respectively.

Shoot regeneration

Although compact and green callus formation occurred at high rates in both cultivars, only 1 plant was obtained from the application of 1 mg L⁻¹ of BAP + 0.1 mg L⁻¹ of NAA in cv. Linas (Figure 1f). Unlike this finding, Prasad et al. (1991) obtained the highest shoot regeneration from anthers of safflower genotypes in a combination of 2 mg L⁻¹ of BAP and 0.5 mg L⁻¹ of NAA. This plantlet was rooted with 0.1 mg L⁻¹ of NAA

(Figure 1g), but it died because there was no root formation for a long time. Rootings initiated to 3-4 weeks after the death of shoot, but it did not turn green again (Figure 1h).

Table 2. Variance analysis and differences between mean values regarding the rate of regenerable callus formation by culturing anthers of some safflower genotypes at different BAP and NAA doses. (Mean \pm standard error).

Çizelge 2. Bazı aspir genotiplerinde anterlerin farklı BAP ve NAA konsantrasyonlarında kültüre alınmasıyla oluşan rejenerere olabilir kallus oranına ait varyans analizi ve ortalama değerler arasındaki farklar. (Ortalama \pm standart hata).

Factors	Ratios of shoot-formingcallus (%)
Safflower genotypes	
Balcı	3.7 \pm 0.9 ^a
Linas	1.9 \pm 0.8 ^b
BAP doses (mg L⁻¹)	
0	0.0 \pm 0.0 ^c
0.5	4.8 \pm 1.6 ^a
1	4.0 \pm 1.4 ^{ab}
2	2.2 \pm 1.0 ^b
NAA doses (mg L⁻¹)	
0	0.5 \pm 0.3 ^b
0.1	5.5 \pm 1.4 ^a
0.5	2.2 \pm 1.0 ^b
Analysis of variance	
Genotypes (A)	*
BAP doses (B)	**
NAA doses (C)	**
A \times B	**
A \times C	**
B \times C	**
A \times B \times C	**

*, **: Significant level of 5% and 1%, respectively. †: Letters indicate different groups at the 5% level.

As a result of the callus and regeneration studies carried out on safflower genotypes, it was decided to continue the optimization of shooting and rooting with cv. Linas, which was sowed a second time in the late summer growing season. In this study, the highest RRFC was achieved at a combination of 0.5 mg L⁻¹ of BAP and 0.1 mg L⁻¹ of NAA with 20%, and seven shoots were derived from this combination. These shoots were moved to a medium consisting of 0.1 mg L⁻¹ of NAA for rooting, but it did not occur. Belide et al. (2011) reported that safflower is sensitive to hyperhydration and difficult to genetically transform due to poor root formation in vitro.

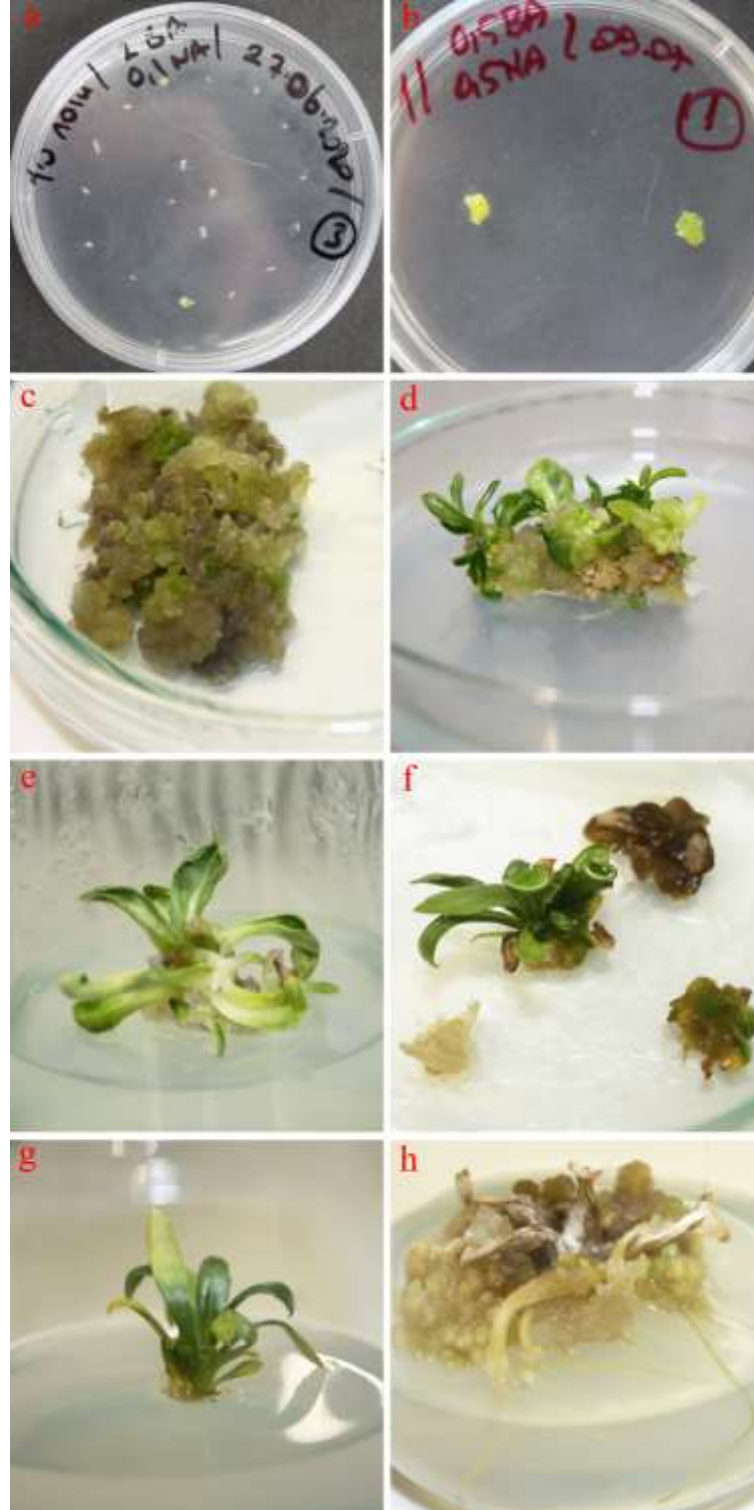


Figure 1. Shoot regeneration from anthers of safflower genotypes. 1a: Callus induction from anthers, 1b: Green and growing calli in cvs. Balcı and Linas, 1c: Callus that grew excessively but did not induce shoots in cv.Balcı, 1d and 1e: Vigorous and green calluses inducing shoots in cv. Linas, 1f: Shoots transferred for growth and elongation, 1g: Transferring of elongated shoots to rooting medium and 1h: Root development after shoot death.

Şekil 1. Aspir genotiplerinin anterlerinden sürgün rejenerasyonu. 1a: Anterlerden kallus oluşumu, 1b: Balcı ve Linas çeşitlerinde yeşil ve büyüyen kalluslar, 1c: Balcı çeşidinde aşırı büyüyen ancak sürgün vermeyen kallus, 1d ve 1e: Linas çeşidinde sürgün oluşturan güçlü ve yeşil kalluslar, 1f: Büyüme ve uzama için transfer edilen sürgünler 1g: Uzatılmış sürgünlerin köklenme ortamına aktarılması ve 1h: Sürgün ölümünden sonra kök gelişimi.

Table 3. The effect of varied BAP and NAA doses on the rate of regenerable callus formation in anthers of some safflower genotypes (%). (Mean ± standard error).

Çizelge 3. Farklı BAP ve NAA dozlarının bazı aspir genotiplerinin anterlerinde rejenererabilir kallus oluşum oranına etkisi (%) (Ortalama ± standart hata).

Safflower genotypes	BAP doses (mg L ⁻¹)		NAA doses (mg L ⁻¹)	
		0	0.1	0.5
Balcı	0	0.0±0.0 ^{c*}	0.0±0.0 ^c	0.0±0.0 ^c
	0.5	0.0±0.0 ^c	13.3±0.0 ^a	6.7±3.8 ^{bc}
	1	0.0±0.0 ^c	11.1±2.2 ^{ab}	0.0±0.0 ^c
	2	2.3±2.2 ^c	11.1±2.2 ^{ab}	0.0±0.0 ^c
Linas	0	0.0±0.0 ^c	0.0±0.0 ^c	0.0±0.0 ^c
	0.5	2.2±2.2 ^c	6.7±6.7 ^{bc}	0.0±0.0 ^c
	1	0.0±0.0 ^c	2.2±2.2 ^c	11.1±4.5 ^{ab}
	2	0.0±0.0 ^c	0.0±0.0 ^c	0.0±0.0 ^c

* Letters indicate different groups at the 1% level for genotype × BAP × NAA interaction.

Table 4. Mean values of regenerable callus formation as a result of culturing anthers of cv. Linas in media containing different BA and NAA (%). (Mean ± standard error).

Çizelge 4. Linas çeşidine ait anterlerin farklı BA ve NAA içeren besi ortamlarında kültüre alınması sonucu oluşan rejenererabilir kallus oranlarına ilişkin ortalama değerler (%). (Ortalama ± standart hata).

BAP doses (mg L ⁻¹)	NAA doses mg L ⁻¹		
	0.1	0.5	Means
0.5	20.0±3.0 ^{a†}	1.3±1.3 ^b	10.7±4.9 ^a
1	0.0±0.0 ^b	2.7±1.6 ^b	1.4±1.3 ^b
2	6.7±4.2 ^b	0.0±0.0 ^b	3.4±3.2 ^b
Means	8.8±2.7 ^a	1.3±0.7 ^b	
Analysis of variance			
BAP doses (A)	*		
NAA doses (B)	**		
A × B	**		

*, **: Significant level of 5% and 1%, respectively. †: Letters indicate different groups at the 5% level.

CONCLUSION

In this study, the responses of 12 safflower genotypes to anther culture were determined. Among these genotypes, only cvs. Balcı and Linas produced highly regenerable callus. Although callus induction was observed in the other genotypes, these calli did not develop into compact and green calli, which have a higher potential to induce shoots. Among the genotypes producing regenerable callus, a few shoots were achieved only in cv. Linas. The elongation of these shoots was very important for rooting. However, the prolonged in vitro culture time to elongate of shoots caused the death of shoots due to hyperhydration. Rooting must be ensured within two weeks for the development of shoots. Although the shoots of cv. Linas were not initially rooted, the roots appeared after the shoots died due to hyperhydration by weeks 4 to 6. However, new shoots were not induced on these roots. If plenty of shoots would be obtained from the anther of safflower genotypes, new studies can be performed to increase rooting in different auxin combinations.

Acknowledgment

This study was provided by Eskişehir Osmangazi University Scientific Research Projects Commission

(Project code: 202023029). In addition, this study was prepared by using of the master thesis of Dudu Büşra Duru.

Author's Contributions

The contribution of the authors is equal.

Statement of Conflict of Interest

Author has declared no conflict of interest.

REFERENCES

- Belide, S., Hac, L., Singh, S.P., Green, A.G., & Wood, C.C. (2011). Agrobacterium-mediated transformation of safflower and the efficient recovery of transgenic plants via grafting. *Plant Methods*, 7(1), 12. <https://doi.org/10.1186/1746-4811-7-12>.
- Khandakar, R.K., Jie, Y.U., Sun-Kyung, M.I.N., Mi-Kyoung, W.O.N., Choi, H.G., Park, H.S., Choi, J.J., Chae, S.C., Jung, J.Y., Lee, K.M., Kim, T.S., & Park, Y.J. (2014). Regeneration of haploid plantlet through anther culture of Chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum*). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 42(2), 482-487. <https://doi.org/10.15835/nbha4229640>.

- Kumar, K.R., Singh, K.P., Jain, P.K., Raju, D.V.S., Kumar, P., Reeta, B., & Panwar, S. (2018). Influence of growth regulators on callus induction and plant regeneration from anthers of *Tagetes* spp. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 88(6), 970-977. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/325780165_Influence_of_growth_regulators_on_callus_induction_and_plant_regeneration_from_anthers_of_Tagetes_spp.
- Lantos, C., Lehoczki-Krsjak, S., & Pauk, J. (2022). Induction of in vitro androgenesis in anther culture of recalcitrant einkorn (*Triticum monococcum* L.). *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 50, 417-426. <https://doi.org/10.1007/s11240-022-02293-6>.
- Liu, L., Guan, L.L., & Yang, Y.X. (2016). A review of fatty acids and genetic characterization of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed oil. *Organic Chemistry: Current Research*, 5, 160-163. Doi: 10.15806/j.issn.2311-8571.2016.0006.
- Matthaus, B., Özcan, M.M., & Al Juhaimi, F.Y. (2015). Fatty acid composition and tocopherol profiles of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed oils. *Natural product research*, 29(2), 193-196. <https://doi.org/10.1080/14786419.2014.971316>.
- Menegaes, J.F., & Nunes, U.R. (2020). Safflower: importance, use and economical exploitation. *Scientia Agraria Paranaensis*, 1(1), 1-11. <https://doi.org/10.18188/sap.v19i1.21250>.
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15, 473-497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>.
- Pandey, A.K., & Kumari, A. (2008). Pollination ecology of safflower (*Carthamus tinctorius* linn)", paper presented at: Safflower: unexploited potential and world adaptability, 7 th International Safflower Conference, Wagga Wagga, NSW, Australia, 3-6 November, pg, 1-10. Retrieved from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/FullTextPDF/2009/20093258236.pdf>.
- Prasad, B.R., Khadeer, M.A., Seeta, P., & Anwar, S.Y. (1990). Influence of genotype and cold pre-treatment on anther culture response in safflower, *Carthamus tinctorius* L. *Indian Journal of Experimental Biology*, 28 (10), 924-927. Retrieved from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19921633108>.
- Prasad, B.R., Khadeer, M.A., Seeta, P., & Anwar, S.Y. (1991). In vitro induction of androgenic haploids in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Plant cell reports*, 10(1), 48-51. <https://doi.org/10.1007/BF00233032>.
- Rahamatalla, A.B., Babiker, E.E., Krishna, A.G., El Tinay, A.H. (2001). Changes in fatty acids composition during seed growth and physicochemical characteristics of oil extracted from four safflower cultivars. *Plant Foods for Human Nutrition*, 56, 385-395. <https://doi.org/10.1023/A:1011860810082>.
- Thengane, S.R., Joshi, M.S., Khuspe, S.S., & Mascarenhas, A.F. (1994). Anther culture in *Helianthus annuus* L., influence of genotype and culture conditions on embryo induction and plant regeneration. *Plant Cell Reports*, 13(3), 222-226. <https://doi.org/10.1007/BF00239897>.
- Voronova, O. (2016). Callus formation and plant regeneration in sunflower (*Helianthus* L., Asteraceae in vitro tissue culture, 19th International Sunflower Conference, Edirne, p.211. Retrieved from <https://www.isasunflower.org/fileadmin/documents/19thISCEDIRNE2016/Physiology/Voronova.pdf>.



Phylogenetic Relationships of The *Trifolium* L. Species Based on cpDNA Sequences

Aykut YILMAZ^{1*}, Yudum YELTEKİN²

^{1,2}Department of Molecular Biology and Genetics, Faculty of Science and Arts, Uşak University, Uşak 64200, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-0327-8388>, ²<https://orcid.org/0000-0003-3891-8717>

✉: aykut.yilmaz@usak.edu.tr

ABSTRACT

DNA barcoding is an important molecular approach in the determination of species diversity, evaluation of phylogenetic relationships and identification of taxonomically problematic species because of insufficient diagnostic characters. It has great importance to determine the barcoding regions that will give the best result in the evaluation of phylogenetic relationships in species like *Trifolium* that spread over wide geographical regions in the world and show high variation accordingly. For this aim, matK (maturase K) and rbcL (ribulose biphosphate carboxylase gene) regions belonging to cpDNA (chloroplast DNA) was used to determine the barcoding ability and evaluate the taxonomy of the genus *Trifolium*. 63 taxa from matK region and 47 taxa from rbcL region were determined and used in this study. It was observed that transitional substitutions for matK and rbcL regions are higher than transversional substitutions with the rate of 51.52 % and 70.69 %, respectively. It can be stated that both of barcoding regions are valuable to reveal the phylogenetic relationships, in addition to their grouping ability the species as taxonomically. However, especially the using of matK sequence informations that have high variable sites (158) and grouping ability clearly for all taxa is strongly recommended.

Molecular Biology

Research Article

Article History

Received : 29.03.2022

Accepted : 14.08.2022

Keywords

DNA barcoding

Trifolium

matK

rbcL

cpDNA

cpDNA Sekansları Temelinde *Trifolium* L. Türlerinin Filogenetik İlişkileri

ÖZET

DNA barkodlama; tür çeşitliliğinin tayininde, filogenetik ilişkilerin değerlendirilmesinde ve yetersiz ayırt edici karakterlerden dolayı taksonomik açıdan problemlili türlerin kimliklendirilmesinde önemli bir moleküler yaklaşımdır. Geniş coğrafik bölgelere yayılan ve buna bağlı yüksek varyasyon gösteren *Trifolium* gibi türlerde, filogenetik ilişkilerin değerlendirilmesinde en iyi sonucu verecek barkodlama bölgelerini tayin etmek büyük bir öneme sahiptir. Bu amaçla, cpDNA'ya (chloroplast DNA) ait matK (maturase K) ve rbcL (ribulose biphosphate carboxylase gen) bölgeleri *Trifolium* cinsinin taksonomisini değerlendirmek ve barkodlama yeteneğini tayin etmek için kullanıldı. Bu çalışmada matK bölgesinden 63 taxa ve rbcL bölgesinden 47 taxa belirlendi ve kullanıldı. Transisyonel değişimlerin, matK ve rbcL bölgeleri için transversiyonel değişimlerden sırasıyla % 51.52 ve % 70.69 ile daha yüksek olduğu gözlemlendi. Heriki barkodlama bölgesinin taksonomik olarak türleri gruplama yeteneklerinin yanısıra, filogenetik ilişkileri ortaya çıkarmak adına değerli olduğu ifade edilebilir. Bununla birlikte, özellikle bütün taksonlar için açık bir şekilde gruplama yeteneğine ve yüksek oranda değişken bölgelere sahip (158) matK sekans bilgilerinin kullanımı tavsiye edilir.

Moleküler Biyoloji

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 29.03.2022

Kabul Tarihi : 14.08.2022

Anahtar Kelimeler

DNA barkodlama

Trifolium

matK

rbcL

cpDNA

Atf Şekli: Yılmaz, A. & Yeltekin, Y. (2023) cpDNA Sekansları Temelinde *Trifolium* L. Türlerinin Filogenetik İlişkileri. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 26 (2), 299-306. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1095219>

To Cite : Yılmaz, A. & Yeltekin, Y. (2023). Phylogenetic Relationships Of The *Trifolium* L. Species Based On cpDNA Sequence. *KSU J. Agric Nat* 26(2), 299-306. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1095219>

INTRODUCTION

The genus *Trifolium* belonging to the family Fabaceae is represented by about 255 species which have

cosmopolitan distribution (Gillet & Taylor, 2001; Choi et al., 2020; Kalinkina et al., 2020). However, the greatest species diversity within the genus *Trifolium* is

observed in the Mediterranean region and its periphery (Ellison et al., 2006; Uslu & Babaç, 2019).

The most of *Trifolium* species are used as ornamental plants, medical plants and foods for animals (Zohary & Heller, 1984; Eroğlu et al., 2013; Uslu & Babaç, 2019).

The taxonomy of the genus, classification and systematic position of some species within the genus are still problematic and confusing. One of the most important reasons is cosmopolitan distribution of the species and variations caused by wide geographical factors. Two classifications proposed by Zohary and Heller (1984) and Ellison et al. (2006) are commonly used in the taxonomy of the genus. The species of the genus *Trifolium* are evaluated into two subgenus as *Trifolium* L. and *Chronosemium* (Ser.) in the classification proposed by Ellison et al. (2006), whereas they are classified into eight sections without subgenus in the classification proposed by Zohary and Heller (1984): *Lotoidea*, *Trifolium*, *Chronosemium*, *Trichocephalum* Koch, *Involucrarium* Hooker, *Vesicaria*, *Paramesus* (C.Presl) and *Mistyllus* (C.Presl). Both of classifications are still commonly used by many researchers in the evaluation of taxonomy and phylogenetic relationships within the genus (Uslu et al., 2013; Uslu & Babaç, 2019; Choi et al., 2020; Kalinkina et al., 2020). For this aim, studies based on morphologic, cytogenetic and especially different molecular techniques like PCR methods and DNA sequences belonging to nuclear and plastid genom are frequently performed to provide considerable informations about taxonomy of the genus *Trifolium* (Watson et al., 2000; Ellison et al., 2006; Kalinkina et al., 2020).

Cytogenetic studies show that basic chromosome number in the genus *Trifolium* is $x=8$ for the majority of the species examined (Goldblatt, 1981; Ellison et al., 2006; Kıran et al., 2010), although anaploidy ($x=5, 6$ and 7) and polyploidy ($4x, 6x$ and $12x$) are detected in some species (Ellison et al., 2006; Vizintin et al., 2006; Kıran et al., 2010; Uslu, 2012).

In cases where morphological datas are insufficient due to differences in ecological conditions, geographical factors and variations in morphological characters in plants caused by these, molecular systematic studies based on DNA sequence informations are commonly performed to determine the status and phylogenetic relationships of some problematic taxa. It is expected that the DNA sequence information belonging to the region preferred should contain enough nucleotide changes to identify the species, in addition to enough nucleotide similarities to reveal the relationship between species and to collect the species in the correct systematic categories. Therefore, especially cpDNA regions which contain gene and spacer sequences between genes are used in plant systematic studies. In this study, two regions belonging to cpDNA (matK and rbcL) frequently proposed were examined to provide

contribution to taxonomy of the genus and to determine the species identification ability of the regions examined. All sequences from past to present for matK and rbcL regions belonging to *Trifolium* taxa were provided from NCBI (National Center of Biotechnology Information). In addition to understand the taxonomy of the genus *Trifolium*, it is aimed in this study to reveal the importance of regions selected in DNA barcoding because the same DNA regions examined for barcoding in different plant groups may show separation ability in different taxonomic categories.

MATERIALS and METHODS

All DNA sequence informations belonging to matK and rbcL genes from cpDNA were collected from NCBI and analysed according to compatibility of their sequence information. In other words, sequence informations which are compatible with each other were determined and used in this study. Totally 63 *Trifolium* taxa from matK region (Burgess et al., 2011; Schaefer et al., 2011; Bruni et al., 2012; Elliott & Davies, 2014; Kajtoch et al., 2015; Kuzmina et al., 2017; Thornhill et al., 2017) and 47 *Trifolium* taxa from rbcL region (Burgess et al., 2011; Schaefer et al., 2011; Bruni et al., 2012; de Vere et al., 2012; Kajtoch et al., 2015; Manton, 2016; Kuzmina et al., 2017) were examined based on sequence informations (Appendix) and analysed their species identification and separation abilities the taxa in the genus *Trifolium*.

Exclusion of problematic taxa and selection of taxa according to the results of phylogenetic tree is a situation observed commonly. For this reason, some species which have sequence informations in high level in NCBI were represented by a few taxa to show compatibility of the taxa in phylogenetic tree. Furthermore, attention was paid in the selection of these taxa to the fact that they were analysed by different researchers.

After the determination of sequences for both regions examined, these sequences belonging to *Trifolium* taxa for matK and rbcL were aligned and performed by using Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA X) (Kumar et al., 2018).

Base substitutions among the taxa examined were determined for matK and rbcL sequences, separately. Variable sites and parsim-info sites were defined for two regions examined in addition to alignment lengths (Table 1). Sequence substitution probabilities among *Trifolium* taxa examined for both of matK and rbcL regions were determined. Afterwards, transitional and transversional base substitutions range were computed in addition to transition/transversion ratios for purines-pyrimidines. Finally nucleotide frequencies for the regions belonging to matK and rbcL of *Trifolium* taxa were determined (Table 1).

Table 1. The comparisons of all studied DNA regions
 Çizelge 1. Tüm çalışılan DNA bölgelerinin karşılaştırmaları

DNA regions	Taxon (number)	Alignment length (bp)	Variable site	Parsim-info site	Transitional substitutions (%)	Transversional substitutions (%)	Transition/Transversion rate		Nucleotide freq. (%)		
							Purines (k ₁)	Pyrimidines (k ₂)		Overall (R)	A+T/U G+C
matK	63	514	158	86	51.52	48.48	0.40	3.56	0.94	70.47	29.53
rbcL	47	332	65	31	70.69	29.31	2.77	6.76	2.33	58.62	41.38
Total	110										

Maximum Parsimony method were performed to show phylogenetic relationships of *Trifolium* taxa, to provide contribution to understanding of *Trifolium* taxonomy, to find out grouping abilities with species in different branches in phylogenetic tree for matK and rbcL regions besides the species identification abilities (Figure 1, 2).

This analysis involved 63 *Trifolium* taxa from matK region and 47 *Trifolium* taxa from rbcL region. Gaps and missing data analyzed in sequences of taxa examined were eliminated for effective analysis.

RESULTS and DISCUSSION

All sequence informations for *Trifolium* taxa examined in this study were provided from NCBI. Firstly all sequences belonging to *Trifolium* taxa from past to present were collected for two regions (matK and rbcL) from cpDNA. Afterwards, sequences which is compatible with each other according to nucleotide lengths were determined and preferred for analysis. Finally, 63 taxa from matK region and 47 taxa from rbcL region were determined and used for further analysis.

While 158 variable sequences and 86 parsimony informative sites in the comparison of the taxa examined were determined for matK region (Table 1), it was observed 65 variable sequences and 31 parsimony informative sites for rbcL region (Table 1). After the elimination of the sequences containing gaps and missing data, alignment length of the *Trifolium* taxa for matK and rbcL regions were determined as 514 bp and 332 bp, respectively.

The rates of transitional and transversional substitutions were shown in Table 1 for matK region. The highest base substitutions were observed between Cytosine and Thymine bases with the rate of 47.03 %. In other words, it can be said that the most of the sequence variations belonging to matK region for *Trifolium* taxa examined were caused by transitional substitutions with the rate of 51.52 %. Transition/transversion ratios were computed as 0.40 for purines, 3.56 for pyrimidines and 0.94 for overall (Table 1). Nucleotide frequencies for matK region of *Trifolium* taxa were determined as 31.67% (A), 38.80% (T/U), 15.61% (C), and 13.92% (G). As a result, it can be stated that the most of the sequence informations

for matK region in *Trifolium* taxa consist of A and T bases (Table 1).

The probability of substitutions from one base to another were shown in Table 1 for rbcL region. The highest base substitutions were observed between Cytosine and Thymine bases with the rate of 50.95 %. The rate of transitional substitution in Table 1 were computed as 70.69 %. In other words, it can be said that the rate of transitional substitution is higher than transversional substitutions with the rate of 70.69 %. Transition/transversion ratios for purines, pyrimidines and overall were determined as 2.77, 6.76 and 2.33, respectively (Table 1). Finally, nucleotide frequencies of rbcL sequences for *Trifolium* taxa were also determined as 26.63 % for Adenine, 31.99 % for Thymine/Uracil, 19.44 % for Cytosine and 21.94 % for Guanine.

Maximum Parsimony (MP) method was performed using by sequence informations of matK and rbcL regions belonging to cpDNA to provide contribution to taxonomy of the genus and to determine the species identification ability of the regions examined (Figure 1, 2).

Phylogenetic trees provided from matK and rbcL were used to evaluate the genus *Trifolium* based on the taxonomic classification suggested by Ellison et al. (2006).

The Evaluation of Phylogenetic Relationships Among *Trifolium* Species Based on matK Region:

New infrageneric classification proposed by Ellison et al. (2006) separated the genus *Trifolium* into two subgenus as *Chronosemium* and *Trifolium* on the contrary of classification proposed by Zohary and Heller (1984) which separate the species as only sectional without subgenus.

Subgenus *Chronosemium* were represented by 9 taxa in this study. These taxa evaluated within the subgenus *Chronosemium* formed the outmost groups in phylogenetic tree. In other words, the highest variation in MP tree was observed in the species belonging to *Chronosemium*. This supports the classification based on Ellison et al. (2006).

Subgenus *Trifolium* is represented by 8 sections: *Trifolium*, *Vesicastrum*, *Involucrarium*, *Trifoliastrum*, *Lupinaster*, *Trichocephalum*, *Glycyrrhizum* and

Paramesus. In this study, taxa examined were grouped within the 6 sections as *Paramesus*, *Vesicastrum*, *Trifolium*, *Trichocephalum*, *Trifoliastrum* and *Involucrarium*.

Section *Paramesus* was represented by one species (*T. strictum*) in MP tree. *T. strictum* formed the most distinct group after *Chronosemium* in dendrogram and showed affinity to the clade which consist of *Vesicastrum* species.

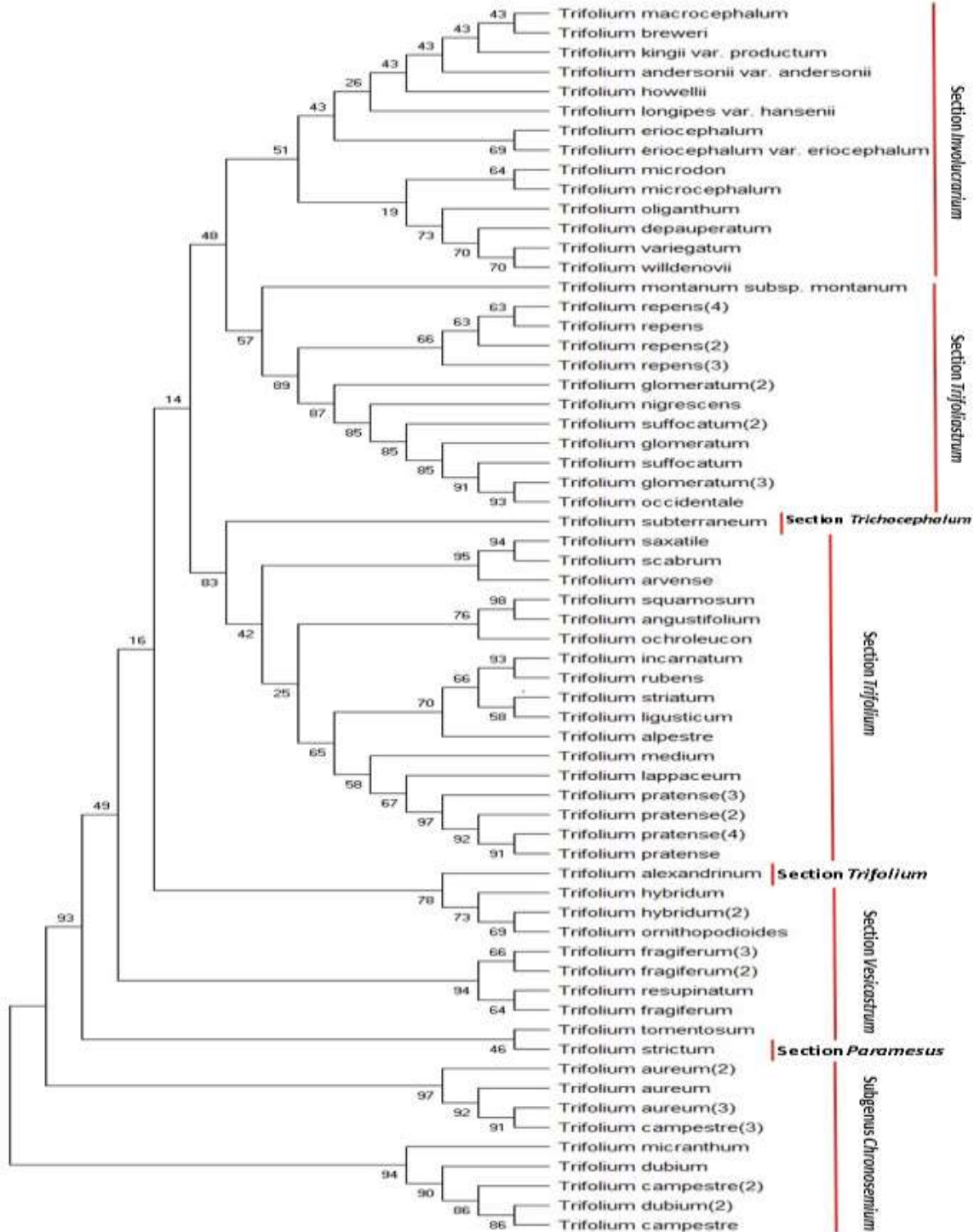


Figure 1. MP tree provided from matK sequence of *Trifolium* taxa
Şekil 1. *Trifolium* taksonlarının matK sekansından elde edilen MP ağacı

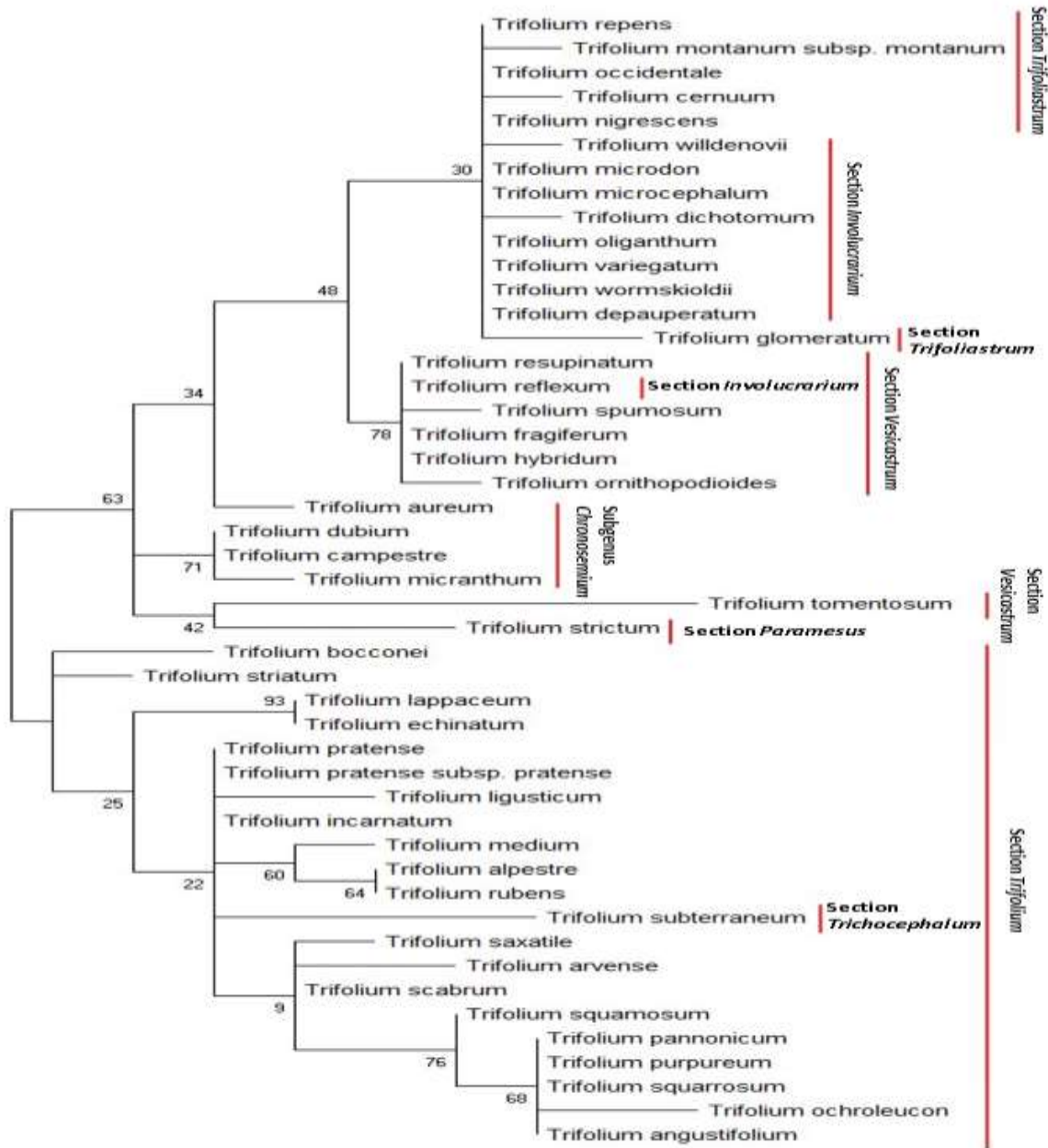


Figure 2. MP tree provided from rbcL sequence of *Trifolium* taxa
Şekil 2. *Trifolium* taksonlarının rbcL sekansından elde edilen MP ağacı

The section *Vesicastrum* was represented by 8 taxa in this study. These taxa belonging to the section *Vesicastrum* were grouped together although they formed different clades between section *Paramesus* and *Trifolium*. Section *Paramesus* and *Vesicastrum* formed the outmost groups in dendrogram with subgenus *Chronosemium*. Other sections (*Trifolium*, *Trichocephalum*, *Trifoliastrum* and *Involucrarium*) show more similarities with each other although each section was grouped in distinct clades.

Section *Trifolium* was represented by 18 taxa. It can be said that all taxa were grouped together in dendrogram although taxa belonging to the section *Trifolium* formed few clades.

Section *Trichocephalum* was represented by only one species (*T. subterraneum*) in this study. *T. subterraneum* merged from outermost to the clade which consist of *Trifolium* taxa. Furthermore, this section was separated from other taxa and formed

different clade although it was represented by only *T. subterraneum*.

Section *Trifolium* and *Involucrarium* were represented by 12 and 14 taxa, respectively. These two sections formed distinct two groups and all taxa examined were grouped as sectional.

Moreover, section *Trifolium* and *Involucrarium* showed similarity as phylogenetically in dendrogram (Figure 1).

As a result, it was observed that all sections examined were separated from each other and formed distinct clades. Finally, it can be stated that sequence information for matK region is significant to understand of taxonomy of the genus *Trifolium* and have enough information to group the species as sectional.

The Evaluation of Phylogenetic Relationships Among *Trifolium* Species Based on RbcL Region:

Subgenus *Chronosemium* was represented by 4 species in this study and species belonging to *Chronosemium* were grouped together in separate clade from other taxa. However, species evaluated within the subgenus *Chronosemium* did not formed outmost clade in dendrogram, unlike the matK.

Section *Trifolium* was represented by 20 taxa. All taxa examined were grouped together in distinct clade. MP tree provided from rbcL region consists of two main groups and one of these main groups is section *Trifolium*. In other words, species which show the most differences among the all taxa examined belong to section *Trifolium*.

Section *Trichocephalum* was represented by only one species (*T. subterraneum*) for rbcL region and *T. subterraneum* was embedded among *Trifolium* species (Figure 2).

Second main group in dendrogram consist of four sections (*Trifolium*, *Involucrarium*, *Vesicastrum* and *Paramesus*) except subgenus *Chronosemium*.

Species belonging to section *Trifolium* and *Involucrarium* were grouped together in same clade.

Species evaluated within the section *Vesicastrum* formed distinct clade from other taxa and showed affinity with the clade which consist of the species of section *Trifolium* and *Involucrarium*.

T. strictum (section *Paramesus*) with *T. tomentosum* (section *Vesicastrum*) formed outmost clade in second main group and showed the most differences phylogenetically among the species examined.

Firstly, MP tree obtained from the sequence informations belonging to the matK region of *Trifolium* taxa shows that all taxa examined were clearly grouped as sectional and formed distinct clusters (Figure 1).

Subgenus *Chronosemium* consists of taxa that exhibit the most differences in comparison to other sections. This situation is compatible with the study of Ellison et al. (2006).

Phylogenetic tree provided from nrDNA ITS sequences and trnL intron of cpDNA used in the study of Ellison et al. (2006) show the major clades of subgenus *Trifolium* and their relationships. The most of the relationships between sections for matK region in this study is compatible with Ellison et al. (2006). Here, the clades of section *Trifolium* and *Involucrarium* show similarity. Furthermore, the section *Trifolium* and *Trichocephalum* exhibit similarity in dendrogram (Figure 1).

The *Paramesus* which consists of only one species (*T. strictum*) is the section showing the highest variation among the sections of subgenus *Trifolium*.

All results based on matK sequence informations show compatibility with the new infrageneric classification. In this aspect, it can be said that the using of matK as a barcoding region is strongly recommended for further studies in the genus *Trifolium*. Results provided from the groupings of taxa examined support the phylogenetic classification suggested by Ellison et al. (2006), unlike the classification of Zohary and Heller (1984). Similarly, phylogenetic relationships of the taxa in this study show differences with Watson et al. (2000).

The MP tree provided from rbcL sequence informations of *Trifolium* taxa formed two main groups (Figure 2). While one of these groups consist of section *Trifolium* and section *Trichocephalum* represented by *T. subterraneum*, second main group contains other sections (*Trifolium*, *Involucrarium*, *Vesicastrum* and *Paramesus*) and subgenus *Chronosemium*. In other words, we found quite a high variation in the section *Trifolium* in comparison to others. The relationships between section *Trifolium* and *Trichocephalum* represented in first main group show similarity with the study of Ellison et al. (2006). Furthermore, it can be said that species examined were generally separated as sectional in MP tree provided from rbcL region. However, this sectional separation and phylogenetic relationships of taxa is not clear like information obtained from matK.

CONCLUSION

Although the use of barcoding regions is very important in the evaluation of phylogenetic relationships between species besides the solution of taxonomic problems, the DNA region preferred for analysis is one of the most important points in successful of the study. Moreover, it is necessary to know that this situation can show variability in different plant groups. In other words, a DNA region which show good separation in some plant groups can

be inadequate for other plant groups. As a result of this study, it can be stated that taxa from the genus *Trifolium* are well grouped for both of barcoding regions in aspect of their common features. However, especially the using of matK sequence informations is strongly recommended for their ability to reveal the phylogenetic relationships, in addition to well grouping of the species as sectional. Furthermore, results provided from this study support the phylogenetic classification suggested by Ellison et al. (2006) in aspect of the evaluation of the genus *Trifolium* into two subgenus as *Chronosemium* and *Trifolium*, relationships between sections and finally phylogenetic relationships of taxa.

ACKNOWLEDGMENTS

The author would like to thank to NCBI for sequence informations used in this study and the authors sharing the sequence informations in NCBI.

Author's Contributions

The contribution of the authors is equal.

Statement of Conflict of Interest

Authors have declared no conflict of interest.

REFERENCES

- Bruni, I., De Mattia, F., Martellos, S., Galimberti, A., Savadori, P., Casiraghi, M., Nimis, PL., & Labra M 2012. DNA Barcoding as an Effective Tool in Improving a Digital Plant Identification System: A Case Study for the Area of Mt. Valerio, Trieste (NE Italy). *PLoS ONE* 7(9), e43256.
- Burgess, KS., Fazekas, AJ., Kesanakurti, PR., Graham, SW., Husband, BC., Newmaster, SG., Percy, DM., Hajibabaei, M., & Barrett S.C.H 2011. Discriminating plant species in a local temperate flora using the rbcL+matK DNA barcode. *Methods in Ecology and Evolution* 2, 333-340.
- Choi, I., Ruhlman, TA., & Jansen R.K 2020. Comparative Mitogenome Analysis of the Genus *Trifolium* Reveals Independent Gene Fission of ccmFn and Intracellular Gene Transfers in Fabaceae. *Int J Mol Sci* 21(6), 1959.
- de Vere, N., Tim, CGR., Col, RF., Sarah, AT., Charlotte, L., Chris, WM., Danielle, S., Helena, D., Joel, A., Sandra, R., Tatiana, T., Hannah, G., Kevin, W., & Mike J.W 2012. DNA Barcoding the Native Flowering Plants and Conifers of Wales. *PLoS ONE* 7(6), e37945.
- Elliott, TL., & Davies T.J 2014. Challenges to barcoding an entire flora. *Mol Ecol Resour* 14(5), 883-91.
- Ellison, NW., Liston, A., Steiner, JJ., Williams, WM., & Taylor N.L 2006. Molecular phylogenetics of the clover genus (*Trifolium*—Leguminosae). *Mol Phylogenet Evol* 39(3), 688-705.
- Eroğlu, E., Acar, C., & Turna İ 2013. Homegardens in landscape architecture – a case study of hazelnut plantations. In: Özyavuz, M. (Ed.), *Advances in Landscape Architecture*. Intech, Zagreb pp. 761-772.
- Gillet, JMX., & Taylor N.L 2001. *The World of Clovers*. Iowa State University Press, Ames. 457 pp.
- Goldblatt P 1981. Cytology and phylogeny of Leguminosae. In: Polhill RM, Raven PH, editors. *Advances in Legume Systematics Part 2*. Kew (UK): *Royal Botanic Garden*. p. 427-463.
- Kajtoch, Ł., Kubisz, D., Heise, W., Mazur, MA., & Babik W 2015. Plant–herbivorous beetle networks: molecular characterization of trophic ecology within a threatened steppic environment. *Molecular Ecology* 24, 4023-4038.
- Kalinkina, VA., Yulia, VM., & Dmitry E.K 2020. Diversity and taxonomy of the *Trifolium lupinaster* polymorphic complex in Eastern Europe and Asia. *Flora* 267, 151597.
- Kıran, Y., Şahin, A., Türkoğlu, I., Kursat, M., & Emre I 2010. Karyology of seven *Trifolium* L. taxa growing in Turkey. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica* 52(2), 81-85.
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., & Tamura K 2018. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Mol Biol Evol* 35, 1547-1549.
- Kuzmina, ML., Thomas, WAB., Aron, JF., Sean, WG., Stephanie, LD., Anuar, R., Bruce, AB., Timothy, AD., Jeffery, MS., Paul, MC., Steven, GN., Diana, MP., Erin, F., Aurélien, LM., Bruce, F., Lynn, G., Ragupathy, S., Jeannette, W., Linda, J., Deborah, M., Connor, PW., Allison, B., Elizabeth, S., Jeremy, RD., Evgeny, VZ., & Paul D.N.H 2017. Using Herbarium-Derived DNAs to Assemble a Large-Scale DNA Barcode Library for the Vascular Plants of Canada. *Applications in Plant Sciences* 5(12), 1700079.
- Manton E.R 2016. DNA barcoding the vascular plant flora of Southern British Columbia. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in the faculty of graduate and postdoctoral studies. *The University of British Columbia*.
- NCBI, National Centre of Biotechnology Information, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank>.
- Schaefer, H., Olivier, JH., Lu's, S., Timothy, GB., & Vincent S 2011. Testing Darwin's naturalization hypothesis in the Azores. *Ecology Letters* 14, 389-396.
- Thornhill, AH., Bruce, GB., William, AF., Sonia, N., Matthew, MK., Naia, MH., Thomas, PM., David, DA., & Brent D.M 2017. Spatial phylogenetics of the native California flora. *BMC Biology* 15, 96.

- Uslu E 2012. Karyology of nine *Trifolium* L. taxa from Turkey. *Caryologia* 65(4), 304-310.
- Uslu, E., Ertuğrul, GD., & Babaç M.T 2013. Assessment of genetic diversity in naturally growing 29 *Trifolium* L. taxa from Bolu Province using RAPD and SSR markers. *Turk J Biol* 37, 479-490.
- Uslu, E., & Babaç M.T 2019. A descriptive study of some *Trifolium* L. (Clover) taxa grown in Bolu Province. *Turk J Bot* 43, 673-686.
- Vizintin, L., Javornik, B., & Bohanec B 2006. Genetic characterization of selected *Trifolium* species as revealed by nuclear DNA content and ITS rDNA region analysis. *Plant Sci* 170(4), 859-866.
- Watson, LE., Sayed-Ahmed, H., & Badr A 2000. Molecular phylogeny of Old World *Trifolium* (Fabaceae), based on plastid and nuclear markers. *Plant Syst Evol* 224, 153-171.
- Zohary, M., & Heller D 1984. The Genus *Trifolium*. *The Israel Academy of Science and Humanities*, Jerusalem.

APPENDIX

matK:

KX677782, KX677632, KX677625, KX677553, KX677538, KX677534, KX677517, KX677456, KX677428, KX677425, KX677330, KX677305, KX677243, KX677240, MF543558, MG221073, MG220863, MG220733, HQ593473, KP210441, KP210439, KJ593139, KJ593138, KJ204551, KJ204549, KP402304, JX518122, HQ619811, MK926203, MK926192, MK520770, KY607384, KY607383, MF963693, MF963637, MF963516, MF963515, MF963514, MF963513, MF963503, MF963502, FJ395427, KJ746140, HM851164, HM851162, HM851161, HM851160, HM851159, HM851156, HM851155, HM851153, HM851152, HM851150, HM851148, HM851147, HE970749, HE967505, HE967503, JN895800, JN895605, JN894444, JN894443, JN894249

rbcL:

MF572248, KJ204418, KJ204416, KJ204414, KJ204413, HQ590307, MK925427, MK925188, MK924976, MK526828, MG249926, MG249858, MG249806, MG249634, MG249454, MG249181, MG248787, MG248763, MG248744, MG248616, MG248257, MG248120, MG247815, MG247055, MG247022, MG246653, KX397992, KX397991, KX678860, KX677987, KX421133, KX421129, KJ746233, JX573067, HM850424, HM850423, HM850422, HM850417, HM850411, HM850408, JN893214, JN891664, JN891326, JN891324, HE963715, HE963713, HE963712



Deficit Irrigation Programs Effects on Yield in Millet (*Panicum miliaceum* L.) in Thrace Region Conditions

Ahmet İSTABULLUOĞLU¹, İsmet BAŞER^{2*}, Samet MORAY³

¹Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems, Türkiye, ²Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Türkiye, ³Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems
¹<https://orcid.org/0000-0001-8080-0152>, ²<https://orcid.org/0000-0001-6748-3750>, ³<https://orcid.org/0000-0002-2133-5593>
✉: ibaser@nku.edu.tr

ABSTRACT

Milletts are indigenous to many parts of the world and are more widely grown, especially in areas where water is limited. The most widely grown millet type is sorghum (*Sorghum bicolor* L.). A field study was carried out to determine the effect of deficit irrigation regimes on grain yield and seasonal evapotranspiration of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) in the Thrace Region of Turkey. The field trials were conducted on a loam Entisol soil, on Öğretmenoğlu and Beydarı, the most popular varieties in the research area. In the study, the split plots experimental design with three replications was used. Eight different irrigation issues are considered, including combinations of the vegetative (V), flowering (F) and grain formation (Y) phases of the plant (including dry conditions, NoI). Results showed that proso millet was significantly affected by water stress during the sensitive flowering stage. The highest grain yield was obtained with 4.09 t ha⁻¹ from Öğretmenoğlu and 4.03 t ha⁻¹ from Beydarı, which was rinsed (VFY) in all development periods. Seasonal irrigation water use and evapotranspiration of the irrigated (VFY) in all development periods were 318 and 579 mm, respectively, for the non-stressed treatment. The seasonal water yield function was calculated as $Y = 0.4087 ET + 144.03$, and the seasonal yield-water response factor value was calculated as 0.57'.

Biosystem Engineering

Research Article

Article History

Received : 15.10.2021
Accepted : 22.07.2022

Keywords

Proso millet
Plant water consumption
Irrigation
Water-yield function
Yield response factor

Trakya Bölgesi Koşullarında Kısıntılı Sulama Programlarının Darıda (*Panicum miliaceum* L.) Verim Üzerine Etkileri

ÖZET

Darılar dünyanın pek çok yerine özgüdür ve özellikle suyun kısıtlı olduğu alanlarında daha yaygın olarak yetiştirilmektedir. En yaygın olarak yetiştirilen darı türü sorgumdur (*Sorghum bicolor* L.). Darı (*Panicum miliaceum* L.)'nın su-verim ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu araştırma 2018-2019 yıllarında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi deneme alanında (40°59'K-27°34'D; 20 m) yürütülmüştür. Öğretmenoğlu ve Beydarı çeşileri kullanılarak tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü planlanan araştırma, tınlı-killi bünyeli Entisol toprak grubu üzerinde kurulmuştur. Bitkinin vejetatif (V), çiçeklenme (F) ve dane oluşum (Y) dönemlerinin kombinasyonları içeren (kuru koşullar dâhil, NoI) sekiz farklı sulama konusu yer almıştır. Araştırma sonuçlarına göre, darının topraktaki nem eksikliğine duyarlı bir bitki olduğu, en fazla duyarlı olduğu dönemin ise çiçeklenme (F) dönemi olduğu görülmüştür. En yüksek darı dane verimi, tüm gelişme dönemlerinde sulanan (VFY) konusunda Öğretmenoğlu'dan 4.09 t ha⁻¹ ve Beydarı'dan 4.03 t ha⁻¹ elde edilmiştir. Bu konunun mevsimsel sulama suyu kullanımı ve bitki su tüketimi sırasıyla 318 ve 579 mm olmuştur. Mevsimsel su verim fonksiyonu $Y = 0.4087 ET + 144.03$, Mevsimsel verim-su tepki faktörü değeri ise 0,57' olarak hesaplanmıştır.

Biyosistem Mühendisliği

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Received
Geliş Tarihi : 15.10.2021
Kabul Tarihi : 22.07.2022

Anahtar Kelimeler

Darı
Bitki su tüketimi
Sulama
Su üretim fonksiyonu
Su verim ilişkisi faktörü

To Cite : İstanbulluoğlu, A., Başer, İ. & Moray, S. (2023). Deficit Irrigation Programs Effects on Yield in Millet (*Panicum miliaceum* L.) in Thrace Region Conditions. *KSU J. Agric Nat* 26 (2), 307-313. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1007783>

INTRODUCTION

The usage areas of Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] has changed over time, but it remains a primary staple food, especially for arid regions. Sorghum also plays a significant role in human consumption; in terms of production area, it ranks fifth after maize, rice, wheat and barley among the cereal crops (Paterson, 2008). It has been reported that 21 sweet sorghum genotypes have high yield and silage quality potential under Çukurova conditions (Yucel et al. 2017). The global climate change, which is being experienced more and more each year, the increasing world population and the increasing need for food require solutions to the universal problems in the agricultural sector. The importance of growing sorghum is increased by the fact that it does not require as intensive plant protection and nutrient replenishment as maize (Tsuchihashi & Goto, 2004).

The possible agricultural drought resulting climate change necessitates effective water management to increase and maintain productivity with irrigated agriculture.

In plant production, instead of obtaining maximum efficiency from the unit area with full irrigation, by limiting the number of irrigation or the amount of irrigation water, more areas can be irrigated with the same amount of irrigation water, and thus water use can be optimized (Anonymous, 2018).

Millet (*Panicum miliaceum* L.), subsidized to meet quality forage deficiencies in Turkey, has recently become increasingly embedded in the crop pattern of the Thrace Region. Therefore, the need for information on millet cultivation and water use efficiency in irrigated conditions has become critical. It has a water demand of 500–580 mm/year and a transpiration coefficient of 150–250 l/kg dry matter (Assef et al., 2010). In the case of limited watering of the plants, with the change of soil moisture, the plant reacts differently in different development periods. This means that the sensitivity of plants to water deficiency in each development period is different.

Few studies on millet in Turkey and the world reveal that millet is a water-sensitive product (Ibrahim et al. 1993; Turgut et al. 2006). Similarly, it was stated by Prasad et al. (1986), Seghatoleslami et al. (2008), Okant (2014) and Gong et al. (2019) that irrigations at different growth stages cause very other effects on plant growth and yield.

In this study, it is aimed to contribute to the agriculture of the region by determining the water-yield relationship of millet.

MATERIAL and METHOD

Research Site

The research was carried out in the experimental area of Tekirdağ Namık Kemal University Faculty of Agriculture in 2018 and 2019. The trial area is 2 km from the sea, at an altitude of 20 m, and is located at 40°59' north latitude and 27°34' east longitude.

Climatic Conditions

Tekirdağ province has a semi-terrestrial climate type. Winters are cool and rainy; summers are dry and hot. For many years (1975-2019), the annual average precipitation is approximately 581.8 mm, the temperature is 14 °C, the relative humidity is 77%, the evaporation amount is 987.3 mm, and the wind speed is around 2.7 m s⁻¹ (State Meteorology Bulletin, 2020). The monthly temperature, relative humidity, wind speed, precipitation and sunshine duration values measured during the trial years (2018-2019) are given in Table 1.

Experimental Plan

Experiment area did not form a pedogenetic horizon, very young, clayey textured (average 46.2% clay, 27.9% silt, 25.9% sand in 0-90 cm soil profile), located on Entisol soil order. (Boyraz and Sarı, 2012). There is no problem with boron, salinity, sodium, calcification, drainage and erosion. Irrigation water quality is T2S1 (electrical conductivity 0.5 dS m⁻¹, sodium absorption rate 7.0). Soil moisture constants of the experimental area are given in Table 2, and some chemical analysis values of the soil are shown in Table 3.

The research was carried out as two separate experiments with three replications, using the Öğretmenoğlu and Beydari seed varieties (*Panicum miliaceum* L.) according to the split plots experimental design. The sowings were made on 16 April 2018 and 12 April 2019. Trial plots were 2.1 x 4.0 m in size, 0.35 m between rows and 0.20 m above rows. A total of six rows were created in each plot. With the planting, all plots were given 20-20-0 fertilizer with 100 kg ha⁻¹ and urea fertilizer with the analysis of 50 kg ha⁻¹ when the plant height reached 40-45 cm. In both years, winter wheat was planted as a preliminary plant in the experimental area.

Irrigation Applications

In selecting irrigation topics, three developmental periods with high sensitivity in water-yield relations were taken as stated in Doorenbos and Kassam (1979) and Allen et al. (1998).

The amount of irrigation water to be given to the subjects to be irrigated is based on the principle of

increasing the amount of missing moisture in the soil samples taken from the adequate root depth (0-90 cm) of the relevant plots before each development period

(Howell et al., 1988) to the field capacity (Howell et al.,1988).

Table 1. Meteorological values measured during the trial years

Çizelge 1. Deneme yıllarında ölçülen meteorolojik değerler

Aylar (Months)	Meteorolojik değerler (Meteorological values)									
	Sıcaklık (Temperature) (°C)		Nisbi nem (Relative humidity) (%)		Rüzgar hızı (Wind speed) (m s ⁻¹)		Yağış (Precipitation) (mm)		Güneşlenme (Sunbathing) (h)	
	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019	2018	2019
January	6.6	5.6	85.6	76.3	2.9	3.2	76.5	63.9	101.2	49.9
February	7.3	5.8	86.1	74.3	3.5	2.9	95.3	44.8	49.0	104.5
March	9.8	9.3	85.8	70.8	3.0	2.9	76.8	30.2	92.0	199.8
April	14.0	11.6	76.4	71.9	2.2	2.6	10.6	42.9	240.3	162.4
May	18.5	17.9	79.2	70.5	2.8	2.3	27.4	31.2	183.7	191.7
June	22.3	24.1	72.6	64.8	3.0	2.8	75.4	7.5	199.1	237.1
July	25.1	23.9	69.5	65.0	2.6	2.7	87.7	18.8	259.5	293.0
August	26.0	25.3	63.1	62.7	3.8	3.5	-	-	228.4	293.3
September	21.8	21.6	67.7	65.1	3.1	3.3	18.7	9.6	132.8	223.3
October	16.7	17.5	75.9	73.3	2.8	2.3	48.2	46.2	125.8	184.1
November	12.1	15.5	76.7	75.7	3.6	2.6	48.2	17.4	52.5	130.2
December	6.2	9.2	76.3	75.5	2.6	2.7	115.2	22.3	59.9	71.1
Yıllık (Annual)	15.5	15.6	76.2	70.5	3.0	2.8	680.0	334.8	143.7	178.4

Table 2. Field capacity and wilting point values of the research area soil

Çizelge 2. Araştırma alanı toprağının tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri

Toprak derinliği (Soil depth) (cm)	Tarla kapasitesi (Field capacity)		Solma noktası (Wilting point)		Hacim ağırlığı (Volume weight) (gr cm ⁻³)	Faydalı su (Useful water) (mm)
	Pw	mm	Pw	mm		
	0 - 30	19.70	96.9	10.23		
30 - 60	20.21	101.3	9.97	50.0	1.67	51.3
60 - 90	21.26	107.8	11.18	56.7	1.69	51.1
Toplam (Total)		306.0		157.0		149.0

Table 3. Some chemical analysis values of the research area soil

Çizelge 3. Araştırma alanı toprağının bazı kimyasal analiz değerleri

Yıl (Year)	Toprak derinliği (Soil Depth) (cm)	Toprak doygunluğu (Soil Saturation) (cm)	Potansiyel hidrojen (Potential hydrogen)	Elektiriksel iletkenlik (Electrical conductivity) 10 ³ * 25°C	Toplam tuz (Total Salt) (%)	Kireç (Lime) CaCO ₃	Organik madde (Organic Matter) (%)	Mevcut (Available) (kg da ⁻¹)	
								P ₂ O ₅	K ₂ O
								2018	0 - 20
	20 - 40	59	6.9	484	0.018	0.84	0.87	6.8	126.8
2019	0 - 20	59	7.1	551	0.022	0.86	0.90	12.8	137.5
	20 - 40	61	7.0	520	0.021	0.82	0.70	8.0	139.9

Soil moisture levels of the plots were determined by gravimetric method with soil samples taken from 0-30, 30-60 and 60-90 cm depths. Necessary irrigation water was applied to the plots together with the ponded furrow method in both trials. $ET_a = P + I \pm \Delta S$ water balance equation was used to calculate plant water consumption (Beyce & Madanoğlu, 1980). Inequality, ET_a : crop water consumption, P : precipitation, I : irrigation water, and ΔS : moisture change in soil profile between the sowing and harvesting period. All

precipitation values were accepted as effective in the experiment. According to the specified equation, cumulative plant water consumption amounts were obtained by using soil samples taken at the beginning of each irrigation period (Istanbulluoğlu, 1996). The first year of the trial was terminated on 18 September 2018, and the second year was on 14 September 2019. Grain yields obtained from the trial subjects were evaluated statistically by analysis of variance and Duncan classification.

The water-production function was obtained, which gives the relationship between the grain yields obtained from the experiments and the seasonal plant water consumption values. In addition, the water-yield relationship factor (ky), which gives the relationship between proportional plant water consumption deficits and proportional yield reductions, was determined. For this, the following equation was used based on the model of Stewart et al (1977) (Doorenbos and Kassam, 1979).

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = ky \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right)$$

In equality; Y_a : actual yield, Y_m : maximum yield, ET_a : actual plant water consumption, ET_m : maximum plant water consumption, and ky : water-yield relationship factor.

The grain yields obtained from each irrigation application; total water use activities (TWUE) with its ratio to total evapotranspiration and irrigation water usage activities (IWUE) with its ratio to total irrigation

water amount were calculated (Musick and Dusek, 1980).

RESULTS and DISCUSSION

Effect of Irrigation on Grain Yield

The results of the combined analysis of variance and significance test (Duncan) as a result of positive homogeneity test results in millet grain yield values obtained in both cultivars are given in Table 4.

According to the variance analysis of the grain yields obtained from the two-year study, it is understood that the soil moisture level has a significant ($p < 0.01$) effect on the product yield. The sensitivity of the plant to water at different growth stages was markedly different. The order of susceptibility was listed as flowering (F), vegetative development (V) and grain formation (Y). All subjects involving irrigation during the flowering period were included in the first four classifications in both years.

Table 4. Millet grain yields obtained from in irrigation applications ($t\ ha^{-1}$)
Cizilge 4. Sulama uygulamalarında elde edilen dari dane verimleri ($t\ ha^{-1}$)

Sulama konusu (Irrigation subject)	Çeşitler (Varieties)					
	Öğretmenoğlu			Beydari		
	2018	2019	Average	2018	2019	Average
NoI	2.13 d ±0.24	2.31 d ±0.14	2.22 d ±0.13	2.06 c ±0.10	1.94 e ±0.05	2.00 e ±0.06
V	3.15 bc ±0.16	3.01 bcd ±0.03	3.08 bc ±0.08	3.20 ab ±0.07	2.26 de ±0.09	2.73 cd ±0.22
F	3.25 abc ±0.23	3.29 abc ±0.21	3.27 abc ±0.14	3.29 ab ±0.14	2.59 cd ±0.07	2.94 bcd ±0.17
Y	2.61 cd ±0.34	2.81 cd ±0.11	2.71 cd ±0.16	2.88 bc ±0.22	2.04 e ±0.05	2.46 de ±0.21
VF	3.73 ab ±0.29	3.39 abc ±0.20	3.56 ab ±0.15	3.25 ab ±0.16	2.85 bc ±0.11	3.05 bc ±0.12
VY	3.14 bc ±0.18	2.96 bcd ±0.06	3.05 bc ±0.09	2.91 b ±0.15	2.05 e ±0.06	2.48 d ±0.20
FY	3.93 ab ±0.17	3.63 ab ±0.12	3.78 ab ±0.12	3.70 ab ±0.11	3.42 ab ±0.06	3.56 ab ±0.08
VFY	4.13 a ±0.09	4.05 a ±0.13	4.09 a ±0.05	3.99 a ±0.09	4.07 a ±0.05	4.03 a ±0.05
Average (Standard error)	3.26 ±0.15	3.18 ±0.11	3.22 ±0.14	3.16 ±0.14	2.65 ±0.12	2.91 ±0.18

As can be seen from the examination of the average grain yields for two years, the highest yield was obtained from the VFY subject. The highest yields were obtained with $4.09\ t\ ha^{-1}$ grain from Öğretmenoğlu and $4.03\ t\ ha^{-1}$ grain from Beydari. These were followed by FY and VF subjects in the Öğretmenoğlu variety, and the FY subject in the Beydari variety.

In cases where water shortage or water economy problems are experienced in the region, FY or VF issues can be applied according to the order of priority. In cases where water shortage is high and single irrigation can be done, there should be a flowering (F) period. This period is approximately the first week of July, 75-85 days after planting the plant. If there is a drought at the beginning of the plant growing season, irrigation should be done in the last week of May or the first week of June, as an approximate date when the plant height is 40-45 cm. Studies conducted by Seghatoleslami et al. (2008), Okant (2014) and Gong et al. (2019) in studies conducted to determine the critical

development periods of millet against water deficiency support in the results.

Plan Seasonal Irrigation Water Requirement and Plant Water Consumption

The amounts of irrigation water applied to the trial subjects, the obtained irrigation water saving, irrigation water usage activities, total water usage activities and seasonal plant water consumption values are given in Table 5.

During the years of in this study, the amount of precipitation and its distribution affected the amount of irrigation water applied to irrigation issues. Due to the rainy season in the first year, there was a decrease in irrigation water application compared to the second year. The highest irrigation water was applied during the flowering (F) and grain formation (Y) periods.

Seasonal plant water consumption values in both years were significantly affected by falling precipitation, soil moisture content and applied irrigation water

amounts. The amount of irrigation water applied to the subjects most affected the plant water consumption values. The lowest plant water consumption of 261 mm, was obtained from the NoI subject without irrigation. This was followed by subjects V, Y and F,

respectively. The highest crop water consumption was 579 mm for the three times irrigated VFY. There was no statistically significant difference in ET values over the years.

Table 5. Seasonal irrigation water amounts, water savings, water use activities and plant water consumption values obtained from the trial subjects

Çizelge 5. Deneme konularından elde edilen mevsimsel sulama suyu miktarları, su tasarrufu, su kullanım faaliyetleri ve bitki su tüketim değerleri

Sulama konuları (Irrigation Subjects)	Sulama sayısı (Irrigation number)	Sulama suyu miktarı (Irrigation water amount) (mm)	Sulama suyu tasarrufu (Irrigation water saving) (%)	Sulama suyu kullanım verimliliği (Irrigation water use efficiency) (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	Toplam su kullanım verimliliği (Total water use efficiency) (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	Bitki su tüketimi (Plant water consumption) (mm)
NoI	-	-	100	-	9.0	261
V	1	79	75	39.2	9.3	340
F	1	123	61	26.7	8.7	384
Y	1	117	63	23.3	7.3	378
VF	2	201	37	17.7	7.7	462
VY	2	195	39	15.6	6.7	456
FY	2	239	25	13.7	6.6	500
VFY	3	318	0	12.9	7.1	579

The highest monthly plant water consumption was realized in other months due to irrigation water application in further development periods due to irrigation issues. The tallest plant water consumption was obtained in June for NoI, V and VF subjects and in July for other issues. In FY and VFY subjects, this value was 180 mm.

In addition, the most significant savings in irrigation water for both years were realized in V, Y and F subjects, which were irrigated once. The moisture content in the soil profile during irrigation determined the amount of water saved

Using the average values, the highest total water use efficiency was obtained from the V subject with 9.3 kg ha⁻¹ mm⁻¹, and the lowest were obtained from the FY and VY subjects with 6.6 and 6.7 kg ha⁻¹ mm⁻¹, respectively. Regarding irrigation water usage efficiency, the highest and lowest values were obtained from V subject with 39.2 kg ha⁻¹ mm⁻¹ and VFY matter with 12.9 kg ha⁻¹ mm⁻¹, respectively. This confirms the statements by Fereres and Soriano (2007), Geerts and Raes (2009) and Pereira, Oweis and Zairi (2002) that there will be no increase in plant yield after a certain amount of irrigation water and soil moisture content. As a result, it shows that the plant does not benefit from water equally in all development periods.

Water-Production Function and Water-Yield Relationship Factor (Ky)

The water usage function obtained using seasonal evaporation and millet yield for all applications is

given in Figure 1. The relationship between ET and grain yield (Y) $Y = 0.4087 ET + 144.03$ ($r = 0.77^{**}$) was statistically significant at the 0.01 level ($p < 0.01$). Using this relationship, millet grain yield in this region can be estimated from ET. However, when using the above equation, the upper limit of the independent variable (ET) should not be exceeded.

Using the seasonal plant water consumption and grain yield of the trial subjects, the water-yield relationship factor (ky), which explains the relationship between the proportional lack of plant water consumption and the proportional yield decrease, was calculated as 0.57 in Figure 2. The ky values for 2018 and 2019 were 0.56 and 0.58, respectively.

CONCLUSION

In both years, grain yield decreased in Y subject without irrigation (33.7%) in the first two growing periods compared to VFY subject. Watering is essential during the F growing season. The least reduction in yield occurred in treatments irrigated only at this stage. A 45.7% yield reduction in yield was found in the rain-fed treatment compared to the VFY application. The highest seasonal ET was calculated as 579 mm in VFY-treatment of non-water stress conditions, the highest monthly ET was 180 mm in July. 4,09 tons ha⁻¹ grain yield was obtained from this subject

According to the results, irrigated VFY in all growth periods can be recommended to obtain the highest yield. The irrigation schedule of this subject can be as follows: the first irrigation is in the vegetative period, 40-50 days after planting, the end of May; the second

watering is during the flowering period, 75-85 days after planting, that is, in the first week of July; the

third irrigation is during the grain transport period, that is, in the last week of July.

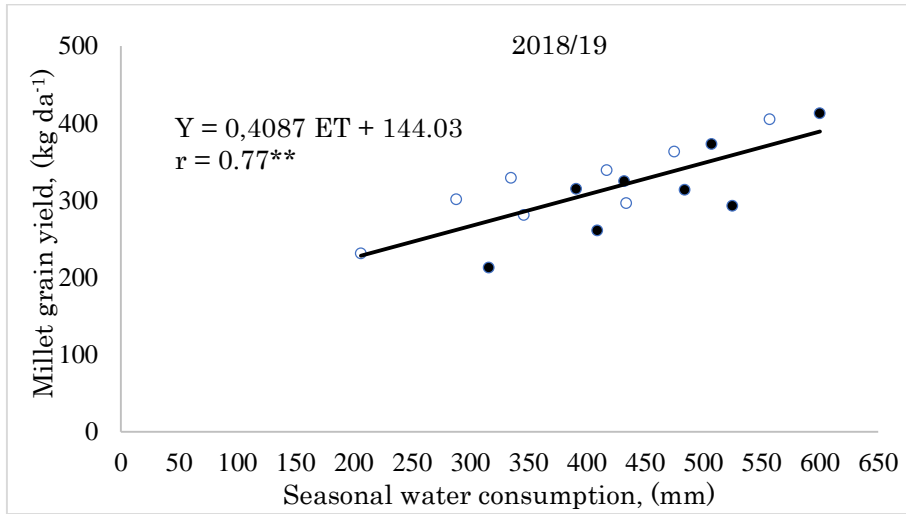


Figure 1. Water-production function giving the relationship between millet grain yields and seasonal plant water consumption values

Şekil 1. Darı dane verimleri ile mevsimlik bitki su tüketim değerleri arasındaki ilişkiyi veren su üretim fonksiyonu

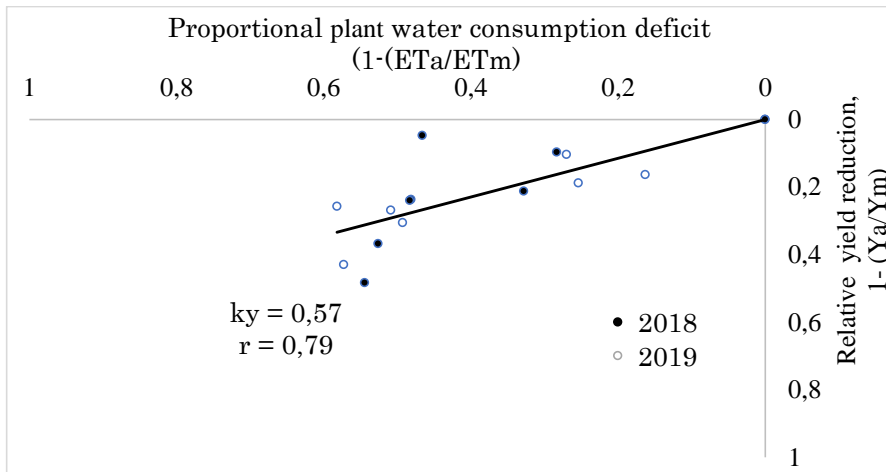


Figure 2. Water-yield relationship factor (ky) that gives the relationship between proportional yield reductions and proportional plant water consumption deficits in millet

Şekil 2. Darıdaki orantılı verim düşüşleri ile orantılı bitki su tüketimi açıkları arasındaki ilişkiyi veren su-verim ilişki faktörü (ky)

The relationship between seasonal ET and grain yield was statistically significant ($p < 0.01$) and was defined by the equation $Y = 0.4087 ET + 144.03$ ($r = 0.77^{**}$). The water-yield relationship factor (ky), which explains the relationship between the proportional ET deficit and proportional yield decrease, was calculated as 0.57. The ky values for 2018 and 2019 were 0.56 and 0.58, respectively. Using the mean values, the highest TWUE was obtained from the V subject with $9.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, while the lowest TWUE was obtained from the FY and VY subjects with 6.6 and $6.7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, respectively.

Author's Contributions

The authors contributed equally to the article.

Statement of Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflicts of interest.

REFERENCES

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. & Smith, M. (1998). *Crop Evapotranspiration (Guidelines for Computing Crop Water Requirements)*. Irrigation and Drainage Paper 56. United Nations, Rome, FAO.
- Anonymous, (2018). *Türkiye Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı 2018-2022*. Tarım ve Orman Bakanlığı, 84 s. Ankara
- Assefa, Y., Staggenborg, S.A. & Prasad, V.P.V. (2010). Grain sorghum water requirement and responses to

- drought stress: A review. *Crop Manag.* 9, 1-11.
- Boyras, D. & Sarı, H. (2012). Tekirdağ Değirmenaltı-Muratlı kavşağı çevre yolunu oluşturan katenadaki toprakların fiziksel ve zemin özelliklerinin değerlendirilmesi. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty* 9(3), 68-78.
- Doorenbos, J. & Kassam, A.H. (1979). *Yield Response to Water. Irrigation and Drainage Paper 33*. United Nations, Rome, FAO.
- Fereres, E. & Soriano, M.A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany* 58(2), 147-159.
- Gong, X.W., Liu, C.J., Ferdinand, U., Dang, K., Zheo, G., Yang, P., Feng, B.L. (2019). Effect of intercropping on leaf senescence related to physiological metabolism in proso millet (*Penicum miliaceum* L.). *Photosynthetica* 57(4), 993-1006.
- Geerts, S. & Raes, D. (2009). Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural Water Management* 96(9), 275-1284.
- Howell, T.A., Cuenca, H.A. & Solomon, K.H. (1990). *Crop Yield Response. Management of Farm Irrigation Systems*. Trans. ASAE Monograph Chap S. USA.
- Mace, E.S., Tai, S., Gilding, E.K., Li, Y., Prentis, P.J., Bian, L., Campbell, B.C., Hu, W., Innes, D.J. & Han, X. (2013). Whole-Genome Sequencing Reveals Untapped Genetic Potential in Africa's Indigenous Cereal Crop Sorghum. *Nat. Commun.* 4, 2320.
- Musick, J.T. & Dusek, D.A. (1980). Irrigated corn yield response to water. *Transactions of the ASAE* 23: 92-98, 103.
- Okant, M. (2014). Effect of different planting times on herbage and some agronomical characteristics of proso millet (*Panicum*). *Journal of Harran Agriculture and Food Sciences* 18(4), 42-47.
- Pereira, L.S., Oweis, T. & Zairi, A. (2002). Irrigation management under water scarcity. *Agricultural Water Management* 57, 175-206.
- Prasad, U.K., Pandey, R.D., Bupta, P.K. & Sharma, N.N. (1986). Effect of irrigation on growth, water requirement, water-use efficiency and yield of summer proso millet. *Indian Journal of Agronomy* 31, 280-284.
- Seghatoleslami, M.J., Kafi Falavarjani, M., Majidi Heravan, E., Darvish, F. & Nourmohammadi, G. (2008). Effect of deficit irrigation on yield and water use efficiency of three millets species. *Journal of Agricultural Sciences* 11(4), 121-131.
- Stewart, J.I., Cuenca, R.H., Pruitt, W.O., Hegan, R.M. & Tosso, J. (1977). *Determination and Utilization of Water Production Functions for Principal California Crops*. W-67 California Contributing Project Report. University of California, Davis.
- Teetor, V.H., Duclos, D.V., Wittenberg, E.T., Young, K.M., Chawhuaymak, J., Riley, M.R. & Ray, D.T. (2011). Effects of planting date on sugar and ethanol yield of sweet sorghum grown in Arizona. *Ind. Crops Prod.* 34, 1293-1300.
- Tsuchihashi, N. & Goto, Y. (2004). Cultivation of Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) and determination of its harvest time to make use as the raw material for fermentation, practiced during rainy season in dry land of Indonesia. *Plant Prod. Sci.* 7, 442-448.
- Turgut, I.A., Duman, Wietgreffe, G.W., & Açıköz, E. (2006). Effect of seeding rate and nitrogen fertilization on proso millet under dryland and irrigation conditions. *Journal of Plant Nutrition* 29, 2119-2129.
- Yücel, C., İnal, İ., Gündel, F., Yücel, D., Aktaş, A., Karaağaç, H.A., Hatipoğlu, R. & Dweikat, İ. (2017). Biyoetanol üretiminde kullanılmış tatlı sorgum saplarının silaj kalite özelliklerinin belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 20 (Özel Sayı), 144-148.



Karasal İklim Şartlarında Çadır Ağıl Tipinin Kullanım Olanakları; Yozgat İli Örneği

Müge ERKAN CAN¹, Orhan ERMETİN², Mustafa BOĞA³

¹Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Balcalı/Adana. ²Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, Yozgat. ³Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Ulukışla Meslek Yüksek Okulu, Ulukışla/Niğde

¹<https://orcid.org/0000-0002-0744-1496>, ²<https://orcid.org/0000-0002-3404-0452>, ³<https://orcid.org/0000-0001-8277-9262>

✉: merkan@cu.edu.tr

ÖZET

Yalıtımlı, havalandırması yeterli, kurulumu kolay ve ucuz olan modern çadır ağılların yaygınlaşmaya başlamasıyla koyun yetiştiricilerinin ağıl yapım masrafları azalmıştır. Bu kapsamda çalışmada, Yozgat ili çevresinde çadır ağıllarda koyunculuk yapan işletmelerde anket ve yerinde inceleme yaparak yetiştiricilerin sorunlarının irdelenmesi hedeflenmiştir. Ayrıca, çadır ağıl kullanımının olumlu veya olumsuz yönlerinin tespit edilmesi ile mevcut durumlarının ortaya konulması amaçlanmıştır. Çadır ağıllarda koyun yetiştiriciliği faaliyetini sürdüren işletme sahiplerinin %90.48'i çadır tipi yetiştiricilikten ve çadır ağıldan yapısal olarak memnun olduklarını ifade ederken, %76.19'u işletmelerinde yoğunlaşma (nemlenme) olduğunu belirtmiş ve bu durumdan rahatsız olduklarını belirtmişlerdir. Çadır ağıl işletme giderlerini standart ağıldaki giderlerle aynı miktarlarda bulan işletmecilerin oranı %80.95, çadır ağılların standart ağıllardan daha az masraflı olduğunu düşünen işletmecilerin oranı ise %19.05 olmuştur.

Tarımsal Yapılar ve Sulama

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 06.01.2022

Kabul Tarihi : 06.07.2022

Anahtar Kelimeler

Çadır ağıl
Koyun yetiştiriciliği
Akkaraman koyunu
Yozgat
Anket

Usage Opportunities of Tent Barn Type in Terrestrial Climate Conditions; Example of Yozgat Province

ABSTRACT

The cost of making barns for sheep breeders has decreased with the spread of modern tent pens, which are insulated, adequately ventilated, easy to install, and inexpensive. In this context, it is aimed to examine the problems of the breeders by conducting surveys and on-site investigations in the sheep farms in tents around Yozgat province. In addition, it is desired to determine the positive or negative aspects of using tents and to reveal their current situation. While 90.48% of the owners of sheep breeding in tents stated that they are structurally satisfied with the tent-type breeding and tent barn, 76.19% of them stated that there is condensation (humidity) in their enterprises, and they are uncomfortable with this situation. The ratio of the operators who found the tent barn operating expenses to be the same as the expenses in the traditional barn was 80.95%, and the rate of the operators who thought that the tent barns were less expensive than the traditional barns was 19.05%.

Agricultural Structures and Irrigation

Research Article

Article History

Received : 06.01.2022

Accepted : 06.07.2022

Keywords

Tent barn
Sheep breeding
Akkaraman sheep
Yozgat
Survey

Atıf Şekli: Erkan Can, M., Ermetin, O. & Boğa, M. (2023). Karasal İklim Şartlarında Çadır Ağıl Tipinin Kullanım Olanakları; Yozgat İli Örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 26 (2), 314-325. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1054377>

To Cite : Erkan Can, M., Ermetin, O. & Boğa, M. (2023). Usage Opportunities of Tent Barn Type in Terrestrial Climate Conditions; Example of Yozgat Province. *KSU J. Agric Nat* 26 (2), 314-325. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1054377>

GİRİŞ

Artan nüfusa paralel olarak gelişen hayvancılık sektörü içerisinde koyunculuk her dönemde yerini ve önemini korumuştur. Küçükbaş hayvan yetiştiriciliği kırsal alanlarda ve nispeten daha düşük maliyetlerle yapılabilecek bir hayvancılık sektörüdür. Dolayısıyla, küçükbaş hayvancılık, yapısı bakımından kırsal kesimin önemli gıda ve gelir kaynağı olma özelliğini

geçmişten beri korumaktadır (Kaymakçı ve ark., 2005). Hayvansal ürünlerin üretimi sırasında işletme giderlerinin en fazla payını yem giderleri oluşturmaktadır (%60-70) (Boğa & Çevik, 2012). Türkiyede meraya dayalı ekstansif koyunculuk işletmeleri, daha yaygın olduğundan, birim maliyet bakımından en fazla gelir getiren üretim kolu olarak görülmektedir (Boğa & Seçer, 2015). Önceleri genelde

göçer koyuncuların kullandığı çadır ağllar, son yıllarda oldukça yaygın hale gelmiştir. Yalıtımlı, havalandırması yeterli, kurulumu kolay ve ucuz olan modern çadır ağlların yaygınlaşmaya başlamasıyla koyun yetiştiricilerinin ağıl yapım masrafları azalmıştır. Son zamanlarda çadır ağlların yaygınlaşması ile birlikte modernizasyona imkân sağlanmış, yemlik ve sulukların entegre edilmesi de çadırlar ile birlikte desteklenmiştir. Türkiye toplam küçükbaş hayvan varlığı 2020 yılı itibariyle 54152160 baş ve bu rakam içinde koyun sayısı ise 42166315 baştır. Yozgat ili Türkiye koyunculunun %0.85'ine sahip olup ilin toplam küçükbaş hayvan varlığı ise 414230'dır. Bu sayının 357743 başı koyun, 56487 başı ise keçidir. İlde yoğun olarak Akkaraman ve melezleri (356624 baş), çok az da (1119) Merinos ırkı beslenmektedir (Anonim, 2020a; Anonim, 2020b).

Beton sisteme göre 6-7 kat daha ucuz olan çadır sisteminin, galvanizli, birbirine geçmeli demir iskelet üzerine yapılandırıldığı, oldukça ekonomik olup istenirse başka yere taşınabileceği ve kurulumun yaklaşık 10 günde bittiği bildirilmiştir (Özdoğan, 2019). Çadır tipi ağllar betonarme yapılara kıyasla, kurulum masraflarının azalmasına ve buradan artırılan miktarların yem masrafları, hayvan sağlığı, barınak içi sistemlerin vb. konulara aktarılması gibi birçok avantaja olanak sağlamaktadır. Çadır ağllar temelde çelik konstrüksiyon üzerine branda kaplanması esasına dayanır. Sağlam bir çadır ilk olarak iç ve dış galvanizli iskeletten yapılmaktadır. Çadırların iç ve dış brandalarında anti bakteriyel özellikli malzeme kullanılması ise iç ortamın doğal ve daha sağlıklı olmasını sağlayacaktır. Kaliteli branda ve yalıtım malzemeleri ile kaplanan, yeterli havalandırma imkânına sahip çadır barınaklar kış ve yaz aylarında hayvanlar için uygun ortam oluşturmakta ve zeminde toprak, parke taşı gibi istenilen malzemeler kullanılabilir. Alexander ve Lynch (1977), yürüttükleri çalışmalarında, çadır tipi barınakların kuzu büyümesinde çok etkin olduğunu, 650 m²'lik alanda makaslı sistem çadır ve yalıtım açısından sandviç panel çadır sisteminin avantajlı olduğunu ifade etmişlerdir. Özdoğan (2019), çadır barınak sisteminin kiralanan araziler üstüne kurulabildiğini ve istenildiğinde sökülüp tekrar kurulabildiğini bildirmiştir. Ayrıca, kurulum masrafının daha az olması ve bir mobil barınak özellik göstermesi nedeniyle çadır barınakların betonarme barınaktan çok daha üstün olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, çadır barınak sistemlerinin yaygınlaşmasını, bu konuda daha çok araştırma yapılmasını ve kullanımının artırılmasını önermektedir.

Maliyet konusu ve yetiştiricilik tipinin seçimi noktasında Türkiyede giderek popülerliği artan çadır yapıların kullanılması yaygınlaşmaktadır (Özdoğan, 2019). Geniş mera alanlarına sahip olan Yozgat ili

coğrafi açıdan hayvancılığın gelişmesine uygun bir yöredir. İldeki hayvancılık işletmelerinin büyük oranda küçük ölçekli aile işletmelerinden oluşmaktadır (Ermetin, 2020). Yozgat çevresinde çadır ağllar yöre koşullarında daha ekonomik ilk yatırım giderleri ile koyunculuk yapılabilmesi adına tercih edilmektedir. İldeki hayvancılık ayrı bir faaliyet olmayıp, bitkisel üretim faaliyeti ile birlikte yapılmaktadır (Ermetin ve ark., 2018). Mera alanlarının verimli şekilde kullanılmaması, girdi maliyetlerinin yüksekliği ve çoban teminindeki sıkıntılar nedeni ile koyun varlığında gözlenen düşmeler son yıllarda verilen koyun-keçi desteklemeleri ve uygulanan projeler ile artmaya başlamıştır (Tüfekci, 2020). Çalışmamızda, Yozgat ilinde yaygınlaşma eğiliminde bulunan çadır ağlların koyun yetiştiriciliğine uygunluğu, karşılaşılan sorunlar ile çözüm yollarının belirlenmesi ve elde edilen veriler ışığı altında yörede gelecekte yapılacak çadır tipi ağlların genel planlama ilkelerinin tespiti amaçlanmıştır. Çalışma, Yozgat ili kapsamında, çadır ağllardaki mevcut durumun, işletmecilerin tutumunun ve sorunlarının yerinde belirlenerek ortaya konulması bakımından öncü olarak; hem yetiştiricilere hem de bu konuda çalışacak araştırmacılara kaynak imkânı sunmaktadır.

MATERYAL ve METOD

Konya Ovası Projesi Bölge Kalkınma İdaresi (KOP) tarafından Orta Anadolu Bölgesinde desteklenen çadır ağllar içerisinde, Yozgat ilinde bugüne kadar 30 çadır ağıla destek verilmiştir. Araştırma kapsamındaki çadır ağlların hepsi KOP hayvancılık desteklemeleri içindedir ve 2020-2021 yılları arasında proje kapsamında %70 veya %80 oranında hibe ile desteklenmiştir. Dolayısıyla, çalışma esnasında Yozgat ilinde kurulu çadır ağıl sayısı toplam 30 adet olup, ilin 4 ilçesinde (Merkez, Şefaati, Sarıkaya ve Yenifakılı) bulunmaktadır. Ağllar, projelerin şartnamesinde belirtilen özelliklerde (sıcaklık ve nemi geçirmeyen branda ile kaplı, 2 kat izolasyonlu, belli sayıda havalandırma bacaları, pencereleri vb.) olan, soğuğa ve sıcağa karşı dirençli yapılardır. Çadır ağllar her ilçede farklı şartname ve farklı firmalar tarafından yapıldığından, kalite ve ebatları farklıdır. Araştırmada işletmecinin kabulü ve katılımı bir kısıt olarak karşımıza çıktığından sağlıklı anket uygulanan nihai işletme sayısı 21 olarak belirlenmiş ve belirlenen çadır ağıl koyunculuk işletmeleri ile çalışma tamamlanmıştır. Araştırmada çadır ağılda koyun yetiştiriciliği yapan işletmecilere uygulanan anketlerden elde edilen birincil veriler ana materyal olarak kullanılmıştır.

Çalışmada ikincil veri olarak devlet kurumlarına ait istatistikî bilgiler ve literatür bilgileri kullanılmıştır. Çalışmanın yapıldığı Yozgat ili İç Anadolu Bölgesinde yer almaktadır. İl, deniz seviyesinden ortalama 1300

metre yüksekliktedir ve karasal iklim hüküm sürmektedir. En sıcak ay Temmuz ayı ve sıcaklık ortalaması 19.2°C'dir. En soğuk ay olan Şubat ayı sıcaklık ortalaması -2.1°C'dir. Kış aylarında sıcaklık -24°C'ye kadar düşmektedir. Ortalama olarak yılın 108 gününde sıcaklık 0°C'nin altına düşer. Ortalama donlu gün sayısı 121-140 gün arasındadır. Yıllık yağış ortalaması 472 mm'dir. Ortalama nisbi nem ise %66'dır (Anonim, 2020c).

Anket çalışması ve işletme ziyaretleri yapılırken Yozgat Bozok Üniversitesi Etik kurulundan 28/08 karar numarası ile alınan etik kurul onayı kararları titizlikle uygulanmıştır. Verilen cevaplar ile

gözlemlerin uyummadığı durumlarda sorular farklı şekillerde yinelenerek doğru yargılara ulaşılmaya çalışılmıştır. Verilen cevaplarda standart yakalamak adına mümkün olan sorulara süre ve sıklık birimleri, sıklıklar ve önem dereceleri eklenmiştir. Elde edilen anket sonuçları, ölçümler ve yapılan gözlemler yorumlanarak sunulmuştur. Benzer bir şekilde anket çalışmasının yürütüldüğü işletmelerde gübreyi boşaltma şekli ve sıklığı arasındaki ki kare bağımsızlık testi yapılmıştır.

Etüt edilerek anket uygulanan işletmelerin yöredeki dağılımı Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Anket yapılan işletmelerin ilçelere ve köylere göre dağılımı
Table 1. Distribution of surveyed enterprises by districts and villages

İlçeler			
Şefaati	Sarıkaya	Yenifakılı	Merkez
Köyler			
Çiçekler (1)	Çatak (1)	Bektaşlı (2)	Kuşcu (1)
Akcamı (1)	Babayağmur (3)	Merkez (3)	İnceçayır (1)
Hamzalı (1)	Akbucak (2)		Azizlibağları (1)
Kuzeyca (1)	Toprakpınar (1)		
Gülistan (1)			
Kabacaoğlu (1)			

BULGULAR ve TARTIŞMA

İşletme Sahipleri, Ağıl İnşası ve Çalışanlar ile İlgili Bilgiler

Tamamı erkek olan işletme sahiplerinin yaş dağılımı incelendiğinde 30-40 yaş arası %28.57, 41-50 yaş arası %57.14, 51-60 yaş arası olanların ise %14.29 oranında olduğu görülmüş, işletmeci yaş ortalaması ise 45 olarak hesaplanmıştır. İşletme sahiplerinin eğitim durumları %52.38 ilkökul, %28.57 ortaokul, %14.29 lise, %4.76 ise üniversite mezunu olarak belirlenmiştir. Çadır ağıl konusundaki iş tecrübeleri farklılık göstermektedir fakat en yüksek oran %76.19 ile bu işi çocukluğundan itibaren yapan, baba mesleği olduğunu söyleyen işletmecilere aittir. Bu oranı %19.05 ile 11-19 yıl arası, %4.76 ile 1-5 yıl arası iş tecrübesine sahip olanlar takip etmiştir. Çadır ağıldan başka hayvancılık işletmesi bulunmayanların oranı %61.9'dur. Çadır ağılla birlikte geleneksel küçükbaş ağıllı olanların oranı ise %38.1'dir. Bunun dışında küçükbaş hayvancılıkla beraber 1-10 baş arasında büyükbaş hayvanı olanların oranı %33.33 iken daha kapsamlı bir büyükbaş hayvancılık işletmesine sahip olanların oranı ise %4.76 olmuştur. Kendilerine ait sadece 1 adet çadır ağıllı bulunan işletmeci oranı %61.90, 2 adet %23.81, 3 adet %9.52 ve 4 adet çadır ağıllı bulunan işletmeci oranı ise %4.76'dır. İşletmecilerin %80.95'i hayvancılık konusunda herhangi bir eğitim almadıklarını belirtmiştir. Çadır ağıllar çalışan işgücü sayıları bakımından; bir kişinin (%9.52) iki kişinin (%38.10), üç kişinin (%33.33), dört kişinin (%14.29) ve 6 kişinin (%4.76) çalıştığı işletmeler olarak sınıflandırılmıştır. Çalışan 3 kişilik

grupları "işletmecinin kendisi-oğlu/yeğeni-çoban" ve "kendisi-eşi-oğlu/yeğeni" şeklindeki aile bireyleri oluştururken 2 kişilik grupları ise "işletmecinin kendisi ve çoban/eşi/oğlu/yeğeni" şeklindeki bireyler oluşturmaktadır.

Çadır ağıllarda en yoğun emek gerektiren başlıca aktivite olan koyun bakımını üstlenen kişiler de değişim göstermektedir. Koyun bakımını üstlenen kişiler çoğunlukla "işletmecinin kendisi ve sözü edilen aile fertleri" (%52.38) olurken bu oranı "işletmecinin kendisi ve çoban" (%38.10), "sadece işletmecinin kendisi" (%9.52) sınıflandırmaları takip etmektedir. İşletmelerin %57.14'ünde yabancı uyruklu çobanın bulunmadığı; çobanı olan işletmelerin %38.10'unda Afgan, %4.76'sinde ise Suriyeli çoban olduğu ifade edilmiştir. Yabancı uyruklu çobanların %28.57'si kendi ülkelerinde ilköğretim seviyesinde eğitim almış, %66.67'si eğitimsiz, %4.76'sı ise yine kısmen eğitilmiş fakat hiç Türkçe bilmeyen bireylerden oluşmaktadır.

Asıl geçim kaynağını "bitkisel üretim ve hayvancılık (küçükbaş, büyükbaş)" olarak belirten işletmeci oranı %19.05, "sadece çadırda koyunculuk" olarak belirten %33.33, "bitkisel üretim ve çadırda koyunculuk" olarak belirten işletmeci oranı ise %47.62 olmuştur. Bu oranlardan işletmecilerin asıl geçim kaynağının çadır ağılda koyunculuk olduğunu söylemek mümkündür. Çadır ağıllardan memnun olan ve işletmesini yeni çadır ağıllarla büyütme isteyen yetiştiricilerin oranı % 85.71 olmuştur. İşletmesini genişletmek veya hayvan sayısını arttırmak isteyen işletmecilere bunu nasıl gerçekleştirecekleri sorulduğunda %61.11 oranında işletmeci; işletmeyi genişletecek bütçelerinin

şuan bulunmadığını, bütçeleri olduğunda bunu gerçekleştirebileceklerini söylemiştir. Her yıl işletmeye belirli sayıda yeni hayvan alarak işletmesini genişletmeyi düşünen işletmecilerin oranı %16.67, herhangi bir bütçe veya plan belirlemediğini söyleyenlerin oranı %11.11, kullanabileceği kredi şartlarına göre plan yapabileceğini belirtenlerin oranı %5.56 olmuştur. Yörede çadır ağlarının aktif olarak faaliyet gösterdiği süre 2 yıl olarak belirlenmiştir. Çadır ağlarını 2019 yılında yaptırarak koyunculuk yapmaya başlayanların oranı %71.43; 2020 yılında yapanlar ise %28.57 olmuştur. 2019 yılında bir çadır ağıl yapımı için yetiştiricinin ödediği en yüksek bedel 15000 TL, en düşük bedel 4700 TL iken; 2020 yılında bu rakamlar sırasıyla 9400 TL ve 4600 TL olarak bildirilmiştir. 2020 yılında malzeme ve işçilik ücretlerinin artmasına rağmen çadır ağıl yapımı inşasında karşımıza çıkan tablo yapılan harcamanın azaldığı yönündedir fakat bu sonuç irdelendiğinde rakamların yanıltıcı olduğu düşünülmüştür. 2020 yılında çadır ağıl inşasına başlayan işletmecilerin ağılın inşası için ellerinde hali hazırda malzeme bulunduğu, yapımına kısmen daha önce başladığı ve parça parça sürdürülerek tamamlandığı veya ağıl kapasitesinin oldukça düşük olması nedeniyle daha düşük maliyetlerin yansıtıldığı görülmüştür.

Çadır Ağılların Yapısal Özellikleri

Çadır ağılların yapım ihale şartnamesinde; “Çadır ağılın yan yüksekliği en az 1.65 metre, orta yüksekliği en az 4.30 metre, çadır ön ve arka kapıların giriş genişliği en az 2.4 metre, yüksekliği en az 2.8 metre anahtarlı, kilitlenebilir brandalı kapı olmalıdır. Çadır ağılların kurulumu tamamlandığında dıştan dışa en az 8 metre genişliğe, 31.5 metre uzunluğa ve en az 850 m³ iç kullanım hacmine, sahip olacak şekilde planlanmalıdır. Ayrıca, ağılın kapı olan alın kısımlarında üç katmandan oluşan ve 650 (±50) gr m⁻² dış branda ile 320 (±20) gr m⁻² bir yüzeyi PVC kaplı iç branda arasına 220 gr m⁻² (±20) bizofol aba

kullanılarak izolasyon uygulaması yapılmalı ve bu üç malzemenin kenar kısımları sıcak presle birbirlerine yapıştırılarak kapatılmalıdır. Çadır ağılda havalandırma amaçlı, tepe kısmında 2 metre aralıkla, en az 30 cm çapında galvanizli sacdan üretilmiş, branda üzerine kapatacak şekilde sac şapkalı ayrıca tepe noktasından yağmur şapkalı havalandırma bacası bulunmalıdır” ibarelerine yer verilmektedir (Anonim, 2020a).

Çadır ağıl ihale şartnamesinde sözü edilen maddelere rağmen; yapım aşamasında asgari şartların oluşturulması, düşük kaliteli malzeme kullanımı, arazi eğimi, kod farkı gibi hususların dikkate alınmaması, baca ve pencerelerin özensiz yapılması, toprak zeminin sıkıştırılmaması gibi hususların ihmal edildiği görülmüştür. Bundan dolayı bazı işletmelerde terleme, havalandırma sorunları, giriş çıkış zorlukları gibi sorunların olduğu ve kalite farkının işletmelere göre değiştiği gözlemlenmiştir. Çadır ağıllarda koyun yetiştiriciliği faaliyetini sürdüren işletme sahiplerinin %90.48’i çadır tipi yetiştiricilikten ve çadır ağıldan yapısal olarak memnun olduklarını ifade ederken %9.52’si ise çadır ağılların yapısal olarak beklentilerini karşılayamadığını belirtip memnun olmadıklarını dile getirmişlerdir. Çadırların tamamında zemin toprak olup herhangi bir yalıtım malzemesi veya altlık kullanımı görülmemiştir. Sadece 1 adet ağıl eğimli arazi üzerinde ve düşük bir eğimle inşa edilmişken geri kalan ağılların tamamı düz arazilerde inşa edilmiştir.

İşletmelerin tamamında yemlikler ağıl içerisinde konumlandırılmış olup, yemlik malzemesi işletmeler arasında farklılık göstermektedir. Yemlik kapasiteleri %80 oranında yeterli bulunmuştur. Çadır ağıllarda hayvan içme suyu kaynakları olarak %66.67 oranında şehir şebeke suyu, %28.57 oranında kuyu suyu, %4.76 oranında ise kaynak suyu kullanılmaktadır. Çadır ağıllarda kullanılan suluklar ve hayvanların su içme şekilleri farklılık göstermektedir. Suluklarla ilgili bilgiler Çizelge 2’de verilmektedir.

Çizelge 2. Çadır ağıllarda bulunan suluk tipleri

Table 2. *Drinker types in tent barns*

Suluk tipi	Çadır ağıl sayısı
Çadır içerisinde bulunan, günde 2-3 kere kovalarla doldurulan suluk	8
Çadır içerisinde bulunan şamandıralı suluk	6
Çadır içerisinde bulunan, vanalı borularla bittikçe doldurulan krom suluk	3
Çadır dışında bulunan, günde 2-3 kere kovalarla doldurulan suluk	1
Çadır dışında bulunan şamandıralı suluk	1
Çadırdaki suluk yok. Hayvanlar günde en az 2-3 kere köyün içine, köye ait ortak hayvan yalıklarına götürülüyor.	1
Çadır çevresine inşa ettiği havuzu günde en az 2 kere borularla dolduruyor.	1

Köylerinde içme suyu sıkıntısı olmayan işletmecilerin tamamı çadır içerisinde veya dışında suluk yaptırmıştır. İçme suyu sorunu olan köyde ise çadır ağıl sahibi ağıl içerisine veya çevresine suluk yaptırmadığını bu nedenle hayvanlarını köy içerisine

götürerek köye ait ortak hayvan yalağından su içmelerini sağladığını belirtmiştir. Mevcut suluk sisteminden memnun olanların oranı %76.19 memnun olmayanların oranı ise %23.81’dir. Suluklarından memnun olmayanların tamamını su doldurma

işlemini kendi işgücü ile yapan işletmeciler oluşturmaktadır. Çadır ağlarının içerisinde hayvanların barındırılma durumları da incelenmiştir. Ağılın içinde herhangi bir ek bölme olmayan işletmelerin oranı %85.71 olmuştur. Bu işletmelerde tüm hayvanlar aynı bölme içerisinde

barındırılmaktadır. Çadır içerisinde farklı dönemlerdeki hayvanları veya doğum yapan hayvanları birbirinden ayırmak maksadıyla ek bölmesi olan işletme oranı ise %14.29'dur. Ek bölmelere ilişkin bilgiler Çizelge 3'te verilmektedir.

Çizelge 3. Çadır ağlardaki ek bölme durumları

Table 3. Additional sections situations in tent barns

Ek bölme tipi	Mevcut durumu	Çadır ağıl sayısı
Çadır ağıl içerisinde ek bölme durumu	Ek bölme var	3
Doğum bölmesi	Doğum bölmesi var	8
Kuzu bölmesi	Kuzu bölmesi var	7

Çadır ağıl içerisinde doğum bölmesi olarak ayrılan kısımlar işletme sahibinin briket ve palet gibi malzemelerle duvar örme veya çit benzeri bir yapı oluşturmak suretiyle ayırdığı bölmelerden oluşmaktadır. Kuzu bölmeleri de yine palet ve sac gibi malzemelerle işletme tarafından oluşturulmuş bölümlerdir. Koyun barınaklarında, kuruya çıkarılmış koyun ve koçlar için hayvan başına 1-1.2 m², gebe koyunlar için 1.2 m², bir kuzulu koyun için 1.8 m², iki kuzulu koyun için 2.2 m² alan önerilmektedir (Kumova & Gürsoy, 1990). İşletme sahipleri çadır içinde ayrı bölmeler olmamasından kaynaklanan kuzu ölümü olmadığını bildirmişlerdir ancak ağıl içerisinde sıkışma veya ezilme kaynaklı hayvan kaybı olup olmadığı sorulduğunda ise bu şekilde 2 kuzunun öldüğünü söyleyen 3 işletme sahibi olmuştur. Bu durum birbiri ile uyumsuz bulunmuştur. Uyumsuzluk sebebi olarak işletme sahiplerinin hayvanlar için

ayrılması gereken alanlara yeterli önem göstermediği veya durumun asıl sebebinin farkında olmadıkları düşünülebilir. Çadırların uzun eksenine göre yönleri incelendiğinde 11 adet işletmenin doğu-batı yönünde, 10 adet işletmenin ise kuzey-güney yönünde konumlandırıldığı tespit edilmiştir. Ağıl içerisinde optimum çevre koşullarının sağlanması için pencere boşlukları ve yeterli havalandırma bacaları planlanmalıdır (Okuroğlu & Yağanoğlu, 1993). Çadır ağlarının tamamı baca ve pencereler yardımıyla havalandırılmaktadır. Çadır ebatları, bacalara ait sayı ve çap bilgileri, pencere boyut bilgileri ile pencere sayılarına ve işletme sayılarına ilişkin bilgiler Çizelge 4'te sunulmuştur. Çadır ağlarının en, boy, yükseklik ölçüleri birbirinden oldukça farklı bulunmuştur. Ortalama baca sayısı 16 adet, ortalama pencere sayısı 12 adet, pencerelerin yerden ortalama yüksekliği 99 cm, ortalama baca çapı değeri ise 28 cm olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4. Çadır edatları ile ağıldaki bacalara ve pencerelere ilişkin bilgiler

Table 4. Information on tent barn sizes, chimneys and windows in tent barns

Genişlik xUzunluk x Orta yükseklik(m)	Çadır ağıl ebatları											
	8x18x5	8x(28/30/32)x5	8x(31/32)x4	8x32x4.5	8x32x6	12x30x5	8x36x5					
Çadır ağıl sayısı	2	8	2	3	1	1	4					
Çadır ağıldaki baca sayıları ve çapları												
Baca sayısı (adet)	10	10	12	12	12	16	4	8	6	7	7	9
Baca çapı (cm)	25	30	25	30	35	25	30	30	30	25	30	25
Çadır ağıl sayısı	3	8	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
Çadır ağıldaki pencere sayıları ve çapları												
Pencere boyutları (cm)	0.30*0.50	0.30*0.60	0.35*0.50	0.40*0.40	0.40*0.60	0.40*0.80	0.40*1	0.50*0.50	0.50*0.80			
Çadır ağıl sayısı	1	1	1	9	1	4	2	1	1			
Çadır ağılarda bulunan toplam pencere sayıları												
Pencere sayısı (adet)	10		12			14		16				
Çadır ağıl sayısı	6		8			4		3				

Çadır ağılarda bulunan pencereler çadırın karşılıklı uzun kenarları üzerine eşit sayıda yerleştirilmiştir. İşletmelerdeki pencerelerin yerden yükseklikleri ölçüldüğünde 1 adet işletmede yerden 60 cm yüksekte, 4 adet işletmede yerden 80 cm yüksekte, 10 adet işletmede yerden 100 cm yüksekte, 1 adet işletmede yerden 110 cm yüksekte, 5 adet işletmede ise yerden 120 cm yüksekte yapıldığı tespit edilmiştir. İşletmelerdeki pencerelerin yerden yükseklikleri, açılma yönleri ve sayıları ile baca sayıları ve çapları

hem havalandırma üzerinde hem de aydınlatma üzerinde doğrudan etkisi olan başlıca parametrelerdir. İşletmelerin sadece 3'ünde içeride, yeterli hava akımının sağlandığı ve havanın direkt hayvanların üzerine vurmadığı tespit edilmiştir. Çadır ağlarının tümünde aydınlatma lambalar ve pencereler ile sağlanmaktadır. İşletmelerin tamamında aydınlatmalar yeterli bulunmuştur ve işletme sahiplerinin tamamı da aydınlatmanın yeterli olduğunu ve memnun olduklarını belirtmiştir.

Ağıldaki havalandırmanın yeterli olup olmadığı ve yetersiz ise ek önlemlerin ne olması gerektiği konusunda görüşü sorulan işletme sahiplerinin %23.81'i (5 işletme) havalandırmanın yeterli olduğunu söyleyerek herhangi bir ek işleme gerek duyulmadığını bildirmiştir. İşletmecilerin %42.86'sı (9 işletme) yeterli havalandırma için baca sayısı artırılmalı derken, %14.29'u (3 işletme) bacaların yeniden düzenlenmesi, pencerelerin yerden daha yüksek olması ve tek yönlü açılması, ağıl yüksekliğinin daha fazla olması ve yalıtıma daha çok dikkat edilmesi gerektiği şeklindeki önerilerde bulunmuşlardır. Geri kalan %19.05 (4 işletme) oranındaki işletme sahibi ise kapılara da vurgu yaparak sözü edilen tüm tedbirlerin aynı anda ve çok daha dikkatle alınmış olması gerektiğini söylemiştir. Tarımsal yapılarda tek veya çift kanatlı kapıların kanat genişlikleri genellikle 90–100 cm, yükseklikleri 190–200 cm'dir. Kapılar genellikle dışa açılmakla beraber, duruma göre içe de açılabilirler (Ekmekeç, 1997). Şişman ve ark. (2009), Bolu ilinde küçükbaş hayvancılık işletmelerinde yaptıkları

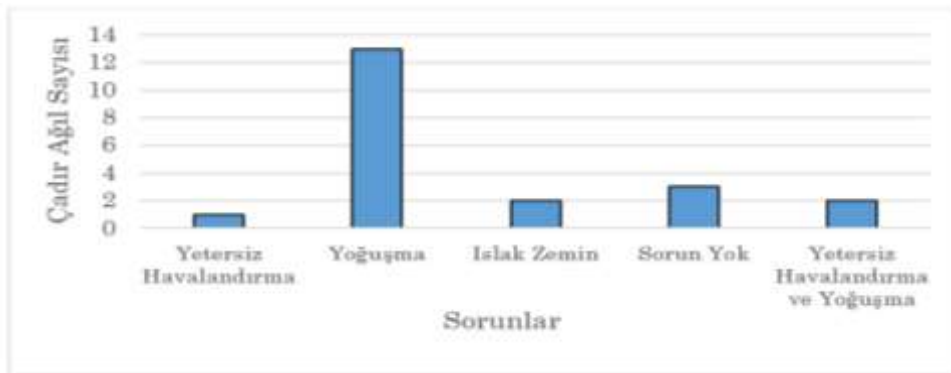
çalışmada ağılların %9.5'inde çift kapı, diğerlerinde ise tek kapı bulunduğunu, ağılların kapılarının yüksekliği 200 cm dolayında olduğunu bildirmişlerdir. Ağıl içinde gübrenin her gün dışarı çıkarılması halinde kapı açıklığı yüksekliği 200 cm, gübrenin ağıl tabanında birikmesi halinde ise 240- 280 cm olabilir (Alkan, 1972).

Havalandırma yetersiz olduğunda barınak içerisinde nefes alma güçleşir, gözlerde ve burunda yanma görülebilir. Çadır ağılda havalandırmanın yetersiz olduğunu söyleyen işletme sahiplerinin oranı ile bu değer karşılaştırıldığında sonuçlar uyumsuz bulunmuş işletmecilerin durumun farkında olmayabileceği veya bu durumu ihmal ettiği kanısına varılmıştır. Anket uygulanan ağıllara ilişkin genel görünümü temsil eden görseller Şekil 1'de verilmektedir.

İşletme sahiplerine işletmelerinde yaşadıkları en önemli problem sorulduğunda verilen cevaplar Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Ağılların yapısal durumlarına ilişkin görseller
Figure 1. Images of the structural conditions of the barns



Şekil 2. Çadır ağıllarda görülen temel problemler
Figure 2. The basic problems seen in tent barns

Çadır ağıl işletme sahiplerinin %76.19'u işletmelerinde yoğuşma (nemlenme) olduğunu belirtmiş ve bu durumdan rahatsız olduklarını dile getirmişlerdir. Pencere alanını taban alanına oranı, soğuk bölgelerde %3-5, kısmen ılık geçen bölgelerde %7 olarak önerilmektedir (Tekinel ve ark. 1988; Kırnak, 1992). Yetersiz havalandırılmalı barınaklarda

en ciddi sorun barınak içi durgun havasının zamanla daha sıcak ve daha nemli duruma gelmesi ve bunun sonucunda hastalık yapan mikroorganizmaların, tozların ve amonyak gibi zararlı gazların konsantrasyonunun artmasıdır (Paksoy ve ark. 2006). Yoğuşmadan şikayetçi olan işletmecilere ağılın içinde yoğuşmanın görüldüğü yerler ve yoğuşma sebepleri

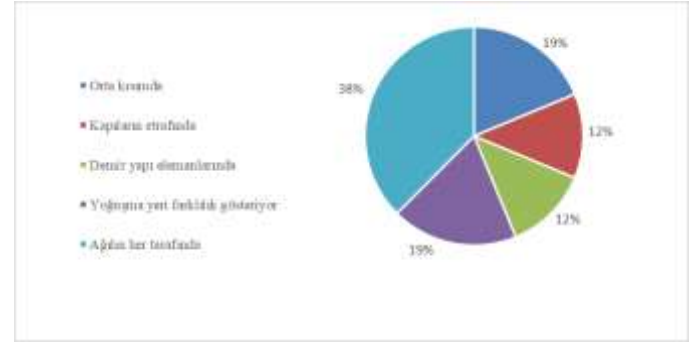
sorularak verilen cevaplar Şekil.3'de ve Çizelge 5'de gösterilmiştir.

Koyun Yetiştiriciliği

Çadır ağılı işletmelerin mevcut hayvan sayıları Şekil.4'te ayrıntılı olarak gösterilmektedir.

İşletmecilerin cevaplarına göre, genel olarak, hayvanların meradan ağıla geldiklerinde yemlenmeleri sağlanmaktadır. Ancak yemleme aşamasında hayvanların günlük rasyonlarının oluşması sırasında işletmeler arasında bir senkronizasyon sağlanamadığı gibi günlük verilen miktarların çiftlikler arasında farklı olduğu belirlenmiştir. Hayvanlara Yozgat bölgesinde verilen yem hammaddeleri olarak farklı firmalardan alınan koyun süt yemi, toklu yemi ve kuzu büyütme yemleri sayılabilir. Ayrıca enerji ve protein katkıları da ayrı yem hammaddelerinden sağlanmaktadır. Arpa ve buğday kırması veya karışımları, mısır, nohut karışımı, arpa, buğday, arpa ezmesi, ayçekirdeği

küspesi kesif yem hammaddeleri olarak verilirken, kaba yem olarak pancar küspesi, torba buğday samanı, yonca samanı, buğday ve yonca samanı karışımı, mısır silajı, fiğ samanı verilmektedir.



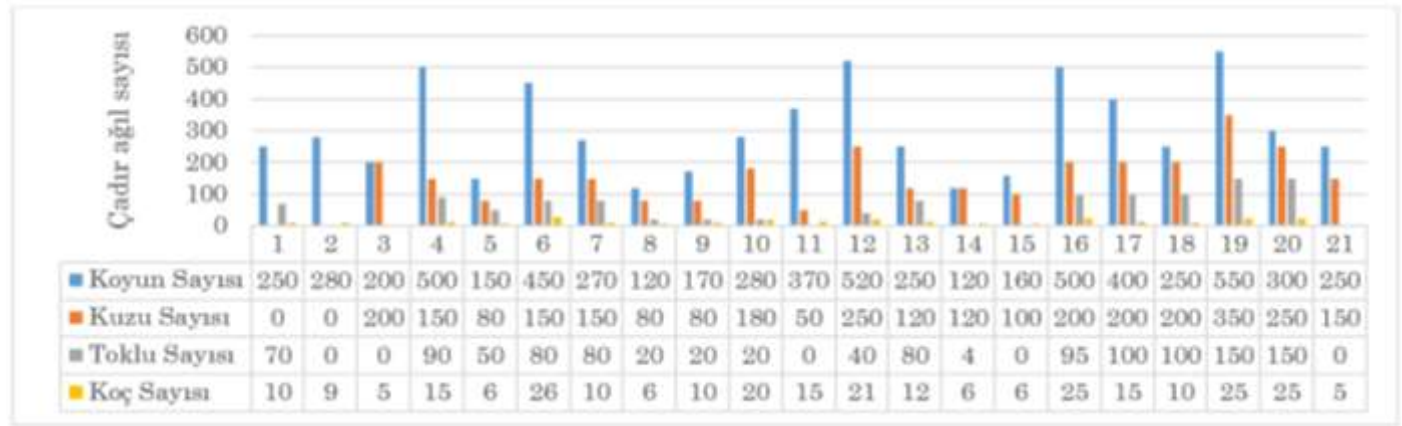
Şekil 3. Çadır ağıllarda yoğunlaşmanın en sık görüldüğü yerler

Figure 3. Places where condensation is most common in tent barns

Çizelge 5. Çadır ağıllarda görülen yoğunlaşmanın olası sebepleri

Table 5. Possible causes of condensation in tent barns

Yoğunlaşma sebebi	Çadır ağıl sayısı	Oran (%)
Baca-pencere sayısı yetersiz	5	31.25
Havalandırma arttırılmalı/yeniden düzenlenmeli	3	18.75
Baca-pencere açıklıkları yeniden düzenlenmeli	1	6.25
Yalıtım yetersiz/ağıl yapı malzemeleri kalitesiz	5	31.25
Havalandırma açıklıkları yeniden düzenlenmeli	1	6.25
İçeride olması gerekenden fazla hayvan var	1	6.25



Şekil 4. Çadır ağıllardaki hayvan sayıları

Figure 4. Animal numbers in tent barns

Teoride bu yem ham maddelerinin veriliyor olması olumlu iken hayvan başına ne kadar veriliyor sorusuna net bir cevap alınamaması ise bu yem hammaddelerinden hayvanların ihtiyaçlarının ne ölçüde karşılanabildiğini açıklayamamıştır.

Ağıllarda görülen koyun ırkları Akkaraman (%66.67), Akkaraman-Kangal (%28.57) ve Akkaraman-Morkaraman bir arada (%4.76) olarak belirlenmiştir.

Hayvanların merada kalma sürelerine ilişkin cevapların neredeyse tamamı gece merada kaldıkları

yönündedir. Sadece bir işletme sahibi hayvanların merada kaldıkları süre için 16 saat, bir diğer işletme sahibi de tüm gün cevabını vermiştir. Merada kalma periyotları "Mart-Kasım/Aralık, Nisan-Ekim/Kasım/Aralık ve Şubat-Aralık" şeklinde belirlenmiştir. Bu periyotlar içinde kaç ay çadır ağılda kaldığına ilişkin bilgiler Çizelge 6'da görülmektedir. İşletme sahiplerinin tamamı merada hayvanların yedikleri ekstra yem olmadığını söylemiştir. Çadır ağılda koyun banyosu bulunan işletme sayısı 1 olmuştur. Diğerleri banyo yerine aşı ve ilaç

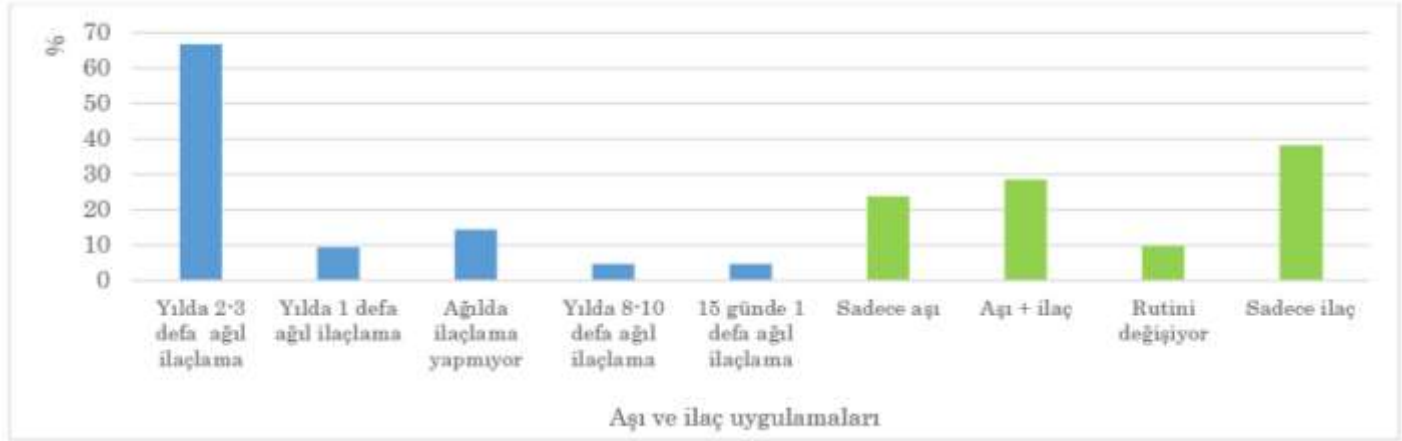
uyguladıklarını belirtmişlerdir. Dış parazit için önlem amacıyla, koyun banyoluğu olmayan ve ilaç ya da aşı uygulaması yapmayan işletmeler de mevcuttur.

İlaçlama ve aşılama uygulamalarına ilişkin bulgular Şekil 5'te verilmiştir.

Çizelge 6. Hayvanların çadır ağılda kalma süreleri

Table 6. Duration of animals in barns

Çadır ağılda kalma süreleri (ay)	3	4	5	4 - 5	6	7	8	12
Verilen cevap sayısı	2	11	3	1	1	1	1	1



Şekil 5. Çadır ağıllarda yürütülen ilaçlama ve aşılama uygulamaları

Figure 5. Spraying and vaccination practices carried out in tent barns

Şekil 5'te mavi renkli sütunlar ağıl içinde yapılan ilaçlama sayılarını, yeşil renkli sütunlar ise hayvanlara uygulanan aşı ve ilaç tercihlerini temsil etmektedir. Çadır ağıl içindeki ilaçlamaların tamamı işletme sahibi tarafından, sırt pompası ile çadır içine ilaç püskürterek sonbahar veya ilkbahar aylarında yapılmaktadır. Hayvanlara uygulanan aşı ve ilaç tercihlerinde ise veterinerlere danışılarak işlem yapıldığı beyan edilmiştir. Hayvanlara bit, pire, iç/dış parazit için ve çeşitli hastalıklarda tedavi veya önlem amaçlı ilaç ve aşı uygulamaları yapılmaktadır. İşletme sahipleri, hastalıklar ve hayvan ölümleri ile ilgili net cevaplar vermemişlerdir. Çadır ağıllarda salgın hastalık görülmediği de belirtilmiştir. İşletmelerde koyun kırkımlarını %57.14 oranında işletmecinin kendisi yapmaktadır. Bu oranı %38.10 ile kırkımcıların yaptığı, %4.76 ile de çobanların yaptığı kırkım işlemleri takip etmektedir. Kırkılan yapağının maddi getirisinin az olması ve pazarlanamaması ise kırkım için şikâyetçi olunan tek sorun olarak kaydedilmiştir. Kırkımlar genelde Haziran olmak üzere Nisan ve Mayıs aylarında da yapılmaktadır. Çadır ağıl işletme giderlerini standart ağıldaki giderlerle aynı miktarlarda bulan işletmecilerin oranı %80.95; çadır ağılların standart ağıllardan daha az masraflı olduğunu düşünen işletmecilerin oranı ise %19.05 olmuştur. İşletmeciler tarafından sene içinde yapılan ekstra masraflar en az 300 TL en fazla 7500 TL ortalama 2300 TL olarak belirlenmiştir. Yapılan ekstra masraflar ve en yüksek bulunan sürekli gider kalemi Çizelge 7'de özetlenmiştir.

İşletme sahiplerinin tamamı devlet tarafından verilen

destekleri yetersiz bulmaktadır. Olması veya varsa destek miktarının artırılması talep edilen destekler Çizelge 8'de verilmiştir. Bakır ve Mikail (2019), Siirt ilinde yaptıkları çalışmada, küçükbaş hayvan yetiştiricilerinin %14 oranında hayvancılık için verilen destekten işletmelerin yararlanmadıklarını, gençlerin hayvancılığa teşvik edilmesi, üreticilerin yetiştirme teknikleri konusunda eğitilmesi ve işletmelerin teknik olarak iyileştirilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Hayvansal ürünlerin üretimi sırasında işletme giderlerinin en fazla payını yem giderleri (%60-70) oluşturmaktadır (Boğa & Çevik, 2012). Talep edilen desteklere bakıldığında çiftçilerin, yemin hayvan yetiştiriciliğindeki öneminin farkında oldukları ancak yemin birim maliyetinin yüksek olmasından dolayı hayvanlara yeterli düzeyde ekstra yem veremedikleri tespit edilmiştir. Anket çalışmasında hayvanların merada ekstra yem almadıklarının gözlemlenmiş olması bu durumla açıklanabilmektedir. Çiftliklerde, koyun süt yemi, kuzu başlangıç ve büyütme yemi, toklu yemi gibi yemlerin ayırımı yapılmadığı da belirlenmiştir. Ancak, hayvanların gereksinmelerine göre besin madde içeriklerinin ayarlanıp verilmesinin önemi vurgulanmalı ve bu konuda yetiştiricilerin aydınlatılması gerekmektedir.

Gübre Yönetimi ve Temizlik Uygulamaları

Çadır ağılların hiçbirinde ağıla ait veya ağıl çevresinde herhangi bir gübre deposu ya da atık deposu bulunmamaktadır. İşletme sahipleri ağıl tabanındaki gübreyi yılda sadece 1 defa (%66.67) ve ilki bahar aylarında olacak şekilde yılda 2 defa (%33.33)

boşalttıklarını belirtmişlerdir. Bu durum hem işletmede çalışanlar için, hem hayvanlar için hem de doğal çevre bakımından son derece riskli bulunmuştur. Gübreden oluşan sızıntılar toprak olan

ağıl zemininden derine süzülecek ve toprak katmanları ile buluşması halinde taban sularını telafisi mümkün olmayacak şekilde kirletecektir.

Çizelge 7. Çadır ağıldaki ekstra harcamalar ve en yüksek giderler

Table 7. Extra costs and highest expenses in tent barns

Ekstra harcamalar	En yüksek bulunan gider	Çadır ağıl sayısı
Elektrik, su, tadilat, drenaj	Elektrik ve yem	10
Elektrik ve tadilat	Elektrik	3
Elektrik, su ve kapılara beton dökümü	Elektrik	1
Elektrik ve şamandıralı suluk yapımı	Elektrik	1
Tadilat ve malzeme yenileme	Tadilat ve bakım	2
Elektrik ve briket duvar örme	Elektrik	1
Elektrik ve yemlik yapımı/tadilatı	Elektrik	1
Elektrik, kamera sistemi kurulumu, tahta padok/yemlik takviyesi	Elektrik	2

Çizelge 8. İşletme sahiplerinin devlet desteği talepleri

Table 8. Enterprises owners' requests for government support

Talep edilen destekler	Çadır ağıl sayısı
Yem ve çoban desteği	9
Yem, çoban, alet ekipman ve kuzu desteği	4
Yem desteği	6
Yem ve çadır ağıl kurulum desteği	1
Yem desteği ve koyunculukla uğraşanların ıslah projelerine dahil edilmesi	1

Hayvanların sağlık sorunları, solunum yolu hastalıkları ve performans düşüklüğü ile karşı karşıya kalabilecekleri düşünülmelidir. Gübreyi boşaltma yöntemi olarak %66.67 oranında kürek ve insan gücü, %33.33 oranında ise sıyrıcı ve traktör tercih edilmektedir. Gübre boşaltım sıklığı ve gübre boşaltım yöntemleri karşılaştırıldığında insan gücü ile gübre boşaltımı yapanların %77.13'ünün yılda 1 defa bu işlemi gerçekleştirdikleri görülmüştür. Bu karşılaştırma neticesinde, ağıldan gübre boşaltma işleminin gerektirdiği işgücü ve emek nedeniyle işletmecilerin bu işlemi yılda sadece 1 kere yapmayı tercih ettikleri kanaatine varılmıştır. Çalışma yürütülen işletmelerde gübreyi boşaltma şekli ve sıklığı arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0.01$). Çadır ağılların her biri işletme sahibinin yaşadığı konutun hemen yanında veya konuta çok yakın mesafelerde bulunmaktadır. Hayvanların yaşadığı ağıl ile konutların birbirine çok yakın olması insan sağlığı açısından riskli bulunmuştur. Hayvan barınaklarının; yüzey sularından 50 m, yerleşim yerlerinden 1600 m, göl ve benzeri su kaynaklarından en az 300 m, sulama ve drenaj kanallarından en az 100 m, sıhhi tesisatlardan en az 30 m ve tüm tarla içi kanallarından 15 m uzakta olması önerilir (Cayley ve ark., 2004). İşletmecilerin tamamı kendilerinin, varsa çalışanların ve aile bireylerinin hayvancılıktan kaynaklanan hiçbir sağlık sorunu yaşamadıklarını söylemiştir. Bu durum da yetersiz veya sağlıksız barınak iç ortam koşullarından kaynaklanan sağlık sorunlarının zaman içinde gelişerek ortaya çıktığı veya yaşanan sağlık sorunu ile sağlıksız barınak koşulları arasında ilişki kurulamadığı ihtimallerini akla getirmektedir. Çadır

ağılarda gübre boşaltma haricinde süpürme, tadilat, bakım gibi rutin temizliklerin veya kontrollerin de yapıldığı bildirilmiştir. Bu uygulamaların sıklığı Şekil 6'da verilmektedir.

İşletme sahipleri ağıl içindeki mevcut durumu; “zemin kuru ve temiz (%57.14)”, “zemin yer yer sürekli ıslak ve hijyen yetersiz (%38.10)” ve “zemin devamlı ıslak, yoğun gübre yığınları ve kokusu var aynı zamanda çok fazla sineklenme” görüyor (%4.76) şeklinde tanımlamışlardır. Zeminde sıvı birikimi görülmediğini söyleyen işletmecilerin oranı ise %76.19 olarak hesaplanmıştır. Yılda 1 veya 2 defa ağıldan gübre boşaltılması ve herhangi bir standart temizlik rutininin olmaması durumunda zeminde ıslaklık, koku, sineklenme, yoğun gübre birikimi ve hijyenik sıkıntılarının görülmesi kaçınılmaz olacaktır. Zeminin kuru ve temiz olduğunu beyan eden işletmelerin oranı ile gübre temizleme sıklığı uyumsuz bulunmuştur. Bu durum ise gübreden toprak katmanlarına derine sızıntılar veya buharlaşmalar olması ihtimalini güçlendirmektedir. Aynı zamanda zemindeki sıvı birikimi ile ağıldaki mevcut durum da birbiri ile uyumsuz bulunmuştur. Bu konuda da işletme sahiplerinin konuyu ihmal ettiği, fark etmediği veya farklı değerlendirdiği ihtimalleri göz önünde bulundurulabilir. Konu ile ilgili görsel Şekil 7'de verilmiştir.

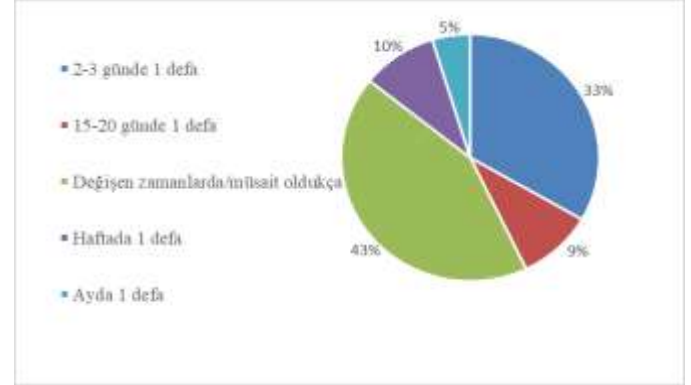
Ağıl içerisindeki temizlik bu konuda önemli olup gerekli hassasiyetin gösterilmesi gerekmektedir. Ancak anketin yapıldığı çitliklerin çoğunda ağıl içerisindeki zeminin toprak olması temizliğin sıklıkla yapılabilmesini engellemiş gibi görünmekte ve çiftçilerin bu nedenle ağıl içerisindeki temizliği

mevsimsel veya dönemsel yapma eğiliminde oldukları düşünülmektedir.

Yetiştirici Görüşleri ve Sorunları

Çadır ağıllarda koyun yetiştiriciliği yapan işletme sahiplerinin %90.48'i işlerini severek yapmaktadır fakat geri kalan işletmeciler Türkiyede hayvancılığın büyük sorunları olduğunu ve giderek daha da kötü koşullarda sürdürülmeye çalışıldığını belirtmiş ve bu yüzden işlerini severek yapamadıklarını ifade etmişlerdir. Bu belirsizlikler içerisinde geleceklerinin nasıl olacağını sorgulamakta olduklarını ve özellikle yem giderlerinin her geçen gün artmasının kendilerini korkuttuğunu belirtmişlerdir. Çadır ağıllarda koyunculuk faaliyetini ilerleyen yıllarda da sürdürmeyi düşünen işletmeci oranı %90.48 iken diğer işletmeciler mecbur kalırlarsa koyunculuğa çadırlarda devam edeceklerini söylemiştir. Kendilerinden sonra çocuklarının da bu işi sürdürmesini isteyen işletmeci oranı %71.42 olmuştur. Çocuklarının bu işi yapmasını istemeyen işletmeci oranı %9.52 olurken geri kalanlar ise çocukları okumazsa veya ticaret yapmazsa bu işi yapmalarını istemektedir. İşletmecilerin %80.95'i yeniden hayvancılık veya koyunculuk işletmesi kuracak olsalar yine çadır ağıl, %14.29'u ise standart

ağıl tercih edeceklerini bildirmişlerdir. İşletme sahiplerinin %4.76'sı ise standart ağıl istediklerini fakat çadır ağıl giderlerinin daha düşük olması sebebiyle mecburen tekrar çadır ağıl tercih edeceklerini belirtmişlerdir. Çadır ağıl tercih sebepleri Çizelge 9'da verilmiştir.



Şekil 6. Çadır ağıllarda yürütülen rutin temizlik ve bakım faaliyetleri sıklığı
Figure 6. Frequency of routine cleaning and maintenance activities carried out in tent barns



Şekil 7. Çadır ağıl içerisinde zeminde sıvı birikimi
Figure 7. Fluid accumulation on the ground inside the tent corral

Çizelge 9. Çadır ağılların tercih edilme nedenleri

Table 9. Reasons for choosing tent barns

Tercih sebepleri	İşletme sayısı
Çadır ağılın ucuz olması	3
Çadır ağılın sağlıklı ve havadar olması	2
Çadır ağılın ucuz, pratik ve sağlıklı olması	1
Çadır ağılın ucuz ve pratik olması	11
Çadır ağılın ucuz ve sağlıklı olması	2
Fikri yok / Mecburen	2

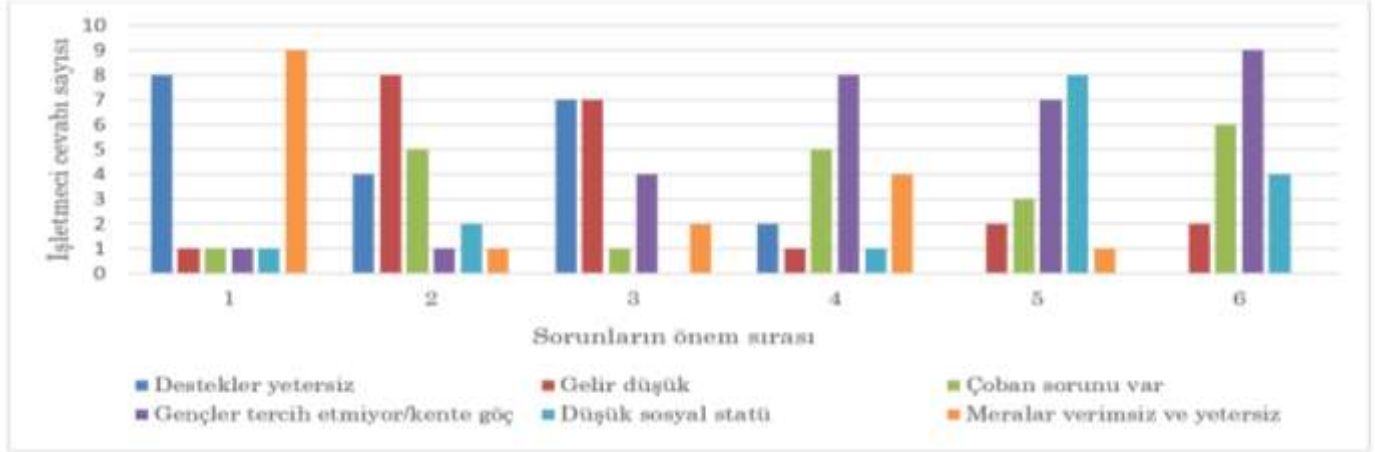
Sadece 1 işletme sahibi çadır ağılları koyunlar için yeterli ve konforlu bulmamakta, 1 işletmeci de çadır ağılların hayvanlar için kısmen yeterli veya konforlu olduğunu düşünmektedir. Geri kalan işletmecilerin

tamamı çadır ağılların koyunlar için yeterli ve konforlu olduğunu belirtmiştir. Çadır ağılların işletmecilerine sorunları sorularak bu sorunları önem sırasına göre sıralamaları istenmiş ve verdikleri cevaplar Şekil 8'de bildirilmiştir.

Şekilden görüleceği gibi işletmecilerin birinci öncelikli sorunları verimsiz ve yetersiz meralar ile yetersiz devlet destekleri olmuştur. İkinci sırada en yüksek pay, koyun yetiştiriciliği gelirinin düşük olması iken, üçüncü sırada belirtilen sorunlar ise yine düşük gelir ve yetersiz devlet destekleri olarak karşımıza çıkmaktadır. İşletmecilerin temel sorun olarak gördükleri diğer başlıklar ise gençlerin koyunculuğu

tercih etmemesi, kente göç, düşük sosyal statü ve çobanlarla ilgili endişeler olarak sıralanmaktadır. İşletme sahiplerine çadır ağılların daha verimli ve

konforlu olması için önerileri ve talepleri sorularak alınan tüm cevaplar söylendiği şekilde; tekrar edilme sayısına göre sıralanmış ve Çizelge 10'da verilmiştir.



Şekil 8. Önem sırasına göre işletme sahiplerinin sorunları
Figure 8. Problems of enterprises owners in order of importance

Çizelge 10. Daha verimli çadır ağıllar için işletme sahiplerinin önerileri
Table 10. Recommendations of enterprises owners for more efficient tent barns

Öneriler, talepler	Bahsedilme sayısı
Havalandırma yeterli ve etkili olmalı	7
Ağıl daha yüksek olmalı, traktör girebilmeli	6
Kapılar daha büyük olmalı, ayarlı olmalı ve dışarı açılmamalı	6
Yoğuşma önlenmeli	4
Pencerelere çerçeve eklenmeli, ayarlı olmalı ve menteşeli olmalı	3
Daha düşük maliyetli olmalı	3
Yalıtıma önem verilmeli ve dikkatle projelendirme yapılmalı	2
Kapılar ekstra yalıtım için kalınlaştırılmalı, kapı çevresine izolasyon yapılmalı	2
Kullanılan malzemeler kaliteli olmalı	2
Sineklikler daha sağlam olmalı	1
Oluk baca yapılmalı	1
Baca sayısı artmalı	1
Daha büyük kapasiteli çadırlar inşa edilebilmeli	1
Yemlikler makas arasına sığmalı	1
Çatısına özen gösterilmeli	1
Profiller geniş ve sağlam olmalı	1
Pencereler yerden daha yüksek olmalı	1
Drenaj sorunu olmamalı	1

SONUÇ ve ÖNERİLER

Henüz yeni sayılabilecek çadırdaki koyun yetiştiriciliği faaliyetinin daha verimli ve işletme sahiplerini memnun eden seviyeye gelebilmesi için sorunların tespiti ve ilerleyen aşamalarda da bölgesel bazda takip edilmesi önem arz etmektedir. Bu bağlamda, takip edilmesi gereken önemli konu başlıkları arasında; işletmelerin aile tipinde olması, yeterli destek alamamaları, uygun girdi temin edememeleri (artan girdi fiyatları), kısıtlı ve verimsiz mera alanları, çoban sorunu gibi faktörler tüm hayvancılık kollarında olduğu gibi çadır koyuncululuğu için de önemli tehditler olarak sayılabilir. Önceleri çadır ağıl denilince genelde göçer ve yörüklerin küçükbaş hayvanları güneş ve yağmurdan koruma amaçlı kullandığı ve brandadan yapılan basit korunaklı ağıllar akla gelirdi. Ancak günümüzde çelik konstrüksiyon üzerine kaliteli branda ve yalıtım malzemeleri ile kaplanan, yeterli havalandırma imkanına sahip, havalandırma

bacaları, pencere ve kapıları olan, zorlu hava şartlarına dayanıklı modern barınaklar kullanılmaktadır. Çalışmamızda, yalıtım özelliğine sahip çadır ağılların Yozgat ili gibi karasal iklime sahip Orta Anadolu Bölgesi illerinde çok rahat bir şekilde kullanılıp, her mevsim hayvan refahını sağladığı tespit edilmiştir. İşine özen gösteren, çadır ve yalıtım malzemesi olarak kaliteli malzeme kullanan firmaların yaptığı ağıllarda memnuniyet oranı fazla olmakta, tam tersi durumlarda ise çadır ağıl iç yüzeylerinde ortaya çıkan yoğuşma, hava hacminin yetersizliği, düşük sıcaklık vb. etkiler görülmektedir. Bu yüzden çadır ağıl üreten veya montaj yapan firmaların bölge şartlarına uygun şekilde üretim ve montaj yapmasına, kaliteli malzeme kullanmasına, uzman görüşü alınmasına, ağıl yönüne, orta tavan yüksekliğine, kullanışlı yemlik ve suluk montajlarına, havalandırma bacası ve pencerelerin uygun şekilde olmasına dikkat edilmelidir.

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

- Alexander, G. & Lynch, J.J. (1977). *Phalaris Windbreaks for Shornand Fleeced Lambing Ewes. Proceedings of the Australian Society of Animal Production 11*, 161-164
- Alkan, Z. (1972). *Ağulların Planlanması*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 245, Araştırma No: 125, Ankara, 22-53 sy.
- Anonim, (2020a). Yozgat İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. <https://yozgat.tarimorman.gov.tr/>. (Alınma Tarihi: 19.03.2020).
- Anonim, (2020b). Tarım İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu. <https://www.tuik.gov.tr> (Alınma Tarihi: 19.03.2020).
- Anonim, (2020c). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr>. (Alınma Tarihi: 19.03.2020).
- Bakır, G. & Mikail, N. (2019). Siirt İlindeki Küçükbaş Hayvancılık İşletmelerinin Yapısal Durumu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 50*(1), 66-74.
- Boğa, M. & Çevik, K.K. (2012). Ruminant Hayvanlar için Karma Yem Hazırlama Programı. Akademik Bilişim'12 Konferansı, 1-3 Şubat 2012, Uşak, Türkiye.
- Boğa, M. & Seçer, A. (2015). Niğde İlinin Çamardı İlçesinde Akkaraman Koyun Yetiştiriciliğinin Teknik Yönden İncelenmesi, Sorunların Belirlenmesi ve Çözüm Önerilerinin Sunulması. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 8*(2), 38-42.
- Cayley, J., Johson, J. & Ward, D. (2004). Nutrient Management Act - Siting Regulations for Manure Storage Structures. (www Document), <http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/engineer/facts/04-11.htm> (Alınma Tarihi: 11.05.2020).
- Ekmekyapar, T. (1997). *Tarımsal İnşaat*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 151. 197 sy.
- Ermetin, O. (2020). Examination of Dairy Cattle Enterprises in Yozgat Province in Terms of Structural Characteristics and Breeding Conditions. *International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences 4*(2), 289-297.
- Ermetin, O., Tüfekçi, H., Boz, M.A. & Taşkesen, H.O. (2018). Yozgat İli Hayvancılık Sektörünün İlin Kalkınmasındaki Etkisi. III. Uluslararası Bozok Sempozyumu 03-05 Mayıs 2018, Yozgat, Türkiye.
- Kaymakçı, M., Eliçin, A., Işın, F., Taşkın, T., Karaca, O., Tuncel, E., Ertuğrul, M., Özder, M., Güney, O., Gürsoy, O., Torun, O., Altın, T., Emsen, H., Seymen, S., Geren, H., Odabaşı, A. & Sönmez, R. (2005). Türkiye Küçükbaş Hayvan Yetiştiriciliği Üzerine Teknik Ve Ekonomik Yaklaşımlar. Türkiye Ziraat Mühendisliği 6. Teknik Kongresi 3-7 Ocak 2005, Ankara, Türkiye.
- Kırnak, H. (1992). *Adana İli ve İlçelerinde Mevcut Koyunculuk İşletmelerinin Yapısal Durumu Özellikleri ve Bölge İklim Koşullarına Uygun Barınak Planlarının Geliştirilmesi Üzerine Bir Araştırma (Tez no 605)*. [Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Kumova, Y. & Gürsoy, O. (1990). Design of Housing Systems for Intensive Dairy Sheep Production in Southern Turkey. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 5*(3), 1-16.
- Okuroğlu, M. & Yağanoğlu, A.V. (1993). *Kültürteknik*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Ders Kitabı, Yayın No:157, Erzurum.
- Özdoğan, A.F. (2019). *Çadır ve Betonarme Hayvan Barınaklarının Bazı Performans ve Davranış Kriterleri Açısından Karşılaştırılması*. [Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Paksoy, S., Atilgan, A., Akyüz, A. & Kumova, Y. (2006). Kahramanmaraş Yöresi Koyunculuk İşletmelerinin Yapısal Yönden Mevcut Durumları ve Geliştirilmesi Üzerine Bir Araştırma. *Ziraat Fakültesi Dergisi 1*(2), 17-27.
- Şişman, C.B., Yılmaz, F. & Gezer, E. (2009). Bolu Yöresindeki Küçükbaş Hayvan Barınaklarının Yapısal Durumu ve Geliştirme Olanakları. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 6*(2), 179-189.
- Tekinel, O., Kumova, Y., Alagöz, T. & Demir, Y. (1988). *Hayvan Barınaklarının Planlanması*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No:10, Adana.
- Tüfekçi, H. (2020). Yozgat İli Küçükbaş Hayvan Yetiştiriciliğinin Yapısal Durumu ve Geliştirme Olanaklarının Belirlenmesi. *Hayvansal Üretim 61*(2), 91-100.



Sürülebilir Özellikte Yeni Kahvaltılık Bir Ürün: Dut Pekmezi Kreması

Sefa IŞIK^{1,2}, Şerafettin ÇELİK³

¹Department of Food Processing, Vocational School of Technical Sciences, Muş Alparslan University, 49250 Muş, Türkiye, ²Department of Food Engineering, Faculty of Agriculture, Atatürk University, 25030 Erzurum, Türkiye, ³Department of Food Engineering, Faculty of Agricultural, Harran University, Şanlıurfa, Türkiye

^{1,2}<https://orcid.org/0000-0002-1480-7230>, ³<http://orcid.org/0000-0002-5605-5735>

✉: s.isik@alparslan.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, farklı oranlarda (%20, 23, 26 ve 29) sadeyağ içeren sürülebilir özellikte dut pekmezi kreması üretilerek +4 °C'de 90 gün süreyle depolanmış ve bu ürünün depolama boyunca fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik, tekstürel ve duyuşal parametreleri araştırılmıştır. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda, dut pekmezi kremasında yağ oranının artışına paralel olarak, ürünün pH, titrasyon asitliği, asit sayısı, peroksit değeri ve *a** değerinde artış, hidroksimetilfurfural (HMF) değerinde ise azalma meydana gelmiştir. Ayrıca, depolama periyodu boyunca, pekmez kremasının titrasyon asitliği, asit sayısı ve peroksit değeri artmış, HMF, *L** değeri ve bazı tekstür (sertlik, kıvam ve bağlayıcılık) değerleri ise azalmıştır. Maya-küf varlığı ise depolama süresince tespit edilmemiştir. Duyuşal değerlendirmeler sonucunda, genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek puanı %20 oranında sadeyağ içeren dut pekmezi kreması almıştır. Çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda daha uzun raf ömrü açısından dut pekmezi kreması üretiminde %20-23 arasında değişen oranlarda sadeyağın kullanılabilmesi ve gıda güvenliği açısından en az 90 gün süre ile güvenilir bir şekilde depolanabileceği sonucuna varılmıştır.

Gıda Bilimi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 21.02.2022

Kabul Tarihi : 30.06.2022

Anahtar Kelimeler

Dut pekmezi
Sadeyağ
Kahvaltılık ürün
Tekstürel özellikler
Duyuşal özellikler

A New Breakfast Spreadable Product: Mulberry Molasses Cream

ABSTRACT

In this study, it is aimed to investigate the physicochemical, microbiological, textural and sensory parameters of a new spreadable breakfast product known as mulberry molasses cream during storage. For this purpose, mulberry molasses cream containing butter oil at different rates (20%, 23, 26 and 29) was stored at +4 °C for 90 days. Parallel to the increase in the butter oil content of the mulberry molasses cream, the pH, titratable acidity, acid number, peroxide value and *a** value of the product increased. In contrast the hydroxymethylfurfural (HMF) value decreased. During the storage period, it was determined that titratable acidity, acid number and peroxide value of the molasses cream increased, while HMF, *L** value and some texture (hardness, consistency and binding) values decreased. Yeast-mold was not detected in the samples along the storage period. On the other hand, the sample containing 20% butter oil got the highest overall acceptability score. It has been concluded that, in terms of longer shelf life, butter oil could be used at a rates ranging from 20-23% in the production of mulberry molasses cream, and also it can be stored reliably for at least 90 days in terms of food safety.

Food Science

Research Article

Article History

Received : 21.02.2022

Accepted : 30.06.2022

Keywords

Mulberry molasses
Butter oil
Breakfast food
Textural properties
Sensorial properties

Atıf Şekli: Işık, S. & Çelik, Ş. (2023) Sürülebilir Özellikte Yeni Kahvaltılık Bir Ürün: Dut Pekmezi Kreması. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 26 (2), 326-338. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1075973>

To Cite : Işık, S. & Çelik, Ş. (2023). A New Breakfast Spreadable Product: Mulberry Molasses Cream. *KSU J. Agric Nat* 26(2), 326-338. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1075973>

GİRİŞ

Geleneksel bir gıda olan kahvaltılık pekmez çeşitleri

genellikle elma, dut, üzüm, kayısı, şeker pancarı gibi şeker oranı yüksek meyvelerden elde edilmektedir.

Pekmez üretiminde meyve suları açık kaptaki veya vakum şartlarında, şeker veya herhangi bir katkı maddesi ilave edilmeden ısı işlem uygulaması ile çözünür kurumadde oranı %70-80'e çıkarılmaktadır (Şengül ve ark., 2005; Türkben ve ark., 2016; Heshmati ve ark., 2019).

Pekmez, yapısında yüksek oranda bulunan organik asitler ve mineraller bakımından beslenmede önemli bir yere sahiptir. Özellikle günlük demir, çinko, potasyum ve magnezyum ihtiyaçlarının pekmezden karşılanması mümkündür. Bu nedenle hamile ve emzicilerin, tüberkülozlu hastaların ve iyileşme sürecindeki hastaların diyetlerinde bulunması gereken bir gıdadır. Ayrıca kemik erimesi olarak da bilinen osteoporozla bağlı kemik kırıklarının oluşmasının önlenmesi bakımından, günlük belli oranda alınması gereken kalsiyum ve fosfor açısından da zengin bir kaynaktır (Batu & Gök, 2006; Batu, 2011). Pekmezler, yapısında monosakkarit şeklinde bulunan glukoz ve fruktozun kana hızlı bir şekilde geçmesi ve vücuda kısa sürede enerji vermesinden dolayı özellikle bebekler, çocuklar ve sporcuların beslenmesinde etkili bir enerji kaynağı olarak yer almaktadır (Akbulut & Özcan, 2009; Karaca ve ark., 2011).

Tereyağı süt, yoğurt veya kremadan üretilen, katı bir kıvama sahip, yağ içinde su emülsiyonu olup ağırlıkça %80-90 süt yağı içeren bir süt ürünüdür. Her ne kadar tereyağı üretimi sırasında süt serumu uzaklaşsa da yapısındaki yüksek su aktivitesinden dolayı mikrobiyolojik bozulma için ideal bir ortamdır (Sevmiş ve ark., 2020; Demir & Andıç, 2021). Bu yüzden birçok ülkede tereyağı, raf ömrünü artırmak amacıyla daha düşük su içeriğine sahip olan sadeyağa işlenmektedir. Orta doğu, Asya ve Afrikada "Ghee" "Maslee", "Samn", "Roghan" isimleriyle de bilinen sadeyağ, uluslararası literatürde "ghee", "clarified butter oil", "butter oil" olarak adlandırılmaktadır (Çelik ve ark., 2020).

Sadeyağın üretiminde, süt, krema veya tereyağına sıcaklık uygulanmak suretiyle su ve yağsız kurumadde bileşenleri ortamdan uzaklaştırılırken, uygulanan sıcaklığın miktarı ve süresi bölgeye göre değişmektedir (Sserunjogi ve ark., 1998; Demir & Andıç 2021). Türk Gıda Kodeksi (2005)'ne göre ise sadeyağ, "Süt ve/veya süt ürünlerinden elde edilen, su ve yağsız kurumadde unsurlarının tamamına yakın bölümü uzaklaştırılmış, ağırlıkça en az %99 oranında süt yağı içeriğine sahip ürünü" olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2005). Sadeyağın esasını oluşturan süt yağı, önemli biyoaktif bir bileşen olan konjuge linoleik asit (KLA) bakımından zengin doğal bir kaynaktır (Parodi, 2009). Nitekim KLA'nın antikarsinogenik, antidiyabetik ve arterioskleroz riskini azaltıcı fizyolojik etkilere sahip olduğu ifade edilmektedir (den Hartigh, 2019). Ayrıca süt yağının kolay sindirilmesi, vücut sıcaklığında eriyebilmesi ve

iyi bir enerji kaynağı olması fizyolojik önemini artırmaktadır. Bununla birlikte, bütirik asit gibi yağ asitlerini içermesiyle tereyağı ve sadeyağda arzu edilen tat, koku ve aromayı sağlamaktadır (Hayaloğlu & Konar, 2001; Kahyaoğlu & Çakmakçı, 2018).

Sürülebilir nitelikteki kahvaltılık ürünlerin (margarin, tereyağı, peynir, fındık ve tohum ezmesi vb.) küresel çaptaki ticaret hacmi 46.6 milyon ton ve 56 milyar Amerikan dolarına ulaşmıştır (Johnson, 2019). Ayrıca kolay kullanımı, özellikle çocuklar ve gençler tarafından sıklıkla tercih edilmesi bu ürünlerin tüketimini arttırmaktadır. Böylece yeni kahvaltılık ürünler, tüketiciler için alternatif olabileceği gibi gıda endüstrine de katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada dut pekmezine tereyağından elde edilen sadeyağ, farklı oranlarda ilave edilerek sürülebilir nitelikte pekmez kreması elde edilmiş ve depolama süresince bu ürünün çeşitli karakteristik özellikleri analiz edilmiştir. Böylece sadeyağ ve pekmezin beslenme açısından avantajları tek bir üründe toplanarak, beğenilirliği yüksek yeni bir kahvaltılık ürün üretilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOD

Materyal

Dut pekmezi kreması üretiminde, dut pekmezi (Dutpınar Gıda Sanayi Tic. Ltd. Şti., Malatya), tereyağından (Yörsan Gıda Mamülleri ve Tic. San. Ltd. Şti., Balıkesir) elde edilen sadeyağ ile emülgatör olarak soya lesitini (Sosa, Spain) kullanılmıştır.

Metod

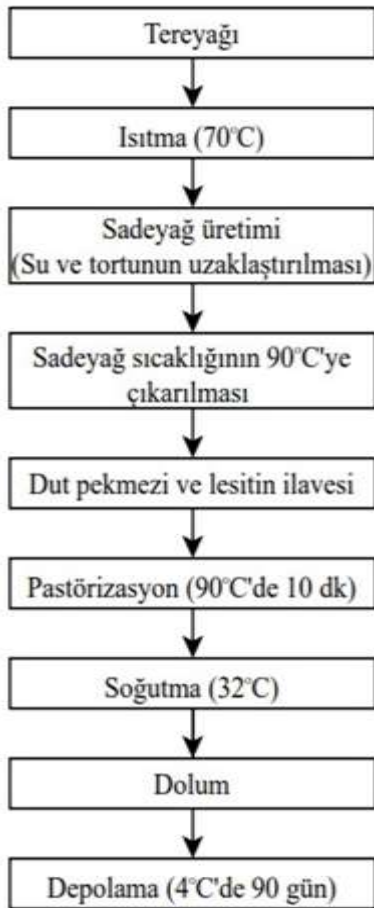
Dut pekmezi ve sadeyağda yapılan fizikokimyasal analizler

Sadeyağda yağ analizi Anonim (2007), titrasyon asitliği Kurt ve ark., (2007), asit sayısı Anonim (2010), peroksit ve RM (Reichert Meissl) sayısı Atamer (1993) tarafından belirtilen yöntemlere göre belirlenmiştir. Ayrıca renk değerleri kolorimetre (Hunter lab ultra scan xe spectrocolorimeter, S/N: U3745, USA) cihazı ile, pH değerleri ise dijital bir pH metre (WTW pH-340i, Germany) kullanılarak tespit edilmiştir.

Pekmezde kurumadde ve kül miktarı AOAC (2000) tarafından bildirilen yöntem kullanılarak saptanmıştır. Pekmeze ait renk değerleri kolorimetre (Hunter lab ultra scan xe spectrocolorimeter, S/N: U3745, USA) cihazı ile, pH değerleri ise dijital bir pH metre (WTW pH-340i, Germany) vasıtasıyla belirlenmiştir. Pekmezin hidroksetilfurfural (HMF) miktarı, para-toluidin ve barbitirik asit ile muamele edilmesi sonucu oluşan renkli çözeltinin absorbanansı (spektrofotometrik) ölçülerek hesaplanmıştır (Ötleş, 1995).

Dut pekmezi kreması üretimi

Tereyağının sıcaklığı 70 °C'yi geçmeyecek şekilde eritilmiş, tortu ve su fazı uzaklaştırıldıktan sonra sadeyağ elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen sadeyağ %20, 23, 26 ve 29 oranlarında ayrı ayrı pastörizatöre boşaltılarak iç sıcaklığı 90 °C'ye yükseltildikten sonra pekmez ve lesitin ilavesi yapılmıştır. Lesitin; %20, 23, 26 ve 29 sadeyağ içeren örneklerle sırasıyla 0.5, 0.75, 1.0 ve 1.25 g kg⁻¹ olacak şekilde ilave edilmiştir. Karışım 90 °C'de 10 dk boyunca pastörize edilmiştir. Isıtma aşamasında aşırı ısınmadan kaynaklanabilecek olumsuzlukların önlenmesi, soğutma aşamasında ise faz ayrışımının engellenmesi amacıyla sürekli karıştırma (90 devir dk⁻¹) işlemi yapılmıştır. Pastörizasyon sonrası karışım soğuk su yardımıyla 32 °C'ye kadar soğutulmuş ve 110 mL'lik sterilize cam kavanozlara hijyenik şartlarda doldurulmuştur. Ürünler daha sonra 4 °C'de 90 gün süre ile depolanmıştır. Dut pekmezi kremasının üretim akış şeması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Dut pekmezi kreması üretimi akış diyagramı
Figure 1. The production flow chart of mulberry molasses cream

Dut pekmezi kremasında yapılan analizler

Dut pekmezi kremasının pH'sı, pH metre (WTW pH-340i, Germany) kullanılarak (Oysun, 1996), titrasyon

asitliği (%LA) titrimetrik yöntemle (Cemeroğlu, 1992) hesaplanmıştır. Peroksit değeri ise dut pekmezi kremasından ekstrakte edilen sadeyağın 0.01N Na₂S₂O₃ çözeltisi ile titre edilmesiyle belirlenmiştir (Atamer, 1993). Dut pekmezi kreması örneklerinde HMF konsantrasyonlarının belirlenmesi için Carrez I ve Carrez II solüsyonları kullanılmış ve absorbanlar 550 nm'de köre (saf su) karşı okunmuştur (Anonim, 2002). Renk değerleri, depolama periyodunun 1., 40 ve 60. ve 90. günlerinde kolorimetre (Hunter lab ultra scan xe spectrocolorimeter, S/N: U3745, USA) kullanılarak parlaklık/ koyuluk (L), kırmızı (+a), yeşil (-a), sarı (+b) ve mavi (-b) değerleri saptanmıştır (AOAC, 2000).

Maya küf varlığı uygun dilüsyonlardan, pH'sı tartarik asitle (14 mL L⁻¹; %10'luk) ayarlanmış PDA (Merck, Darmstadt, Germany) besiyerine ekim yapılmak suretiyle belirlenmiştir (Frank & Yousef, 2004).

Tekstür profil analizi

Örneklerin tekstürel özellikleri, depolama periyodunun 1., 40 ve 60. günlerinde incelenmiştir. Tekstür profil analizi için örnekler uygun bir behere aktarılarak bir gün süreyle buzdolabı koşullarında bekletilmiştir. Ardından oda sıcaklığında 15-20 dk bekletildikten sonra tekstür analiz cihazının (TA-XT plus Stable Microsystems, Godalming, Surrey, UK) baskı plakasına konulmuştur. Ölçüm 10 mm s⁻¹ hızı sahip cihaz probu ile 5 mm sıkıştırma ve %20 daldırma yapılarak pekmez kremasına ait tekstürel özellikler (sertlik, kıvam, yapışkanlık ve viskozite) tespit edilmiştir (Uslu ve ark., 2010).

Duyusal değerlendirme

Dut pekmezi kremasında duyuusal değerlendirmeler, depolama periyodunun 40. gününde 6 panelistin katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme esnasında, panelistlere dut pekmezi kremasının yanında 1'er dilim ekmek ve 1'er bardak su verilmiştir. Panelistlerden pekmez kremalarını renk ve görünüş, koku, yapı ve kıvam, tat ve aroma, ağızda bıraktığı tat ve genel kabul edilebilirlik bakımlarından karşılaştırmalı olarak değerlendirmeleri istenmiştir.

İstatistiksel Analizler

Farklı oranlarda sadeyağı içeren pekmez kremalarının araştırılan tüm veriler, tek/çift yönlü varyans analizi ile tespit edilmiştir. Duyusal değerlendirme parametrelerine ait skorlara karekök transformasyonu uygulanmıştır. Önemli bulunan ortalamalar arasındaki farklılık Tukey çoklu karşılaştırma testi ile test edilmiştir. İstatistik analizleri için MINITAB paket programı (16.1) kullanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Pekmez ve Sadeyağın Fizikokimyasal Özellikleri

Dut pekmezi kreması üretiminde kullanılan dut pekmezi ve sadeyağa ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Dut Pekmezi Kremasının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Yağ oranı ve depolama periyodu açısından dut pekmezi kremasının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait ortalama değerler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Dut pekmezi kreması üretiminde kullanılan dut pekmezi ve sadeyağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 1. Some physical and chemical properties of mulberry molasses and butter oil used in production of mulberry molasses cream

Parametre (Parameters)	Dut pekmezi (Mulberry molasses)	Sadeyağ (Butter oil)
HMF değeri, mg kg ⁻¹ (HMF value, mg kg ⁻¹)	48.81	-
pH değeri (pH value)	5.14	5.42
Titrasyon asitliği, % (Titratable acidity, %)		0.07
Peroksit değeri, meq O ₂ kg ⁻¹ (Peroxide value, meq O ₂ kg ⁻¹)		1.116
Yağ, % (Fat, %)		99.25
L* değeri (L* value)	18.02	51.44
a* değeri (a* value)	10.91	6.64
b* değeri (b* value)	0.48	23.42
Kül, % (Ash, %)	2.12	-
Kurumadde, % (Dry matter, %)	65.46	-

Çizelge 2. Yağ oranı ve depolama periyoduna bağlı olarak dut pekmezi kremasının bazı fizikokimyasal özelliklerine ait ortalama değerler

Table 2. Average values of some physicochemical properties of mulberry molasses cream depending on butter oil content and storage period

		Düzeltilmiş kareler ortalaması (Adjusted mean squares)			
		pH değeri (pH value)	Titrasyon asitliği (%LA) (Titratable acidity, LA%)	Peroksit değeri (meq O ₂ kg ⁻¹) (Peroxide value, meq O ₂ kg ⁻¹)	HMF değeri (mg kg ⁻¹) (HMF value, mg kg ⁻¹)
Sadeyağ oranı (%) (Butter oil rate, %)	20	5.16±0.05 ^b	0.226±0.09 ^d	0.770±0.35 ^d	38.06±16.37 ^a
	23	5.19±0.02 ^a	0.296±0.81 ^c	0.993±0.51 ^c	34.885±14.59 ^b
	26	5.18±0.04 ^{ab}	0.368±0.11 ^b	1.164±0.63 ^b	34.175±13.64 ^b
	29	5.19±0.03 ^a	0.408±0.10 ^a	1.277±0.69 ^a	33.282±11.09 ^b
Önem derecesi (Significance)		**	**	**	**
Depolama periyodu (Gün) (Storage period, Day)	1	5.18±0.01 ^a	0.170±0.06 ^e	0.351±0.06 ^e	59.173±6.23 ^a
	20	5.19±0.01 ^a	0.251±0.09 ^d	0.657±0.12 ^d	41.727±0.12 ^b
	40	5.20±0.01 ^a	0.333±0.07 ^c	0.878±0.15 ^c	26.453±0.34 ^c
	60	5.20±0.01 ^a	0.413±0.07 ^b	1.567±0.34 ^b	23.601±1.50 ^c
	90	5.13±0.06 ^b	0.455±0.08 ^a	1.727±0.40 ^a	24.553±2.02 ^c
Önem derecesi (Significance)		**	**	**	**

^{a,b,c,d,e} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak önemlidir (*: P<0.05 **: P<0.01). LA: Laktik asit
^{a,b,c,d,e} The differences are statistically significant between means marked with different in the same column (*P<0.05, **P<0.01).
LA: Lactic acid

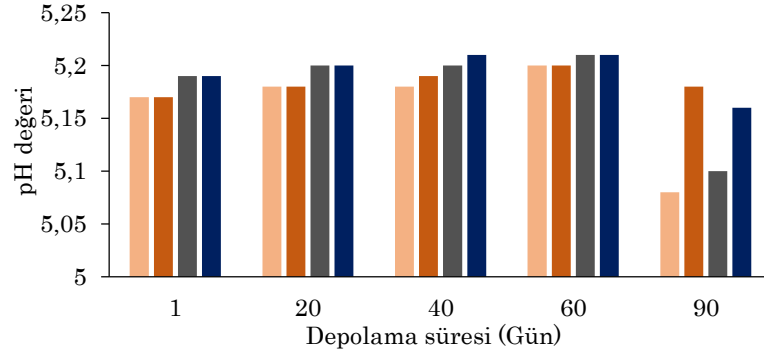
pH

Dut pekmezi kreması örneklerinde ortalama pH değerleri sadeyağ oranına bağlı olarak 5.16 ile 5.19 arasında değişkenlik göstermiştir (Çizelge 2). Benzer bir çalışmada içinde farklı oranlarda tereyağı bulunan gün pekmezi kremasında pH değerleri 4.786-5.011 arasında bulunmuştur (Fidan, 2017). Celik & Bakirci (2003), yoğurtta pekmez oranı arttıkça pH'nın düştüğünü, bunun nedeninin ise pekmezin düşük pH'sından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

Depolama periyoduna bağlı olarak örneklerin ortalama pH değerlerinde, istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte 60. güne kadar yükselme, 90. günde azalma meydana gelmiştir (P<0.05) (Çizelge 2). Bu durum, depolama periyodu boyunca gerçekleşen hidrolitik ve oksidatif ransidite ile maillard reaksiyonu sonucu oluşan nötr, asidik veya bazik karakterli bileşiklerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Tamanna & Mahmood, 2015). Çelem & Çelik (2019), yaptıkları çalışmada geleneksel bir pekmez ürünü olan Runi Hiz'in depolama süresince

pH değerinin 40. güne kadar arttığını daha sonra düşüş gösterdiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar bunun nedeninin oksidasyon veya maillard reaksiyonu

sonucu oluşan alkali bileşenlerden kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir.



Şekil 2. Depolama periyodu boyunca dut pekmezi kreması örneklerinin pH değerlerinde meydana gelen değişim (■: %20 sadeyağlı ürün; ■: %23 sadeyağlı ürün; ■: %26 sadeyağlı ürün; ■: %29 sadeyağlı ürün)

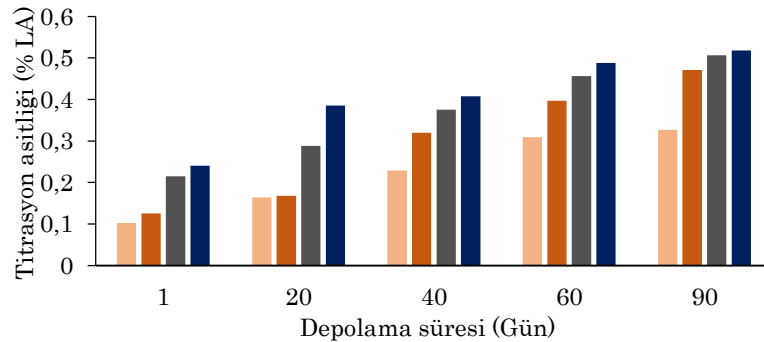
Figure 2. Change of pH values of the mulberry molasses cream sample during the storage period (■: product with 20% butter oil; ■: product with 23% butter oil; ■: product with 26% butter oil; ■: product with 29% butter oil)

Titrasyon asitliği

Dut pekmezi kremasında sadeyağ oranındaki artışa paralel olarak örneklerin ortalama titrasyon asitliğinde artış meydana gelmiştir (P<0.01). Bu durum, sadeyağda titrasyon asitliğinin nispeten yüksek olması ve depolama periyodu boyunca krema örneklerinde titrasyon asitliğinin yükselmesinden kaynaklanmıştır. Ortalama en düşük titrasyon asitliği %20 yağ oranına sahip örnekte, en yüksek titrasyon asitliği ise %29 yağ oranına sahip örnekte sırasıyla %0.226 LA ile %0.408 LA olarak ölçülmüştür (Çizelge 2). Kahyaoğlu & Çakmakçı (2018) farklı hayvan

sütlerinden elde edilen tereyağlarında ortalama titrasyon asitliğinin %0.23-0.38 arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Bu sonuçlar elde ettiğimiz sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Depolama periyodu boyunca pekmez kreması örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinde artış meydana gelmiştir (P<0.01) (Şekil 3). Karataş & Şengül (2018), pekmez örneklerinde, Karaca ve ark., (2011) ise farklı oranlarda pekmez içeren yoğurtlarda depolama boyunca titrasyon asitliğinin arttığını ifade etmişlerdir.



Şekil 3. Depolama periyodu boyunca dut pekmezi kreması örneklerinin titrasyon asitliği değerlerinde meydana gelen değişim (■: %20 sadeyağlı ürün; ■: %23 sadeyağlı ürün; ■: %26 sadeyağlı ürün; ■: %29 sadeyağlı ürün)

Figure 3. Change of titrable acidity values of the mulberry molasses cream sample during the storage period (■: product with 20% butter oil; ■: product with 23% butter oil; ■: product with 26% butter oil; ■: product with 29% butter oil)

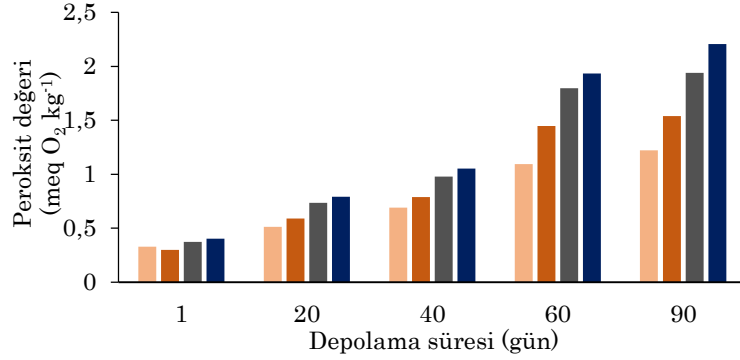
Peroksit değeri

Yağ oranının artışına paralel olarak dut pekmezi kreması örneklerinin ortalama peroksit değerleri artmış ve 0.770-1.277 meq O₂ kg⁻¹ arasında

değişmiştir. %29 yağ içeren krema örneğinin peroksit değeri diğer örneklere oranla, önemli düzeyde (P<0.01) yüksek bulunmuştur (Çizelge 2). Çelik ve ark., (2020) Şanlıurfa piyasasından temin ettikleri sadeyağlarda ortalama peroksit değerini 0.746 meq O₂ kg⁻¹ olarak

belirlemişlerdir. Demir & Andıç (2021) ise sadeyağlarda depolama periyodu boyunca peroksit değerinin 0,74-1,76 meq O₂ kg⁻¹ arasında değiştiğini

ifade etmişlerdir. Araştırmacıların belirttiği peroksit değerleri, bu çalışmada elde edilen değerler ile uyumludur.



Şekil 4. Depolama periyodu boyunca dut pekmezi kreması örneklerinin peroksit değerlerinde meydana gelen değişim (■: %20 sadeyağlı ürün; ■: %23 sadeyağlı ürün; ■: %26 sadeyağlı ürün; ■: %29 sadeyağlı ürün)

Figure 4. Change of peroxide values of the mulberry molasses cream sample during the storage period (■: product with 20% butter oil; ■: product with 23% butter oil; ■: product with 26% butter oil; ■: product with 29% butter oil)

Pekmez kremalarının ortalama peroksit değerleri depolama periyodu boyunca önemli düzeyde ($P < 0.01$) artış göstermiş ve 90. günde 1.727 meq O₂ kg⁻¹ ile en yüksek değere ulaşmıştır (Çizelge 2). Lipid oksidasyonunun derecesini ifade eden peroksit değeri, oksidasyonun başlangıç ürünleri olan hidroperoksitlerin düzeyinin belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Peroksit konsantrasyonu belirli bir seviyeye ulaştığında, keton, aldehit ve hidroksil gruplarının oluşumu ile istenmeyen tat ve kokuların meydana geldiği bilinmektedir (Honfo ve ark., 2011; Anlı ve ark., 2020). Nitekim peroksit sayısı 2.0 meq O₂ kg⁻¹ yağ değerinin üzerinde olduğunda tat bozukluklarının ortaya çıktığı bildirilmiştir (Anlı ve ark., 2020). Bu çalışmada en yüksek peroksit değeri (2,208 meq O₂ kg⁻¹) en fazla oranda (%29) yağ içeren örnekte depolamanın 90. gününde tespit edilmiş ve bu değer tat bozukluklarının ortaya çıktığı bildirilen sınırın üzerinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4).

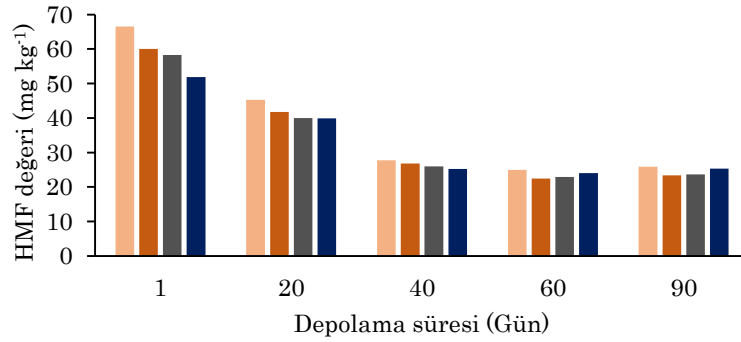
HMF değeri

Yağ oranının artışına paralel olarak dut pekmezi kreması örneklerinin HMF değerlerinde azalma meydana gelmiş, %29 yağ içeren krema örneğinin HMF değeri önemli düzeyde ($P < 0.01$) düşük bulunmuştur. Örneklerin HMF değerleri yağ oranına bağlı olarak 38.06 ile 33.282 mg kg⁻¹ arasında değişmiştir (Çizelge 2). HMF miktarının yağ oranının artışına bağlı olarak düşmesi, pekmezin üründeki oranının giderek azalmasından kaynaklanmış olabilir. Toker ve ark. (2013), dut pekmezi örneklerinde HMF değerini 43.66 mg kg⁻¹ olarak saptamıştır. Karataş & Şengül (2018), 15 adet dut pekmezi örneğinde HMF miktarlarının 5.69-134.68 mg kg⁻¹ arasında değişim gösterdiğini belirtmiştir. Karbonhidrat içeren gıdaların özellikle asidik koşullarda ısı ile muamelesi sonucu oluşan HMF, gıdalara uygulanan ısı ile işlemin şiddetini

(sıcaklık ve süre) gösteren önemli bir kalite faktörüdür (Türkben ve ark., 2016; Choudhary ve ark., 2020). Özcan ve ark., (2015), üzüm pekmezinde HMF değerinin ısı ile işlemle etkilendiğini, en düşük HMF değerinin ısı ile işlem uygulanmayan pekmezde belirlendiğini ifade etmiştir. Türk Standartları Enstitüsü (1996) birinci kalite dut pekmezi için en yüksek HMF miktarını 75 mg L⁻¹ olarak bildirmiştir (Anonim, 1996). Pekmez kremalarının HMF içeriği incelendiğinde bu değer altındaki olduğu görülmektedir.

Depolama süresince dut pekmezi kreması örneklerinin HMF değerlerinde 60. güne kadar düşüş meydana gelmiş, 90. günde ise artış olmasına rağmen bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Şekil 5). Depolama boyunca en yüksek HMF değeri (66.501 mg kg⁻¹) %20 yağ içeren örnekte depolamanın 1. gününde, en düşük HMF değeri (22.463 mg kg⁻¹) ise %23 yağ içeren örnekte depolamanın 60. gününde ölçülmüştür (Şekil 5). Karagöz (2007) depolama ile üzüm pekmezinin HMF miktarında azalmalar olduğunu belirtmiştir. Aynı çalışmada dut pekmezi oda sıcaklığında depolanmış ve HMF miktarı 90. günde 234.82 mg kg⁻¹ ile depolama sürecinin en düşük değerini almıştır.

pH 5'in üzerinde olduğunda, HMF ve diğer reaktif bileşenlerin polarize olduğu ve çözünmeyen koyu renkli azotlu formlara (melanoidin), ayrıca aminoketon, aldimin, ketimin gibi bileşiklere dönüştüğü bildirilmiştir (Ertop & Sarıkaya, 2017; Parisi & Luo, 2018; Singla ve ark., 2018). Pekmez kremalarında depolama boyunca HMF değerlerindeki azalışın bu dönüşümden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 5. Depolama periyodu boyunca dut pekmezi kreması örneklerinin HMF değerlerinde meydana gelen değişim (■: %20 sadeyağlı ürün; ■: %23 sadeyağlı ürün; ■: %26 sadeyağlı ürün; ■: %29 sadeyağlı ürün)

Figure 5. Change of HMF values of the mulberry molasses cream sample during the storage period (■: product with 20% butter oil; ■: product with 23% butter oil; ■: product with 26% butter oil; ■: product with 29% butter oil)

Renk değerleri

Yağ oranı ve depolama periyodu açısından dut pekmezi kremasının renk değerlerine ait ortalama değerler Çizelge 3'te verilmiştir.

Örneklerin ortalama L^* ve b^* değerleri yağ oranından etkilenmezken ($P>0.05$), a^* değerindeki değişim önemli bulunmuştur ($P<0.01$). En düşük ortalama L^* değeri yağ oranının en düşük (%20), yani pekmez oranının en yüksek olduğu örnekte belirlenmiştir (Çizelge 3). Benzer şekilde Alpaslan & Hayta (2002) tahin-pekmez karışımında en düşük L^* değerini pekmez oranının en yüksek olduğu örnekte belirlemiştir. %29 yağ içeren krema örneğinin a^*

değeri, diğer örneklere oranla ($P<0.01$) yüksek bulunmuştur. En yüksek ortalama b^* değeri sadeyağ oranının en fazla (%29) olduğu örnekte belirlenmiştir. Sadeyağın sarımsı renginin bunu etkilediği düşünülmektedir.

Depolama boyunca L^* değerlerinde 60.güne kadar önemli derecede ($P<0.01$) azalma, 90. günde ise bir artış ($P>0.05$) söz konusudur (Çizelge 3). Depolama süresi boyunca L^* değeri genel olarak tüm numunelerde benzer bir model göstermiştir (Şekil 6A). Literatürde pekmez örneklerinin depolama boyunca L^* değerinin azaldığı bildirilmiştir (Tosun, 2004; Özhan ve ark., 2010; Başar, 2019).

Çizelge 3. Yağ oranı ve depolama periyoduna bağlı olarak dut pekmezi kremasının renk özelliklerine ait ortalama değerler

Table 3. Average values of color properties of mulberry molasses cream depending on butter oil content and storage period.

		Düzeltilmiş kareler ortalaması (Adjusted mean squares)		
		L^*	a^*	b^*
Sadeyağ oranı (%) (Butter oil rate, %)	20	16,60±1.98 ^a	0,92±0.64 ^b	1,82±1.13 ^a
	23	18,31±2.62 ^a	1,36±0.86 ^{ab}	2,04±0.89 ^a
	26	18,89±3.22 ^a	1,19±0.80 ^b	2,04±1.03 ^a
	29	17,78±2.37 ^a	1,77±1.16 ^a	2,36±1.08 ^a
Önem derecesi (Significance)			**	
Depolama periyodu (Gün) (Storage period, Day)	1.	20,36±1.65 ^a	1,81±0.58 ^a	2,98±0.56 ^a
	40.	17,98±1.25 ^{ab}	0,27±0.35 ^c	1,03±0.35 ^b
	60.	15,72±1.79 ^b	1,02±0.43 ^b	1,55±0.43 ^b
	90.	17,51±3.39 ^b	2,15±0.85 ^a	2,69±0.85 ^a
Önem derecesi (Significance)		**	**	**

^{a,b,c,d,e} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak önemlidir (*: $P<0.05$ **: $P<0.01$).

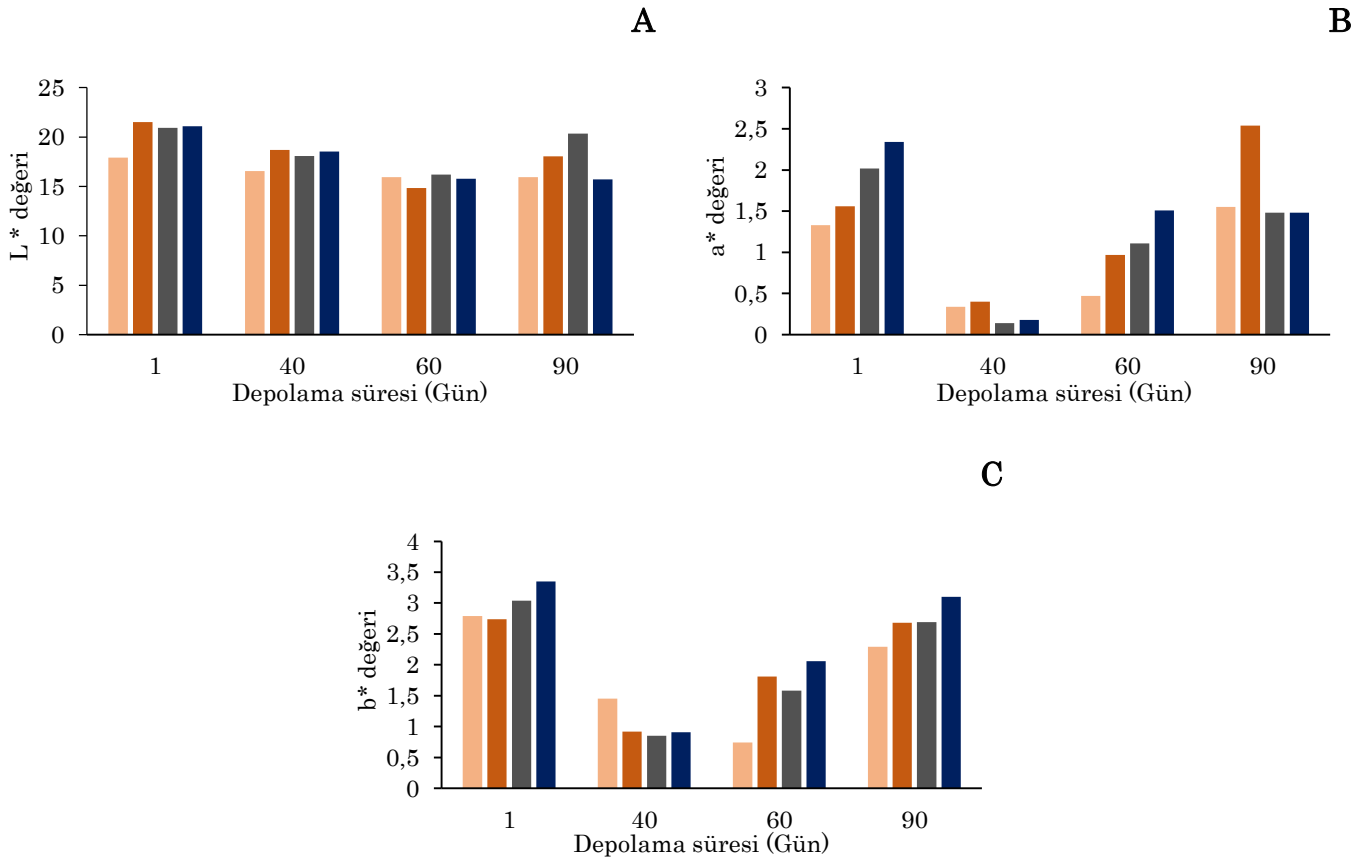
^{a,b,c,d,e} The differences are statistically significant between means marked with different in the same column (* $P<0.05$, ** $P<0.01$)

Tüm krema örneklerinin a^* değerinin periyodun 40. gününde en düşük değerini aldığı, ancak ilerleyen periyotta ise sürekli ve önemli düzeyde yükseldiği tespit edilmiştir (Şekil 6B). Karataş (2018) dut pekmezine ait a^* değerlerinin depolama süresince arttığını bildirmiştir. Toker ve ark. (2013) 25°C'de

depolanan dut pekmezinin a^* değerinin depolama periyodu boyunca düştüğünü, 35°C'de depolanan örneklerin ise a^* değerlerinin yükseldiğini tespit etmişlerdir. Karaca ve ark. (2011) %6 ve 14 oranında dut pekmezi içeren yoğurt örneklerine ait a^* değerlerinin 7. günde arttığını 14. günde ise azaldığını;

%10 dut pekmezi içeren yoğurtların ise a^* değerlerinin depolama boyunca düştüğünü bildirmişlerdir. Karaca (2013) dut pekmezi ilaveli yoğurt örneklerinde a^* değerinin depolamanın 7. gününde düştüğünü, 14. günde ise yükseldiğini belirlemiştir. Dut pekmezi kremasının a^* değerinin değişimi incelendiğinde, bu değişim Karaca (2013)'nin çalışmasındaki değişimle benzerlik, diğer literatür bildirimleriyle (Karaca ve ark., 2011; Toker ve ark., 2013; Karataş, 2018) farklılık göstermektedir.

Pekmez kreması örneklerinin b^* değeri genel olarak depolama periyodununun 40. gününe kadar azalmış ($P<0.01$), daha sonra artış eğilimine geçmiştir ($P<0.01$) (Şekil 6C). Benzer şekilde Karataş (2018) dut pekmezinde depolamanın başlangıcında yüksek olan b^* değerinin 30. günde azaldığını, 60. günde ise artış gösterdiğini tespit etmiştir. Toker ve ark. (2013) ise 25°C 'de depolanan dut pekmezi örneklerinin b^* değerinde 45. günde azalma, 90. günde ise artış olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 6. Depolama periyodu boyunca dut pekmezi kreması örneklerinin L^* (A), a^* (B), b^* (C) değerlerinde meydana gelen değişim (■: %20 sadeyağlı ürün; ■: %23 sadeyağlı ürün; ■: %26 sadeyağlı ürün; ■: %29 sadeyağlı ürün)

Figure 6. Change of L^* (A), a^* (B), b^* (C) values of the mulberry molasses cream sample during the storage period (■: product with 20% butter oil; ■: product with 23% butter oil; ■: product with 26% butter oil; ■: product with 29% butter oil)

Maya-küf varlığı

Çoğu küf türü 0.8; kserofilik küfler en düşük 0.6; birçok maya 0.85; osmofilik mayalar ise 0.6-0.7 a_w değerlerinde gelişebilmektedir (Çiftçioğlu, 2016). Bundan dolayı küf ve mayalar reçel, marmelat, pekmez gibi su aktivitesi değeri düşük gıdalarda baskın olarak bozulma yapabilmektedir (Özbey ve ark., 2013).

Dut pekmezi kreması örneklerinde depolama süresince maya-küf tespit edilmemiştir. Bu durum, pekmez kremalarının en az 90 gün güvenilir bir

şekilde buzdolabı şartlarında depolanabileceğini ifade etmektedir. Benzer şekilde Yumlu (2006), pekmezli fındık kremasının 100 günlük depolama sürecinde maya- küf tespit edilmediğini bildirmiştir.

Tekstürel parametreler

Dut pekmezi kremalarında ortalama sertlik, kıvam, bağlayıcılık ve viskozite değerlerinin yağ oranının artışına paralel olarak %26 yağ oranına kadar arttığı, %29 oranında yağ içeren örneklerde ise azaldığı gözlenmiştir (Çizelge 4). Karaca ve ark. (2011), dut pekmezi içeren yoğurtlarda pekmez oranının artışına

paralel olarak ürünün sertliğinin arttığını belirlemişlerdir. Yaşar & Şahan (2008), Maraş dondurması miskine ilave edilen dut pekmezinin dondurmanın yapısının yumuşamasına sebep olduğunu bildirmişlerdir. Bu durum dut pekmezi kremasının sertlik değeri ile benzer özellik göstermiştir. Çalışma kapsamında dut pekmezi kremasında pekmez oranının artmasıyla ürünün sertliğinde azalma meydana gelmiştir. Bu durum

depolama sıcaklığında (4 °C) sadeyağın yapısının katı, dut pekmezinin ise viskoz olmasından kaynaklanmaktadır. Arslan ve ark. (2005) tahin oranının artışına paralel olarak pekmez-tahin karışımının kıvamının arttığını belirlemişlerdir. Benzer şekilde Karaca ve ark. (2011) ile Celik & Bakirci (2003), pekmez oranının artmasına bağlı olarak yoğurdun viskozitesinde azalma tespit edildiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4. Yağ oranı ve depolama periyoduna bağlı olarak dut pekmezi kremasının tekstürel özelliklerine ait ortalama değerler

Table 4. Average values of textural properties of mulberry molasses cream depending on butter oil content and storage period

		Düzeltilmiş kareler ortalaması (Adjusted mean squares)			
		Sertlik (N) (Firmness, N)	Kıvam (Consistency)	Yapışkanlık (N) (Cohesiveness, N)	Viskozite indeksi (cP) (Viscosity index, cP)
Sadeyağ oranı (%)	20	126.4±38.01 ^b	462.6± ^b	291.3±83.44 ^b	98.9±73.59 ^a
Butter oil rate (%)	23	182.2±79.75 ^{ab}	579.7± ^{ab}	419.8±153.42 ^{ab}	145.5±167.92 ^a
	26	247.4±129.49 ^a	819.0± ^a	474.1±217.18 ^a	198.7±152.33 ^a
	29	178.2±93.14 ^{ab}	471.4± ^b	383.4±171.95 ^{ab}	83.7±79.26 ^a
Önem derecesi (Significance)		*	**	*	
Depolama periyodu (Gün)	1	268.3±108.08 ^a	714.4±320.09 ^a	497.6±143.79 ^a	108.5±103.89 ^{ab}
	40	157.4±79.10 ^b	663.1±443.62 ^a	441.5±177.14 ^a	208.5±174.14 ^a
	60	124.9±38.40 ^b	372.0±137.96 ^b	237.3±66.76 ^b	77.9±53.30 ^b
Önem derecesi (Significance)		**	**	**	*

a,b,c,d,e Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak önemlidir (*: P<0.05 **: P<0.01)

a,b,c,d,e The differences are statistically significant between means marked with different in the same column (*P<0.05, **P<0.01).

Depolama sürecine bağlı olarak, pekmez kreması örneklerinin ortalama sertlik, kıvam, yapışkanlık ve viskozite değerlerinde önemli düzeyde azalma meydana gelmiştir. En yüksek ortalama değerler depolamanın 1. gününde en düşük değerler ise depolamanın 60. gününde ölçülmüştür. Benzer şekilde Çelem (2014), farklı oranlarda tereyağı içeren üzüm pekmezi ile yapmış olduğu çalışmada tekstür değerlerinin depolamanın 60. gününde 1. güne göre azaldığını tespit etmiştir. (Çizelge 4).

En yüksek sertlik değeri %26 sadeyağ içeren krema örneklerinde depolamanın 1. gününde 352.3 N, en düşük değer ise %29 sadeyağ içeren örnekte depolamanın 60. gününde 94.2 N olarak ölçülmüştür (Şekil 7A).

En yüksek kıvam değeri %26 sadeyağ içeren krema örneklerinde depolamanın 40. gününde 1458.0, en düşük değer ise %20 sadeyağ içeren örnekte depolamanın 60. gününde 275.8 olarak ölçülmüştür. Tüm örneklerin kıvam değerlerinde depolamanın 40. gününde artış, 60. gününde azalma meydana gelmiştir (Şekil 7B).

En yüksek yapışkanlık değeri, %26 sadeyağ içeren krema örneklerinde depolamanın 1. gününde 582 N, en düşük değer ise %29 sadeyağ içeren örnekte depolamanın 60. gününde 176.6 N olarak ölçülmüştür.

Depolama periyodu boyunca tüm örneklerin yapışkanlık değerlerinde azalma meydana gelmiştir (Şekil 7C).

En yüksek viskozite indeksi %23 sadeyağ içeren krema örneklerinde depolamanın 40. gününde 313.4 cP, en düşük değer ise %20 sadeyağ içeren örnekte depolamanın 1. gününde 22.7 N olarak ölçülmüştür. Depolama periyodu %29 sadeyağ içeren örnekler dışındaki tüm örneklerin viskozite indeksleri depolama periyodunun 40. gününde artmış 60. gününde ise azalmıştır (Şekil 7D).

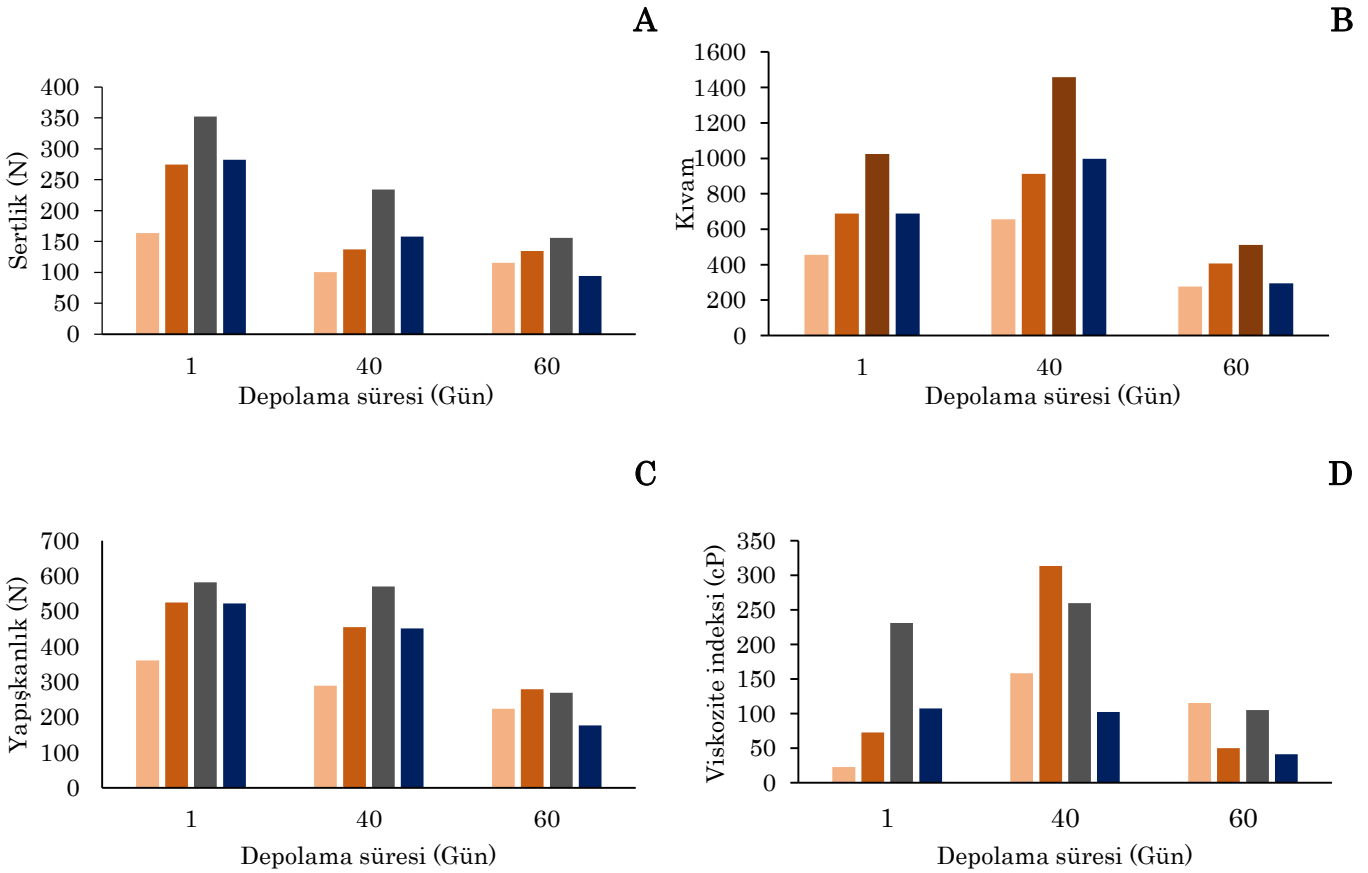
Duyusal değerlendirme

Farklı oranlarda sadeyağ içeren dut pekmezi kremasının duyusal değerlendirme parametrelerinden sadece yapı ve kıvam değerleri arasındaki farklılık çok önemli (P<0.01) bulunmuştur (Çizelge 5).

Pekmez kremasında renk ve görünüme ilişkin panelistlerin vermiş olduğu puanlar arasında farklılık tespit edilememiştir (P>0.05). Renk ve görünüş bakımından örneklerin tümü beğenilmiş, bununla birlikte en yüksek puanı %20 yağ içeren pekmez kreması almıştır. Koku, tat-aroma ve ağızda bıraktığı tat açısından tüm pekmez kreması örnekleri birbirine yakın puanlar almıştır (P>0.05). Yapı ve kıvam bakımından pekmez kremaları arasında en yüksek

puanı %26 yağ içeren örnek almıştır (P<0.01). En yüksek genel kabul edilebilirlik puanını ise %20

oranında yağ içeren örneğin aldığı görülmüştür (Çizelge 5).



Şekil 7. Depolama periyodu boyunca dut pekmezi kreması örneklerinin sertlik (A), kıvam (B), yapışkanlık (C) ve viskozite indeksi değerlerinde meydana gelen değişim (■: %20 sadeyağlı ürün; ■: %23 sadeyağlı ürün; ■: %26 sadeyağlı ürün; ■: %29 sadeyağlı ürün)

Figure 7. Change of firmness (A), consistency (B), cohesiveness (C) and viscosity index (D) values of the mulberry molasses cream sample during the storage period (■: product with 20% butter oil; ■: product with 23% butter oil; ■: product with 26% butter oil; ■: product with 29% butter oil)

Çizelge 5. Dut pekmezi kremalarının duyuşsal özelliklerine ait ortalama değerler ve oluşan gruplar

Table 5. Average values and groups of sensory properties of mulberry molasses creams

Sadeyağ oranı (%) (Butter oil rate, %)	Düzeltilmiş Kareler Ortalaması (Adjusted mean squares)					
	Renk ve görünüş (Colour and appearance)	Koku (Smell)	Yapı ve kıvam (Structure and consistency)	Aroma (Aroma)	Tat (Taste)	Genel kabul edilebilirlik (General acceptability)
20	2,048±0.20 ^a	2,625±0.41 ^a	1,803±0.16 ^c	2,694±0.31 ^a	2,696±0.29 ^a	2,022±0.17 ^a
23	1,977±0.18 ^a	2,616±0.39 ^a	1,902±0.17 ^{bc}	2,662±0.30 ^a	2,687±0.28 ^a	1,992±0.17 ^a
26	1,860±0.26 ^a	2,806±0.35 ^a	2,12±0.31 ^a	2,714±0.32 ^a	2,613±0.24 ^a	1,991±0.19 ^a
29	1,961±0.19 ^a	2,753±0.36 ^a	2,024±0.14 ^{ab}	2,713±0.33 ^a	2,632±0.27 ^a	1,942±0.23 ^a
Önem derecesi (Significance)			**			

^{a,b,c,d,e} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak önemlidir (*: P<0.05 **: P<0.01)

^{a,b,c,d,e} The differences are statistically significant between means marked with different in the same column (*P<0.05, **P<0.01).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan analizler sonucu, farklı oranlarda sadeyağ içeren (%20-29) dut pekmezi kremalarının duyuşsal olarak panelistler tarafından beğenildiği, özellikle en

düşük yağ oranına sahip (%20) örneğin en yüksek puanı aldığı belirlenmiştir. Asit sayısı ve peroksit değeri gibi kimyasal özellikler dikkate alındığında pekmez kremasında yağ oranının azaltılması, ürünün

raf ömrünün uzaması açısından önem arz etmektedir. Ayrıca dut pekmezi kremasına vanilin, Hindistan cevizi veya çeşitli kuru yemişlerin (ceviz, badem, fındık, fıstık vb.) farklı boyutlarda öğütülüp ilave edilerek çeşitliliğin artırılmasıyla ilgili çalışmaların yapılması, kahvaltılık ürün çeşitliliğinin zenginleştirilmesi açısından önem taşımaktadır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar ürünlerin tekstürel analizlerinin yapılmasındaki desteklerinden dolayı Prof. Dr. Ahmet Ferit ATASOY'a ve katkılarından dolayı Dr. Sümeyra IŞIK'a teşekkür eder.

Bu çalışma, AR-13120 araştırma projesi kapsamında Harran Üniversitesi (HÜBAK) Bilimsel Araştırma Proje Koordinasyon Birimi (Şanlıurfa, Türkiye) tarafından maddi olarak desteklenmiştir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar bu makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

- Akbulut, M. & Özcan, M.M. (2009). Comparison of mineral contents of mulberry (*Morus* spp.) fruits and their pekmez (boiled mulberry juice) samples. *International Journal of Food Science and Nutrition* 60(3), 231-239. <https://doi.org/10.1080/09637480701695609>
- Alpaslan, M. & Hayta, M. (2002). Rheological and sensory properties of pekmez (grape molasses/tahin) (sesame paste blends). *Journal of Food Engineering* 54(1), 89-93. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00197-2](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00197-2)
- Anlı, E.A., Şanlı, T. & Şenel, E. (2020). Yoğurt ve kefir kullanılarak üretilen tereyağlarının bazı özelliklerinin incelenmesi. *Gıda* 45(3), 461-472. <https://doi.org/10.15237/gida.GD20019>
- Anonim, (1996). *Türk Standartları Enstitüsü. Dut pekmezi (TS 12001)*. Ankara
- Anonim, (2002). *Türk Standartları Enstitüsü. Meyve ve sebze ürünleri- 5-hidroksimetilfurfural (5-HMF) içeriğinin tayini (TS.6178)*. Ankara
- Anonim, (2005). *Türk Gıda Kodeksi. Tereyağı, diğer süt yağı esaslı sürülebilir ürünler ve sadeyağ tebliği (Tebliğ no: 2005/19)*. 12 Nisan 2005 tarih ve 25784 sayılı Resmî Gazete, Ankara
- Anonim, (2007). *Gıdalarda yağ tayini. Milli Eğitim Bakanlığı, Mesleki eğitim ve öğretim sisteminin güçlendirilmesi projesi*, Ankara
- Anonim, (2010). *Yemeklik yağların analizleri 1. Milli Eğitim Bakanlığı, Mesleki eğitim ve öğretim sisteminin güçlendirilmesi projesi*, Ankara

- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists), Horwitz W 1975. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington
- Arslan, E., Yener, M.E. & Esin, A. (2005). Rheological characterization of tahin / pekmez (sesame paste/concentrated grape juice) blends. *Journal of Food Engineering* 69(2), 167-172. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.08.010>
- Atamer, M. (1993). *Tereyağı Teknolojisi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yay. No:1313 Ders Kitabı: 380, Ankara.
- Başar, V. (2019). *Farklı Depolama Koşullarının Karayemiş (Laurocerasus officinalis L.) Pekmezinin Fitokimyasal Stabilitesi ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi*. [Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Batu, A. & Gök, V. (2006). Pekmez üretiminde HACCP uygulaması. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* 3, 1-18.
- Batu, A. (2011). Üzüm, pekmez ve insan sağlığı. Teknolojik araştırmalar. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* 6(2), 25-35.
- Celik, S. & Bakirci, I. (2003). Some properties of yoghurt produced by adding mulberry pekmez (concentrated juice). *International Journal of Dairy Technology* 56(1), 26-29. <https://doi.org/10.1046/j.1471-0307.2003.00070.x>
- Cemeroğlu, B. (1992). *Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metotları*. Biltav Yayınları, Ankara
- Choudhary, A., Kumar, V., Kumar, S., Majid, I., Aggarwal, P. & Suri, S. (2021). 5- hydroxy methylfurfural (HMF) formation, occurrence and potential health concerns: recent developments. *Toxin Reviews* 40(4), 545-561. <https://doi.org/10.1080/15569543.2020.1756857>
- Çelem, E. & Çelik, Ş. (2019). Characteristics and optimization of runi hiz production-a forgotten traditional Turkish product. *Journal of Central European Agriculture* 20(2), 563-575. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/20.2.2058>
- Çelem, E. (2014). *Unutulmuş Geleneksel Bir Ürün, Runi Hiz: Karakteristik Özellikleri ve Optimizasyonu*. [Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı] Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Çelik, Ş., Ünver, N. & Yakar, Y. (2020). Karacadağ bölgesinde üretilen Şanlıurfa sadeyağı ile tulum yağının (runi hiz) bazı kalite karakteristikleri. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 23(5), 1200-1208. DOI:10.18016/ksutarimdog.vi.682189
- Çiftçioğlu, G.R. (2016). *Temel Gıda Mikrobiyolojisi*, Heparcan D, Editör, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara
- Demir, T. & Andıç, S. (2021). Comparison of some properties of butter oil produced from cultured and

- uncultured butter at different temperatures. *Gıda* 46(3), 621-633. <https://doi.org/10.15237/gida.GD20118>
- den Hartigh, L.J. (2019). Conjugated linoleic acid effects on cancer, obesity, and atherosclerosis: a review of pre-clinical and human trials with current perspectives. *Nutrients* 11(2), 370. <https://doi.org/10.3390/nu11020370>
- Ertop, M.H. & Sarıkaya, S.B.Ö. (2017). The relations between hydroxymethylfurfural content, antioxidant activity and colorimetric properties of various bakery products. *Gıda Journal of Food* 42(6), 834-843. doi: 10.15237/gida.GD17033
- Fidan, F. (2017). *Geleneksel Kahvaltılık Bir Ürün: Gün Pekmezi Kreması*. [Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Frank, J.F. & Yousef, A.E. (2004). *Tests for groups of microorganisms. (standart methods for the examination of dairy products, American public health association, USA: Ed. Wehr HM, Frank JF) Chap. 8.*
- Hayaloğlu, A.A. & Konar, A. (2001). Malatya yöresinde yoğurttan ve kremadan üretilen tereyağlarının mikrobiyolojik kalitesi üzerinde karşılaştırmalı bir araştırma. *Gıda* 26(6), 429-435.
- Heshmati, A., Ghadimi, S., Ranjbar, A. & Khaneghah, A.M. (2019). Changes in aflatoxins content during processing of pekmez as a traditional product of grape. *LWT* 103, 178-185. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.01.001>
- Honfo, F.G., Hell, K., Akissoe, N., Coulibaly, O., Fandohan, P. & Hounhouigan, J.D. (2011). Effect of storage conditions on microbiological and physicochemical quality of shea butter. *Journal of Food Science and Technology* 48(3), 274-279. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0150-x>
- Johnson, J. (2019). *Breakfast spreads*. (In *Reducing salt in foods*, Woodhead Publishing) 255-269.
- Kahyaoğlu, D.T. & Çakmakçı, S. (2018). A comparative study on some properties and oxidation stability during storage of butter produced from different animals' milk. *Gıda*, 43(2), 283-293. <https://doi.org/10.15237/gida.GD17081>
- Karaca, O.B., Saydam, B.S. & Güven, M. (2011). Physicochemical, mineral and sensory properties of set-type yoghurts produced by addition of grape, mulberry and carob molasses at different ratios. *International Journal of Dairy Technology* 65(1), 111-117. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2011.00731.x>
- Karagöz, D.D. (2007). *Farklı Meyvelerden Üretilmiş Pekmezlerin Depolanma Süresince Biyokimyasal Özelliklerinde Meydana Gelen Değişmeler*. [Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Karataş, N. & Şengül, M. (2018). Dut pekmezinin bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri ile antioksidan aktivitesi üzerine depolamanın etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 5(1), 34-43.
- Kurt, A., Çakmakçı, S. & Çağlar, A. (2007). *Süt ve mamulleri muayene ve analiz metotları rehberi*. Atatürk Üniv. Yay. Ziraat Fak. Yay., Erzurum, 238 sy.
- Oysun, G. (1996). *Süt ürünlerinde analiz yöntemleri* (Yay. No: 504, Genişletilmiş II. Baskı). Ege Üni. Ziraat Fak., Ofset Basımevi, İzmir
- Ötleş, S. (1995). *Bal ve bal teknolojisi kimyası ve analizleri* (Yay. No:2). Alaşehir Meslek Yüksekokulu Yayınları, Manisa
- Özbey, A., Öncül, N., Erdoğan, K., Yıldırım, Z. & Yıldırım, M. (2013). Tokat yöresinde üretilen çalma pekmezinin bazı fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri. *Akademik Gıda* 11(1), 46-52.
- Özcan, M., Alpar, Ş.A.L. & Juhami, F. (2015). The effect of boiling on qualitative properties of grape juice produced by the traditional method. *Journal of Food Science and Technology* 52(9), 5546-5556.
- Özhan, B., Feryal, K. & Erge, H.S. (2010). Effect of storage on nonenzymatic browning reactions in carob pekmez. *International Journal of Food Science and Technology* 45(4), 751-757. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02190.x>
- Parisi, S. & Luo, W. (2018). *The importance of maillard reaction in processed foods. (Chemistry of maillard reactions in processed foods, Springer, Cham) 1-37.*
- Parodi, P.W. (2009). *Milk fat nutrition*. In A.Y. Tamime (Ed.), *Dairy fats and related products*. John Wiley & Sons, NJ, 28-51.
- Sevmiş, E., Andıç, S. & Şehriban, O. (2020). Comparison of the compositions of butter and butter oil produced in the province of Hakkâri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30, 928-937. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.717665>
- Singla, R.K., Dubey, A.K., Ameen, S.M., Montalto, S. & Parisi, S. (2018). *Analytical methods for the assessment of Maillard reactions in foods*. Cham: Springer International Publishing.
- Sserunjogi, M.L., Abrahamsen, R.K. & Narvhus, J. (1998). A review paper: Current knowledge of ghee and related products. *International Dairy Journal*, 8(8), 677-688. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(98\)00106-X](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(98)00106-X)
- Şengül, M., Ertugay, M.F. & Şengül, M. (2005). Rheological, physical and chemical characteristics of mulberry pekmez. *Food Control* 16(1), 73-76. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2003.11.010>
- Tamanna, N. & Mahmood, N. (2015). Food processing and maillard reaction products: effect on human health and nutrition. *International Journal of Food Science* 526762. <https://doi.org/10.1155/2015/526762>
- Toker, O.S., Dogan, M., Ersöz, N.B. & Yılmaz, M.T. (2013). Optimization of the content of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) formed in some

- molasses types: HPLC-DAD analysis to determine effect of different storage time and temperature levels. *Industrial Crops and Products* 50, 137-144. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.05.030>
- Tosun, I. (2004). Color changes and 5-hydroxymethyl furfural formation in Zile pekmezi during storage. *Grasas Y Aceites*, 55(3), 259-263. <https://doi.org/10.3989/gya.2004.v55.i3.174>
- Türkben, C., Suna, S., İzli, G., Uylaşer, V. & Demir, C. (2016). Physical and chemical properties of pekmez (molasses) produced with different grape cultivars. *Tarım Bilimleri Dergisi* 22(3), 339-348.
- Uslu, M.K., Erbaş, M., Turhan, İ. & Tetik, N. (2010). Nişasta miktarının ve çöven suyu ilavesinin lokumların bazı özellikleri üzerine etkileri. *Gıda* 35(5), 331-337.
- Yaşar, K. & Şahan, N. (2008). Kahramanmaraş tipi dondurmaların fiziksel ve duyu özellikleri üzerine bal ve pekmez kullanımının etkileri. Türkiye 10. Gıda Kongresi 21-23 Mayıs 2008, Erzurum
- Yokuş, D., Karakuş, M.Ş. & Atasoy, A.F. (2019). Koyun ve inek sütlerinden üretilen Şanlıurfa sadeyağlarının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 23(4), 463-476. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.538220>
- Yumlu, A. (2006). *Organik Pekmez Ürünü Geliştirilmesi, Raf Ömrünün ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.



Polyphenols of Artichoke Fractions and Their *In-Vitro* Digestion

Nihal TÜRKMEN EROL^{1*}

¹Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 16059, Bursa

¹<https://orcid.org/0000-0002-5682-0177>

✉: nihalt@uludag.edu.tr

ABSTRACT

This study was aimed to determine total polyphenols (TP), total flavonoids (TF), chlorogenic acid (CA), antioxidant capacity (AC) and *in-vitro* bioaccessibility of polyphenols (as gastric and intestinal stages) of the extracts from artichoke fractions (head, bract and stalk) using different solvents (80% ethanol, 80% methanol and water). The results showed that artichoke fraction and solvent used significantly affected all parameters measured ($P<0.05$). TP and TF contents of the samples varied in the range of 1.74-5.52 mg gallic acid equivalents per gram of dry matter (mg GAE g⁻¹ DM) and 1.30-7.34 mg rutin equivalents per gram of dry matter (mg RE g⁻¹ DM), respectively. AC of the samples varied from 433.73 to 1243.21 mmol of ascorbic acid equivalents per 100g of dry matter (mmol AAE 100g⁻¹ DM). TP and AC of the extracts varied depending on artichoke fraction and solvent used after *in-vitro* digestion. They were found to be lower than their initial (before digestion) values. Bioaccessibility of the polyphenols was in the range of 17.36-64.37%. CA detected in all extracts except water extracts of artichoke head (AH) and artichoke stalk (AS). These results suggest that artichoke bract (AB) and AS which are artichoke byproducts might represent a potential source of natural antioxidants as well as AH.

Food Engineering

Research Article

Article History

Received : 28.02.2022

Accepted : 27.09.2022

Keywords

Artichoke fractions

Polyphenols

in-vitro digestion

Enginar Fraksiyonlarının Polifenoller ve *In-Vitro* Sindirimi

ÖZET

Bu çalışmada, enginar fraksiyonlarından (tabla, dış yapraklar ve sap) farklı çözücüler (%80 etanol, %80 metanol ve su) kullanılarak elde edilen ekstraktların toplam polifenol (TP), toplam flavonoid (TF) ve klorojenik asit (KA) içerikleri ile antioksidan kapasitesi (AK) ve polifenollerin (mide ve bağırsak aşamasında) *in-vitro* biyoerişilebilirliğini belirlemek amaçlanmıştır. Sonuçlar, enginar fraksiyonunun ve kullanılan çözücünün ölçülen tüm parametreleri önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir ($P<0.05$). Örneklerin TP ve TF içerikleri, sırasıyla 1.74-5.52 mg GAE (gallik asit eşdeğeri) g⁻¹ KM (kuru madde) ve 1.30-7.34 mg RE (rutin eşdeğeri) g⁻¹ KM aralığında bulunmuştur. AK ise 433.73-1243.21 mmol AAE (askorbik asit eşdeğeri) 100g⁻¹ KM arasında değişmiştir. Ekstraktların *in-vitro* sindirim sonrası TP ve AK' sı enginar fraksiyonu ve kullanılan çözücüye göre değişim göstermiş ve başlangıç (sindirim öncesi) değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Polifenollerin biyoerişilebilirliği %17.36-64.37 aralığında saptanmıştır. KA, enginar tablası (ET) ve enginar sapının (ES) su ekstraktları haricindeki tüm ekstraktlarda tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, enginar yan ürünleri olan dış yapraklar ile sapın, ET kadar potansiyel bir doğal antioksidan kaynağı olabileceğini ortaya koymuştur.

Gıda Mühendisliği

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 28.02.2022

Kabul Tarihi : 27.09.2022

Anahtar Kelimeler

Enginar fraksiyonları

Polifenoller

in-vitro sindirim

Atıf İçin: Türkmen-Erol, N. (2023). Enginar Fraksiyonlarının Polifenoller ve *In-Vitro* Sindirimi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 26 (2), 339-345. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1080551>

To Cite Türkmen-Erol, N. (2023). Polyphenols of Artichoke Fractions and Their *In-Vitro* Digestion. *KSU J. Agric Nat* 26 (2), 339-345. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1080551>

INTRODUCTION

Artichoke is an important vegetable consumed fresh in traditional medicine due to its pharmacological properties or canned especially in Mediterranean region countries (Dabbou et al., 2015). The artichoke plant contains health promoting compounds such as flavonoids and phenolic acids particularly caffeic acid and its derivatives (Fратиanni et al., 2007; Negro et al., 2012)

Chlorogenic acid (CA) (5-caffeoylquinic acid) is one of the most abundant phenolic acids in artichoke, which has a strong antioxidant capacity (Ergezer & Serdaroglu, 2018). During the processing of the artichoke, a large amount of vegetable waste is generated, consisting of leaves and stems surrounding it, as well as the edible part of the table. It is stated that these inedible parts, which correspond to 80-85% of the total mass, are also very rich in polyphenols (Negro et al., 2012; Dabbou et al., 2015). It is known that phenolic compounds synthesized as secondary metabolites in plants have many pharmacological properties such as antioxidant, antimutagenic, anticarcinogenic and antibacterial activity (Aires et al., 2016; Sanz-Puig et al., 2017) and have a positive effect on many chronic diseases such as diabetes, obesity and cardiovascular diseases (Ismail et al., 2021). Therefore, recently, many studies (Amado et al., 2014; Rashidinejad et al., 2016; Pasqualone et al., 2017) on the use of extracts from plants or their by-products containing bioactive substances such as phenolic compounds in various foods as an alternative to artificial additives or for food enrichment have been reported.

The bioavailability of a dietary compound including phenolic compound is dependent upon its digestive stability and its release from the food matrix (referred as bioaccessibility), the efficiency of its transepithelial passage (D'Antuono et al., 2015). Therefore, the beneficial effect of polyphenols is affected by their stability under gastro-intestinal conditions during digestion (Garbetta et al., 2014) due to their exposure to physicochemical changes such as temperature, pH and digestive enzymes (Pinto et al., 2017). The polyphenols bioavailability is considered to be low. Because, most of them exist in food in the form of esters, glycosides or polymers that cannot be absorbed in their native form. Only aglycones and some glucosides can be absorbed in the small intestine (Tagliacruzchi et al., 2010). In this regard, the bioaccessibility of polyphenols from artichoke head were previously investigated (Garbetta et al., 2014; D'Antuono et al., 2015), but, scientific literature is still lacking on *in-vitro* gastro-intestinal digestion of polyphenols from artichoke fractions. Therefore, this study was carried out to investigate the contents of total polyphenols and CA of artichoke fractions and to

assess the digestive stability of the polyphenols using *in-vitro* digestion model.

MATERIALS ve METHOD

Material

Fresh artichokes (*Cynara scolymus* L.) harvested from Bursa region (Turkey) were used in this study. Artichoke head (AH) was removed manually with the help of a knife and kept at 4 ± 2 °C until used, together with artichoke bract (AB) and artichoke stalk (AS) separated as waste. Chemicals used in this study were either HPLC or analytical grade and obtained from Sigma Co. (St. Louis, MO, USA) and Merck (Darmstadt, Germany).

Polyphenol Extraction

Polyphenols from artichoke fractions homogenized in a blender (Arzum, Turkey) were extracted with aqueous ethanol (80%), aqueous methanol (80%) and distilled water. Water extracts of the samples was obtained as follows: Samples were extracted with distilled water in a controlled water bath at 1/9 (w/v) solid/liquid ratio and 50 °C for 30 min. Then, the suspension was filtered through Whatman No.1 filter paper and the extract was rapidly cooled under tap water. Methanol and ethanol extracts of the samples were obtained by the following procedure. Samples were extracted with methanol or ethanol 1/9 (w/v) solid/liquid ratio for 2 h on an orbital shaker at room temperature. The mixture was centrifuged at 10,000 rpm for 15 min and filtered through Whatman No.1. Water and alcoholic clear extracts were stored at -20 °C until analyzed.

Determination of Total Polyphenol (TP)

TP of the extracts was determined according to ISO 14502-1:2005 (2005). A calibration curve of gallic acid ($5\text{-}50 \mu\text{g mL}^{-1}$) was prepared and the results determined from regression equation of the calibration curve ($R^2=0.99$) were expressed as mg gallic acid equivalents (GAE) per gram of dry matter (DM).

Determination of Total Flavonoid (TF)

TF content of the extracts was determined by spectrophotometric method (Rodrigues et al., 2016). Rutin (0-1500 ppm; $R^2 = 0.99$) was used as a standard and standard curve was obtained with different concentrations. Results were calculated based on this curve and expressed as mg rutin equivalents per gram of DM (mg RE g^{-1} DM).

Determination of CA by HPLC

CA was determined according to Türkmen Erol et al. (2009) with some modification. The identification and

quantification of CA in the extracts were performed on a HPLC system including LC-20 AD Shimadzu pumps, a CTO-10 ASVP column oven and SPD-M20A photo diode array (PDA) detector, a Shimadzu DGU-20A5R degasser and SLC-10 A VP system controller. A computer-controlled system with LC solution software was employed for data analysis. The column used was a C18 reversed phase Nova Select (250 × 4.6 mm ID, 5µm) and was operated at 30 °C. UV spectra were recorded from 190-370 nm and peak area was measured at 325 nm. The two mobile phases used for gradient HPLC elution were (A) 0.1% orthophosphoric acid in water (w/v) and (B) acetonitrile. The gradient elution profile was as follows: from 0 to 5 min, 8% B; from 5 to 30 min, 8-10% B; from 30 to 35 min, 10-80% B. The column was re-equilibrated with the initial conditions for 5 min before the next injection. The flow rate was 1.0 mL min⁻¹. The injection volume was 20 µL.

Chromatographic peak in the samples was identified by comparing its retention time and UV spectrum with that of its reference standard and by co-chromatography with added standard. Quantification was performed from the peak area of the component and its corresponding calibration curve.

Antioxidant Capacity (AC)

AC was determined by the 2,2-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) method (Turkmen et al., 2005). AC was calculated as percentage inhibition (AC, %) of the DPPH radical by the following equation:

$$AC(\%) = \frac{Abs_{control} - Abs_{sample}}{Abs_{control}} \times 100 \quad (1)$$

$Abs_{control}$: Absorbance of the solution of DPPH without sample,

Abs_{sample} : Absorbance of the solution of DPPH with sample

AC (%) of samples was converted to ascorbic acid equivalent (AAE) defined as mmol of ascorbic acid equivalents per 100g of DM.

In-vitro Digestion (Bioaccessibility)

In-vitro digestion method was applied according to Minekus et al. (2014) to evaluate the bioaccessibility of phenolic compounds of the extracts. It was carried out in two stages as gastric and intestinal. After each stage, the amount of TP was determined by spectrophotometer and the bioaccessibility (%) of TP was calculated as follows.

$$Bioaccessibility(\%) = (C_{digested} / C_{undigested}) \times 100 \quad (2)$$

$C_{digested}$: Concentration in digested sample after gastric/intestinal stage (mg)

$C_{undigested}$: Concentration in undigested sample (mg)

Statistical Analysis

Experimental results were expressed as means ±

standard deviation of triplicate measurements and analyzed by SPSS software (SPSS statistics 23, IBM.2015). Analysis of variance was performed by one-way ANOVA procedure. Means were compared by using Duncan multiple comparison test. Values of $P < 0.05$ were considered as significantly different.

RESULTS and DISCUSSION

TP, TF, AC and CA Content of the Extracts

The effect of artichoke fractions and solvents used on TP, TF, CA and AC values of the samples is presented in Table 1. Artichoke fraction, solvent used and their interactions significantly affected all parameters measured ($P < 0.05$) (Table 2).

TP contents of the samples varied in the range of 1.74-5.52 mg GAE g⁻¹ DM depending on artichoke fraction and solvent used (Table 1). When compared to the previous studies in literature, there are differences between the results. It was stated that the differences could be caused by harvest time, climatic conditions during growing of plant, the part of artichoke, extraction solvent, expression of the result using different standard phenolics and in different units, etc. (Ergezer & Serdaroglu, 2018). As agreement with this result, Gaafar and Salama (2013) found 4.2-14.16 mg GAE g⁻¹ DW of TP in the free and bound methanolic extracts of different parts of artichoke. However, Colantuono et al. (2018) reported higher contents of TP (8.8 - 34.7 mg GAE g⁻¹ DW) from artichoke fractions (head, leaves and stem). Also, in the study of Mena-García et al. (2020), TP contents of artichoke bracts varied from 5.91 to 27.21 mg GAE g⁻¹ DW, depending on the solvent used.

As seen in Table 1, in general the highest TP was observed in AH extracts, followed by AB and AS ones. Similar result was found by Mena-García et al. (2020). Regarding TP, for AH and AB, the highest TP was obtained with aqueous ethanol and water, respectively but for AS there was no significant difference between solvents ($P > 0.05$). Similarly, Vella et al. (2018) reported that TP from chestnut byproducts was significantly affected by the different solvents employed, which is partially consistent with this study.

The extracts were analyzed by HPLC to determine their CA content because CA is one of the most abundant phenolic acids in artichoke. The content of CA of the samples was significantly affected by artichoke fraction and solvent used (Table 1 and 2). In general, aqueous ethanol provided the highest concentrations of CA (298.09-883.67 µg 100g⁻¹ DM). It is also, more advantageous than methanol because it is environmentally friendly. Regarding artichoke fraction, AB contained the highest levels of CA.

TF contents of the samples varied in the range of 1.30-7.34 mg RE g⁻¹ DM depending on artichoke

fraction and solvent used (Table 1). Similar result was reported by Gaafar and Salama (2013) who found 2.06-9.85 mg quercetin equivalent (QE) g⁻¹ DW of TF in artichoke byproducts. However, this result is in contrast with the study of Dabbou et al. (2016) which reported that artichoke byproducts contained 7.8-64.9 mg catechin equivalent (CE) g⁻¹ DW of TF. This discrepancy might be due to differences in varieties of artichoke used and expression of the results using

different standard phenolics. This study showed that TF values of the extracts obtained using aqueous ethanol and methanol were lower than their TP ones but those of water extracts were higher than their TP values. Moreover, water extracted the highest amount of TF for all fractions examined. Regarding artichoke fraction, the highest levels of TF were obtained from AH extracts.

Table 1 TP, TF, CA and AC values of artichoke fractions

Çizelge 1. Enginar fraksiyonlarının TP, TF, KA ve AK değerleri

		Solvent		
		Ethanol (80%)	Methanol (80%)	Water
TP (mg GAE g ⁻¹ DM)	Head	5.52 ± 0.02 ^{Cb*}	4.26 ± 0.19 ^{Ca}	4.63 ± 0.11 ^{Ba}
	Bract	3.05 ± 0.23 ^{Ba}	2.58 ± 0.06 ^{Ba}	4.68 ± 0.51 ^{Bb}
	Stalk	2.11 ± 0.23 ^A	1.98 ± 0.04 ^A	1.74 ± 0.14 ^A
AC (mmol AAE 100g ⁻¹ DM)	Head	1042.17 ± 1.99 ^{Ca}	1451.22 ± 22.80 ^{Cb}	1034.70 ± 12.52 ^{Ba}
	Bract	715.93 ± 6.81 ^{Ba}	751.25 ± 24.27 ^{Ba}	1243.21 ± 133.27 ^{Bb}
	Stalk	467.79 ± 6.97 ^{Ab}	433.73 ± 2.89 ^{Aa}	566.78 ± 4.03 ^{Ac}
TF (mg RE g ⁻¹ DM)	Head	5.35 ± 0.09 ^{Bb}	3.20 ± 0.33 ^{Ba}	7.34 ± 0.23 ^{Cc}
	Bract	1.51 ± 0.30 ^{Aa}	1.30 ± 0.09 ^{Aa}	6.25 ± 0.21 ^{Bb}
	Stalk	1.31 ± 0.10 ^{Aa}	1.61 ± 0.01 ^{Ab}	2.37 ± 0.04 ^{Ac}
CA (µg 100g ⁻¹ DM)	Head	823.40 ± 0.63 ^{Bc}	268.06 ± 19.05 ^{Ab}	-
	Bract	883.67 ± 40.25 ^{Bb}	862.55 ± 26.28 ^{Bb}	490.685 ± 36.63 ^a
	Stalk	298.09 ± 25.68 ^{Ac}	219.36 ± 11.23 ^{Ab}	-

*For each variable, means in a row (a-c across solvent type) and in a column (A-C across fraction type) with different letters are significantly different (P < 0.05).

Table 2 Variance analysis results on the effect of artichoke fraction, solvent and their interactions on TP, TF, CA and AC values of the extracts

Çizelge 2. Enginar fraksiyonu, solvent ve bunların interaksiyonlarının, ekstraktların TP, TF, KA ve AK değerlerine etkisine ait varyans analizi sonuçları

Sources of variation	DF ^a	TP		AC		TF		CA	
		MS ^b	F	MS	F	MS	F	MS	F
Fraction	2	12.263	127.810*	717132.080	168.529*	19.205	272.365*	510894.612	478.905*
Solvent	2	0.949	9.893*	66080.838	15.529*	18.008	255.388*	384586.121	360.505*
Fraction x solvent	4	1.183	12.329*	115429.170	27.126*	3.418	48.477*	56804.113	53.247*

^a Degree of freedom; ^b Mean squares; * Significance at P<0.05

AC of the samples varying from 433.73 to 1243.21 mmol AAE 100g⁻¹ DM is shown in Table 1. With respect to artichoke fraction, the same trend was observed as in the cases of TP and TF. As agreement with this result, Mena-García et al. (2020) found that receptacle (head) extract showed the highest antioxidant activity. While the highest AC was observed in the extracts obtained using aqueous methanol for AH, water provided the highest AC for both AB and AS among the solvents used.

The Effect of *In-vitro* Digestion on TP Content and AC of Artichoke Fractions

The TP content and AC of the extracts showed a similar trend after *in-vitro* digestion. They both greatly decreased compared to their initial values (Table 3). The reduction of TP content and thus AC after gastrointestinal digestion has also been

demonstrated by D'Antuono et al. (2015) for artichoke head, Bouayed et al. (2012) for different apple cultivars and Figueroa et al. (2016) for different walnut varieties. The reduction of TP after *in-vitro* digestion could be attributed to sensitivity of polyphenols to environmental factors such as pH change, light and heat, and also their degradation by digestive enzymes (Pinto et al., 2017). In addition, during gastro-intestinal digestion, polyphenols may interact with other food constituents such as sugars, lipids, proteins and fibre, which can reduce or improve their bioaccessibility (Helal et al., 2014). Bioaccessibility of polyphenols after gastric digestion (19.54-61.62%) was almost similar to that after intestinal digestion (17.36-64.37%) depending on artichoke fraction and solvent used (Table 3). For each fraction, the highest bioaccessibility of polyphenols was observed in methanolic extract but,

the lowest one was observed in water extract. This can be due to differences in type of polyphenols in the extracts and their stabilities in relation to polarity of solvents used. Because, bioaccessibility of individual

phenolic compounds was different (D'Antuono et al., 2015). Regarding artichoke fraction, in general, bioaccessibility of polyphenols in AS and AH extracts was higher than that in AB.

Table 3 Values of TP, AC and bioaccessibility of TP of artichoke fractions after *in-vitro* gastrointestinal digestion
 Çizelge 3. Enginar fraksiyonlarının *in-vitro* gastrointestinal sindirim sonrası TP ve AK değerleri ile polifenollerinin biyoerişilebilirliği

		Gastric		
		Ethanol	Methanol	Water
TP (mg GAE g ⁻¹ DM)	Head	2.28 ± 0.05 ^{Cb}	2.50 ± 0.16 ^{Bb}	1.64 ± 0.07 ^{Ba}
	Bract	1.10 ± 0.07 ^B	1.25 ± 0.01 ^A	0.93 ± 0.20 ^A
	Stalk	0.77 ± 0.02 ^{Ab}	1.22 ± 0.02 ^{Ac}	0.52 ± 0.02 ^{Aa}
AC (mmol AAE 100g ⁻¹ DM)	Head	362.53 ± 13.82 ^{Ca}	526.04 ± 2.62 ^{Bb}	365.99 ± 11.17 ^{Ca}
	Bract	62.62 ± 7.35 ^{Ba}	115.45 ± 5.51 ^{Ab}	131.02 ± 16.36 ^{Bb}
	Stalk	7.98 ± 0.03 ^{Aa}	114.68 ± 1.77 ^{Ac}	58.72 ± 1.85 ^{Ab}
Bioaccessibility (%) of TP	Head	41.25 ± 0.75 ^{Aa}	58.54 ± 1.04 ^{Bb}	35.49 ± 2.29 ^{Ba}
	Bract	36.04 ± 0.33 ^{Ab}	48.53 ± 0.74 ^{Ac}	19.54 ± 2.01 ^{Aa}
	Stalk	36.67 ± 3.34 ^{Aa}	61.62 ± 2.39 ^{Bb}	29.78 ± 1.45 ^{Ba}
		Intestinal		
		Ethanol	Methanol	Water
TP (mg GAE g ⁻¹ DM)	Head	2.16 ± 0.00 ^{Cb}	2.68 ± 0.07 ^{Cc}	1.37 ± 0.08 ^{Ba}
	Bract	1.11 ± 0.01 ^{Bb}	1.55 ± 0.02 ^{Bc}	0.81 ± 0.04 ^{Aa}
	Stalk	0.96 ± 0.05 ^{Ab}	1.28 ± 0.03 ^{Ac}	0.68 ± 0.02 ^{Aa}
AC (mmol AAE 100g ⁻¹ DM)	Head	176.31 ± 22.19 ^{Ba}	557.75 ± 61.33 ^{Bb}	249.47 ± 36.90 ^{Ba}
	Bract	74.48 ± 6.18 ^{Aa}	193.77 ± 31.94 ^{Ab}	212.72 ± 8.01 ^{Bb}
	Stalk	27.48 ± 3.85 ^{Aa}	30.07 ± 3.26 ^{Aa}	107.28 ± 0.09 ^{Ab}
Bioaccessibility (%) of TP	Head	39.25 ± 0.08 ^{Ab}	62.88 ± 1.21 ^{Ac}	29.63 ± 2.45 ^{Ba}
	Bract	36.36 ± 2.65 ^{Ab}	60.11 ± 0.64 ^{Ac}	17.36 ± 1.07 ^{Aa}
	Stalk	45.50 ± 2.83 ^{Aa}	64.37 ± 2.83 ^{Ab}	38.83 ± 2.16 ^{Ca}

*For each variable, means in a row (a-c across solvent type) and in a column (A-C across fraction type) with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

CONCLUSIONS

In this study, TP, TF, CA and AC levels and *in-vitro* bioaccessibility of polyphenols (as gastric and intestinal stages) of the extracts from artichoke fractions were investigated. Artichoke fraction and solvent used significantly affected TP, TF, CA and AC levels of the samples. The highest TP, TF and AC values were obtained from AH extracts. However, AB contained the highest levels of CA for all solvent. For all parameters measured, efficiency of solvents used changed according to the fractions. TP content and AC at initial decreased at different rates depending on the fraction and solvent after gastrointestinal digestion. For each fraction, methanol extract had the highest bioaccessibility of TP after digestion.

REFERENCES

Aires, A., Carvalho, R., & Saavedra, M. J. (2016). Valorization of solid wastes from chestnut industry processing: Extraction and optimization of polyphenols, tannins and ellagitannins and its potential for adhesives, cosmetic and pharmaceutical industry. *Waste Management*, 48, 457–464.

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.019>
 Amado, I. R., Franco, D., Sánchez, M., Zapata, C., & Vázquez, J. A. (2014). Optimisation of antioxidant extraction from *Solanum tuberosum* potato peel waste by surface response methodology. *Food Chemistry*, 165, 290–299. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.103>
 Bouayed, J., Deußer, H., Hoffmann, L., & Bohn, T. (2012). Bioaccessible and dialysable polyphenols in selected apple varieties following *in vitro* digestion vs. their native patterns. *Food Chemistry*, 131(4), 1466–1472. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.030>
 Colantuono, A., Ferracane, R., & Vitaglione, P. (2018). Potential bioaccessibility and functionality of polyphenols and cynaropicrin from breads enriched with artichoke stem. *Food Chemistry*, 245(March 2017), 838–844. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.099>
 D'Antuono, I., Garbetta, A., Linsalata, V., Minervini, F., & Cardinali, A. (2015). Polyphenols from artichoke heads (*Cynara cardunculus* (L.) subsp. *scolymus* Hayek): *In vitro* bio-accessibility, intestinal uptake and bioavailability. *Food and Function*, 6(4), 1268–1277. <https://doi.org/10.1039/>

- c5fo00137d
- Dabbou, S., Dabbou, S., Flamini, G., Pandino, G., Gasco, L., & Helal, A. N. (2016). Phytochemical compounds from the crop byproducts of Tunisian globe artichoke cultivars. *Chemistry and Biodiversity*, 13(11), 1475–1483. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201600046>.
- Dabbou, S., Dabbou, S., Pandino, G., Lombardo, S., Mauromicale, G., Chahdoura, H., Gasco, L., & Helal, A. N. (2015). In vitro antioxidant activities and phenolic content in crop residues of Tunisian globe artichoke. *Scientia Horticulturae*, 190, 128–136. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.04.014>
- Ergezer, H., & Serdaroglu, M. (2018). Antioxidant potential of artichoke (*Cynara scolymus* L.) byproducts extracts in raw beef patties during refrigerated storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(2), 982–991. <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9713-0>
- Figuerola, F., Marhuenda, J., Zafrilla, P., Martínez-Cachá, A., Mulero, J., & Cerdá, B. (2016). Total phenolics content, bioavailability and antioxidant capacity of 10 different genotypes of walnut (*Juglans regia* L.). *Journal of Food and Nutrition Research*, 55(3), 229–236.
- Fратиanni, F., Tucci, M., Palma, M. De, Pepe, R., & Nazzaro, F. (2007). Polyphenolic composition in different parts of some cultivars of globe artichoke (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* (L.) Fiori). *Food Chemistry*, 104(3), 1282–1286. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.044>
- Gaafar, A. A., & Salama, Z. A. (2013). *Phenolic compounds from artichoke (Cynara scolymus L.) by-products and their antimicrobial activities*. 3(12).
- Garbetta, A., Capotorto, I., Cardinali, A., D'Antuono, I., Linsalata, V., Pizzi, F., & Minervini, F. (2014). Antioxidant activity induced by main polyphenols present in edible artichoke heads: Influence of in vitro gastro-intestinal digestion. *Journal of Functional Foods*, 10, 456–464. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.07.019>
- Helal, A., Tagliazucchi, D., Verzelloni, E., & Conte, A. (2014). Bioaccessibility of polyphenols and cinnamaldehyde in cinnamon beverages subjected to in vitro gastro-pancreatic digestion. *Journal of Functional Foods*, 7(1), 506–516. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.01.005>
- Ismail, B. B., Guo, M., Pu, Y., Çavuş, O., Ayub, K. A., Watharkar, R. B., Ding, T., Chen, J., & Liu, D. (2021). Investigating the effect of in vitro gastrointestinal digestion on the stability, bioaccessibility, and biological activities of baobab (*Adansonia digitata*) fruit polyphenolics. *LWT*, 145(October 2020). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111348>
- Determination of substances characteristic of green and black tea - Part 1: Content of total polyphenols in tea- Colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent, (2005).
- Mena-García, A., Rodríguez-Sánchez, S., Ruiz-Matute, A. I., & Sanz, M. L. (2020). Exploitation of artichoke byproducts to obtain bioactive extracts enriched in inositols and caffeoylquinic acids by Microwave Assisted Extraction. *Journal of Chromatography A*, 1613. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2019.460703>
- Minekus, M., Alminger, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., Carrière, F., Boutrou, R., Corredig, M., Dupont, D., Dufour, C., Egger, L., Golding, M., Karakaya, S., Kirkhus, B., Le Feunteun, S., Lesmes, U., MacIerzanka, A., MacKie, A., ... Brodtkorb, A. (2014). A standardised static in vitro digestion method suitable for food- an international consensus. *Food and Function*, 5(6), 1113–1124. <https://doi.org/10.1039/c3fo60702j>
- Negro, D., Montesano, V., Grieco, S., Crupi, P., Sarli, G., De Lisi, A., & Sonnante, G. (2012). Polyphenol Compounds in Artichoke Plant Tissues and Varieties. *Journal of Food Science*, 77(2). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02531.x>
- Pasqualone, A., Punzi, R., Trani, A., Summo, C., Paradiso, V. M., Caponio, F., & Gambacorta, G. (2017). Enrichment of fresh pasta with antioxidant extracts obtained from artichoke canning by-products by ultrasound-assisted technology and quality characterisation of the end product. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(9), 2078–2087. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13486>
- Pinto, J., Spínola, V., Llorent-Martínez, E. J., Fernández-de Córdoba, M. L., Molina-García, L., & Castilho, P. C. (2017). Polyphenolic profile and antioxidant activities of Madeiran elderberry (*Sambucus lanceolata*) as affected by simulated in vitro digestion. *Food Research International*, 100, 404–410. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.044>
- Rashidinejad, A., Birch, E. J., & Everett, D. W. (2016). The behaviour of green tea catechins in a full-fat milk system under conditions mimicking the cheesemaking process. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 67(6), 624–631. <https://doi.org/10.1080/09637486.2016.1195797>
- Rodrigues, M. J., Neves, V., Martins, A., Rauter, A. P., Neng, N. R., Nogueira, J. M. F., Varela, J., Barreira, L., & Custódio, L. (2016). In vitro antioxidant and anti-inflammatory properties of Limonium algarvense flowers' infusions and decoctions: A comparison with green tea (*Camellia sinensis*). *Food Chemistry*, 200, 322–329. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.048>
- Sanz-Puig, M., Moreno, P., Pina-Pérez, M. C., Rodrigo, D., & Martínez, A. (2017). Combined effect of high hydrostatic pressure (HHP) and antimicrobial from agro-industrial by-products

- against *S. Typhimurium*. *LWT*, 77, 126–133. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.031>
- Tagliazucchi, D., Verzelloni, E., Bertolini, D., & Conte, A. (2010). In vitro bio-accessibility and antioxidant activity of grape polyphenols. *Food Chemistry*, 120(2), 599–606. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.030>
- Turkmen, N., Sari, F., & Velioglu, Y. S. (2005). The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry*, 93(4), 713–718. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.12.038>
- Türkmen Erol, N., Sari, F., Çalikoğlu, E., & Velioglu, Y.S. (2005). Green and roasted mate: phenolic profile and antioxidant activity. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33(4), 353–362. doi:10.3906/tar-0901-4
- Vella, F. M., Laratta, B., La Cara, F., & Morana, A. (2018). Recovery of bioactive molecules from chestnut (*Castanea sativa* Mill.) by-products through extraction by different solvents. *Natural Product Research*, 32(9), 1022–1032. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1378199>.



Postharvest Losses in Onion: Causes and Determinants

Abraham FALOLA¹, Ridwan MUKAILA^{2*}, Robert Omotayo UDDIN II³, Charles Oladele AJEWOLE⁴
 Wakilat GBADEBO⁵

^{1,5}University of Ilorin, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics and Farm Management, Ilorin, Nigeria, ²University of Nigeria, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, 410001, Nsukka, Nigeria, ³University of Ilorin, Faculty of Agriculture, Department of Crop Protection, Ilorin, Nigeria, ⁴Ekiti State University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics and Extension Services, Ado Ekiti, Nigeria

¹<https://orcid.org/0000-0002-5265-9355>, ²<https://orcid.org/0000-0001-8584-0858>, ³<https://orcid.org/0000-0003-4333-0811>

⁴<https://orcid.org/0000-0003-1756-6759>, ⁵<https://orcid.org/0000-0001-9932-2701>

✉: ridwan.mukaila@unn.edu.ng

ABSTRACT

Reducing post-harvest losses is a reasonable step towards food security globally. However, the lack of deep knowledge of the causes and determinants of postharvest loss poses a great challenge to strategies for alleviating postharvest loss. This study, therefore, identifies the causes and drivers of postharvest losses in onion, in Nigeria, to alleviate the menace. Data collected from 360 farmers between February and April 2021 were analyzed with descriptive statistics and a multiple regression model. Results showed that the primary causes of postharvest loss were rot, diseases and pests, drying, and bruises. While, poor storage facilities, poor transportation systems, long distances to marketing centers, poor agricultural extension services, and inadequate credit were secondary causes. The driving factors of postharvest losses in onion were extension services ($\beta = -0.1269$, $p < .05$), access to credit ($\beta = -0.1054$, $p < .05$), household size ($\beta = -0.2650$, $p < .01$), age of the farmer ($\beta = 0.0557$, $p < .05$), level of education ($\beta = -1.0500$, $p < .01$), farm size ($\beta = 0.3801$, $p < .01$), distance to market ($\beta = 0.2187$, $p < .05$), output ($\beta = 0.1180$, $p < .01$), and length of storage after harvest ($\beta = 0.0635$, $p < .05$). These findings call for improved transportation systems in agrarian areas, overhauling of extension services, making credit facilities available to farmers at affordable interest rates, and developing efficient post-harvest management technologies by research institutes.

Agricultural Economics

Research Article

Article History

Received : 22.03.2022

Accepted : 29.09.2022

Keywords

Onion
 Post-harvest loss
 Causes
 Determinants
 Food security

To Cite: Falola A, Mukaila R, Uddin II RO, Ajewole CO, & Gbadebo W 2022. Postharvest Losses in Onion: Causes and Determinants. *KSU J. Agri Nat* 26 (2), 346-354. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1091225>.

INTRODUCTION

Achieving self-sufficiency in food production is a major challenge confronting many developing nations, especially sub-Saharan Africa. This challenge is not only a result of the inability of such countries to meet their target in terms of agricultural production but also due to the food losses along their supply chains (FAO, 2011; Nicastro and Carillo, 2021). Food and Agricultural Organization (2011) identified five stages of food loss – agricultural production, postharvest, processing, distribution, and consumption. Food losses at production involve those due to spillage during harvest operation and mechanical damage. Postharvest losses involve spoilage during handling and storage that reduce crop value (Kumar and Kalita, 2017). Food losses at processing entail those at both domestic and industrial processing stages. Losses at the distribution stage entail those at the market system while those at the consumption level mostly involve food waste at the household consumption stage (FAO, 2011). This study specifically focuses on the

onion value chain from the farmers' perspective rather than consumers, retailers, and processors' perspective. This is because farmers bear most of the monetary loss and double as producers and distributors of onion to the market in many developing countries (Delgado et al, 2021).

The postharvest loss could be seen from two perspectives – quantitative and qualitative (Sheahan and Barrett, 2017). The quantitative approach measures the postharvest loss in terms of the reduction in the physical count of food commodities in time and space. The qualitative approach measures the postharvest loss in terms of reduction in nutrients, viability, aesthetic properties, and nutritional properties of food items (Sheahan and Barrett, 2017). One-third of the food produced to feed the growing population is lost globally (Nicastro and Carillo, 2021). Thus, postharvest loss has been a bane to food security in many developing nations, including Nigeria. Estimates of postharvest food losses in developing countries from pest infestation, spoilage, and

mishandling are put at over twenty-five percent (Kulwijila, 2021). This implies that about one-quarter of food produced for human consumption never reaches them. Besides, postharvest losses have prevented the effect of the possible increase in yield due to agricultural innovations to be felt on the income of the small-scale farmers in such countries (Delgado et al., 2021). Aidoo et al. (2014) noted that fresh vegetables suffer a high postharvest loss than cereals due to their high perishability nature. One of such vegetables is onion.

Onions (*Allium cepa* L.) are major vegetable crops farmed primarily as food for home use and export in many parts of the world, especially the bulb types. They are highly valued for their herbs, nutritional values, and flavor because of their richness in fiber, minerals, protein, vitamins, calcium, iron, ascorbic acid, insulin, Sulphur, and calories (Bektaş and Küsek, 2021; Slimstad et al., 2007). Onions also have interesting technological properties and health benefits such as antithrombotic, hypolipidemic, prebiotic, antimicrobial, anticarcinogenic, and antioxidant properties that made them have been revered not only for their culinary use but also for their therapeutic properties (Bektaş and Küsek, 2021; Nasri et al., 2012). It as well plays a significant role in the livelihood of people who are involved in its production and value chain both in rural and urban areas of developed and developing countries. However, it is replete with a reasonable amount of postharvest loss, like many other vegetables. Onion production in Nigeria is over 1.1 million tons which makes it the largest onion producer in West Africa (Ministry of Foreign Affairs, 2021). However, Nigeria had a significant share in onions lost in Africa and the world.

Over the years, many studies have been carried out on the intensity of postharvest losses in onion production and its cost implications on the farmers (Emana et al., 2017; Gorrepati et al., 2018; Sharma, 2016). While these studies have focused on the losses incurred by onion farmers, studies that specifically focus on the determinants of these losses are lacking. Several studies have argued that mitigating post-harvest loss is a reasonable pathway to food security and income generation among farmers (Mlambo et al., 2017; Ng'ang'a et al., 2016; Tesfaye and Tirivayi, 2018; Shee et al., 2019). However, a lack of relevant information on the causes and the socio-economic factors responsible for these losses poses a serious challenge to using relevant mitigation strategies (Affognon et al., 2015; Prusky, 2011). Most often, the cost involved in managing the postharvest losses is borne by the farmer (Delgado et al, 2021). Therefore, to formulate relevant policies that will make farmers achieve profit maximization goals, there is the need to minimize postharvest losses. This can be achieved when the factors that lead to this menace are identified.

Therefore, the main aim of this study is to identify the drivers of postharvest loss in onion production in Kaduna State, Nigeria. Specifically, the study describes the socioeconomic characteristics of onion farmers, determines the causes of postharvest loss in onion production, and identifies the determinants of postharvest losses in onion.

MATERIAL and METHOD

Study Area

The study was carried out in Kaduna State, Nigeria. The state is located in northwest Nigeria at coordinates 10°20'N 7°45'E and has a landmass of 46,053km² (Wikipedia, n.d). The state has 23 Local Government Areas. Kaduna state is one of the top onion-growing states in Nigeria with Zaira, Giwa, and Kaduna South as leading LGAs with onion production in the state. It is worthy of note that there is no well-defined demarcation among value chain actors for onions in the state, as the farmers largely double as marketers (involved in onion distribution) in the study area.

Sampling Techniques and Data Collection

The population for the study was made up of onion farmers. A three-stage sampling technique was used to select the respondents. First, a purposive selection of three LGA - Zaira, Giwa, and Kaduna South – was made, due to the preponderance of onion farmers in the areas. In the second stage, six communities from each LGAs were selected, randomly. After this, 20 onion farmers were randomly selected in each of the selected communities, making a total of 360 respondents. The field survey was conducted between February and April 2021.

Primary data were collected from onion farmers using a semi-structured questionnaire and personal interviews. Data collected include information on farmers' socioeconomic characteristics, postharvest losses, and perceived causes of the losses.

Data Analysis

Data analyses were carried out with descriptive statistics and multiple regression analysis. Descriptive statistics involving frequency distribution tables, mean, and charts were used to summarize the socioeconomic characteristics of the farmers and to identify the main causes of postharvest loss in onion production. To identify the major causes of postharvest loss in onion production, responses from the respondents were ranked on a five-point scale using the scoring order very high (5), high (4), moderate (3), low (2), and very low (1). A weighted average index was then estimated

$$WAI = \frac{\sum F_i W_i}{\sum F_i} = \frac{WI}{\sum F_i} \quad (1)$$

Where: WI = weighted index, i = weight, W = weight of each scale and F = frequency (Falola and Achem, 2017).

A multiple regression model was used to identify the major factors that influence postharvest losses in the study area. Since no econometric theory specifies an exact mathematical relationship between postharvest loss and its potential determinants, four functional forms namely double log, exponential, semi-log and linear models were fitted. But the double-log function gave the best fit based on relevant econometric criteria discussed in this study. These include the signs of the coefficients in line with *a priori* expectations, the number of significant variables, F-statistics, and the value of the coefficient of multiple determination. The model is expressed as:

$$\begin{aligned} \ln PL = & b_0 + b_1 \ln Ag_1 + b_2 \ln Ed_2 + b_3 \ln HS_3 + b_4 \ln FE_4 \\ & + b_5 \ln AC_5 + b_6 \ln EC_6 + b_7 \ln MF_7 + b_8 \ln FS_8 + b_9 \ln TH_9 \\ & + b_{10} \ln O_{10} + b_{11} \ln D_{11} + b_{12} \ln LS_{12} + \mu \end{aligned} \quad (2)$$

Where \ln represents natural logarithm, PL = Postharvest loss (kg), Ag_1 = age of farmer (years)

Ed_2 = educational level (years), HS_3 = Household size (number of people in the household), FE_4 = farming experience (years), AC_5 = access to credit (amount measured in Nigerian Naira), EC_6 = extension services (number of agricultural extension contacts), MF_7 = membership of farm-based organizations (member = 1, non-member = 0), FS_8 = farm size (hectares), TH_9 = time of harvest after maturity (days), O_{10} = output (kg), D_{11} = distance to market (km), LS_{12} = length of storage after harvest (days) and μ = error term.

RESULTS and DISCUSSION

Demographic and Institutional Features of Onion Farmers

The socio-economic characteristics of the respondents are presented in Table 1. Most of the onion farmers were males, indicating male dominance in the enterprise. They had an average age of about 44 years which agrees with Ağır and Akbay (2022). This shows that the majority of the farmers were still in their economic active and productive age. Due to energy requirements in small-scale agriculture, the age of the farmers is an important factor that could influence labor availability, physical capacity and productivity (Gbigbi 2021; Mukaila et al., 2020). Thus, the onion farmers could be described as farmers with the required energy needed for efficient production. Most of the farmers were married and had large households, which suggests that onion production is a major means of catering for the family (Table 1). Besides, the rural farmers in most African countries have a larger household size to serve as family labor in their agricultural production activities (Achoja and Obodaya, 2019; Mukaila et al. 2021). Thus, the onion farmers could have household members who could serve as family labor at their disposal. There was a low

level of literacy among the respondents, which agrees with the findings of Aidoo et al. (2014). High postharvest loss is common among farmers with no formal education (Obayelu et al., 2021).

The majority of the farmers engaged in onion production as their primary occupation (Table 1). Membership of farm-based organizations was low among the respondents, which could hinder their access to credit facilities. The majority of the respondents were operating on a small scale with an average farm size of 2.8 hectares (Table 1). Onion production is an age-long venture in the study area as the respondents possessed some levels of farm experience (an average of 13.6 years). Most of the respondents did not have access to extension services. Most of the farmers fund their farm business mainly with personal savings while a few fund their operations with credit from banks, cooperatives society, friends and relatives, and local money lenders. This implies a low level of access to external finance, especially commercial banks, by the onion farmers. This could limit their level of cultivation, as external finance increases farmers' level of investment (Falola et al., 2022).

The extent of Postharvest Losses in Onion

The extent or level of postharvest loss in onion in the study area is presented in Table 2. The larger proportion of the farmers experienced 21% to 30% postharvest loss in onion. This was followed by 21.1% of respondents who recorded 11% to 20% postharvest loss. About 17% of the farmers recorded 31% to 40% postharvest loss, 15.8% recorded not more than 10% postharvest loss, 13.9% experienced 41% to 50% postharvest loss while just 6.1% of the farmers recorded over 50% postharvest loss in onion production. On average, the farmers experienced a 23.9% postharvest loss in onion. This shows that postharvest loss is a serious challenge in onion production and the value chain. This further implies that about one-third of the total value of onion produced was lost. This is in tandem with Calica and Cabanayan (2018) who reported a 31.49% postharvest loss in onions in the Philippines.

Causes of Postharvest Loss in Onion

The major causes of postharvest loss in onion production are presented in Figure 1. The primary causes of postharvest loss in onion in the study area were rot, diseases and pests, drying, and bruises. Rot in onion, caused by fungi and bacteria, contribute immensely to postharvest loss in onion. This leads to leaf dieback and wilting, and consequently leaf and bulb decay. Diseases and pests such as black mold, Colletotrichum blight, Stemphylium leaf blight, purple blotch and damping-off also cause a serious postharvest loss in onions (Ji et al, 2018; Tolouee et al,

2010). The quality and quantity loss caused by diseases accounts for huge economic losses in agriculture (Günaçtı and Ay, 2021). Postharvest loss due to drying of onion leaves at a premature stage and drying of bulb reduce the quality and market price of onion. Bruising

of onions commonly from poor transportation and packaging causes damage and postharvest loss of onion. This suggests that most of these primary causes of postharvest loss in onion production were during on-farm operations and/or storage.

Table 1. Demographic and institutional features of onion farmers

Variables	Category	Frequency	Percentage
Gender	Male	302	83.9
	Female	58	16.1
Age (years)	30 – 40	68	18.9
	41 – 50	232	64.4
	51 – 60	42	11.7
	Above 60	18	5.0
Mean = 44.3			
Marital status	Single	26	7.2
	Married	274	76.1
	Widowed	48	13.3
	Divorced	12	3.3
Household size	1 – 5	102	28.3
	6 – 10	202	56.1
	11 – 15	36	10.0
	Above 15	20	5.6
7.8			
Level of formal education	No formal education	198	55.0
	Primary	134	37.2
	Secondary	28	7.8
Primary occupation	Farming	352	96.7
	Others	8	3.3
Membership in farm-based organizations	Yes	252	70.0
	No	108	30.0
Extension Service	Yes	64	17.8
	No	296	82.2
Farm size (hectares)	1.1 – 2.0	28	7.8
	2.1 – 3.0	256	71.1
	3.1 – 4.0	40	11.1
	4.1 – 5.00	24	6.7
	> 5.00	12	3.3
Mean = 2.8			
Farming experience (years)	1 – 10	142	39.4
	11 – 20	150	41.6
	21 – 30	56	15.6
	Above 30	12	3.4
Mean = 13.6	Personal savings	286	79.4
	Friends and relatives	28	7.8
	Local money lenders	16	4.4
	Banks	8	2.2
	Cooperatives	22	6.1

Source: Field survey, 2021

Table 2. Extent of postharvest losses in onion in the study area

Percentage postharvest loss in onion	Frequency	Percentage
≤ 10	57	15.8
11-20	76	21.1
21-30	94	26.1
31-40	61	16.9
41-50	50	13.9
≥51	22	6.1
Total	360	100.0

Source: Field survey, 2021

Further investigations were made to determine the secondary causes of postharvest loss in onion as perceived by the respondents (Table 3). The most critical secondary causes of postharvest loss in onion in the study area, in decreasing order of importance, were lack of credit to carry out their operations at the right time, poor storage facility, lack of agricultural extension services to train them on mitigating the loss, poor transportation system and long distances to marketing centers. This finding is in tandem with the report by Aidoo et al. (2014) on the causes of tomato

postharvest loss in Ghana. A critical look at these causes reveals that most of them are issues that are beyond the control of the farmer. Issues within their control such as harvesting techniques, type of the

varieties grown and time of harvest were adjudged to have a minimal or low impact on postharvest loss in onion in the study area.

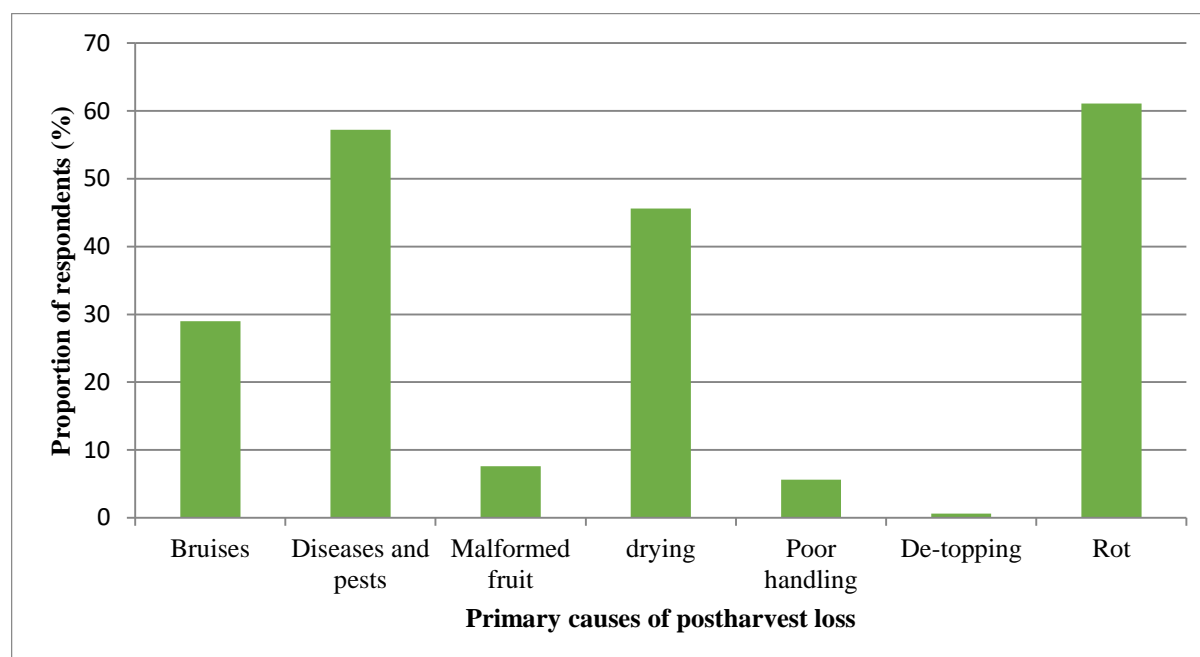


Figure 1. Primary causes of onion postharvest loss in the study area
 Source: Field survey, 2021

Table 3. Secondary causes of postharvest loss in onion

Secondary Causes	Very high(5)	High (4)	Moderate (3)	Low (2)	Very low (1)	WI	WAI	Rank
Lack of credit facilities	196 (54.4)	130(36.1)	18 (5.0)	12 (3.3)	4 (1.1)	1582	4.39	1st
Poor storage facility	140 (38.9)	130(36.1)	58 (16.1)	32 (8.9)	0 (0.0)	1458	4.05	2nd
Lack of agricultural extension services	174 (48.3)	90 (25.0)	24 (6.7)	64 (17.8)	8 (2.2)	1438	3.99	3rd
Poor transportation system	86 (23.9)	48 (13.3)	90 (25.0)	106 (29.4)	30 (8.3)	1134	3.15	4th
Long distance to market	64 (17.7)	98 (27.2)	46 (12.8)	94 (26.1)	58 (16.1)	1096	3.04	5th
Type of variety used	48 (13.3)	42 (11.7)	84 (23.3)	168 (46.7)	18 (5.0)	1014	2.82	6th
Bad weather	52 (14.4)	60 (16.7)	24 (6.7)	126 (35.0)	98 (27.2)	922	2.56	7th
Poor harvesting technique	14 (3.9)	24 (6.7)	36 (10.0)	174 (48.3)	112(31.1)	734	2.04	8th
Untimely harvest	8 (2.2)	12 (3.3)	68 (18.9)	160 (44.4)	112(31.1)	724	2.01	9th

Note: Figures in parenthesis are in percentages.
 Source: Field survey, 2021

Determinants of Postharvest Loss in Onion

Table 4 shows the determinants of postharvest loss in onion in the study area. The coefficient of multiple determination (R^2) is 0.6854, implying that the explanatory variables in the model explain about 69% of the total variations in the postharvest loss in onion production. The results reveal that the significant factors influencing postharvest loss in onion production in the study area were age, educational level, household size, distance to market, farm size, access to credit, access to extension services, output,

and length of storage after harvest.

The age of a farmer was significant ($p < 0.05$) and positively related to postharvest loss in onion production. This suggests that older farmers are likely to incur more postharvest loss than young ones. This may be due to the fact that the older a farmer is, the less innovative or energetic he is likely to become (Girei et al, 2016). *Ceteris paribus*, young farmers are likely to have the required physical strength to carry out postharvest management, thereby minimizing postharvest loss than their old counterparts. Also, the

young farmers are usually more innovative and more likely to adopt improved postharvest management practices than their older counterparts (Falola et al, 2017).

The level of education of the respondents was very highly significant ($p < 0.01$) and negatively related to postharvest loss. This implies well-educated farmers have lower post-harvest losses than those with less education. Education has been reported to enhance the ability of an individual to make better, meaningful and more accurate decisions (Akanbi et al., 2020). It can also enhance the adoption and use of improved technologies that may guide against postharvest loss. This result is in line with many similar studies (Kikulwe et al. 2018; Shee et al. 2019).

The household size of the respondents was significant ($p < 0.01$) and negatively affected postharvest losses in onion production. This suggests that farmers with large household sizes tend to incur less postharvest loss. This could be due to the relatively high availability of family labor to such farmers which makes postharvest management practices much faster and more efficient. Aidoo et al. (2014) reported a similar finding that household size influenced postharvest loss in tomato production.

Table 4 further shows that access to credit influences postharvest losses in onion production negatively ($p < 0.05$). This result implies that the more access farmers have to credit, the lower the level of postharvest losses they incur. On the other hand, those who have little or no access to credit are likely to incur more postharvest losses. Managing postharvest loss could involve high financial costs which may be difficult for farmers who do not have much financial strength to undertake. This

may not be untrue about the onion growers in the study area, especially given the fact that most of them finance their farm operations with mainly personal savings (See Table 1).

A similar relationship existed between access to extension services and postharvest loss in the study area. Those who had more agricultural extension contacts had less postharvest loss than those who did not. This could be due to the possibility of receiving training on postharvest loss by the former group of farmers than the latter ones. A similar finding was reported by Shee et al. (2019) that access to extension services lowered postharvest losses of sweet potato and maize value chains in Uganda.

The results also show that the larger the farm area put under cultivation, the more postharvest loss and vice versa. This could be due to the low level of modern storage facilities to store and preserve the harvested onions. Similarly, an increase in the output of onion also increased postharvest loss. This may also result from a lack of proper storage due to poor storage facilities. It may also be due to the high labor requirement needed to carry out the harvesting on time which may be lacking or not within the reach of the farmer. The same explanation may be responsible for the positively significant influence of the length of storage on postharvest loss in the study area.

Distance to market also influenced postharvest loss in onions production positively ($p < 0.05$). This implies that the longer the distance covered from the farm to the market, the higher the postharvest loss in onion production, *ceteris paribus*. This could be a result of poor road network in the rural areas which contributed to and/or resulted in the postharvest loss.

Table 4. Determinants of postharvest loss in onion

Variables	Coefficient	Standard error	t-value	p-value
Age of farmer	0.0557**	0.0282	1.9762	0.042
Education	-1.0500***	0.1455	-7.2142	0.000
Household size	-0.2650***	0.0930	-2.8513	0.005
Farming experience	0.0823	0.7843	0.1049	0.295
Access to credit	-0.1054**	0.0532	-1.9797	0.049
Extension services	-0.1269**	0.0616	-2.0589	0.040
Membership in a farm-based organization	0.8897	0.1236	7.2004	0.472
Farm size	0.3801***	0.0907	4.1900	0.000
Time of harvest after maturity	0.0785	0.7463	0.1052	0.293
Output	0.1180***	0.0189	6.2463	0.000
Distance to market	0.2187**	0.1102	1.9853	0.038
Length of storage after harvest	0.0635**	0.0318	1.9967	0.043
Constant	13.9243	1.1657	11.9449	0.000
R ²	0.6854			
Adjusted R ²	0.6531			
F-value	17.02			

***, **, * - Significant at 1%, 5% and 10% respectively

Source: Authors' computations, 2021

CONCLUSION

This study reveals that the major causes of postharvest losses in onion are rot, diseases and pests, drying, bruises, lack of credit to carry out their operations at the right time, poor storage facilities, lack of agricultural extension services to train them on mitigating the loss, poor transportation system and long distances to marketing centers. Meanwhile, the factors associated with high levels of postharvest loss are the age of the farmer, farm size, output, distance to market and length of storage. Educational level, household size, extension services and access to credit are associated with the low level of postharvest losses. It can be inferred that most of the primary causes of postharvest losses are during off-farm operations and storage periods. Moreover, most of the causes of postharvest loss in onions are issues that are beyond the control of the farmer. Therefore, measures that will address postharvest losses in onion production should be put in place. The Ministry of Agriculture in collaboration with relevant research institutes should develop efficient technologies that will prolong the shelf life of onion thereby minimizing postharvest losses in onion production. Such technologies should be such that they inhibit the growth of pests and provide an efficient storage system. Meanwhile, there is a need for the Ministry of Agriculture and allied agencies to overhaul extension services among onion farmers in the study area. This could be through employing more agricultural extension workers and/or the introduction of extension education programs on efficient postharvest management practices through regular extension contacts. This will improve the technical knowledge and skills of the farmers and make them handle postharvest activities perfectly. Also, measures that will solve the problems of poor transportation in the study area should be taken. These may include the rehabilitation and construction of feeder roads and provision of buses by the Ministry of Transportation or in collaboration with private transport companies. This will ease the conveyance of onions from the farm to the market by farmers.

Moreover, financial institutions such as banks and other lending institutions should make credit facilities available to the farmers to carry out postharvest handling practices effectively. The provision of such credit facilities should be timely and at affordable interest rates, as these will encourage farmers to obtain them and safeguard against high postharvest losses. Young individuals should be encouraged to practice agriculture (including onion production), as this study has revealed that age has a positive influence on postharvest loss. This could be by making agriculture attractive to them through the provision of farm inputs at a subsidized rate and a favorable environment. This is more so important, especially in

African agriculture, where agricultural production (including postharvest management practices) is largely carried out with manpower, which usually diminishes with age, due to the lack of mechanical power or the inability of many farmers to afford it. In the same vein, well-educated individuals should be encouraged to go into agriculture, as this study has shown that education reduces postharvest losses in onion.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors appreciate the onion farmers and extension agents in the study area for their cooperation during the field survey.

Statement of Conflict of Interest

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

Author's Contributions

The contribution of the authors is equal.

REFERENCES

- Achoja, FO., & Obadaya, O (2019). Backyard orchard ownership: implications for rural poverty alleviation and food security management In Nigeria. *KSU J. Agric. Nat.* 22 (Suppl 2), 456-464. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.546913.
- Affognon, H., Mutungi, C., Sanginga, P., & Borgemeister, C (2015). Unpacking postharvest losses in sub-Saharan Africa: A meta-analysis. *World Development*, 66, 49–68. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.08.002>.
- Ağır, HB., & Akbay C (2022). Impact of contract farming on beef cattle farmers' income: a propensity score matching analysis. *KSU J. Agric. Nat.* 25 (2), 392-399. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.896094>.
- Aidoo, R., Danfoku, RA., & Mensah, JO (2014). Determinants of postharvest losses in tomato production in the Offinso North District of Ghana. *Journal of Development and Agricultural Economics*, 6(8), 338-344.
- Akanbi, OS., Oloruntola, DS., Olatunji, SD., & Mukaila, R (2020). Economic analysis of poultry egg production in Kwara State, Nigeria. *Journal of Economics and Allied Research*, 4(3), 57–71.
- Bektaş, İ., & Küsek, M (2021). The isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from the onion rhizosphere and their effect on onion growth. *KSU J. Agric. Nat.* 24 (5), 1084-1092. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.811324.
- Calica, GB., & Cabanayan, ZL 2018. Assessment of the postharvest systems and losses of bulb onions in Nueva Ecilja, Philippines *Asian Journal of Postharvest Mechanization*, 1(1), 59-69.

- Delgado ,L., Schuster, M., & Torero, M (2021). Quantity and quality food losses across the value Chain: A Comparative analysis. *Food Policy*, 98, 1-16.
- Emana, B., Afari-Sefa, V., Kebede, D., Nenguwo, N., Ayana, A., & Mohammed, H (2017). Assessment of postharvest losses and marketing of onion in Ethiopia. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 5(4), 300–319. <https://doi.org/10.1504/IJPTI.2017.10013750>.
- Falola, A., & Achem, BA (2017). Perceptions on climate change and adaptation strategies among sweet potato farming households in Kwara State, Northcentral Nigeria. *Ceylon Journal of Science*, 46(3),55-63.<https://doi.org/10.4038/CJS.V46I3.7443>
- Falola, A., Achem, BA., Oloyede, W., & Olawuyi, GO (2017). Determinants of commercial production of wheat in Nigeria: A case study of Bakura Local Government Area, Zamfara State. *Trakia Journal of Sciences*, 15(4), 397-404. <https://doi.org/10.15547/tjs.2017.04.024>.
- Falola, A., Mukaila, R., & Abdulhamid, KO (2022). Informal finance: its drivers and contributions to farm investment among rural farmers in Northcentral Nigeria. *Agricultural Finance Review*, <https://doi.org/10.1108/AFR-08-2021-0116>.
- Food and Agriculture Organization (2011). Global food losses and food waste: Extent, causes, and prevention. Italy: Rome.
- Gbigbi TM (2021). The nexus between pilfering menace and crop farmers' income shock: Evidence from Nigeria. *KSU J. Agric. Nat.* 24 (1), 200-211. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.700483>.
- Girei, AA., Saingbe, ND., Ohen, SB., & Gimba, EA (2016). Youth involvement in agricultural production in Obi Local Government Area, Nasarawa State, Nigeria. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 1(4), 1016-1023.<https://doi.org/10.22161/IJEAB2F1.4.54>.
- Gorrepati, K., Murkute, AA., Bhagat, Y., & Gopal, J (2018). Post-harvest losses in different varieties of onion. *Indian Journal of Horticulture*, 75(2), 314-318. <https://doi.org/10.5958/0974-0112.2018.00052x>
- Günaçtı, H., & Ay, T. (2021). Forecasting of potato late blight disease using alternative sets of meteorological data and disease epidemiology. *KSU J. Agric. Nat.* 24 (6), 1213-1220. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.863578.
- Ji SH, Kim,, TK, Keum YS., & Chun, S (2018). The Major Postharvest Disease of Onion and Its Control with Thymol Fumigation During Low-Temperature Storage. *Mycobiology*, 46(3), 242–253. <https://doi.org/10.1080/12298093.2018.1505245>
- Kikulwe, EM., Okurut, S., Ajambo, S., Nowakunda, K., Stoian, D, & Naziri, D (2018). Postharvest losses and their determinants: A challenge to creating a sustainable cooking banana value chain in Uganda. *Sustainability*, 10, 2381.
- Kulwijila, M (2021). Socio-economic determinants of post-harvest losses in the grape value chain in Dodoma Municipality and Chamwino District, Tanzania. *African Journal of Economic Review*, 9(2), 288-305.
- Kumar, D., & Kalita, P (2017). Reducing postharvest losses during the storage of grain crops to strengthen food security in developing countries. *Foods*, 6(8), 1-22. <https://doi.org/10.3390/foods6010008>.
- Ministry of Foreign Affairs (2021). Food Loss in Nigeria. Value Chain Analysis (VCA) of Tomato, Onion, Chilli value chains. Retrieved on February, 11, 2022 from <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/02/Report-Food-Loss-in-Nigeria.pdf>.
- Mlambo, S., Mvumi, BM., Stathers, TE., Mubayiwa, M., & Nyabako, T (2017). Field efficacy of hermetic and other maize grain storage options under smallholder farm management. *Crop Protection*, 98, 198–210. <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2017.04.001>.
- Mukaila, R., Falola, A., & Egwue, LO (2021). Income diversification and drivers of rural smallholder farmers' income in Enugu State, Nigeria. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 21(3), 585-592.
- Mukaila, R., Falola, A., & Omotesho, OA (2020). Food security status: its drivers and coping strategies among vegetable farming households. *Cercetări Agronomice in Moldova*, 53(4), 414–425. <https://doi.org/10.46909/cerce-2020-035>.
- Nasri, S., Anoush. M., & Khatami, N (2012). Evaluation of analgesic and anti-inflammatory effects of fresh onion juice in experimental animals. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology* 6(23), 1679-1684.
- Ng'ang'a, J., Mutungi, C., Imathiu, SM., & Affognon, H (2016). Low permeability triple-layer plastic bags prevent losses of maize caused by insects in rural on-farm stores. *Food Security*, 8, 1–13. <https://doi.org/10.1007/s12571-016-0567-9>.
- Nicastro, R., Carillo, P 2021. Food loss and waste prevention strategies from farm to fork. *Sustainability*, 13, 5443. <https://doi.org/10.3390/su13105443>.
- Obayelu, OA., Adegboyega, OM., Sowunmi, FA., & Idiaye, CO (2021). Factors explaining postharvest loss of hot pepper under tropical conditions. *International Journal of Vegetable Sciences*, 27(6), 526-535. <https://doi.org/10.1080/19315260.2021.1879342>.
- Prusky, D (2011). Reduction of the incidence of postharvest quality losses, and future prospects. *Food Security*, 3(4), 463–474. <https://doi.org/10.1007/s12571-011-0147-y>.
- Sharma, S (2016). Economic analysis of postharvest losses in onion in Jodhpur District of Rajasthan.

- International Journal of Research in Business Management*, 4(3), 2347-4572. <https://doi.org/10.15740/HAS%2FIJCBM%2F11.1%2F19s-23>.
- Sheahan, M., & Barrett, CB (2017). Review: Food loss and waste in sub-Saharan Africa. *Food Policy*, 70, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.03.012>.
- Shee, A., Mayanja, S., Simba, E., Stathers, T., Bechoff, A., & Bennett, B (2019). Determinants of postharvest losses along smallholder producers' maize and sweet potato value chains: An ordered Probit analysis. *Food Security* 11, 1101–1120. <https://doi.org/10.1007/s12571-019-00949-4>.
- Slimestad, R., Fossen, T., & Vågen, IM (2007). Onions: a source of unique dietary flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55(25), 10067-10080.
- Tesfaye, W., & Tirivayi, N (2018). The impacts of postharvest storage innovations on food security and welfare in Ethiopia. *Food Policy*, 75, 52–67. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.01.004>.
- Tolouee, M., Alinezhad, S., Saberi, R., Eslamifar, A., Zad, SJ., Jaimand, K., Taeb, J., Rezaee, M., Kawachi, M., Shams-Ghahfarokhi, M., & Razzaghi-Abyaneh M (2010). Effect of *Matricaria chamomilla* L. flower essential oil on the growth and ultra-structure of *Aspergillus niger* van Tieghem. *Int J Food Microbiol.* 139, 127–133. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.03.032>
- Wikipedia n.d. (2022). Kaduna State. Retrieved in August, 11, 2022 from https://en.m.wikipedia.org/wiki/Kaduna_State



Food Insecurity and Dietary Diversity of the Vulnerable Group in Nigeria: Drivers and Coping Strategies

Abraham FALOLA¹, Ridwan MUKAILA^{2*}, Adetomiwa Elijah ADETIPE³

^{1,3}University of Ilorin, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics and Farm Management, Ilorin, NIGERIA, ²University of Nigeria, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, 410001, Nsukka, NIGERIA

¹<https://orcid.org/0000-0002-5265-9355>, ²<https://orcid.org/0000-0001-8584-0858>, ³<https://orcid.org/0000-0001-6229-9552>

✉: ridwan.mukaila@unn.edu.ng

ABSTRACT

The vulnerable group is the most prone to artificial or natural shocks, which could expose them food insecurity. Yet, there exists a dearth of practical information on their dietary diversity and food security status. This study, therefore, assessed the food security status and dietary diversity of the vulnerable group of Fadama III Additional Financing in Nigeria. Primary data collected from 165 respondents were analyzed using descriptive statistics, cost-of-calories, logit model, household dietary diversity score and Tobit model. The results revealed that the vulnerable group was aged smallholder farmers with a low average monthly income of ₦13,718 (USD 37.13). The majority (88.5%) were food insecure, while only 11.5% met the daily calorie intake of 2,260 kcal per capita. Educational level, income, and value of productive assets positively influenced their food security status, while household size negatively impacted them. Most of the vulnerable group had low dietary diversity, with a range of 0.31 to 0.40, indicating poor nutrition among them. The determinants of dietary diversity among them were gender, educational level, and household size. The most commonly employed food insecurity coping strategies were allowing children to eat first, collecting food from the wild, selling assets to buy food, eating once a day and purchase food on credit. This study suggests policy measures for educating the vulnerable group, providing production assets and better family planning for the vulnerable group to enhance their dietary diversity and food security.

Agricultural Economics

Research Article

Article History

Received : 13.04.2022

Accepted : 26.08.2022

Keywords

Food insecurity
Dietary diversity
Malnutrition
Rural households
Vulnerable group

To Cite: Falola, A., Mukaila, R. & Adetipe, A.E. (2023). Food Insecurity and Dietary Diversity of the Vulnerable Group in Nigeria: Drivers and Coping Strategies. *KSÜ J. Agri Nat* 26 (2), 355-364. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1102888>

INTRODUCTION

Food security is one of the significant determinants of the level of people's welfare and well-being, economic growth, and development (Mukaila et al., 2021). Food insecurity remains a global challenge, as over 820 million people are hungry (FAO, 2019). Developing nations have the highest number of food-insecure globally, as they account for 95.1 percent of the global food insecure people (De La O Campos et al., 2018; FAO, 2015). African nations are faced with hunger and low purchasing power (Mukaila et al., 2022; Uzel et al., 2021). Around 25 million people in Nigeria face undernourishment, and about 18 million are severely food insecure (FAO, 2020). For instance, Nigeria was ranked 38th in 2014 among the nations with food deficiency (Global Hunger Index, 2014). Though several measures have been put in place to reduce food insecurity in the country and to remove Nigeria from the Global Hunger Index (GHI), this has not been achieved by the nation, as Nigeria keeps appearing

and ranking high every year among the countries with food deficits. The GHI (2019) still shows that Nigeria is still suffering from a serious level of hunger, with a GHI score of 27.9. The rural areas of the country are the most hit in terms of food insecurity, as more than forty percent of rural households are faced with severe food insecurity (Mukaila et al., 2020; Nigeria MDGs End-point report, 2015).

Malnutrition is widely spread in Nigeria, especially among rural dwellers. The vulnerable group, which includes those with chronic health conditions, children, the elderly, smallholder farmers, lactating mothers, pregnant women, the poor, and the physically challenged, are mostly faced with food insecurity. Many of them have fragile health conditions that require adequate nutrition to keep them strong. They suffer from the consequences of artificial or natural shocks. Malnutrition and undernutrition are common among them, especially in children (Ghosh, 2020). Inadequate protein and energy intake may result in

low maternal weight and low weight gain in the infant, which may affect the general household health status. This is because inadequate nutrient/food intake is a significant driver of undernutrition (Marinda et al., 2018).

Smallholder farmers, who are part of the vulnerable group, also face the challenge of food insecurity as the majority of them live in rural areas. Interventions through Fadama III additional financing (AF) group could provide an essential alternative strategy for reaching the vulnerable group in Nigeria. The Fadama III project, which started in the year 2009, is aimed at increasing the income of rural farmers on a sustainable basis through accessibility to land and water resources. At the end of the Fadama III project in 2013, Fadama III Additional Financing was introduced in 2014, following the successes of the parent project in the 36 states of Nigeria. Several authors have assessed the dietary diversity and food security in households (Ahmadzai and Akbay, 2020; Ambali et al., 2015; Babatunde et al., 2007; Egwue et al., 2020; Mukaila et al., 2020; Obasan et al., 2017; Omotesho et al., 2006; Oyebanjo et al., 2013; Obasan et al., 2017). However, there is still a shortage of practical information on the food security status of the vulnerable group. But then, food insecurity may exist among the vulnerable group because of their low purchasing power and low food production to meet their food needs borne out of community food production resources and indices. The issues of adequate farm resources and supply could also come into play in determining food security status in communities. In line with this, this study was poised to investigate the level of food security of the vulnerable group in Niger State, Nigeria, using the vulnerable group of the Fadama III AF as a case study. Specifically, the study assesses the food security status of the vulnerable group; examines the factors influencing food security among the vulnerable group; assesses their level of dietary diversity; investigates the determinants of their level of dietary diversity; and assesses how they cope with food insecurity. This would serve as empirical evidence for policy intervention to lower the menace among the vulnerable group.

MATERIAL and METHOD

Study Area

This study was conducted in Niger State, Nigeria. The state is the largest in Nigeria and lies at a latitude of 3.20° E and a longitude of 11.30° N. The state is bordered nationally by Kogi, Kebbi, Zamfara, Kwara, and Kaduna states and the Federal Capital Territory. The state shares an international border with the Republic of Benin. The state has a 76,363 km² with 25 Local Government Areas (LGAs), which are grouped into three agricultural zones. The Fadama III Additional Financing covers the three agricultural

zones of the state. Its beneficiaries are called Fadama User Groups (FUGs). One of the FUGs was composed mainly of the most vulnerable groups in society and is located in some of the LGAs of the state. Agriculture is the primary means of people's livelihood in the state.

Design and Sampling Techniques

In this study, the vulnerable group of the Fadama III Additional Financing Programme was used as the respondents. This was because there was no formal list of the vulnerable group in the study area. Thus, the only list of the vulnerable group that was available to the researchers was that of the program. Though this may limit the research to respondents with nearly the same primary occupation (farming), the outcome of the study is expected to influence policy interventions to improve the food security status of the vulnerable group in society. A three-stage sampling technique was employed for selecting the respondents.

In stage one, Mokwa and Bida LGAs (in Zone A), Paikoro, Shiroro, Munya and Bosso LGAs (in Zone B), and Kontagora LGA (in Zone C) were randomly selected. A list of the vulnerable beneficiaries was compiled from the seven LGAs with the help of the Fadama Facilitators. The second stage was the purposive selection of the vulnerable group across the three zones. Lastly, 165 members of the group were randomly selected from a population of 280 people based on the proportion of the vulnerable beneficiaries using probability proportion to size techniques (Table 1). It is given as:

$$n = \frac{N \cdot X}{(X + N - 1)} \quad (1)$$

$$X = \frac{Z\alpha}{2^2} * P * \frac{(1-P)}{MOE^2} \quad (2)$$

Where;

N is the population size (280), $\frac{Z\alpha}{2^2}$ is the critical value (1.96) at $\alpha/2$, confidence (α is 0.05), p is the sample proportion (0.5) and margin error is 0.05. This gives a minimum sample size of 162 respondents. For a good representation of the population, the study used a sample size of 165 respondents.

Source of Data and Data Collection

The study obtained its data from primary sources, collected through a questionnaire and an interview schedule. The study also conducted Focus Group Discussions (FGD) to make the study more participatory and interactive. The questionnaire was structured and validated to collect data on their socioeconomic characteristics, productive assets accessed through participation in the Fadama III AF Development Programme, the monetary value of food (calories) consumed within the last 24 hours, and measures of coping during a food crisis.

Table 1. Sample design

ADP Zone	Number of LGAs	LGAs with Vulnerable FUGs	The Vulnerable Group by Names	Number of Beneficiaries	Sample size
A	8	Mokwa	HIV Support Group Association	50	29
		Bida	HIV Support Group Association	30	18
B	8	Paikoro	Chanchita Farmers Association	20	12
		Shiroro	Alai Cooperative Society	30	18
		Munya	Abelo Cooperative Group	40	23
		Bosso	Alheri Farmers Association	30	18
C	9	Kontagora	Cripple Group Association	80	47
Total				280	165

Data Analysis and Model Specification

The data was analyzed using descriptive statistics, cost of calories, household dietary diversity score, Tobit and logit models. Descriptive statistics (percentage, frequency, and mean) were employed to examine the socio-economic characteristics of the respondents. A Likert scale rating was used to investigate their measures of coping with food insecurity.

The Cost of Calories

Greer and Thorbecke (1986) proposed this method for measuring food security and has been employed by researchers (Ahmed et al., 2015; FAO, 2009; Babatunde et al., 2007). A daily intake of 2260 kcal per adult equivalent (AE) was used as the food security baseline. A value equal to or above it is considered food secure, and below it is considered food insecure.

$$\ln X = \alpha + \beta C \quad (3)$$

$$S = (\alpha + \beta L)e \quad (4)$$

Where: X is the food expenditure per AE (₦), α is the intercept, β is the coefficient, C is household daily calorie intake (per AE), S is the cost of purchasing 2260Kcal of food and L is 2260kcal minimum daily FAO (2009) calorie recommendation.

Logit Model

The logistic model is a predictive regression model that can perfectly account for dummy or binary dependent variable (İkikat Tümer and Birinci, 2020; Mukaila et al., 2022). It was employed in examining the factors that determined the vulnerables group's household food security. It was specified as:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 Gd + \beta_2 Ed + \beta_3 A + \beta_4 HS + \beta_5 In + \beta_6 FE + \beta_7 FS + \beta_8 TVP + e \quad (5)$$

Where:

Y (1 or 0) is a dummy variable for food security status (food secure = 1, 0 = food insecure), Gd = Gender (male = 1, female = 0), Ed = Educational level (years), A = Age (years), HS = Household size (Adult equivalent; see appendix), In = Income in Naira (₦) per month, FE = Farming experience (years), FS = Farm size of a

household in hectare, TVP = Total value of productive Assets, β_0 = constant and e = error term.

Household Dietary Diversity Score (HDDS)

The HDDS was used to determine the level of food diversity of the vulnerable groups. Legumes, fruit, vegetables, roots and tubers, nuts and seeds, cereals, fish and seafood, meat, beverages, oils and fat, sugar and honey, and milk and milk products were the twelve food groups in the HDDS (FAO, 2007). For each food group, a household was scored 1 if the food group was consumed and 0 if it was not consumed. The HDDS was derived by adding the number of foods eaten by the household within a specified period and dividing it by 12, which is the total number of food groups in the HDDS. The value ranges from 0.10 to 1.00. Values from 0.10 to 0.42 imply low dietary diversity, while values from 0.43 to 1.00 imply high dietary diversity (FAO, 2008). They were utilized to detect the quality of the food intake of the respondents.

Tobit Regression

A Tobit regression model was employed to identify the factors that determined the level of dietary diversity of the vulnerable group. It was specified as:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 G + \beta_2 Ed + \beta_3 A + \beta_4 HS + \beta_5 In + \beta_6 FE + \beta_7 FS + \beta_8 TVP + e \quad (6)$$

Where Y = level of dietary diversity (HDDS ranges from 0.10 to 0.60), G = Gender (male = 1, female = 0), Ed = Educational level (years), A = Age (years), HS = Household size, In = Income of a household per month (₦), FE = Farming Experience (years), FS = Farm Size of a household in hectare, TVP = Total value of productive assets, β_0 = constant, e = error term.

RESULTS and DISCUSSION

Demographic and Institutional Features of the Vulnerable Group

The distribution of the group based on their socioeconomic profile was presented in Table 2. The majority of the respondents were males, while 21.8% were females. This implies that vulnerable group

households' heads were dominated by males. About 48% of the respondents were over 50 years old, 19.4% were between 31 and 40 years old, and only 10.9% were below or equal to 30 years old. The respondents had an average age of about 51 years. This suggests that the vulnerable group was advanced in age, which could affect their physical ability. Age is an important determinant of labor availability, physical capacity,

and farm productivity (Ağır and Akbay, 2022; Gbigbi, 2021). The majority of the vulnerable group were married. This implies that the respondents have to cater for their family members' needs through farming. Regarding the level of education, 52.8 percent of them had no formal education, 23.6% had a first school leaving certificate,

Table 2. Socio-economic characteristics distribution of respondents

Variables	Category	Frequency	Percentage	Mean
Gender	Male	129	78.2	
	Female	36	21.8	
Age (years)	≤ 30	18	10.9	50.7
	31-40	32	19.4	
	41-50	36	21.8	
	51 – 60	36	21.8	
	> 60	43	26.1	
Educational level	No formal education	87	52.8	
	Primary	39	23.6	
	Secondary	31	18.8	
	Tertiary	8	4.8	
Marital status	Married	142	86.1	
	Single	12	7.3	
	Widowed	6	3.6	
	Divorced	5	3.0	
Household size	≤ 5	41	24.8	8
	6 - 10	91	55.2	
	> 10	33	20.0	
Primary occupation	Civil Servant	5	3.0	
	Farming	132	80.0	
	Trading/Commerce	12	7.3	
	Artisan	16	9.7	
Farming experience	≤ 10	70	42.4	16
	11 – 20	45	27.3	
	> 20	50	30.3	
Farm size (acre)	≤ 1	122	73.9	1.5
	2 – 2.99	18	10.9	
	> 2.99	25	15.2	
Monthly income (₺)	≤ 10,000	47	28.5	13,718
	10,001 – 20,000	100	60.6	
	20,001 – 30,000	13	7.9	
	> 30,001	5	3.0	
Extension contacts	Yes	88	53.3	
	No	77	46.7	
Access to credit	Yes	8	4.8	
	No	157	95.2	

18.8% had secondary education, and only 4.8% had tertiary education. This implies that education is a big challenge among this vulnerable group. Low education can negatively influence their decision-making process and the adoption of innovation (Falola et al., 2021). Regarding their household size, a larger percentage (55.2%) of them had between 6 to 10 household members, 24.8% had less than or equal to 5 household

members, and 20% had more than 10 household members. They had an average household size of eight people per household. This shows that they have a relatively large household size, which could be due to the high birth rate and their polygamous nature (Achoja and Obadaya, 2019; Mukaila et al., 2021). The large family size could be used as labour for their farming operations. However, this would increase the

household dependency ratio, which will, in turn, enhance their vulnerability to food insecurity. This is because high food insecurity is common in households with larger household sizes (Mukaila et al., 2020).

The majority (80%) of the vulnerable group were farmers who practiced mixed cropping; 9.7% were artisans; 7.3% were traders; and only 3% were civil servants. This result shows that agriculture plays a significant role in the livelihood of this vulnerable group, and they depend on it for their sustenance. The majority (73.9%) of the respondents had less than one hectare of land, 15.2% had more than 3 hectares, and only 10.9% had between 2 and 3 hectares of land. The average land size operated by the respondents was 1.5 hectares. This implies that the group operates on a small-scale level. The result of the farming experience showed that 42.4% of the group had farming experience of fewer than 10 years, 30.3% had more than 20 years, and 27.3% had 11 to 20 years. Their average year of experience in farming was 16 years. This shows that they were well experienced in farming activities. The majority (60.6%) of them earned between ₺10,000 (USD 27.07) and ₺20,000 (USD 54.13) monthly income, 28.5% earned less than ₺10,000 monthly income, while only 10.9% earned above ₺20,000 per month. They earned an average of ₺13,718 (USD 37.13) per month. This implies that this vulnerable group is living on a low monthly income, which can make them more susceptible to food insecurity because they have low purchasing power. This will also affect their total livelihood negatively,

especially among the larger households. Regarding contact with extension agents, 53.3% of the vulnerable group had contact with extension agents, while 46.7% did not. The majority (95.2%) of them could not access credit. This low access to credit could negatively affect their food production and general well-being (Falola et al., 2022).

Productive Assets Accessed Through Participation in Fadama III AF Development Programme

Table 3 presents the different productive assets accessed by the vulnerable group through participation in the Fadama III AF Development Programme to boost their productivity and welfare. Table 3 shows that the majority (79.4%) of the group had access to productive assets, while 20.6% did not. The majority (62.6%) had access to productive assets valued between ₺10,000 (USD 27.07) and ₺20,000 (USD 54.13), while 28.3% had access to assets valued at ₺20,000 to ₺30,000 (USD 81.20). The average value of assets the group had access to was ₺18,190 (USD 49.23). The majority of the group had access to herbicides (76.4%), seeds (64.2%), and fertilizer (64.2%). About 33% of the group had access to sprayers. A few members of the group had access to hoes (13.3%), cutlasses (9.1%), feed (2.4%), and wheelbarrows (0.6%). These results imply that some of the productive assets, such as sprayers, cutlasses, hoes, wheelbarrows, and animal feed were not accessible by most of the vulnerable groups in the study area.

Table 3. Productive assets

	Category	Frequency	Percentage	Mean
Access to productive asset	Yes	131	79.4	
	No	34	20.6	
Value of productive asset (₺)	≤10000	2	1.5	18.190
	10001 – 20000	82	62.6	
	20001 – 30000	37	28.3	
	>30001	10	7.6	
Productive assets	Sprayer	54	32.7	
	Cutlass	15	9.1	
	Hoe	22	13.3	
	Wheelbarrow	1	0.6	
	Feed	4	2.4	
	Fertilizer	106	64.2	
	Seed	106	64.2	
	Herbicides	126	76.4	

Food Security Status of the Vulnerable Group

Table 4 presents the food security status of the vulnerable group. The cost of 2260kcal (food) in the study area was ₺530.67 (USD 1.44). Therefore, any household with a daily per capita food expenditure of ₺530.67 was considered food secure, while those that spent less were considered food insecure. The result reveals that food insecurity is pervasive among the

vulnerable group as the majority (88.5%) of the vulnerable groups were food insecure while only 11.5% were food secure. Further investigation revealed that the few vulnerable group that were food secure were those with low household sizes and relatively high education. Due to their low income, a household with a larger size would be faced with the burden of feeding the members, resulting in a deficient quantity of food being consumed. The food insecurity level reported in

this result is higher than previous studies reported (Adeniyi and Ojo, 2013; Ambali et al., 2015; Ahmed et al., 2015; Egwue et al., 2021; Mukaila et al., 2020). This high percentage indicates a severe level of food insecurity among this vulnerable group, which requires government intervention.

Table 4. Food security status

Food security status	Frequency	Percentage
Food insecure	146	88.5
Food secure	19	11.5
Total	165	100

Factors influencing Food Security Status among the Vulnerable Group

Table 5 shows the results of the logistic regression used to examine the factors that determined the food security status among the vulnerable group interviewed. As shown in Table 4, four variables were statistically significant. Educational level ($P < 0.05$), household income ($P < 0.05$) and value of productive assets ($P < 0.01$) were positively substantial, while the household size was negatively significant ($P < 0.05$).

The educational level positively influenced the food security status of the group. This implies that the higher the number of years spent in school, the higher the likelihood of household food security and vice versa. Thus, the highly educated among them were more food secure than their counterparts with little or no education. This conforms with Ambali et al. (2015)

and Girma (2012), that food security tends to be influenced by the level of education.

Household size influenced the food security of the group negatively. This implies that there will be a reduction in the probability of a household's food security as the household size increases. This large household size puts more pressure on household head income as well as the per capita income of the household. Thus, it could also limit the access of each member of the household to nutritious, safe, and adequate food for a healthy life. Therefore, a household with many members has a higher probability of being food insecure, while those with few members are more food secure (Mukaila et al., 2020). This conforms to Ahmed et al. (2015), Ambali et al. (2015), and Egwue et al. (2020), who reported that an increase in household members increased the likelihood of household food insecurity.

Household income also positively influenced the food security of the group. An increase in household income enhances the probability of being food secure as it influences purchasing power. All things being equal, high-income earners are more food secure than households with low incomes. This might be because such households (high-income earners) would have a lot of money to buy food. Omotesho et al. (2006) and Mukaila et al. (2020) posited that household income is a significant tool for household access to food and food security.

Table 5. Determinant of food security status among the respondents

Variables	Coefficient	Std. Err.	z	P>z
Gender	2.378	1.672	1.422	0.155
Age	-0.053	0.034	1.559	0.122
Educational level	0.190**	0.085	2.235	0.005
Household size	-0.337**	0.143	-2.357	0.018
Monthly income	0.051**	0.023	2.217	0.011
Farming experience	0.002	0.030	0.067	1.956
Farm size	0.174	0.436	0.399	0.689
Total value of productive asset	3.793***	1.010	3.831	0.007
Constant	-5.124***	2.122	-2.415	0.026
Pseudo R-Square	0.542			
LR Chi-square	47.689			
Prob > chi ²	0.0000			
Log likelihood	-60.781			

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$

The total value of the productive assets is also significant and positively influences the group's food security. This implies that as the value of productive assets owned by the group increases, so does the probability of their households' being food secure. This may be because productive assets can give households direct access to food, which will, in turn, serve as an additional source of income to the household, thereby

increasing the amount earned or received by the households and may give them indirect access to food.

Assessment of the Dietary Diversity of the Vulnerable Group

Table 6 presents the dietary intake of the group. The result shows that a higher proportion (52.1%) of them had between 0.31-0.40 dietary diversity, 27.9% had

between 0.41-0.50, 13.2% had between 0.21-0.30, and 1.8% had between 0.51-0.60 dietary diversity. This result implies that the group had low dietary diversity. This could affect their nutritional and food security status as they consume fewer food items.

Table 6. Dietary diversity

Dietary Diversity	Frequency	Percentage
0.11-0.20	7	4.2
0.21-0.30	23	13.9
0.31-0.40	86	52.1
0.41-0.50	46	27.9
0.51-0.60	3	1.8
Total	165	100.0

Determinants of Dietary Diversity among the Vulnerable Group

Table 7 shows the determinants of dietary intake among the vulnerable group in the study area. Gender ($p < 0.05$), age ($p < 0.10$) and educational level ($p < 0.05$) were the positive factors that influenced their dietary diversity, while household size influenced it negatively ($p < 0.01$). Gender positively influenced the dietary diversity of the group's households. This result implies that the likelihood of a household being headed by a male tends to increase the dietary diversity of vulnerable households. This could be result from

Table 7. Determinants of dietary diversity among the group

Variables	Coef.	Std. Err.	t	P>t
Gender	0.037**	0.016	2.33	0.021
Age	0.002*	0.001	1.94	0.058
Education	0.003**	0.001	2.13	0.044
Household size	-0.118***	0.038	-3.11	0.002
Monthly income	1.28e-06	9.98e-07	1.28	0.201
Farming experience	-0.000	0.001	-0.22	0.828
Farm size	0.009	0.006	1.43	0.162
Total value of productive asset	8.10e-07	5.04e-07	1.61	0.110
Constant	0.308***	0.037	8.32	0.000
Pseudo R-square	0.5143			
LR chi2(8)	34.15			
Prob> chi2	0.0000			
Log-likelihood	64.398653			

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Coping strategies employed against food insecurity

Table 8 presents the food insecurity coping strategies employed by the group. The result from Table 8 shows that allowing children to eat first ranks first among the methods used by the respondents. In the absence of enough food in the household, the household heads and adults allowed the children to eat first, as the children could not cope with hunger like adults. The group also collected food from the wild or garden (ranked 2nd) as a coping strategy. The group also employed eating once to cope with food insecurity. The group also used selling assets to buy food to increase food availability

provision of money needed to purchase several food items by the male household heads. Thus, households headed by females had a low dietary diversity score. Age also influenced the dietary diversity of the vulnerable group positively. This implies that as age increases, the probability of dietary diversity in the household increases. This conforms with the findings of Kundu et al. (2020) that age positively influenced the dietary diversity of the households.

The educational level also positively influenced the dietary diversity of vulnerable group households. This implies that the higher the educational level, the higher the likelihood of having a high dietary diversity score. Thus, education plays a vital role in increasing the dietary intake of vulnerable groups. Kundu et al. (2020) and Taruvunga et al. (2013) also reported that education influenced dietary diversity positively. Household size had a negative effect on the group's dietary diversity. This implies that there will be a reduction in the dietary diversity of the vulnerable group as household size increases. This is so because as the number of dependents increases, it will reduce the individual's food intake in the household. Large household sizes put more pressure on household income, thereby reducing food availability in the household. Thus, a large household size reduces the dietary diversity of the household (Kundu et al., 2020).

in the household, which will, in turn, enhance food security. This was followed by buying food on credit, ranked fifth, and eating less preferred food, ranked sixth. The seventh coping strategy by rank is limiting the amount of food consumed, picking up left-over food at social functions, maternal buffering, and traveling to search for jobs. Skipping a meal once a day was ranked last among the coping measures. Some of the coping strategies employed by the vulnerable group may result in health challenges in the long run, as some of the strategies will reduce their nutrition intake.

Table 8. Coping strategies

Statement	Never	Occasionally	Regularly	Very often	Weighted score
Allowing children to eat first	0	0	22	143	638
Collecting food from the wild or garden	2	5	11	147	633
Eating once a day	0	6	20	139	628
Selling assets to buy food	0	1	32	132	626
Buying food on credit	1	1	32	131	623
Eating less preferred food	1	4	27	133	622
limiting size of food consumed	0	1	46	118	612
Picking of left-over food at social functions	3	4	52	106	591
Maternal buffering	7	6	44	108	583
Travel to search for jobs	5	5	53	102	582
Skipping meal within a day	15	9	48	93	549

CONCLUSION

This study revealed that the vulnerable group has a low monthly income, which reduces their purchasing power, and a high illiteracy exists among them. The majority of households are food insecure and have a low dietary intake. Educational level, household income, and value of productive assets were the influencing factors that enhanced food security, while household size enhanced food insecurity among the group. Gender, age, and educational level enhanced dietary diversity, while household size inhibited dietary diversity among the group. This study suggests, based on its findings, that government and development agencies should provide sound education to this group of individuals. This can be achieved via afternoon or weekend adult education and the provision of educational materials and other incentives. This would reduce the high level of illiteracy among them and improve their food security. This would also enlighten them about increasing their dietary diversity and adopting modern family planning. Policy measures that will increase their income are also required for their food security and general well-being. This could be in the form of grants, credit, and the provision of productive assets by relevant institutions and the government. The provision of nutrition-oriented programs will also enhance their dietary diversity.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors appreciate the FADAMA facilitators in the study area for the provision of the list of vulnerable group and assistance during the field survey.

Statement of Conflict of Interest

The authors have declared no conflict of interest.

Author's Contributions

The contributions of the authors are equal.

REFERENCES

- Achoja, F.O. & Obadaya, O. (2019). Backyard orchard ownership: implications for rural poverty alleviation and food security management in Nigeria. *KSU J. Agric Nat* 22(Suppl 2), 456-464. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoge.vi.546913>.
- Adeniyi, O.R. & Ojo, O.A. (2013). Food security status of rural farming households in Iwo, Ayedire and Ayedaade Local Government Areas of Osun State, South-Western Nigeria. *Afri Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 13(5), 8209-8223.
- Ağır, H.B. & Akbay, C. (2022). Impact of contract farming on beef cattle farmers' income: a propensity score matching analysis. *KSU J. Agric Nat* 25(2), 392-399. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoge.vi.896094>.
- Ahmadzai, A.K. & Akbay, C. (2020). The factors affecting food security in the eastern region of Afghanistan. *KSU J. Agric Nat* 23(2), 467-478. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoge.vi.596442>.
- Ahmed, F.F., Eugene, C.E. & Abah, P.O. (2015). Analysis of food security among farming households in Borno state, Nigeria. *Journal of Agricultural Economics, Environment and Social Sciences* 1(1), 130-141
- Ambali, O.I., Adewuyi, S.A., Babayanju, S.O. & Ibrahim, S.B. (2015). Expansion of rice for job initiative programme: implications for household food security in Lagos State Nigeria. *Advances in Economics and Business* 3(3), 99-106
- Babatunde, R.O., Omotesho, O.A. & Sholotan, O.S. (2007). Socio-economics characteristics and food security status of farming households in Kwara State, North-Central Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition* 6(1), 49-58.
- De La O Campos, A.P., Villani, C., Davis, B. & Takagi, M. (2018). Ending extreme poverty in rural areas – Sustaining livelihoods to leave no one behind. Rome, FAO. 84 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

- Egwue, L.O., Agbugba, K. & Mukaila, R. (2020). Assessment of rural households' food insecurity during covid-19 pandemic in south-east Nigeria. *International Journal of Research - GRANTHAALAYAH* 8(12), 182-194. <https://doi.org/0.29121/granthaalayah.v8.i12.2020.2713>.
- Falola, A., Mukaila, R. & Kudabo, A.M. (2021). Economic effect of social media on small scale poultry farmers. Evidence from Nigeria. *International Journal of Agricultural Science, Research and Technology in Extension and Education Systems* 11(3), 163-172.
- Falola, A., Mukaila, R. & Abdulhamid, K.O. (2022). Informal finance: its drivers and contributions to farm investment among rural farmers in Northcentral Nigeria. *Agricultural Finance Review* 82(5), 942-959. <https://doi.org/10.1108/AFR-08-2021-0116>.
- Falusi AO (1985). Socio-economic factors influencing food nutrient consumption of urban and rural households. A case study of Ondo State of Nigeria. *Nigerian Journal of Nutritional Sciences* 6(2), 52.
- Food and Agricultural Organisation (FAO) (2007). The state of food insecurity in the World. Food and agricultural organization of the United Nations (FAO), Rome
- FAO (2008). The State of food insecurity in the World. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO (2009). Production Year Book for 2009. Food and Agricultural Organization, Rome.
- FAO (2015). The state of food insecurity in the World. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- FAO (2019). The state of food insecurity in the World. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- FAO Statistics (2020). Nigeria: Hunger and food insecurity. Food and Agricultural Organisation of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#country/159>.
- Gbigbi, T.M. (2021). The nexus between pilfering menace and crop farmers' income shock: Evidence from Nigeria. *KSU J. Agric Nat* 24 (1), 200-211. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.700483>.
- Ghosh, S. (2020). Factors responsible for childhood malnutrition: A review of the literature. *Current Research in Nutrition and Food Science* 8(2), 360-370.
- Girma, G.G. (2012). Determinants of food insecurity among households in Addis Ababa City, Ethiopia. *Interdisciplinary description of complex systems* 10(2), 159-173.
- Global Hunger Index (2014). Forced Migration and Hunger
- Global Hunger Index (2019). Forced Migration and Hunger. <http://www.globalhungerindex.org/nigeria.html>.
- Greer, J. & Thorbecke, E. (1986). A methodology for measuring food poverty applied to Kenya. *Journal of Development Economics* 24(1), 59-74. [https://doi.org/10.1016/0304-3878\(86\)90144-6](https://doi.org/10.1016/0304-3878(86)90144-6).
- İkikat Tümer, E. & Birinci, A. (2020). Estimation of cattle insurance demand in Turkey through count data method: the case of TRA1 Region. *KSU J. Agric Nat* 24(3), 614-621. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.706142>.
- Kundu, S., Al Banna, H., Sayeed, A., Sultana, S., Brazendale, K., Harris, J., Mandal, M., Jahan, I., Abid, M.T. & Khan, S.I. (2020). Determinants of household food security and dietary diversity during the covid-19 pandemic in Bangladesh. *Public Health Nutrition* 24(5), 1079-1087. <https://doi.org/10.17/S1368980020005042>.
- Marinda, P.A., Genschick, S., Khayeka-Wandabwa, C., Kiwanuka-Lubinda, R. & Thilsted, S.H. (2018). Dietary diversity determinants and contribution of fish to maternal and under-five nutritional status in Zambia. *PLoS ONE* 13(9), e0204009. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204009>.
- Mukaila, R., Falola, A. & Omotesho, O.A. (2020). Food security status: its drivers and coping strategies among vegetable farming households. *Cercetări Agronomice în Moldova*, 53(4), 414-425. <https://doi.org/10.46909/cerce-2020-035>.
- Mukaila, R., Falola, A. & Egwue, L.O. (2021). Income diversification and drivers of rural smallholder farmers' income in Enugu State Nigeria. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development* 21(3), 585-592.
- Mukaila, R., Falola, A. & Akanbi, S.O. (2021). Socioeconomic determinants of income among rural women in Enugu State, Nigeria: implication for achieving first sustainable development goal. *Journal of Agribusiness and Rural Development* 4(2), 363-370.
- Mukaila, R., Falola, A., Akanbi, S.O., Aboaba, K.O. & Obetta, A.E. (2022). Drivers of poverty among rural women in Nigeria: Implications for poverty alleviation and rural development. *Journal of Rural and Community Development* 17(1), 32-48.
- Nigeria Millennium Development Goals (MDGs) End-point report (2015). UNDP in Nigeria. <https://www.ng.undp.org/content/nigeria/en/home/library/mdg/nigeria-mdgs-end-point-report-2015.html>.
- Obasan, T.A., Okojie, L.O. & Okuneye, P.A. (2017). Determinants of rural households' food security in Ogun State, Nigeria. Conference Proceedings of the 18th Annual National Conference of the Nigerian Association of Agricultural Economists the Held Al Federal University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria 16 - 19th October 2017.
- Omotesho, O.A., Adewumi, M.O. & Ayinde, O.E. (2006). Determinants of food security among the

- rural farming households in Kwara State, Nigeria. *African Journal of General Agriculture* 2(1), 7–15.
- Oyebanjo, O., Ambali, O.I. & Akerele, E.O. (2013). Determinants of food security status and incidence of food insecurity among rural farming households in Ijebu Division of Ogun State Nigeria. *Journal of Agricultural Science and Environment* 13, 92–103.
- Taruvunga, A., Muchenje, A. & Mushunje, A. (2013). Determinants of rural household dietary diversity: The case of Amatole and Nyandeni districts, South Africa. *International Journal of Development and Sustainability* 2(4), 2233-2247.

- Uzel, G., Ndimballan, A. & Gurluk, S. (2021). Impacts of corruption to agricultural export potential of the Gambia competitive neighbours. *KSU J. Agric Nat* 24(4), 886-894. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.773249>.

Appendix: Adult equivalent scale used to derive the household size

Age category (Years)	Female	Male
< 1	0.00	0.00
1 to 4.9	0.20	0.25
5 to 9.9	0.50	0.60
10 to 14.9	0.75	0.75
15 to 59.9	0.90	1.00
> 60	0.65	0.80

Source: Adapted from Falusi (1985)



The Socioeconomic attributes and Risk behaviour of Small-Scale Oil Palm Processors (Millers) in Akwa Ibom State, Nigeria

Sunday B. AKPAN^{1*}, Veronica S. NKANTA², Udoro J. UDO³

^{1,3}Department of Agricultural Economics and Extension, Akwa Ibom State University, Obio-Akpa Campus, Akwa Ibom State, Nigeria,

²Department of Agricultural Economics and Extension, University of Uyo, Akwa Ibom State, Nigeria

¹<https://orcid.org/0000-0002-0458-028X>; ²<https://orcid.org/0000-0001-7035-7978>; ³<https://orcid.org/0000-0002-6915-2788>

✉: sundayakpan@aksu.edu.ng

ABSTRACT

This study examines the socioeconomic and risk behaviour of small-scale oil palm processors in Akwa Ibom State, the southern region of Nigeria. The multi-stage sampling technique was used to collect cross-sectional data from one hundred and twenty-five (125) micro-oil palm processors. The results revealed that the majority of the processors were married and males were the dominant sex. The average years of processing experience, age, membership in social organization and educational attainment stood at 11.43 years, 48.23 years, 2.78 years and 12.15 years respectively. The processors' average household size and annual income were 5 members and ₦319, 658.33 (at 1\$ = ₦380.26 in 2020) respectively. The risk factors identified among the micro-oil palm processors include insufficient raw materials, poor public electricity, high cost of tools and machines and increased operation hazards. The result showed that oil palm processors in the region are risk-takers. The empirical results revealed that processors' age, educational attainment, membership in social organization, household size, processing experience and processors' income were significant factors influencing the risk behaviour of oil palm processors. To enhance the well-being of micro-oil palm processors in the region, emphasis should be devoted to the development of education attainment and social capital formation among others.

Agricultural Economics

Research Article

Article History

Received : 01.02.2022

Accepted : 14.07.2022

Keywords

Micro-processors
Socioeconomic
Oil palm
Risk factors
Nigeria

To Cite: Akpan, SP., Nkanta, VS., Udo, UJ. (2023). The Socioeconomic attributes and Risk behaviour of Small-Scale Oil Palm Processors (Millers) in Akwa Ibom State, Nigeria. *KSU J. Agric Nat* 26 (2), 365-376. DOI: 10.18016/ksutarimdoga.vi.1066752.

INTRODUCTION

Oil palm (*Elaeis guineensis*) is an economic crop that found its root in the tropical rainforest region of West Africa (Reddy et al. 2019; Okolo et al. 2019). From the archived, Nigeria was the leading producing nation of oil palm in the 1960s, contributing about 43% of the World production (FAO, 2022). Currently, the country is the 5th largest producer with 2.00% (i.e. 1.141 million metric tons) of the global output of 72.973 million MT (USDA, 2022 and FAO, 2022). Malaysia and Indonesia produced approximately 84% of the World's palm oil with Indonesia accounting for 58.00% (representing about 42.50 million MT) (USDA, 2022). In Africa, Nigeria is known to produce the bulk of palm oil and is also the highest consumer. The country's large population has continued to be an important driver of demand for oil palm and its derivatives. In recent times, the domestic consumption of oil palm products has exceeded supply in most parts of the West Africa region thus making the region a net importer of oil palm products (Akpan, 2019 and USDA, 2022). Despite the continuous marginal increase in annual

production, Nigeria is a net importer of palm oil and its derivatives (Ohimain and Izah, 2014; USDA, 2019). For instance, the country produced 1220 metric tons of palm oil in 2019 while the domestic consumption stood at 1390 metric tons resulting in a 12.23% deficit in domestic production which was augmented through importation (Akpan, 2019 and FAO, 2022 and USDA, 2022).

It is reported that more than 80% of the oil palm fruit production in Nigeria originates from the dispersed several smallholder farmers while established plantations accounted for the remaining 20% (Ojo et al., 2017 and USDA, 2020). To boost domestic production in the country, the federal government has implemented trade policies and launched a series of intervention programmes to increase the credit scope of oil palm farmers and encourage large scale production and processing (CBN, 2020). The processing of oil palm fruits for edible and palm kernel oils as well as other derivatives is an old occupation and is crucial to the economies of many rural households in southern Nigeria where the bulk of the

oil palm is produced (Patrick *et al.*, 2013; Udoh and Essien 2015, Basse 2016, and Okolo *et al.*, 2019; Alabi *et al.*, 2020). According to Osei-Amponsah *et al.* (2018), oil palm fruit processing involves several steps: harvesting the bunches, bunches slicing or threshing, fruit separation from the bunches, boiling of the fruits, digestion or separation of the fruit from fibres, oil extraction, clarification/separating oil from impurities and storage. Most of these steps are done manually in developing countries compared to highly mechanized processing steps in developed countries (Oyeronke and Adedotun 2019). Palm oil is the most popular derivative of oil palm fruit processing (Boyce, 2017 and Anyaoha *et al.*, 2018) and is an essential ingredient in the dietary requirement of most Nigerians. It is also a source of raw materials for many agro-allied and pharmaceutical enterprises. The food processing, cosmetic and hygiene as well as biofuel industries are responsible for 72%, 18% and 10% of industrial consumption respectively (Voorra *et al.*, 2019). The predominant technique of production for most processors in Nigeria is semi-labour intensive and is often characterized by the inefficient utilization of farm resources (Hassan *et al.*, 2016; Biodun *et al.*, 2020). However, Izah (2016) and Ebere *et al.*, (2018) noted that the smallholders and mostly semi-mechanized palm oil processors in Nigeria account for about 70-80% of the total domestic palm oil production.

In the south-south region of Nigeria, there are many wild oil palm trees spread throughout the region. An oil palm tree has a great economic value to the indigenes of the area and is mostly cultivated or maintained for its commercial benefits. The south-south region produces about 42% of the country's palm oil, while the south-east and southwest produce 25% and 27% respectively (USDA, 2022). Since the oil palm crop production requires an expanse of land and the prevalence issue of high population density in the southern region of the country, limited land has been one of the constraints facing the enterprise. In the region, about 60-80% of palm oil processing is carried out using the semi-capital technique (a mixture of the traditional and limited capital/machines) (Akpan and John, 2020). The bulk of the oil palm processing enterprises is (micro) small scale with producing capacity in the range of half a ton or 500kg to 2.5 tons of fresh fruits per hour (Akpan and Akpan, 2020). Despite the enormous potential in oil palm production, especially its rich long value chains; oil palm processors have not been able to translate these diverse opportunities to better welfare and improved income (Patrick *et al.*, 2013 Akpan *et al.*, 2020a). This is evident in increasing rural poverty among farming households in the region and the country at large (Akpan *et al.*, 2016 and Akpan *et al.*, 2020b), frequent shortages of palm oil and high price volatility (Gourichon, 2013 and Alabi *et al.* 2020); as well as an

increasing number of moribund micro oil palm processing enterprises across the producing regions in the country (Enwelu *et al.*, 2013). Observations from various studies indicate that the once flourishing sub-sector in the country is gradually becoming desolate due to multifaceted issues ranging from farmers' specific to economic, production risks, political and environmental detractors among others (Patrick *et al.*, 2013 and Akpan *et al.*, 2019). For instance, in the southern region of the country, agricultural labour in the rural areas is highly constrained by increasing youth migration to urban areas, and oil palm production and processing depend so much on human labour (Akpan *et al.*, 2017). Also, insufficient credit, poor infrastructures in the rural communities and unhealthy rivalries from imports, land use alternatives and population growth have not given the oil palm processors an easy ride to production in the region (Udoh *et al.*, 2011; Akpan, 2019; Akpan and Ebong 2021). Amidst these uncertainty and risky situations highlighted and among others, oil palm processors still plan their ways through these hash situations to produce the oil palm fruits and their derivatives though in decreasing returns to scale (Akpan, 2019).

Perhaps, the oil palm processors in the producing region have developed ways to adapt to these uncertainties and risky environments in which they operate (Izah and Ohimain 2016). Hence, it is presumably right, that the wrinkling performance of the oil palm sub-sector in the region and Akwa Ibom State, in particular, has a lot to do with processors' socioeconomic behavioural response to the risky environment and other related factors including poverty (Ojo *et al.*, 2017 and Akpan, 2019). Following these assertions, there is an overwhelming need to investigate the oil palm processors' social and economic behaviours and analyze their risk coping strategies to understand better, the path to sustainable production and improved farmers' or processors' well beings.

In line with the above thought, few studies have studied the social and economic attributes of the small scale oil palm processors' in Nigeria. For instance, Soyebó (2005); Akinnirant *et al.*, (2013); Patrick *et al.*, (2013); Emokaro and Ugbekile (2014); Adebo *et al.*, (2015); Adesiji *et al.*, (2016); Nwalieji and Ojike (2018) and Akpan *et al.*, (2019) have identified that oil palm processors were majorly males, possess the average household size of 7 members, moderately educated, are married and of middle age and well experienced in oil palm processing. The reports also submitted an average processing income range of ₦1, 000, 000.00-₦1, 006, 852.00 per annum and an average monthly gross margin range of about ₦69,600-₦100, 000.00. Besides, Gunn (2014) identified: the high cost of palm oil processing, insufficient access to credit facilities; lack of government supports, poor extension system;

unstable price of oil palm, poor road network, and obsolete processing technologies as the main constraints against the use of improved technology by the oil palm processors.

In a few related literature on sources of risks to farmers, Ezeh and Olukosi (1991); Salimonu and Falusi (2009); Udoh and Essien (2015), Okolo et al., (2015) and Onu et al., (2021) documented irregularity in input supply, volatility in market prices, pest, government policies, diseases, inaccessibility to credit facilities and the use of obsolete processing equipment, poor water supply, poor equipment, inadequate land, lack of information on modern oil palm processing and changes in weather conditions as the major risk sources in crop production and processing in Nigeria. Similarly, literature on the risk behaviour of farmers has been documented by Nmadu *et al.*, (2012) and Akhtar *et al.*, (2017). In summary, they identified processors' sex, education, distance from farm to the main market, off-farm income, age, farming experience, access to extension agents, marital status, household size, family income, credit, membership of cooperative, off-farm income, access to information, mode of land acquisition and total investment capital as significant variables that determined risk behaviour of small-scale farmers. Likewise, Biodun et al., (2020); Alabi *et al.* (2020) and Islam *et al.*, (2021) found high transport cost, output price fluctuations, insufficient raw materials and credit, crude processing methods, poor quality of the output and poor infrastructures as major risk factors for crop processors.

From the literature reviewed, the oil palm enterprise in the country has not been given due attention in terms of the risk attitude of the processors despite its rich value chains and providing sources of livelihood to many rural households. The study was specifically designed to fill this lacuna and equally update the available information on the socioeconomic characteristics of the processors, hence providing additional resources for policymakers in the region and country at large. Hence, the study examines the social and economic attributes of the small-scale oil palm processors and also identifies the risk coping strategies adopted by them in the prevailing harsh and risky production environment as well as identifying factors that influence their risk attitude/risk index.

RESEARCH METHODOLOGY

Study Area

The study was carried out in Akwa Ibom State located in the southern region of Nigeria. The State is divided into six agricultural zones namely: Uyo, Oron, Ikot Ekpene, Eket, Abak and Etinan. Three zones were selected based on the volume of oil palm fruit production. The zones used were: Ikot Ekpene, Abak and Eket agricultural zones.

Study Population

The sample population consists of all the oil palm processors (millers) in Ikot Ekpene, Abak and Eket agricultural zones in Akwa Ibom State. According to the ADP representatives in the zones, there are about 800 well-established oil palm processors in the zones.

Sample Size Selection

The study used Cochran's (1963) formula to derive a representative sample size from a finite population of oil palm processors in the study area. The equation is specified as thus:

$$S_n = \frac{z^2 P(1 - P)}{D^2} \dots \dots \dots (1)$$

Where S_n is the required sample size; Z is the 95% confidence interval (1.96); P is the estimated proportion of micro oil palm processors in the total population of oil palm processors in the study area (about 91%); D is the absolute error or precision at 5% type 1 error. The sample size is derived as shown in equation 2

$$. S_n = \frac{(1.96)^2 0.91(1 - 0.91)}{(0.05)^2} = 126 \dots \dots (2)$$

Type of Data, Sampling Procedure and Sample Size

Primary data were elicited from the micro oil palm processors in selected zones. A well designed structured questionnaire was administered to the oil palm processors to collect the required data. A two-stage sampling technique was adopted to choose the required sample size used in the study. The first stage involved the use of purposive sampling to select three local government areas in each zone. This led to the selection of nine (9) local government areas. The second stage involved the random selection of fourteen (14) small-scale oil palm processors in each of the selected local government areas. A total of one hundred and twenty-six (126) micro oil palm processors representing more than 15.00% of the target population were selected in the zone for the study. However, one hundred and twenty-five (125) oil palm processors' responses were used for the analysis.

Defining Risks and construction of the risk index in the study

In this study, risks were perceived as those factors that prevent the micro oil palm millers from achieving the optimum or sustainable income/production required to maintain the enterprise. It is also assumed that the effect of risks on the oil palm millers' income or production can be estimated, unlike the uncertainties. Different types of risks were considered in computing the risk index of an oil palm miller in the study area. The type of risks considered were; production, marketing, environmental, financial, and human resource risks.

The risk index is the measure of farmers'/processors attitudes to risk. To construct the risk index, several questions cut across all the types of risks considered in this study were drafted. The sum of positive responses

of the oil palm processors was weighted with the total number of questions asked to generate the risk index used in the study. Mathematically, the index estimated is presented as thus:

$$RI = \frac{\sum \text{summation of the number of positive response(s) of the oil palm miller}}{\sum \text{total questions asked}} \dots \dots (3)$$

The risk index (RI) ranges from zero to unity. When the RI approaches zero, it means that the oil palm miller is risk-averse or has taken sufficient efforts to deal with the risks. In other words, such respondent has developed alternatives to eliminate the negative impacts of several risk factors in the business. Also, an index of 0.5 connotes moderate ability to address these risks (risk-neutral), while a risk index approaching unity implies risk tolerance (risk-taker) oil palm miller. The risk tolerance or risk-taker investor can bear or tolerate several risk factors amidst production and other components of the value chain.

The model specification

The descriptive tests were used to examine the socio-economic characteristics of the micro oil palm millers, while a nominal scale was used to rank the risk factors in order of their prevalence. Besides, multiple linear regression based on Ordinary Least Squares estimation was used to identify the causal relationships between the risk index and the social and economic characteristics of the oil palm millers in the study area.

Explicitly, the risk index model used is specified as thus:

$$RI_i = Y_i = \beta_0 + \beta_1 AGE + \beta_2 SOC + \beta_3 EDU + \beta_4 EXP + \beta_5 HHS + \beta_6 CRE + \beta_7 EXT + \beta_8 PIC + \varepsilon_i \dots \dots \dots (4)$$

Where,

RI = Risk index of oil palm miller as defined in equation 1

AGE = age of the oil palm miller owner (years)

SOC = oil palm miller membership in social organization (years)

EDU = educational qualification of oil palm miller (years)

EXP = experience of the oil palm miller/processor (year)

HHS = household size of the oil palm miller/processor (number)

CRE = access to credit facility by oil palm miller (dummy; 1 for access and 0 for non-access)

EXT = access to agricultural extension services by the oil palm miller (dummy; 1 for access and 0 for non-access)

PIC = income from oil palm processing business (naira)

RESULTS and DISCUSSION

Socioeconomic characteristics of oil palm processors

The summary of the socio-economic features of the micro oil palm processors is shown in Table 1. The finding revealed that the majority of the oil palm processors (96.80%) were males, while a minority (3.20%) were female. The result of the sex composition of the processors is likely linked to the fact that the male processors are more able to withstand the rigorous demands of agro-processing compared to their female counterparts. The finding corroborates Soyebó (2005), Akinnirant *et al.*, (2013), Patrick *et al.*, (2013), Emokaro and Ugbekile (2014), Adebo *et al.*, (2015) and Nwalieji and Ojike (2018).

Also, the majority (35.20%) of the processors were in the age range of 41-50 years, while 21.60% and 26.40% of the processors were in the age range of 31-40 and 51-60 respectively. However, the youthful (20-30 years) and the aged (greater than 60 years) populations constituted 8.00% and 8.80% of the sample population respectively, while the average age of 48.23 years was obtained for all the processors. Following this finding, there is an overwhelming need to encourage youth involvement in oil palm processing in the study area. Concerning the age distribution of the processors, it means that majority of the oil palm processors are fast ageing and there is an overwhelming need to encourage youth involvement in the oil palm processing businesses. The involvement of the youths in the business would ensure sustainability and the adoption of updated technologies. A similar finding has been reported by Soyebó (2005), Akinnirant *et al.*, (2013), Patrick *et al.*, (2013), Adebo *et al.*, (2015), Nwalieji and Ojike (2018) and Akpan *et al.*, (2019).

Besides, the result reveals that the majority (96.80%) of the processors were married while only 3.20% were single. The marital status of the processors suggests that oil palm processing is a sustainable livelihood activity for several families. This means that many families in rural areas depend on the oil palm processing business for their improved well-being. Soyebó (2005), Akinnirant *et al.*, (2013), Patrick *et al.*, (2013), Emokaro and Ugbekile (2014), Adebo *et al.*, (2015), Adesiji *et al.*, (2016), Nwalieji and Ojike (2018) and Akpan *et al.*, (2019) have reported a similar result.

Moreover, the distribution of the processing experience of the processors indicates that 60.00% of the processors have experience of 1-10 years, 30.40% belong to 11-20 years of processing experience while

9.60% settled in 21-30 years experienced cadre. An average of 11.43 years of processing experience was realized for all the processors. In line with the above result, the average processing experience of 11.43 years shows the level of sustainability of the business

in the region. A similar structure in processing experience has been found by Soyebó (2005), Akinnirant *et al.*, (2013), Patrick *et al.*, (2013), Nwalieji and Ojike (2018) and Akpan *et al.*, (2019).

Table 1. Socioeconomic characteristics of micro oil palm Processors

Characteristic	Frequency	Percentage	Mean
Marital Status of processors (number)			
Single	4	3.20	Dummy
Married	121	96.80	
Total	125	100.00	
Processing Experience (Years)			
1-10	75	60.00	11.43
11-20	38	30.40	
21-30	12	9.60	
Total	125	100.00	
Educational Qualifications (years)			
No Education	2	1.60	12.15
Primary	21	16.80	
Secondary	50	40.00	
Tertiary	52	41.60	
Total	125	100.00	
Membership in Social Organization (years)			
0	73	58.40	2.78
1-10	46	36.80	
11-20	6	4.80	
Total	125	100.00	
Family Size of processors (number)			
1-5	85	68.00	5.00
6-10	38	30.40	
Greater than 10	2	1.60	
Total	125	100.00	
The processed income per year (Naira)			
Less than 100,000	33	26.40	319,658.33
100,001-300,000	29	23.20	
300,001-500,000	25	20.00	
500,001-700,000	17	13.60	
700,001-1,000,000	15	12.00	
Greater than 1,000,000	6	4.80	
Total	125	100.00	
Sex composition of processors (number)			
Male	121	96.80	Dummy
Female	4	3.20	
Total	125	100.00	
Age Distribution of processors (Years)			
20-30	10	8.00	48.23
31- 40	27	21.60	
41- 50	44	35.20	
51-60	33	26.40	
>60	11	8.80	
Total	125	100.00	

The analysis of the educational qualification of the micro oil palm processors shows that the majority of

the processors (41.60%) went through tertiary institutions and 40.00% obtained secondary education, while 16.80% of the processors had primary education.

Only 1.60% of the processors had no formal education. An average of 12.15 years of formal education was revealed among the processors. Also, the educational qualification of the processors suggests that the oil palm processors have the potential for innovation adoption, market participation and access to several information sources. Akinnirant *et al.*, (2013), Patrick *et al.*, (2013), Nwalieji and Ojike (2018) and Akpan *et al.*, (2019) had similar results.

The findings further reveal that the majority (58.40%) of small-scale oil palm processors do not belong to any social group. About 36.80% and 4.80% of the processors have enjoyed social capital for the period of 1-10 years and 11-20 years respectively.

Source: Computed by authors, data from field survey, 2020. Average annual exchange rate (1\$ = ₦380.26 in 2020)

This implies that oil palm processors in the study area have a low level of social interaction or social capital. This assertion is substantiated by an average of 2.78 years of social interaction found among them. In addition, the low degree of social capital creation among the processors means that somehow they might not have adequate information to update their current levels of production. The prevalence of low capital formation among the oil palm processors could be attributed to the increasing job diversification, the unorganized market for oil palm products and sometimes societal mistrust as well as cultural and religious barriers. The finding corroborates Akpan *et al.*, (2019).

As well, the structure of the family labour was analyzed and is important within the framework of small scale production. An average household size of 5 members was found for the processors. However, the breakdown of the family size of the processors shows that 68.00%, 30.40% and 1.60% of the processors have a family size in the range of 1-5, 6-10 and greater than 10 members respectively. Furthermore, the structure of the household size reveals the significance of household labour in the oil palm processing business. The method of processing is mainly labour intensive and hire labour is becoming scarce following the alternative/competitive use from other farm activities and the issue of rural-urban migration. Emokaro and Ugbekile (2014), Adesiji *et al.*, (2016), Nwalieji and Ojike (2018) and Akpan *et al.*, (2019) submitted similar results.

The study also reveals that the majority (26.40%) of the processors make less than ₦100, 000 annual income. About 23.20% of the processors earned annual income in the range of ₦100, 001 to ₦300, 000; while 20.00% of the processors realized annual income in the category of ₦300, 001-₦500, 000. Only 13.60% and 12.00% of the processors generated annual income in the range of ₦500, 001 to ₦700, 000 and ₦700, 001 to

₦1, 000,000.00 respectively. The finding reveals that only 4.80% of the processors earned more than ₦1, 000,000.00 per annum. However, an average annual income of ₦319, 658.33 was discovered among the processors in the study area. The size of the annual income generated from the oil palm processing business in the study area justified the small scale nature of the business. The finding is within the range submitted by Adebo *et al.*, (2015), Adesiji *et al.*, (2016) and Akpan *et al.*, (2019).

RISK FACTORS FACED BY OIL PALM PROCESSORS

Risk factors in oil palm processing are considered inducers or promoters of risks. These are challenges or constraints an oil palm processor must unravel before the attainment of efficient production and sustained profitability. These risk factors confronting the oil palm processors were analyzed and the results are presented in Table 2. From the finding, all processors attested to the fact that an insufficient quantity of oil palm fruit is the number one challenge hindering the efficient processing of oil palm fruit or attainment of full capacity utilization rate. The problem of insufficient quantity of oil palm fruit stems from the seasonality in production; unhealthy rivalry among buyers and the increasing alternative of oil palm land use. The resultant effect is the shortage experienced in the supply and this sometimes leads to an increase in the price of the oil palm fruits. The price fluctuation is, however worst during the lean season compared to the on-season.

The findings also reveal the poor public supply of electricity and the high cost of billing as among the major risks hindering the improved performance of the oil palm processing business in the study area. Also, the erratic supply of public electricity has pushed the majority of the processors to depend on other sources of power which are expensive and hence increase the production cost and reduce the profit margin. Sufficient power is needed to carry out efficiently the activities of palm fruit processing and hence constitutes a significant part of the production cost.

Another important risk factor encountered by the oil palm processor in the region is the issue of the high cost of tools, machines and equipment used in the processing business. The acquisition of these necessary tools, equipment and machines help to relieve the stress and drudgery involved in the oil palm processing business. Most of the processors are resource-poor and thus do not have a sufficient resource base to acquire the necessary capital needed to achieve high efficiency in the business. This challenge was obvious among the processors as the majority of them owned and operates obsolete machines, tools and equipment as well as made use of the traditional method of production.

Table 2: Perceived Risks in the oil palm milling (oil palm processors) in Akwa Ibom State

S/N	Risk factors faced by the oil palm processor	Percentage response	Ranking
1	Insufficient raw materials (oil palm fruits)	100.00	1 st
2	Poor public electricity/high cost of billing	95.00	2 nd
3	High cost of tools, machines and equipment	93.33	3 rd
4	Increase operation hazards	93.33	3 rd
5	Theft/pilfering	88.33	4 th
6	Poor road network	85.00	5 th
7	High transportation cost	80.00	6 th
8	Price inconsistency of raw materials	75.00	7 th
9	Lack of adequate skills to operate machines	43.33	8 th
10	Higher wages for hired labour	25.00	9 th
11	Lack of purchasing power/insufficient demand	21.67	10 th
12	No organized market for processed products	16.67	11 th

Source: Computed by author, data from field survey, 2019. Multiple choices were allowed.

The processors, in addition, revealed the prevalence of the operation hazards as a serious risk factor affecting the efficient operation of oil palm processing. The issue of increase in operational hazard has to do with the inferior technique of production used and almost zero training and research among the processors. All the activities involved in oil palm fruit processing are without operational hazards. From harvesting to transporting the fruits to the processing site, there are hazards associated with all the stages of processing. The hazards range from mild to severe and could sometimes lead to death. For instance, during harvesting and thrashing of the bunch among other activities; processors opined that they suffered a daily injury in the business of oil palm processing. Minimizing the frequency of these hazards is critical to attaining higher capacity utilization and efficiency of resources used,

Another serious risk factor identified was pilfering or theft. This is a serious drawback factor to many processors in the study area as the menace of theft is predominantly reported by the processors because most of the processing units are located in isolated areas but closer to the source of raw materials. Most of the processors do not have sufficient financial backup to obtain adequate security for their raw materials, machines and other factors of production, as such they are exposed to pilfering at all levels of production.

The risks of the poor road network and high transportation costs were also selected by the processors as among the impediments to attaining higher capacity utilization. The poor farm road could delay the conveying of oil palm fruits to the processing site. Oil palm processing is a time-bound activity and the quality of oil palm produced is the function of the number of hours a processor subject the fresh fruits to processing.

In the other perspective, the bulkiness of the oil palm fruit leads to the high cost of transportation and this is

one of the major components of production cost. A processor that purchases fruits far away from his processing site would likely incur a higher cost of transit.

The price inconsistency of the raw materials (especially the palm fruit) in the market is one of the major risk factors whirling around the oil palm processors in the study area. The inconsistency in price occurs following some imperfections in the oil palm fruit market in the region. For instance, bunch sizes depend on the species of the oil palm tree, taxes, the transportation cost and price bargaining including competition created by the rich merchants from the neighbouring States among others. The minor risk factors or challenges the processors identified include; Lack of adequate skill to operate the machines, high wages for hired labour, lack of purchasing power or insufficient demand, and the unorganized market for processed products. The findings are in agreement with the reports of Ezech and Olukosi (1991), Salimonu and Falusi (2009), Gunn (2014) and Akpan *et al.*, (2019).

Risk index distribution among oil palm processors

The summary of risk behaviour or attitude of the oil palm processors is presented in Table 3. The mean risk index is 0.64118, implying that many of the oil palm processors bear or operate in risky situations rather than averting them. Hence, on average the oil palm processors in the study area are risk-takers. Only 15.20% of the oil palm processors have lower risk indices in the range of 0.40 - 0.50. This means that this set of processors has a lower capacity to operate in the risky environment or has taken measures to mitigate the various forms of risks confronting them.

Contrary, about 84.80% of the oil palm processors can be described as risk-takers because their risk index exceeds 0.500 units, though the result shows different degrees of risk-taking. This category of oil palm processors can adapt or integrate risky situations into

the operation of oil palm processing. To exhibit this character of risk-taking does not portray efficient management but rather represents additional cost to the total cost of production because each risk factor has a cost. However, the minimum and maximum risk factors reported among the oil palm processors were

0.412 and 0.941 respectively, while 19.67% of the variability in the risk index was observed. The distribution of the risk factors skews positively denoting increasing tendencies of risks among micro oil palm processors.

Table 3: The risk index distribution among oil palm processors

Category	Frequency	Percentage
0.400-0.500	19	15.20
0.501-0.600	40	32.00
0.601-0.700	23	18.40
0.701-0.800	31	24.80
0.801-0.900	10	8.00
0.901-1.000	2	1.60
Total	125	100.00
Minimum	0.41176	
Maximum	0.94118	
Mean	0.64118	
Standard deviation	0.12616	
Coefficient of variability	0.19677	
Skewness	0.22432	

Sources: Computed by authors.

Determinants of risk behaviour of small-scale oil palm processors

The causal relationship between the risk indices and socioeconomic characteristics of the micro oil palm millers/processors was investigated using the multiple linear regression model based on the OLS estimation technique and the estimates are presented in Table 4. The R-squared value (0.6451) revealed that about 64.51% of the total variability in the risk indices is associated with the specified explanatory variables. The F-statistic (4.709) is significant at 1% probability level. This indicates that the estimated R-squared is significant and by implication the estimated model has the goodness of fit. The multicollinearity factor (a

prominent problem common among cross-sectional data) was tested with the variance inflation factor (VIF) and tolerance ratio. The result showed no significant presence of multicollinearity. This further confirmed the reliability of the estimates of the multiple regression model. Furthermore, the estimated RESET test, heteroscedasticity and normality of the error term tests indicated structural rigidity of the estimated model, absence of heteroscedasticity and justification of the use of Ordinary Least Squares estimation methods respectively. This implies that the estimates are consistent and unbiased

Table 4: Ordinary Least Squares estimates of the risk index of oil palm processors in Akwa Ibom State

Variable	Coefficient	Robust Std. error	t-test	Prob.	VIF	Tolerance factor
Constant	0.7064	0.0868	8.135***	0.0000	-	-
AGE	-0.0018	0.0008	-2.250**	0.0310	1.414	0.7072
SOC	-0.0036	0.0015	-2.390**	0.0213	1.255	0.7968
EDU	-0.0066	0.0038	-1.729*	0.0838	1.301	0.7686
EXP	-0.0056	0.0032	-1.751*	0.0816	1.415	0.7067
HHS	0.0005	0.0002	2.500**	0.0192	1.564	0.6394
CRE	0.0266	0.0350	0.760	0.4473	1.513	0.6609
EXT	-0.0141	0.0338	-0.417	0.6770	1.159	0.8628
PIC	-6.68e-09	3.36e-09	-1.989*	0.0467	1.515	0.6601
Diagnostic tests						
R-Squared	0.6451	White test (P-value)		0.16757		
F-Cal (8, 117)	4.7086***	RESET test (P-value)		0.15779		
Normality test (P-value)	0.82492	Adjusted R-Squared		0.43980		

Source: Computed by authors, asterisk, *, ** and *** represent significant probability at 10%, 5% and 1% respectively.

The empirical results showed that oil palm processors/millers' age has a negative relationship with the risk index factor of oil palm milling. The result implies that a unit increase in the processor's age would lead to about 0.0018 unit reduction in the risk index. This means that older processors are more risk-averse compared to younger ones. In other words, the older processors will likely adopt alternative ways to avert risky situations rather than tolerate them. Similar results have been submitted by Akhtar *et al.*, (2017) and Islam *et al.*, (2021).

The result also showed that increase in social activities or being a member of a social organization has a negative correlation with the risk index of oil palm millers in the study area. This means that being an active member of an oil palm processors' association will reduce the risky situations common to the business. For instance, a year increase in membership of a related social group or oil palm processors' social group will reduce the risk index by 0.0036 units. The result satisfies priori expectation because social capital accumulation resulting from being a member of a social organization help in information sharing thereby helping to avert some common risks inherent in the business. Related results by Akhtar *et al.*, (2017) and Nmadu *et al.*, (2012) substantiate this finding.

The coefficient of education is negative and significant at a 10% probability level. This means that years of formal education of an oil palm processor is a significant negative determinant of risk index or attitude. Precisely, a year increase in the formal education of the processor would lead to a 0.0066 unit reduction in the risk index of oil palm milling. An increase in education would likely increase the oil palm processors' risk coping ability. It will also increase the scope of information available to the processor on oil palm processing risks and equally improve the quality of human resources as well as managerial ability in the business. When these attributes are obtained following improvement in formal education, the oil palm processors will be risk-averse. The finding corroborates Nmadu *et al.*, (2012).

The oil palm processors' experience has a significant (at a 10% probability level) negative relationship with the risk index. A year increase in processing experience will lead to a 0.0056 unit decrease in the risk index. The plausible reasons for the result include the fact that an increase in processing experience bred mitigation strategies in the short run and allowed the processor to adapt to risk reduction plans in the long run. The finding aligns with the Nmadu *et al.*, (2012) report.

Similarly, the processing income of an oil palm processor has a significant (at 10% probability) negative relationship with the risk index. This means that the more income accruing to the processor, the

more likely production and other forms of risks will be averted in oil palm milling. The result is in agreement with a priori expectation as an increase in income will provide alternative means of solving risky situations at any point in the value chain of oil palm production. Akhtar *et al.*, (2017) found a similar result.

Contrary to the above results, an increase in the household size has a triggering effect on the risk index of oil palm processors in the study area. By implication, a unit increase in the processors' household size induces about 0.0005 (at 5% probability) unit increase in the risk index of oil palm processors in the study area. An increase in household size increases the household expenditure thereby depriving farm households of sufficient financial ability to tackle risky situations on the farm. The finding agrees with the report of Nmadu *et al.*, (2012)

SUMMARY and CONCLUSION

The study examined the socioeconomic characteristic and risk factors confronting the micro-oil palm processors in Akwa Ibom State, Nigeria. The results revealed that oil palm processors were fast ageing, hence the need to encourage youths into oil palm processing is obvious in the State. Also, there is low social capital formation among oil palm processors which has contributed to the slow innovation adoption among the micro-processors. Besides, results showed that the majority of the processors were males, married and have attended tertiary and secondary schools. The average years of processing experience, age, membership in social organization and educational attainment stood at 11.43 years, 48.23 years, 2.78 years and 12.15 years respectively. The processors' average household size and annual income was 5 members and ₦319, 658.33 respectively. The risk factors identified among the oil palm processors include insufficient raw materials (oil palm fruits), poor public electricity/high cost of billing, high cost of tools, machines and equipment, increase operation hazard, theft, poor road network and high transportation cost among others. Findings revealed that oil palm processors in the region are risk-takers. The empirical findings showed that the processors' age, social capital, processing experience and income, as well as formal education, are negative determinants of the risk index/attitude of the oil palm processors: while the household size was identified as a positive determinant.

In conclusion, it is glaring that harnessing resources to fast track development in oil palm processing will contribute immensely to the improvement in human capacity available in the sub-unit and reduce poverty among Nigerians. However, the sub-unit needs urgent interventions to reduce the risky situations associated with its value chain. The study has identified a myriad

of factors that should be considered by the policymakers for meaningful and sustainable interventions in the sub-unit. Therefore, based on the findings, it is strongly recommended that government and all stakeholders in the agricultural sector in the region should develop policies that will improve the socioeconomic characteristics of the oil palm processors and reduce the risk factors in the business to achieve better efficiency the business. Also, the adult education programme in the State should be strengthened for efficient delivery.

ACKNOWLEDGEMENT

We are grateful to the staff of the Agricultural Development Programme (ADP) of Akwa Ibom State and all oil palm processors that participated in this research exercise. The authors also appreciate our colleagues from Akwa Ibom State University and the University of Uyo for their useful input on various dimensions.

REFERENCES

- Adebo. G.M., Ayodele. O.J., & Olowokere. K (2015). "Palm Oil Production as a Poverty Alleviation Strategy among Small-scale Farmers in Ekiti State, Nigeria." *World Journal of Agricultural Research*, 3(2), 43-48. DOI: 10.12691/wjar-3-2-1.
- Adesiji, G.B, Komolafe S.E, Kayode A. O., & Paul A. B (2016). Socio-Economic Benefits of Oil Palm Value Chain Enterprises in Rural Areas of Kogi State Nigeria. *Production, Agriculture and Technology*; 12(1), 36-47.
- Akhtar, S., Gu-Cheng, L., Ullah, R., Nazir, A., Amjed Iqbal, M., Raza, H., Iqbal, N., & Muhammad Faisal, M (2017). Factors influencing hybrid maize farmers' risk attitudes and their perceptions in Punjab Province, Pakistan. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(1), 60345-7. Available online at www.sciencedirect.com.
- Akinniran, T. N., Ojedokun, I. K., Sanusi, W. A., & Ganiyu, M. O (2013). Economic Analysis of Oil Palm Production in Surulere Local Government Area of Oyo State, Nigeria. *Developing Country Studies*; 3(13), 8-16.
- Akpan, S. B (2019). Oil palm fruit supply function in Nigeria. *Ife Journal of Agriculture*, 31(3), 11-26.
- Akpan, S. B., & Akpan, E. M (2020). Capacity utilization of small scale oil Palm Fruit Processing mills in Ikot Ekpene agricultural zone of Akwa Ibom State, Nigeria. *African Journal of Agriculture, Technology and Environment* 9(1), 51-61.
- Akpan, S. B., & Ebong, V. O. (2021). Agricultural land use and population growth in Nigeria. The need for synergy for a sustainable agricultural production. *Journal Agribusiness and Rural Development*, 61(3), 269-278..
- Akpan, S. B. & John. D. N (2020). Technical efficiency of small scale cassava-based Processors (Cassava grater operators) in Eket Agricultural Zone of Akwa Ibom State, Nigeria. *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*. 16(3), 137-149.
- Akpan, S. B., Edet J. U. & Inimfon V. P (2016). Sustaining Small Scale Farming: Evidence of Poverty and Income Disparity among Rural Farming Households in South-South Region of Nigeria. *Path of Science: International Electronic Scientific Journal*; 2 (9), 4-9.
- Akpan, S. B., Offor, O. S. & Archibong, A. E (2020a). Access and demand for credit among small scale agro-based processors in Uyo agricultural zone, Akwa Ibom State, Nigeria. *Nigerian Journal of Agriculture* 51(1), 132-141.
- Akpan, S. B., Okon, U. E., Udo, U. J., & Akpaden, I. S (2020b). Analysis of income inequality and poverty incidence among oil palm farmers in Akwa Ibom State, Nigeria. *Ife Journal of Agriculture*, 32(2), 102- 117.
- Akpan, S. B., Umoren, A. A & Okon, U. O (2017). Youths and off-Farm Economic Employments: a Case Study of Youths in the Rural Areas of Akwa Ibom State, Nigeria. *International Journal of Agriculture and Rural Development*, 20 (1), 2914-2925.
- Akpan, S. B., Uwemedimo E. O. & Imaabasi S. A (2019). Poverty coping strategies of oil palmfarmers in Akwa Ibom State, Nigeria. *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*; 15(1), 20-30.
- Alabi, D. L., Famakinwa, M. & Akinnawonu, O. E (2020). Involvement of rural households in oil palm (*Elaeis guineensis*) fruits postharvest activities in Ondo State, Nigeria. *Journal of Agricultural Extension*, 24(1), 42-53.
- Anyaocha, K. E., Sakrabani, R., Patchigolla, K., Mouazen, A. M (2018). Evaluating oil palm fresh fruit bunch processing in Nigeria. *Waste Management & Research*. 36(3), 236-246
- Bassey, O. J (2016). Overview of oil palm production in Nigeria, comparative social and environmental impacts; the case of Ekong Anaku Community in Cross River State Nigeria. *Institute of social science, Erasmus University of Rotterdam, the Hague Netherlands*; 3(15), 1-10.
- Biodun, M. B., Akinlabi, E. T., Okokpjie, I. P., &Fayomi, O. S (2020). An overview of palm oil production processing in Nigeria. A case study of Iashe, Nigeria. International Conference on Engineering for Sustainable World (ICESW). *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 1107 (1), 012134. doi:10.1088/1757-899X/1107/1/012134.
- Central Bank of Nigeria (2020). Guidelines for the private sector-led accelerated agriculture development scheme. Retrieved on, the 3rd of December and is available at: <https://www.cbn.gov.ng>

- cbn.gov.ng/out/2020/dfd/guidelines%20for%20the%20p-aads.pdf.
- Ebere, E. C., Wirnkor, V. A., Chinedu, E. E., & Ngozi, V. E (2018). A Review on the Quality of Palm Oil (*Elaeis guineensis*) Produced Locally in Imo State, Nigeria. *Sustainable Food Production Submitted: 4(1)*, 40-50
- Emokaro, C. O. & Ugbekile, P. C 2014. Economic analysis of oil palm processing in Ovia northeast and Ikpoba-Okha local government areas of Edo State, Nigeria. *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment. 10(2)*, 70-78.
- Enwelu, I. A., Nwanegbo, O. A., Onoh Peter & Ifejika, P. I (2013). Challenges and Prospects of Smallholder Oil Palm Production in Awka Agricultural Zone of Anambra State, Nigeria. *Journal of Agricultural Extension 17(2)*, 39-46.
- Ezeh, C.C., & Olukosi, J. O (1991). Farmers' perception of risks and their responses in dry season farming: A study of the Kano River Project. *The Nigerian Journal of Agricultural Extension, 6(1-2)*, 12-17.
- FAO (2021). FAOSTAT Website, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics Division, Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/>. On the 31st of December, 2021.
- Food and Agricultural Organization (2020). Oil Palm production in Nigeria. Retrieved on the 3rd of January, 2022 at: www.fao.org/faostat/en/#data.
- Gourichon H (2013). Analysis of incentives and disincentives for Palm Oil in Nigeria. Technical notes series, MAFAP, FAO, Rome.
- Gunn, P (2014). Problems and Prospects of Small-Scale Palm oil Processing in Delta State. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare 4(20)*, 170-174.
- Hassan, M. A., Njeshu, G., Raji, A., Zhengwuvi, L., & Salisu, J (2016). Small-Scale Palm Oil Processing in West and Central Africa: Development and Challenges. *Journal of Applied Sciences & Environmental Sustainability 2(5)*, 102-114.
- Izah, S. C (2016). Possible Challenges of Potential Drivers of Oil Palm Processing Sector in Nigeria. *Journal of Biotechnology Research 2(10)*, 73-79.
- Izah, S. C. & Ohimain, E. I (2016). The opportunities and weakness of Nigerian oil palm industry. *Biotechnology Research, 2*, 33-43.
- Nmadu, J. N., Eze, G. P., & Jirgi, A. J (2012). Determinants of Risk Status of Small Scale Farmers in Niger State, Nigeria. *British Journal of Economics, Management & Trade, 2(2)*, 92-108.
- Nwalieji, H. U., & Ojike, H. U 2018. Characteristics of Small-Scale Palm Oil Production Enterprise in Anambra State. *Journal of Agricultural Extension; 22(1)*, 22- 34. Available at; <https://dx.doi.org/10.4314/jae.v22i1.3>.
- Ohimain, E. I. & Izah, S. C (2014). Manual energy contribution to palm oil processing by the semi-mechanized mill in Bayelsa state, Nigeria. *International Journal of Farming and Allied Science 3*, 729-732.
- Ojo G. U., R. A. Offiong, S. O. Akhaine, A. Baiyewu-Teru & F. Allen (2017). Oil palm plantations in forest landscapes: impacts, aspirations and ways forward in Nigeria. Wageningen, the Netherlands: Tropenbos International, 2017.
- Okolo, C. C., Solomon, S. & Igene, L (2015). Analysis of women participation in oil palm processing in Dekina LGA of Kogi state, Nigeria. *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment. 11(2)*, 57 -160.
- Onu, S. E., Ekwe K. C. & Nwachukwu I. M (2021). Gender Analysis of Rural Households' Involvement in Oil Palm Production, Processing and Marketing in Southeast Nigeria. *Journal of Community & Communication Research 6(1)*, 76-84.
- Osei-Amponsah, C., Agbotse, P., Swanzy, F. & Stomph, T. J (2018). Role of smallscale enterprises in Agricultural Development Agendas: Insights from oil palm processing enterprises in the Kwae bibirem district of Ghana. *Ghana Journal of Agric. Sci., 52(1)*, 131-144.
- Oyeronke, A. T. & Adedotun, Y. O (2019). Socio-economic factors affecting the choice of oil palm fruit processing technologies in Ondo State, Nigeria. Invited paper presented at the 6th African Conference of Agricultural Economists, September 23-26, 2019, Abuja, Nigeria. Number of pages
- Patrick, I. M., Sunday B. Akpan, Samuel J. Udoka, Daniel E. John & Ubong E. Etokeren (2013). Factors affecting performance of palm oil processors in the South-South Region of Nigeria. *International Journal of Agricultural Economics and Extension 1(4)*, 17-023.
- Reddy, M. T., Kalpana, M., Sivaraj, N., Kamala, V., Pandravada, S. R., & Sunil, N (2019). Indigenous traditional knowledge on health and equitable benefits of oil palm (*Elaeis* spp.). *Open Access Libr J.; 06(01)*, 1-25.
- Salimonu, K. K., & Falusi, A. O (2009). An Empirical Analysis of Attitude towards risk and the influence of socio-economic and demographic factors among food crop farmers in Osun State, Nigeria. *International Journal of Applied Agricultural and Apicultural Research, 5(1)*, 32-43.
- Soyebo, K. O., Farinde, A. J., & Dionco-Adetayo, E. D (2005). Constraints of Oil Palm Production in Ife Central Local Government Area of Osun State, Nigeria. *Journal of Social Science, 10(1)*, 55-59.
- Udoh, E. J., Akpan, S. B., & Edidiong R. Effiong (2011). Economic Analysis of Land Allocation Use and Intensification among Arable Crop Farmers in Uruan Local Government Area of Akwa-Ibom State, Nigeria. *Journal of Economics and Sustainable Development, 2(11-12)*, 1-10.
- Udoh, O. S., & Essien, B. S (2015). Palm Oil Processing and Marketing and Sustainable Livelihood in Rural

- Communities of Akwa Ibom State, South-South-Nigeria. *IOSR Journal of Business and Management*, 17(10), 43-50.
- United States Department of Agriculture (USDA) (2019). Reports on Oilseeds and Products Annual on palm production 2019. International Production Assessment Division.
- United States Department of Agriculture (USDA) (2020). Reports on the World oil palm production 2020. International Production Assessment Division.
- United States Department of Agriculture (USDA) (2022). Reports on the World oil palm production (2022). International Production Assessment Division.
- Voora, V., Larrea, C., Bermudez, S., & Baliño, S. (2019). Global Market Report: Palm Oil Published by the International Institute for Sustainable Development In collaboration with ITC and Fibl.



Türkiye'nin Nohut Dış Ticaretinde Karşılaştırmalı Üstünlüğünün Analizi

Veli Anıl ÇAKAN¹, Şule TURHAN²

^{1,2}Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Bursa,
¹<https://orcid.org/0000-0002-5934-2203>, ²<https://orcid.org/0000-0001-9155-8170>
✉: velianilcakan@uludag.edu.tr

ÖZET

Türkiye'de ekim alanı ve üretim miktarı en yüksek kuru baklagil olan nohut, bu yönüyle ülke ekonomisi ve üretimi gerçekleştirilen coğrafyalardaki üretici açısından önemli bir tarımsal üründür. Bu çalışmada Türkiye'nin 2010-2020 yıllarında nohut sektöründeki karşılaştırmalı üstünlüğünün değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan veriler TRADEMAP ve TÜİK istatistiklerinden temin edilmiştir. Karşılaştırmalı üstünlüğün hesaplanmasında Balassa indeksi olarak da bilinen açıklanmış karşılaştırmalı üstünlükler (RCA) indeksi ve Vollrath İndeksleri olarak da adlandırılan Nispi Ticaret Üstünlüğü (RTA), Nispi İhracat Üstünlüğü'nün logaritması (lnRXA) ve Açıklanmış Rekabetçilik (RC) indeksleri kullanılmıştır. Karşılaştırmalı üstünlüğü ölçmek için yararlanılan indeksler incelendiğinde, Türkiye nohut sektörünün RCA ve lnRXA indekslerine incelenen her yıl için karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu görülmüştür. Buna karşın ithalat değerlerini de dikkate alan RTA ve RC indekslerine göre 2012-2013 ve 2015-2017 yıllarında sektörün karşılaştırmalı dezavantaja sahip olduğu belirlenmiştir. Hesaplanan tüm indekslerde 2018 yılından itibaren önemli artışlar gerçekleşmiş ve Türkiye'nin nohut sektörü için karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan araştırmalar, gerçekleşen bu önemli değişimin Türkiye'de nohut için yapılan desteklemelerdeki artış ve nohut yeniden ihraç faaliyetleri ile ilişkilendirilebileceğini göstermiştir.

Tarım Ekonomisi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 18.05.2022

Kabul Tarihi : 22.09.2022

Anahtar Kelimeler

Nohut

Açıklanmış Karşılaştırmalı

Üstünlükler

Dış Ticaret

Balassa İndeksi

Analysis of Comparative Advantage in the Chickpeas' Foreign Trade of Türkiye

ABSTRACT

Chickpea is a dried legume with its highest cultivation area and production amount, and in this aspect, it is significant agricultural product for the country's economy and the producers in the geographies where it is produced. In the calculation of comparative advantage, the revealed comparative advantage (RCA) index –also known as the Balassa index–, and the Relative Trade Advantage (RTA), the logarithm of the Relative Export Advantage (lnRXA) and the Revealed Competitiveness (RC) indexes –in other words the Vollrath Indexes–, were used. When the indexes used to measure the comparative advantage are examined, it is seen that the Turkish chickpea industry has a comparative advantage to the RCA and lnRXA indexes for each year examined. On the other hand, according to the RTA and RC indexes, which also take into account the import values, it has been determined that the sector has a comparative disadvantage in the years 2012-2013 and 2015-2017. Significant increases have occurred in all calculated indices since 2018, and it has been concluded that Türkiye has a comparative advantage for the chickpea sector. Studies have shown that this significant change can be associated with the increase in incentives for chickpeas and chickpea re-export activities in Türkiye.

Agricultural Economics

Research Article

Article History

Received : 18.05.2022

Accepted : 22.09.2022

Keywords

Chickpeas

Revealed Comparative Advantages

Foreign trade

Balassa Index

Atf İçin : Çakan, VA, Turhan, Ş. (2023). Türkiye'nin Nohut Dış Ticaretinde Karşılaştırmalı Üstünlüğünün Analizi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 26 (2), 377-384. DOI:10.18016/ksutarimdog.vi.1118116

To Cite: Çakan, VA, Turhan, Ş. (2023). Analysis of Comparative Advantage in the Chickpeas' Foreign Trade of Türkiye. *KSU J. Agric Nat* 26 (2), 377-384. DOI:10.18016/ksutarimdog.vi.1118116

GİRİŞ

Türkiye için kuru baklagil üretimi gerek ekili tarım arazilerinin önemli bir bölümünü oluşturması ve ilgili sanayilere girdi temin etmesiyle sağladığı ekonomik değer gerekse de sağlıklı ve dengeli beslenmedeki yeri nedeniyle önem taşımaktadır. Buna ek olarak baklagillerin ekim nöbetinde kullanılabilir oluşu nadas alanlarının azaltılmasına olanak tanımaktadır (Yılar ve ark., 2021). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (Anonim, 2022b) verilerine göre 2020 yılında ekim alanı ve üretim miktarı en yüksek kuru baklagil nohuttur. Nohut tarımı Türkiye'nin her coğrafi bölgesinde gerçekleştirilmekle birlikte 2020 yılı verilerine göre üretimin en yüksek olduğu bölge Orta Anadolu'dur. Bunu sırasıyla Batı Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Batı Karadeniz Bölgeleri takip etmektedir (Anonim, 2022b).

Orta Doğu'da nohut üretiminin yedi bin yıl öncesine kadar gittiği bilinmektedir. Dünyada nohut üretimi ve tüketimi yüksek olan yerler Akdeniz Bölgesi ve Hindistan Yarımadası'ndadır. Anadolu'da ise milattan önce 5000 yıllarında ilk olarak tarımının yapıldığı bilinmektedir (Pellet, 1988). Protein, mineral madde ve vitamin bakımından diğer pek çok bitkisel ürüne göre daha yüksek içerikte olması, yağ oranının ise düşük olması nohutun beslenme açısından önemini ortaya koymaktadır.

Küreselleşmenin artması ile birlikte ülkeler arasındaki dış ticaret tüm sektörler açısından önemli bir hale gelmiştir. Özellikle 1980 yılı sonrasında Türkiye ekonomisinde de ihracata dayalı büyüme stratejileri benimsenmiştir (Ulucan ve ark. 2014, Bashimov 2017). Böylece Türkiye'nin ulaştığı pazarlar da genişlemiş ve özellikle sektör bazında karşılaştırmalı üstünlüğü ölçmek amacıyla yapılan analizler ve bilimsel araştırmalar çoğalmıştır. Türkiye'de yapılan akademik yayınlar incelendiğinde, bu alanda yapılan çalışmaların önemli bir bölümünü tarih boyunca ülke için mühim bir ihracat kalemi olan tarım ürünleri üzerine olduğu görülmektedir. Zaman içerisinde tarım ürünlerinin toplam ihracat içerisindeki payı azalış gösterse de, FAO (Anonim, 2022a) verilerine göre 2010-2020 yıllarında bu pay halen %10,63 gibi kayda değer bir seviyededir.

Türkiye için tarım ürünleri ile ilgili geçmişte yapılan çalışmalar incelendiğinde, çeşitli tarım ürünlerinin dünya ya da Avrupa Birliği'ne (AB) göre karşılaştırmalı üstünlüğünün hesaplandığı çok sayıda çalışmaya rastlamak mümkündür. Bunlardan Çoban ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada, Türk tarım sektörünün AB karşısındaki rekabet gücünün ortaya konması amaçlanmıştır. Balassa indeksi kullanılarak yapılan hesaplamalar, Türkiye'nin meyve-sebze sektöründe, şeker ve şeker ürünleri sektöründe karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğunu göstermiştir. Bir diğer araştırma ise Peker (2015)

tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada Türkiye'deki hububat-baklagil endüstrisinin Avrupa Birliği pazarındaki rekabet gücü analiz edilmiştir. Yapılan Balassa indeksi hesaplamaları, Türkiye'nin nohut ve mercimekte karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğunu gösterirken buğday, kuru fasulye ve mısır için karşılaştırmalı üstünlük bulunmadığını ortaya koymuştur. Gündüz ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmada Türkiye'nin seçili AB üyesi ülkeler ile kuru meyve (kuru üzüm, kuru incir ve kuru kayısı) ticaretinde karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olup olmadığı açıklanmış karşılaştırmalı üstünlükler (RCA) indeksi kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar Türkiye'nin incelenen tüm ülkelere (Almanya, Fransa, İngiltere, Hollanda ve İtalya) göre karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğunu göstermiştir. Erkan (2012) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'nin geleneksel ihracat tarım ürünleri olan kuru incir, kuru üzüm, kuru kayısı, fındık, antep fıstığı, ceviz ve bademdeki uzmanlaşma düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Vollrath'ın nispi ihracat üstünlüğü indeksi ve Balassa indeksi ile yapılan hesaplamalar badem ve ceviz dışındaki ürünlerde Türkiye'nin uzmanlaştığını göstermiştir. Özden (2015) tarafından yapılan çalışmada nohut dahil birtakım baklagiller için karşılaştırmalı üstünlüğün hesaplanması için Vollrath indeksleri arasında yer alan Nispi Ticaret Üstünlüğü (RTA), Nispi İhracat Üstünlüğünün Logaritması (lnRXA) ve Açıklanmış Rekabetçilik (RC) indekslerinden yararlanılmıştır. Çalışmada karşılaştırmalı üstünlükler 1986-1988, 1998-2000 ve 2009-2011 dönemleri için hesaplanmış olup, Türkiye'nin nohut sektöründe incelenen tüm dönemlerde karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olmasına karşın hesaplanan indeks değerlerinin incelenen ilk döneme (1986-1988) kıyasla ilerleyen dönemlerde azalış gösterdiği belirlenmiştir. Erkan ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada Türkiye'nin sebze ihracatındaki karşılaştırmalı üstünlüğünün belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada sebze alt grupları için 1993-2002 ve 2003-2012 dönemlerindeki karşılaştırmalı üstünlükler hesaplanmış olup ürün gruplarının büyük çoğunluğunda Türkiye'nin her iki dönemde de karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu ortaya konmuştur. Buna karşın incelenen ikinci dönemde ürün gruplarının önemli bir bölümünde indeks değerlerinin bir önceki döneme kıyasla düşüş gösterdiği belirlenmiştir.

Türkiye literatürü ile benzer şekilde uluslararası literatürde de tarım ürünlerine yönelik çok sayıda karşılaştırmalı üstünlük analizine rastlamak mümkündür. Bunlardan Fertö ve Hubbard (2003) tarafından yapılan çalışmada, Macaristan'ın AB'ye göre tarım-gıda ürünlerinde karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olup olmadığı RTA, lnRXA, RC ve RCA indeksleri ile incelenmiştir. Sonuçlar Macaristan'ın 22 ürün grubundan canlı hayvanlar, et, hububat, sebzeler

ve meyveler dahil 11'i için karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğunu göstermiştir. Ishchukova ve Smutka (2013) tarafından yapılan çalışmada Rusya'nın tarım ürünleri ve gıda maddelerindeki açıklanmış karşılaştırmalı üstünlüğü RCA, RC ve Lafay indeksleri kullanılarak incelenmiştir. Balassa indeksi için elde edilen sonuçlar, Rusya'nın tüm dönem boyunca tahıllar (tahıllar, tahıl yan ürünleri ve tahılların işlenmesinden elde edilen ürünler), yağlı tohumlar ve bitkisel yağlar ve de çikolatada karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğunu göstermiştir. Hristov ve ark. (2019) tarafından yapılan çalışmada Bulgaristan ayçiçeği endüstrisinin karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olup olmadığını anlaşılması amaçlanmış, bu amaç doğrultusunda RCA, RTA ve RC indekslerinden yararlanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Sonuçlar Bulgaristan'ın 1961-1990 döneminde ayçiçeği tohumu konusundaki karşılaştırmalı üstünlüğünün azalma eğilimi gösterdiğini, 1990 sonrası dönemde ise artış eğilimi gösterdiğini ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlar Bulgaristan'da 1990 öncesi dönemde yüksek değere sahip ürünlerin ihracatını önceleyen politika ve 1990 sonrası dönemde azalan iç tüketim ile artan dünya fiyatları ile ilişkilendirilmiştir. Pippinato ve ark. (2019) tarafından yapılan çalışmada AB'nin bal sektöründeki karşılaştırmalı üstünlüğünün tespiti amaçlanmış ve bu bağlamda Vollrath indekslerinden Nispi İhracat Üstünlüğü (RXA), Nispi İthalat Üstünlüğü (RMA) ve RTA'dan yararlanılmıştır. Sonuçlar AB'nin bal sektörünün karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olmadığını ortaya koyarken, üye ülkeler için yapılan hesaplamalar ise önemli bal üreticileri olan AB'nin doğu bölgelerindeki ülkelerin yüksek karşılaştırmalı üstünlük değerlerine sahip olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada Türkiye'nin nohut sektörü ele alınarak 2010-2020 yıllarında karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olup olmadığı RCA, RTA, lnRXA ve RC indeksleri kullanılarak hesaplanmıştır. Literatür incelendiğinde, Türkiye'nin tarımsal üretimi ve tarım ürünleri ihracatı içerisinde önemli bir konuma sahip olan nohut sektörünün dış ticareti ve karşılaştırmalı üstünlüğüne yönelik sınırlı sayıda çalışma bulunduğu görülmektedir. Çalışmanın literatürdeki bu açığı kapatma noktasında katkı sunacağı ve sektör için geleceğe yönelik planlamalarda yardımcı bir kaynak olarak kullanılabilirliği düşünülmektedir.

MATERYAL ve METOD

Çalışmanın ana materyalini 2010-2020 yılları arasındaki TRADEMAP (Anonim, 2022d) ve Türkiye İstatistik Kurumu (2022) verileri oluşturmaktadır. İlgili yıllarda nohut üretimi ve hasat alanı verileri hesaplanırken TÜİK (Anonim, 2022b) tarafından paylaşılan nohut verilerinin toplamı kullanılmıştır. Karşılaştırmalı üstünlük indeksleri ise TRADEMAP

(Anonim, 2022d) kullanılarak nohut dış ticareti (GTIP: 071340) ve genel dış ticaret verileri ile hesaplanmıştır.

Balassa (1965) tarafından tanımlanan Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlükler (RCA) indeksi, bir bölgenin ya da ülkenin seçili sektördeki karşılaştırmalı üstünlüğünü hesaplamak için yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri haline gelmiştir. Balassa (1965) tarafından ilk olarak belirli ürünler ve seçili ülkeler için hesaplanan bu indeks tüm ülkelerin ve ticarete konu tüm malların dahil edilmesiyle küresel anlamda karşılaştırmalı üstünlüğü yansıtacak şekilde genişletilebilmektedir (Vollrath, 1991, Pilinkiene 2014). Açıklanmış karşılaştırmalı üstünlük indeksi (Balassa İndeksi) aşağıdaki şekilde formüle edilebilmektedir (Vollrath, 1991; Filiztekin, 2006; Yu ve ark., 2009; Erkekoğlu ve ark., 2014; Laursen, 2015; Çakan & Turhan, 2022);

$$RCA_s^i = \frac{X_s^i / X_s^t}{X_m^i / X_m^t} = \frac{X_s^i}{X_m^i} \frac{X_m^t}{X_s^t} \quad (1)$$

Burada; X ihracat değerini, i bir ülkeyi, s bir malı, t tüm ülkeleri ve m ise tüm ürünleri temsil etmektedir. İndeks 0 ila ∞ arasında değer alabilmektedir (Terin & Yavuz, 2019). RCA'nın 1'in üzerinde olması s ülkesinin i malı için karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğunu gösterirken, indeks değerinin 1'e eşit olması ve 1'in altında olması s ülkesinin i malı için sırasıyla nötr karşılaştırmalı üstünlük ve karşılaştırmalı dezavantaj anlamına gelmektedir (Yu ve ark., 2009).

Karşılaştırmalı üstünlüğün hesaplanmasına yönelik literatür incelendiğinde Balassa İndeksi sonrası dönemde bu indeksin asimetrik bir indeks oluşu, çarpımsal karakteri ve indeks hesaplanırken ilgili ülke ve malın iki kez sayılması gibi çeşitli özelliklerine eleştiriler getirildiği ve yeni indekslerin ortaya atıldığı görülmektedir (bkz. Vollrath, 1991; Hinloopen & Van Marrewijk, 2001; Hoen & Oosterhaven, 2006; Sarker & Ratnasena, 2014; Laursen, 2015). Bunlardan Vollrath (1991), göz önünde bulundurulmuş mal ve ülkenin iki kez sayılması ve karşılaştırmalı üstünlük hesabına ithalat kanadının dahil edilmemesi oluşu problemlerini dikkate alarak indeksler geliştirmiştir (Bojnec & Fertö, 2009). Günümüzde Vollrath (1987; 1989; 1991) tarafından geliştirilen Nispi Ticaret Üstünlüğü (RTA), Nispi İhracat Üstünlüğü'nün logaritması (ln RXA) ve Açıklanmış Rekabetçilik (RC) indeksleri, karşılaştırmalı üstünlüğü hesaplamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Vollrath indeksleri aşağıdaki gibi formüle edilebilir (Vollrath, 1991):

$$RTA_a^i = RXA_a^i - RMA_a^i \quad (2)$$

$$RXA_a^i = \frac{X_a^i}{X_n^i} \frac{X_n^r}{X_a^r} \quad (3)$$

$$RMA_a^i = \frac{M_a^i}{M_n^i} \bigg/ \frac{M_a^r}{M_n^r} \quad (4)$$

$$\ln RMA_a^i = \ln(RXA_a^i) \quad (5)$$

$$RC_a^i = \ln(RXA_a^i) - \ln(RMA_a^i) \quad (6)$$

Burada X ihracatı, M ithalatı, i bir ülkeyi, r i ülkesi dışındaki dünyayı, a bir malı ve n ise a malı dışındaki tüm malları temsil etmektedir. RXA ve RMA ise sırasıyla nispi ihracat üstünlüğünü ve nispi ithalat üstünlüğünü temsil etmektedir (Vollrath, 1991). RTA, lnRXA ve RC değerlerinin 0'dan büyük olması durumunda i ülkesinin a malı için karşılaştırmalı

üstünlüğe sahip olduğu yorumu yapılırken, RXA'ya göre bir malın karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olması için 1'den büyük olması gerekir (Vollrath, 1991).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Türkiye'nin 2010-2020 dönemi nohut üretimi incelendiğinde, üretimin dalgalı bir seyir izlediği görülmekle birlikte 2018-2020 yıllarında 2010 yılının üzerine çıktığı görülmektedir. Göz önünde bulundurulan yıllardaki verim istatistikleri incelendiğinde, üretim miktarı ile benzer şekilde verimliliğin de dalgalı bir seyir izleyerek artış eğiliminde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Türkiye'nin 2010-2020 Yıllarında Nohut Üretim Miktarı ve Üretim Alanı
Table 1. Chickpea Production Amount and Production Area in Turkey in 2010-2020

Yıllar	Nohut Üretimi		Hasat Edilen Alan		Verim (kg/da)
	Ton	İndeks	Dekar	İndeks	
2010	530634	100.00	4462175	100.00	118.92
2011	487477	91.87	4003667	89.72	121.76
2012	518000	97.62	4086994	91.59	126.74
2013	506000	95.36	4188887	93.88	120.80
2014	450000	84.80	3881693	86.99	115.93
2015	460000	86.69	3572220	80.06	128.77
2016	455000	85.75	3516872	78.82	129.38
2017	470000	88.57	3926726	88.00	119.69
2018	630000	118.73	5141015	115.21	122.54
2019	630000	118.73	5177850	116.04	121.67
2020	630000	118.73	5114923	114.63	123.17

Kaynak: Anonim, 2022b; Orijinal Hesaplamalar.

Türkiye'nin 2010-2020 yıllarında illere göre nohut üretim istatistikleri Çizelge 2'de verilmiştir. İlgili yıllarda üretimin %8,22'sini gerçekleştiren Kırşehir, Türkiye'nin en büyük nohut üreticisi ili olurken, bunu sırasıyla %7,09 ile Yozgat ve %6,78 ile Ankara takip etmektedir. Üretimin %42,82'si en büyük 10 üretici il

dışında gerçekleştiren, bu illerdeki hasat alanı toplam hasat alanının %55,44'ünü oluşturmaktadır. Çizelge 2'deki verim istatistikleri incelendiğinde, 153.99 kg/da ile verimliliğin en yüksek olduğu il Adıyaman olarak belirlenirken, bunu sırasıyla Antalya ve Konya'nın takip ettiği görülmektedir.

Çizelge 2. Türkiye'nin 2010-2020 Yıllarında İllere Göre Nohut Üretimi
Table 2. Chickpea Production by Provinces in Turkey in 2010-2020

Şehir	Üretim Miktarı		Hasat Edilen Alan		Verim (kg/da)
	Ton	%	Dekar	%	
Kırşehir	43116.00	8.22	324728.36	7.59	132.78
Yozgat	37169.73	7.09	314860.27	7.36	118.05
Ankara	35560.36	6.78	291024.18	6.80	122.19
Konya	35259.00	6.73	252328.45	5.90	139.73
Antalya	28067.91	5.35	187958.00	4.39	149.33
Karaman	25936.36	4.95	192410.36	4.50	134.80
Uşak	25902.82	4.94	253849.00	5.93	102.04
Mersin	25623.18	4.89	225870.73	5.28	113.44
Adıyaman	25343.45	4.83	164583.27	3.85	153.99
Kütahya	17793.36	3.39	164759.45	3.85	108.00
Diğer	224510.64	42.82	2372372.09	55.44	94.64
Toplam	524282.82	100.00	4279365.64	100.00	122.51

Kaynak: Anonim, 2022b; Orijinal Hesaplamalar.

Türkiye'nin 2010-2020 yıllarında ülkelere göre ortalama ihracat miktar ve değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde Türkiye'nin seçili

yıllardaki ortalama ihracat değerinin yaklaşık 72 milyon dolar, ortalama ihracat miktarının ise yaklaşık 91 bin ton olduğu görülmektedir. Bu dönemdeki

ortalama ihracat fiyatı ise 0,79 USD kg⁻¹'dir.

Çizelge 3. Türkiye'nin 2010-2020 Yıllarında Ülkelere Göre Ortalama Nohut İhracatı
Table 3. Average Chickpea Export of Turkey in 2010-2020 by Countries

İthalatçı Ülke	İhracat değeri		İhracat miktarı		İhracat Fiyatı (USD kg ⁻¹)
	1000 USD	%	Ton	%	
Irak	19563.82	26.95	23185.18	25.36	0.84
Suriye	5357.55	7.38	8107.36	8.87	0.66
Pakistan	4958.36	6.83	8883.55	9.71	0.56
Ürdün	3637.73	5.01	4340.09	4.75	0.84
Suudi Arabistan	3607.18	4.97	4474.18	4.89	0.81
İran	3143.82	4.33	3402.27	3.72	0.92
Lübnan	2903.27	4.00	4042.64	4.42	0.72
Almanya	2864.09	3.95	2462.73	2.69	1.16
Cezayir	2651.73	3.65	4554.55	4.98	0.58
Birleşik Krallık	2540.18	3.50	3072.18	3.36	0.83
Diğer	21357.45	29.42	24917.09	27.25	0.86
Toplam	72585.18	100.00	91441.82	100.00	0.79

Kaynak: Anonim, 2022d; Orijinal Hesaplamalar.

Çizelge 3'e göre seçili yıllardaki ihracat değerinin %26,95'sini oluşturan Irak Türkiye'nin en büyük nohut ihracat partneri konumundayken, bunu toplam ihracatın %7,38'ini oluşturan Suriye takip etmektedir. Seçili yıllarda Türkiye'den gerçekleştirilen nohut ihracat fiyatı en yüksek ülke 1,16 USD kg⁻¹ ile

Almanya olurken, bunu 0,92 USD kg⁻¹ ile İran takip etmektedir.

Türkiye'nin 2010-2020 yıllarında nohut piyasasındaki pazar payı ve açıklanmış karşılaştırmalı üstünlük endeks değerleri Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Türkiye'nin 2010-2020 Yıllarında Nohut Piyasasındaki Pazar Payı ve Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlüğü (RCA)

Table 4. Turkey's Market Share and Revealed Comparative Advantage (RCA) in the Chickpea Market in 2010-2020

Yıllar	Nohut İhracatı (1000 USD)		Toplam İhracat (1000 USD)		RCA	Türkiye'nin Pazar Payı
	Dünya	Türkiye	Dünya	Türkiye		
2010	815716	54780	15094126364	113883219	8.90	6.72
2011	1073459	36508	18143786902	134906869	4.57	3.40
2012	1542189	31011	18398323967	152461737	2.43	2.01
2013	1205564	75703	18855390855	161480915	7.33	6.28
2014	1106861	126611	18858563972	166504862	12.96	11.44
2015	1590011	20600	16412910145	143844066	1.48	1.30
2016	2033964	31269	15926878233	142606247	1.72	1.54
2017	2782044	35085	17564178367	156992940	1.41	1.26
2018	1586853	102693	19326713983	167923862	7.45	6.47
2019	1301548	135320	18737613360	180870841	10.77	10.40
2020	1250449	148857	17503376175	169657940	12.28	11.90

Kaynak: Anonim, 2022d; Orijinal Hesaplamalar.

Çizelge 4 incelendiğinde Türkiye'nin seçili yıllarda nohut piyasasındaki en yüksek pazar payına %11,44 ile 2014 yılında ulaştığı görülmektedir. Pazar payının %2 seviyesinin altına düştüğü yıllar ise 2015-2017 yılları olarak belirlenmiştir. RCA endeks değerleri incelendiğinde, seçili yıllardaki tüm endeks değerlerinin 1'in üzerinde olduğu görülmektedir. Değerin 1'in üzerinde olması durumunda karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu yorumu yapılabildiği için Türkiye'nin seçili yıllarda nohut ürünü için karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu ifade edilebilir. Bununla birlikte ilgili yıllardaki RCA değerlerinin 1,41 ile 12,28 arasındaki geniş bir skalada

gerçekleşmiş olması, karşılaştırmalı üstünlüğün dengeli bir yapıda olmadığını göstermektedir.

Türkiye'nin 2010-2020 yılları için nispi ticaret üstünlüğü, nispi ihracat üstünlüğü ve açıklanmış rekabetçilik indekslerine Çizelge 5'de yer verilmiştir. Çizelge 5. incelendiğinde lnRXA'ya göre RCA ile benzer şekilde 2010-2020 yıllarında Türkiye'nin nohut için karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu belirlenmiştir. Buna karşın RTA ve RCA dikkate alınarak karşılaştırmalı üstünlük değerlendirildiğinde, 2012 ve 2015-2017 yıllarında Türkiye'nin ilgili mal için karşılaştırmalı dezavantaja sahip olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 5. Türkiye'nin Nohut Piyasasındaki 2010-2020 Yılları Arasındaki Nispi Ticaret Üstünlüğü (RTA), Nispi İhracat Üstünlüğü (RXA) ve Açıklanmış Rekabetçilik (RC) indeks Değerleri

Table 5. Relative Trade Advantage (RTA), Relative Export Advantage (RXA), and Revealed Competitiveness (RC) Index Values in Turkey's Chickpea Market Between 2010-2020

Yıllar	RTA	lnRXA	RC
2010	8.74	2.25	2.56
2011	3.98	1.55	1.87
2012	-0.26	0.90	-0.10
2013	-0.03	2.05	0.00
2014	0.99	2.67	0.07
2015	-1.43	0.40	-0.68
2016	-0.05	0.55	-0.03
2017	-1.72	0.35	-0.80
2018	1.59	2.07	0.22
2019	6.89	2.48	0.86
2020	7.64	2.63	0.80

Kaynak: Anonim, 2022d; Orijinal Hesaplamalar.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada 2010-2020 yıllarında Türkiye'nin nohut üretimi, dış ticareti ve karşılaştırmalı üstünlüğünün incelenmesi amaçlanmıştır. Sonuçlar Türkiye nohut sektörünün incelenen dönemde ihracat değeri ve karşılaştırmalı üstünlük değerlerinin dalgalı bir seyire sahip olduğunu göstermiştir.

Çalışma sonuçları geçmiş çalışmalarla kıyaslandığında, bu çalışmada göz önünde bulundurulanan dönemin ilk yıllarında Özden (2015) tarafından yapılan çalışmada tespit edildiği gibi Türkiye'nin karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu ancak indeks değerlerinin azalış eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. İlerleyen yıllarda Türkiye nohut sektörünün RCA ve lnRXA indekslerine göre göz önünde bulundurulanan her yıl için geçmiş yıllarla benzer şekilde karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın Görelî Ticaret Üstünlüğü (RTA) ve Açıklanmış Rekabetçilik (RC) indekslerine göre 2012-2013 ve 2015-2017 yıllarında sektörün karşılaştırmalı dezavantaja sahip olduğu belirlenmiştir. İndeksler arasında gözlemlenen bu farklılık açıklanmış karşılaştırmalı üstünlük ve görelî ihracat üstünlüğü indekslerinin karşılaştırmalı üstünlüğü hesaplarırken ithalat değerlerini gözardı etmesiyle açıklanabilir. TRADEMAP (Anonim, 2022d) verilerine göre Türkiye'nin 2010-2020 döneminde nohut ithalatının en yüksek olduğu yıllar sırasıyla 2014 (171 milyon USD), 2013 (146 milyon USD) ve 2017 (131 milyon USD) yıllarıdır. Yüksek miktarda ithalatın gerçekleştiği bu yılları içine alan 2012/13-2017/18 piyasa yıllarında TÜİK (Anonim, 2022c) hesaplamalarına göre Türkiye'nin nohut konusundaki yeterlilik derecesi %100'ün altına düşmüştür. İthalattaki artış ve yeterlilik derecesinde yaşanan düşüşler, 2011-2017 yıllarında nohut üretiminde ve nohut hasat alanlarında görülen azalış eğilimi ile ilişkilendirilebilir. Bu dönemdeki bazı yıllarda bir

önceki yıla göre üretim miktarı ve hasat alanlarında artışlar görülse de 2010 yılında gerçekleştirilen üretimin üzerine çıkılamamıştır. İlerleyen yıllarda ise gerek nohut üretiminde gerekse de nohut hasat alanlarında 2010 yılı seviyesinin üzerine çıkmıştır. Yine söz konusu dönemlerde Türkiye'nin yeterlilik derecesi %100 seviyesinin üzerine çıkmıştır. Kamu kurumları tarafından yayınlanan raporlarda (Anonim, 2021; Burucu, 2021) son yıllarda gerçekleşen artışın nedeni incelendiğinde, bu durumun; Tarım ve Orman Bakanlığı desteklemelerinin artması, Toprak Mahsulleri Ofisi'nin 25 yıllık aradan sonra görev alanına bakliyat ürünlerini dahil ederek alım garantisi vermesi ve Nadas Alanlarının Daraltılması (NAD) gibi projelerle ilişkilendirildiği görülmektedir. Nohut üretimi ve hasat alanında gerçekleşen artış ile paralel olarak incelenen tüm karşılaştırmalı üstünlük indekslerinde önceki dönemlere kıyasla artışlar gerçekleştiği dikkate alındığında, yapılan teşviklerin nohut sektöründeki uzmanlaşma düzeyini artırma noktasında katkı sunmuş olabileceği düşünülmektedir. Bu iddianın test edilmesi için gelecek çalışmalarda tarımsal teşvikler ile karşılaştırmalı üstünlük indeksleri arasındaki ilişkinin ekonometrik çerçevede incelenmesi, kırsal kalkınma ve tarımsal üretim açısından oldukça önemli mekanizmalar olan tarımsal teşviklerin uluslararası uzmanlaşmaya katkı sunup sunmadığının anlaşılması hususunda fayda sağlayacaktır. Karşılaştırmalı üstünlük indekslerinde yaşanan artışa gerekçe olarak gösterilebilecek bir diğer sebep ise Türkiye'nin nohut yeniden ihraç (re-export) faaliyetleridir. Burucu (2021) tarafından hazırlanan raporda ithal edilen nohut içerisinde yeniden ihracatın önemli bir paya sahip olduğu ve yeniden ihraç faaliyetleri dolayısıyla ithalat artarken ihracatın da arttığı belirtilmektedir. İhracat fiyatlarının bir sektör için dış ticareti değerlendirirken göz önünde bulundurulması gereken önemli bir faktör olduğu düşünülmektedir.

Türkiye'nin 2010-2020 yıllarındaki nohut dış ticaret fiyatı 0,79 USD kg⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu fiyat, TRADEMAP (Anonim, 2022d) verilerine göre ilgili dönemdeki dünya ortalamasının ve dünyanın önemli ihracatçıları arasında yer alan Avustralya ve Rusya'nın üzerindedir. Buna karşın önemli ihracatçılar arasında yer alan diğer ülkeler olan Hindistan ve Meksika'nın altındadır. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde geçmiş dönem verileri dikkate alındığında Türkiye'nin nohut üretimi ve dış ticareti konusunda yüksek bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Yakın zamanda bu potansiyelin yeterli ölçüde kullanılmadığı ve karşılaştırmalı dezavantaj pozisyonuna gerilediği dönemler yaşansa da tarım politikası araçlarının doğru kullanımı ve piyasa koşullarının uygun olması halinde, Türkiye nohut sektörünün potansiyel pazar hacmini ve karşılaştırmalı üstünlüğünü kısa bir süre içerisinde yeniden kazanma kabiliyetinde olduğu ifade edilebilir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Anonim, (2021). Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Tarım Havzaları Daire Başkanlığı. Ürün Masaları Nohut Bülteni. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Haber/559/Urun-Masalari-Haziran-Ayi-Bulteni-Yayinlandi> (Erişim Tarihi:18.04.2022)
- Anonim, (2022a). Trade, Crops and Livestock Products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data> (Erişim Tarihi: 18.04.2022)
- Anonim, (2022b). Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://www.tuik.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 01.04.2022)
- Anonim, (2022c). Bitkisel Ürün Denge Tabloları. <https://www.tuik.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 01.04.2022)
- Anonim, (2022d). Product: 071320 Dried, shelled chickpeas "garbanzos", whether or not skinned or split. <https://www.trademap.org/> (Erişim Tarihi: 30.03.2022)
- Balassa, B. (1965). Trade liberalisation and "revealed" comparative advantage. *The Manchester School of Economic and Social Studies*, 33(2), 99-123. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.1965.tb00050.x>
- Bashimov, G. (2017). Türkiye'nin Tarımsal Ürünlerdeki Rekabet Gücü: Orta Asya Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Analizi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(4), 393-401. <https://dergipark.org.tr/en/pub/turkjans/issue/31628/346668>.

- Bojnec, Š. & Fertő, I. (2009). Agro-food trade competitiveness of Central European and Balkan countries. *Food policy*, 34(5), 417-425. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2009.01.003>
- Burucu, D. (2021). Ürün Raporu Nohut 2021. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE). TEPGE YAYIN NO: 342 <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Menu/37/Urun-Raporlari> (Erişim Tarihi: 18.04.2022)
- Çakan, V.A. & Turhan, Ş. (2022). Türkiye'nin Şeftali İhracat Performansı ve Rekabet Gücü (Sözlü Bildiri). XVII. IBANESS İktisat, İşletme ve Yönetim Bilimleri Kongreler Serisi, Plovdiv, Bulgaristan, 12-13 Mart 2022, ss. 6.
- Çoban, O., Peker, A.E., & Kubar, Y. (2010). Türk Tarımının Avrupa Birliği Ülkeleri Karşısındaki Sektörel Rekabet Gücü. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 10(20), 247-266. <https://dergipark.org.tr/en/pub/susead/issue/28415/302468?publisher=selcuk>
- Erkan, B. (2012). Türkiye'nin geleneksel ihraç tarım ürünlerinde uzmanlaşma düzeyi. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 4(1), 75-83. <https://dergipark.org.tr/en/pub/sobiadsbd/issue/11353/135667>
- Erkan, B., Arpacı, B., Yaralı, F., & Güvenç, İ. (2015). Türkiye'nin sebze ihracatında karşılaştırmalı üstünlükleri. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 18(4), 70-76. <https://doi.org/10.18016/ksujns.61527>
- Erkekoğlu, H., Kılıçarslan, Z., & Gökner, H. (2014). Kayseri İlinin Mobilya Sektörü Rekabet Gücü: Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlük Endeksi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (44), 1-22. <https://doi.org/10.18070/euiibfd.91468>
- Fertö, I., & Hubbard, L.J. (2003). Revealed comparative advantage and competitiveness in Hungarian agri-food sectors. *World Economy*, 26(2), 247-259. <https://doi.org/10.1111/1467-9701.00520>
- Filiztekin, A. (2006). Türkiye'de Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlüklerin Evrimi. *Uluslararası Ekonomi ve Dış Ticaret Politikaları*, 1(1), 101-116.
- Gündüz, O., Erdal, G., & Esengün, K. (2004). Tarımsal Ürünlerin Dış Ticaretinde Karşılaştırmalı Üstünlükler: Türkiye - AB Kuru Meyve Dış Ticareti Örneği (Sözlü Bildiri). Türkiye VI Tarım Ekonomisi Kongresi, Tokat, Türkiye, 16-18 Eylül 2004, ss. 6.
- Hinloopen, J. & Van Marrewijk, C. (2001). On the empirical distribution of the Balassa index. *Weltwirtschaftliches archiv*, 137(1), 1-35. <https://doi.org/10.1007/BF02707598>
- Hoen, A.R. & Oosterhaven, J. (2006). On the measurement of comparative advantage. *The Annals of Regional Science*, 40(3), 677-691. <https://doi.org/10.1007/s00168-006-0076-4>

- Hristov, K., Beluhova-Uzunova, R., & Shishkova, M. (2019). Competitive advantages of Bulgarian sunflower industry after the accession into the European Union. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture & Rural Development*, 19(2), 197-202.
- Ishchukova, N. & Smutka, L. (2013). Revealed comparative advantage of Russian agricultural exports. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 61(4), 941-952. <http://dx.doi.org/10.11118/actaun201361040941>
- Laursen, K. (2015). Revealed comparative advantage and the alternatives as measures of international specialization. *Eurasian business review*, 5(1), 99-115. <https://doi.org/10.1007/s40821-015-0017-1>
- Özden, C. (2015). *Dünya ve Türkiye Baklagil Piyasaları ve İhracat Rekabeti Açısından Türkiye'nin Konumu (Tez no 390509)*. [Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı]. Yükseköğretim Kurumu Ulusal Tez Merkezi.
- Peker, A.E. (2015). Türkiye Hububat Ve Baklagil Alt Sektörünün Avrupa Birliği Pazarı Karşısındaki Rekabet Gücü. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 5(2), 1-20. <http://iibfdergisi.ksu.edu.tr/tr/pub/issue/27397/126001>
- Pellet, P. (1988). İnsan beslenmesinde mercimek ve nohudun Yeri. Herkes İçin Mercimek Sempozyumu, Muğla, Türkiye, 29-30 Eylül 1988, ss. 102.
- Pilinkiene, V. (2014). Evaluation of international competitiveness using the revealed comparative advantage indices: The case of the Baltic States. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5(13), 353-359. <https://doi.org/10.5901/mjss.2014.v5n13p353>
- Pippinato, L., Di Vita, G., & Brun, F. (2019). Trade and comparative advantage analysis of the EU honey sector with a focus on the Italian market. *Quality Access to Success*, 20(S2), 485-492.
- Sarker, R. & Ratnasena, S. (2014). Revealed comparative advantage and half-a-century competitiveness of canadian agriculture: a case study of wheat, beef, and pork sectors. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie*, 62(4), 519-544. <https://doi.org/10.1111/cjag.12057>
- Terin, M. & Yavuz, F. (2019). Türkiye kanatlı eti sektörünün uluslararası rekabetçiliğinin seçilmiş ülkelerle karşılaştırılmalı analizi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(Ek Sayı 1), 188-194. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.553108>
- Ulucan, H., Çeviş, İ., & Ceylan, R. (2014). Türkiye'de endüstri-içi ticaretin gelişimi. *NWSA-Social Sciences*, 9(3), 31-53. <http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2014.9.3.3C0120>
- Vollrath, T.L. (1987). Revealed Competitive Advantage for Wheat. Economic Research Service Staff Report No. AGES861030. U.S. Dept. of Agriculture, Economic Research Service. Washington, D.C.
- Vollrath, T.L. (1989). Competitiveness and protection in world agriculture (No. 567). US Department of Agriculture, Economic Research Service.
- Vollrath, T.L. (1991). A Theoretical Evaluation Of Alternative Trade Intensity Measures Of Revealed Comparative Advantage. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 127(2), 265-280. <https://doi.org/10.1007/BF02707986>
- Yılar, M., Bayar, Y., & Akan, K. (2021). Kırşehir İli Nohut Üretim Alanlarında Görülen Yabancı Otların Yaygınlık ve Yoğunluklarının Belirlenmesi. *Turkish Journal of Weed Science*, 24(2), 83-90. <https://dergipark.org.tr/en/pub/tjws/issue/67412/1009636>
- Yu, R., Cai, J., & Leung, P. (2009). The normalized revealed comparative advantage index. *The Annals of Regional Science*, 43(1), 267-282. <https://doi.org/10.1007/s00168-008-0213-3>



Şeker Pancarı Üretim Maliyeti ve Kârlılık Analizi: Burdur İli Örneği

Bektaş KADAKOĞLU¹, Bahri KARLI², Nezaket TAŞCI³, Hatice ÖZYÜREK⁴

^{1,2,3}Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, Isparta, ⁴Tarım ve Orman Bakanlığı 6. Bölge Müdürlüğü, Burdur

¹<https://orcid.org/0000-0002-3810-1718>, ²<https://orcid.org/0000-0001-9734-1781>, ³<https://orcid.org/0000-0002-8404-6529>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-5956-4287>

✉: bektaskadaloglu@isparta.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmanın amacı; Burdur ilinde şeker pancarı tarımı yapan işletmelerin üretim masrafları ve kârlılıkları hesaplanarak işletmelerin ekonomik yapısını tespit etmektir. Çalışmanın ana materyaline ait veriler Burdur ilinde şeker pancarı üretim faaliyetinde bulunan işletmeler arasından tabakalı tesadüfi örnekleme yöntemiyle seçilen 66 işletmeci ile yüz-yüze görüşülerek elde edilmiştir. Anket yöntemiyle toplanan veriler 2021 üretim sezonuna aittir. Araştırma bulgularına göre şeker pancarı üretiminde, toplam üretim maliyetleri içerisinde değişen ve sabit masrafların payları %77.16 ve %22.84 olarak tespit edilmiştir. Toplam üretim maliyetleri içerisinde önemli bulunan masraflar sırasıyla sulama, arazi kirası, gübre, makine kirası, işgücü ve ilaç masraflarıdır. Şeker pancarı üretiminde dekara toplam masraf 2293.55 TL, GSÜD 3461.51 TL, brüt kâr 1691.59 TL, net kâr 1167.96 TL olarak hesaplanmıştır. Nispi kâr ise 1.51 olarak belirlenmiştir. İşletmelerde dekara şeker pancarı verim ortalaması 6833.33 kg ve kilogram maliyeti 0.34 TL olarak belirlenmiştir. Kilogram başına kâr marjı 0.09 TL'dir. Bölgede şeker pancarı işletmelerinin kârlı olduğu tespit edilmiştir. Ancak üretimde kullanılan girdilerden gübre, motorin ve sulama için kullanılan elektrik fiyatlarındaki artışların üretim maliyetlerini artırdığı ve geçmiş yıllara göre işletmelerin kârlılıklarının azaldığı belirlenmiştir. Bölgede şeker pancarı üretiminin devamlılığı açısından üretim maliyetlerini düşürecek ve verim artışı sağlayacak tarımsal destekleme modellerine ihtiyaç vardır.

Tarım Ekonomisi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 22.07.2022

Kabul Tarihi : 23.09.2022

Anahtar Kelimeler

Şeker pancarı
Burdur
Ekonomik analiz
Maliyet
Kârlılık

Sugar Beet Production Cost and Profitability Analysis: The Case of Burdur Province

ABSTRACT

This study aims to determine the economic structure of sugar beet farming by calculating the production costs and profitability in Burdur province. The data belonging to the primary material of the study were obtained by face-to-face interviews from 66 enterprises selected through the stratified random sampling method in sugar beet production. The data collected by the survey method belong to the 2021 production season. According to the research findings, the shares of variable and fixed costs in total production were determined as 77.15% and 22.85%, respectively. The significant expenses are irrigation, land rent, fertiliser, machinery rental, labor, and pesticide, respectively, within the total production costs. The total cost, GPV, gross profit, and net profit per decare were calculated as 2293.55 TRY, 3461.51 TRY, 1691.59 TRY, and 1167.96 TRY, respectively, in the production of sugar beet. The relative profit was 1.51. The average yield of sugar beet was determined as 6833.33 kg per decare. Furthermore, the cost and the profit margin per kilogram were determined as 0.34 TRY and 0.09 TRY, respectively, which indicated that sugar beet enterprises in the region were profitable. However, the increases in the prices of fertiliser, diesel, and electricity used for irrigation, which are the inputs used in production, went up the production costs and, hence the profitability of the enterprises decreased compared to previous years. In terms of the continuity of sugar beet

Agricultural Economy

Research Article

Article History

Received : 22.07.2022

Accepted : 23.09.2022

Keywords

Sugar beet
Burdur
Economic analysis
Cost
Profitability

production in the region, there is a need for agricultural support models that will reduce production costs and increase yields.

- Atf Şekli:** Kadakoğlu, B., Karlı, B., Taşci, N., & Özyürek, H. (2023). Şeker Pancarı Üretim Maliyeti ve Kârlılık Analizi: Burdur İli Örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 26(2), 385-392. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.v26i75874.1146948>.
- To Cite :** Kadakoğlu, B., Karlı, B., Taşci, N., & Özyürek, H. (2023). Sugar Beet Production Cost and Profitability Analysis: The Case of Burdur Province. *KSU J. Agric Nat* 26(2), 385-392. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.v26i75874.1146948>.

GİRİŞ

Dünya şeker üretiminin %80'ni şeker kamışından, %20'si ise pancar şekerinden elde edilmektedir (Anonim, 2021). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) 2020 yılı verilerine göre dünyada 4.44 milyon hektar alanda 253 milyon ton şeker pancarı üretimi gerçekleştirilmiştir. Rusya, şeker pancarı ekim alanı bakımından %20.65'lik pay ile dünya şeker pancarı üretiminde ilk sırada yer almaktadır. Rusya'yı sırasıyla %12.06'lık pay ile Amerika Birleşik Devletleri, %11.31'lik pay ile Almanya, %10.36'lık pay ile Fransa ve %9.10'luk pay ile Türkiye takip etmektedir (Anonymous, 2022). Türkiye, şeker pancarı üretiminde dünyada beşinci ülke konumundadır.

Türkiye'de şeker pancarı üretiminin tamamı tarıma dayalı sanayilerde kullanılmaktadır (Kadakoğlu & Karlı, 2022). Şeker pancarı üretimi kotaya tabi olup şeker fabrikalarının bulunduğu bölgelerde yoğun olarak üretilmektedir. Sözleşmeli üretim modelinin uygulandığı şeker pancarı tarımında; girdi, avans, alım garantisi gibi konularda fabrika ile üretici arasında işbirliği yapılmaktadır. Türkiye'de 2021 yılı itibarıyla 15 adet devlet, 12 adet özel ve 6 adet kooperatif olmak üzere toplamda 33 adet şeker fabrikası faaliyet göstermektedir (Anonim, 2022c). Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2021 yılı verilerine göre Türkiye'de 54 ilde, 3023486 dekar alanda, 17 milyon 767 bin ton şeker pancarı üretilmiştir. Araştırma bölgesi olan Burdur ilinde 2004 yılında 43111 dekar olan şeker pancarı ekim alanı %23.17 azalarak 2021 yılında 33123 dekara, üretim miktarı ise %19.95 azalarak 185289 tondan 2021 yılında 148323 tona gerilemiştir (Anonim, 2022a). Şeker pancarı üretimi Burdur ilinde azalış eğilimi içerisinde olmasına rağmen çok sayıda üretici tarafından üretilmekte ve il için önemli bir geçim kaynağı ürünü olarak karşımıza çıkmaktadır. Bölgede 1955 yılında faaliyete geçen Türkşeker Burdur şeker fabrikası halen hizmetine devam etmektedir. Fabrika günümüzde 5320 ton/gün şeker pancarı işleme kapasitesine sahip olup yılda ortalama 141 gün faaliyet göstermektedir (Anonim 2022b).

Tarım sektöründe üretim maliyetlerinin belirlenmesi hem üreticiler hem politika yapımcılar hem de tüccar ve sanayiciler için önemli bir karar kriteridir. Ayrıca üretim masrafları girdi masraflarına bağlı olarak değişkenlik göstermekte ve dönemsel olarak yapılacak hesaplamalarda önem arz etmektedir (Bayramoğlu ve

ark., 2021). Dolayısıyla tarım işletmelerinin üretim maliyetlerinin hesaplanması sektörün tüm paydaşlarını yakından ilgilendirmektedir.

Dünyada ve Türkiye'de şeker pancarı ekonomik yapısını konu alan çalışmalar yapılmıştır (Peck, 1916; Vierling & Zeddies, 1996; Göktolga & Karkacier, 2001; Erdal ve ark., 2007; Gazioğlu, 2009; Topcu ve ark., 2012; Laate, 2014; Řezbová ve ark., 2016; Lubova ve ark., 2018; Gül, 2019). Ancak araştırma bölgesinde şeker pancarı üretiminin ekonomik analiziyle ilgili çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada, Burdur ili için önemli bir tarımsal ürün olan şeker pancarı üretiminin maliyet ve kârlılık göstergeleri hesaplanarak işletmelerin ekonomik yapısının ortaya konulması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOD

Araştırmanın ana materyalini, Burdur ilinde şeker pancarı üretim faaliyetinde bulunan 66 işletmeciyile yüz-yüze anket yöntemiyle görüşülerek elde edilen birincil verilerden oluşmaktadır. Çiftçi görüşmeleri, etik kurul izni alınarak 2022 yılında gerçekleştirilmiştir. İkincil veriler olarak ise çeşitli kurum ve kuruluşların istatistiksel verilerinden yararlanılmıştır.

Bu çalışma için etik kurul izni Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'nun 14.06.2022 tarihli ve 1 numaralı kararı ile alınmıştır.

Örnekleme Yöntemi

İşletmelerin ana kitlesini Burdur ilinde şeker pancarı üretiminin %96.40'ını ve ekim alanı olarak %96.06'sını oluşturan Çavdır, Tefenni, Gölhisar, Karamanlı, Kemer, Bucak ve Merkez ilçelerinde şeker pancarı üretimi yapan işletmeler oluşturmuştur (Şekil 1)

Ana kitleye ait veriler Burdur İl Tarım ve Orman Müdürlüğü kayıtlarından elde edilmiştir. Tabakalı örnekleme yöntemlerinden Neyman Yöntemi kullanarak anket yapılacak örnek işletme sayısı tespit edilmiştir (Yamane, 2001). Ana kitleyi temsil edecek örnek işletme sayısı eşitlik 1 aracılığıyla hesaplanmıştır.

$$n = \frac{(\sum NhSh)^2}{N^2D^2 + \sum NhSh^2} \quad (1)$$

Eşitlikte: n: örnek hacmi, N: Ana kitledeki toplam birim sayısını, Nh: h. tabakadaki birim sayısını, Sh: h.

tabakanın standart sapmasını, S_h^2 : h. tabakanın varyansını, D^2 : d^2/z^2 , d^2 : ana kitle ortalamasından izin

verilen hata miktarını, (%10), z^2 : izin verilen güvenlik sınırının tablo değerini (%99) temsil etmektedir.



Şekil 1. Araştırma alanı
Figure 1. Research area

Tesadüfi olarak popülasyondan seçilen işletmeler, şeker pancarı ekim alanı büyüklüğüne göre üç gruba ayrılmıştır. İşletmelerin gruplara göre dağılımı eşitlik 2 aracılığıyla gerçekleştirilmiştir (Çiçek & Erkan, 1996).

$$n_h = \frac{N_h S_h}{\sum N_h S_h} * n \quad (2)$$

Eşitlikte: N_h : her gruba seçilen örnek sayısı ve n : toplam örnek sayısını ifade etmektedir.

Ana kitleyi temsil eden örnek işletme sayısı 66 adet olarak tespit edilmiştir. Buna göre 10.00 dekar ve altında şeker pancarı ekim alanı olan işletmeler (19 adet) I. grup, 10.01-20.00 dekar arasında şeker pancarı ekim alanı olan işletmeler (11 adet) II. grup, 20.01 ve daha fazla dekar şeker pancarı ekim alanı olan işletmeler (36 adet) III. grup olarak belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Örneklem büyüklüğü

Table 1. Sample size

Grup (Group)	Şeker pancarı ekim alanı (dekar) (Sugar beet cultivation area (decares))	Adet (N_h) (Number (N_h))	Standart sapma (Standard deviation)	Varyans (Variance)	İşletme sayısı (Number of farms)	Oran (Percent)
I	1.00-10.00	547	2.68	7.21	19	28.79
II	10.01-20.00	204	4.43	19.64	11	16.67
III	20.01 +	116	24.42	596.48	36	54.54
Toplam (Total)		867	18.04	325.34	66	100.00

İstatistik Analizler

Araştırmada anket yöntemiyle elde edilen birinciler veriler 2021 üretim dönemine aittir. Şeker pancarı üretim maliyetleri ve kârlılık göstergelerinin hesaplandığı bu çalışmada, işletmelerin şeker pancarı üretim faaliyetinin yanında farklı üretim dallarında da üretim yaptıkları için işletme maliyetleri tek ürün bütçe analiz yöntemiyle belirlenmiştir. Üreticiler şeker pancarı üretiminde kendilerine ait makineleri ve arazileri kullanmaları halinde, sezon içerisindeki kira fiyatları dikkate alınarak maliyet hesaplamaları

yapılmıştır. Bölgede şeker pancarı tarımında çalışan erkek ve kadın yabancı işgücü ücretleri esas alınarak işgücü ücretleri belirlenmiştir. Döner sermaye faizi T.C. Ziraat Bankası'nın uyguladığı bitkisel üretim kredi faiz oranının yarısı (%4.50) alınarak hesaplanmıştır. Genel idare giderleri ise toplam değişen masraflarının %3.00'ü alınarak hesaplanmıştır.

Şeker pancarı üretimi için gayrisafi üretim değerinin (GSÜD) ve kârlılık göstergelerinin hesaplamaları 3 numaralı eşitlikte gösterilmiştir (Erkuş, 1979; Açıl &

Demirci, 1984; Rehber, 1993; Erkuş ve ark., 1995; Kırıl ve ark., 1999).

GSÜD = Üretim Miktarı (kg) x Satış Fiyatı (TL/kg),
Brüt Kâr = GSÜD – Değişen Masraflar, Mutlak Kâr =
GSÜD – Üretim Masrafları, Nispi Kâr = GSÜD /
Üretim Masrafları, 1 Kg Şeker Pancarının Maliyeti =
Üretim Masrafları Toplamı (TL/da) / Verim (kg/da),
Kâr Marjı = Satış Fiyatı (TL/kg) – Üretim Maliyeti
(TL/kg) (3)

Araştırmada elde edilen sonuçlar bakımından işletme grupları arasında farklılık olup olmadığı istatistiksel olarak test edilmiştir. Analizden önce verilerin normal dağılım gösterip göstermediği normallik testleri ile test edilmiştir. Örneklem büyüklüğü 35'den büyük olan çalışmalarda Kolmogorov-Smirnov testi kullanılması önerilmektedir (McKillup, 2012). Verilerin normallik testi Kolmogorov-Smirnov testiyle yapılmış ve bazı değişkenlerin normal dağılım gösterdiği bazı değişkenlerin ise normal dağılım göstermediği tespit edilmiştir. Normal dağılım gösteren değişkenlere parametrik olan tek yönlü varyans analizi (ANOVA), normal dağılım göstermeyen verilere ise parametrik olmayan Kruskal-Wallis testi uygulanmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

İşletmelerde şeker pancarı arazi genişlikleri 2 dekar ile 66 dekar arasında değişmekte olup ortalama arazi büyüklüğü 29.11 dekar olarak tespit edilmiştir. İşletme genişlik gruplarına göre arazi genişlikleri I. grupta 6.42 dekar, II. grupta 14.73 dekar ve III. grupta 45.47 dekar olarak belirlenmiştir.

İşletmeler ortalamasında şeker pancarı üretim masrafları 2293.55 TL/da olarak hesaplanmıştır. İşletme genişlik gruplarına göre; I. grupta 2334.95 TL/da, II. grupta 2717.04 TL/da ve III. grupta 2142.30 TL/da olarak tespit edilmiştir. İşletme genişlik grupları ve üretim masrafları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Değişen masraflar toplamı işletmeler ortalamasında 1769.92 TL/da (%77.16) olarak bulunmuştur. İşletme genişlik gruplarına göre; I. grupta 1785.09 TL/da (%76.45), II. grupta 2143.64 TL/da (%78.89) ve III. grupta 1647.73 TL/da (%76.91) olarak belirlenmiştir. İşletme genişlik grupları ve değişen masraflar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Değişen masraflar içerisinde en önemli masraf unsuru sulama masrafı olup toplam üretim masrafları içerisindeki payı %22.68 olarak tespit edilmiştir. Sulama masrafını sırasıyla %14.91 ile gübre, %14.75 ile makine kirası, %13.59 ile işgücü, %3.34 ile ilaç, %2.72 ile tohum, %3.32 ile döner sermaye faizi ve %1.85 ile diğer değişen masraflar takip etmektedir. İşletme genişlik grupları ile gübre, tohum, döner sermaye faizi, diğer değişen masraflar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Sulama, makine kirası, işgücü

ve ilaç masrafları ile işletme genişlik grupları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Sabit masraflar toplamı işletmeler ortalamasında 523.63 TL/da (%22.83) olarak hesaplanmıştır. İşletme genişlik gruplarına göre; I. grupta 549.82 TL/da (%23.55), II. grupta 573.40 TL/da (%21.11) ve III. grupta 494.57 TL/da (%23.09) olarak belirlenmiştir. İşletme genişlik grupları ve sabit masraflar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Sabit masraflar içerisinde en önemli masraf unsuru arazi kirası olup, toplam üretim masrafları içerisindeki payı %20.52 olarak tespit edilmiş ve bu masraf unsurunu %2.32'lik pay ile genel idari giderleri takip etmektedir (Çizelge 2). İşletme genişlik grupları ile genel idari giderleri, arazi kirası masrafları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Diğer gruplara göre III. grupta gübre masrafının düşük çıkmasının sebebi, III. gruptaki işletmelerin %75.00'nin toprak analizi yaptırması ve toprak analizi sonuçlarına göre gübreleme uygulaması yapmalarıyla açıklanabilir. I. gruptaki işletmelerin %47.37'si ve II. gruptaki işletmelerin %36.36'sinin toprak analizi yaptırdığı belirlenmiştir.

Göktolga & Karkacıer (2001) yaptıkları çalışmada, Tokat ilinde şeker pancarı üretim masrafları içerisinde değişen masrafların payını %69.74 ve sabit masrafların payını %30.26 olarak tespit etmişlerdir. Yine aynı ilde yapılan bir diğer çalışmada ise üretim masrafları içerisinde değişen masrafların payı %76.48 ve sabit masrafların payı %23.52 olarak hesaplanmıştır (Bayramoğlu ve ark., 2005).

Topcu ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada, Erzurum ilinde şeker pancarı üretim masrafları içerisinde değişen masrafların payını %78.12 ve sabit masrafların payını %21.88 olarak hesaplamışlardır. Değişen masraflar içerisinde ilk sırada %38.90 ile işgücü, sabit masraflar içerisinde ise ilk sırada %14.49 ile arazi kirasının yer aldığını bildirmişlerdir.

Gül (2019) yaptığı çalışmada, Kahramanmaraş ilinde şeker pancarı üretim masrafları içerisinde değişen masrafların payını %67.60 ve sabit masrafların payını %32.40 olarak belirlemiştir. En önemli masraf unsurlarını değişen masraflar içerisinde %25.51 ile işgücü, sabit masraflar içerisinde ise %11.96 ile arazi kirası olarak tespit etmiştir.

Toplam üretim masrafları içerisinde değişen ve sabit masrafların payları diğer çalışma sonuçlarına yakın bulunmuştur. Son yıllarda artan enerji maliyetleri şeker pancarı üretiminde özellikle sulama için kullanılan enerji maliyetlerini artırmıştır. Bu nedenle, diğer çalışma sonuçlarından farklı olarak bu çalışmada değişen maliyetler içerisinde en önemli unsur sulama masrafı olarak öne çıkmaktadır. Sabit masraflar içerisinde en önemli unsurun arazi kirası olması, diğer çalışma sonuçları ve araştırma bulgusu ile benzerlik göstermektedir.

Çizelge 2. İşletmelerde şeker pancarı üretim masrafları
Table 2. Sugar beet production costs in farms

Maliyet (Cost)	I		II		III		İşletmeler Ortalaması (Farms Average)		P
	TL/da	%	TL/da	%	TL/da	%	TL/da	%	
Sulama (Irrigation)	480.26	20.57	573.64	21.11	524.86	24.50	520.15	22.68	0.496
Gübre (Fertiliser)	410.63	17.59	545.82	20.09	243.32	11.36	341.90	14.91	0.000***
Makine kirası (Machine rental)	313.61	13.43	367.05	13.51	342.36	15.98	338.20	14.75	0.249
İşgücü (Labour)	304.67	13.05	328.98	12.11	309.97	14.47	311.61	13.59	0.191
İlaç (Pesticide)	76.18	3.26	99.77	3.67	69.83	3.26	76.65	3.34	0.185
Tohum (Seed)	84.18	3.61	78.80	2.90	45.88	2.14	62.39	2.72	0.000***
Diğer değişen masraflar (Other variable costs)	38.68	1.65	57.27	2.10	40.56	1.89	42.80	1.85	0.005***
Döner sermaye faizi (The interest in working capital)	76.87	3.29	92.31	3.40	70.95	3.31	76.22	3.32	0.000***
Değişen Masraflar (Variable costs)	1785.09	76.45	2143.64	78.89	1647.73	76.91	1769.92	77.16	0.000***
Arazi kirası (Land rent)	496.32	21.26	509.09	18.74	445.14	20.78	470.53	20.52	0.004***
Genel idari giderleri (General administration expenses)	53.55	2.29	64.31	2.37	49.43	2.31	53.10	2.32	0.000***
Sabit Masraflar (Fixed costs)	549.87	23.55	573.40	21.11	494.57	23.09	523.63	22.84	0.001***
Üretim Masrafları (Production costs)	2334.95	100.00	2717.04	100.00	2142.30	100.00	2293.55	100.00	0.000***

*** İstatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

İşletmelerde şeker pancarı üretiminde ana ürünün gayrisafi üretim değeri 2910.77 TL/da olarak hesaplanmıştır. İşletme genişlik gruplarına göre; I. grupta 2941.67 TL/da, II. grupta 3076.46 TL/da ve III. grupta 2841.58 TL/da olarak belirlenmiştir. İşletme genişlik grupları ve GSÜD arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunamamıştır ($p>0.05$). Yan ürün olan küspenin GSÜD işletmeler ortalamasında 225.13 TL/da, I. grupta 225.38 TL/da, II. grupta 245.42 TL/da ve III. grupta 218.80 TL/da olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3). İşletme genişlik grupları ve yan ürün geliri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunamamıştır ($p>0.05$).

Tarım sektöründe verilen tarımsal destekler üretici gelirlerinde pozitif artışa neden olmaktadır. Girdi destekleri (kimyasal gübre, motorin vb.) üretim maliyetlerinin düşmesine, prim destekleri ise üretici gelirinin artmasına etki etmektedir. Şeker pancarı üretiminde uygulanan temel politika aracı mazot-gübre desteği olup 2021 yılında dekara 17 TL mazot, 8 TL gübre olmak üzere toplamda 25 TL uygulanmıştır (Resmi Gazete, 2021). Ayrıca 2021 yılı özelinde şeker pancarı üretimi için daha önce uygulanmayan fark ödeme (prim) desteği ton başına 15 TL olarak

uygulanmıştır. Bu destekler hesaplama dâhil edilerek; maliyet ve kârlılık göstergesi sonuçları ortaya konulmuştur.

İşletmelerin tarımsal desteklerden elde ettiği gelir işletmeler ortalamasında 325.61 TL/da, I. grupta 129.87 TL/da, II. grupta 352.05 TL/da ve III. grupta 420.83 TL/da olarak belirlenmiştir. İşletme genişlik grupları ve tarımsal destekler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunamamıştır ($p>0.05$). Ana ürün, yan ürün ve tarımsal desteklerin toplamıyla hesaplanan toplam GSÜD ise işletmeler ortalamasında 3461.51 TL/da olarak hesaplanmıştır. İşletme genişlik gruplarına göre; I. grupta 3296.93 TL/da, II. grupta 3673.92 TL/da ve III. grupta 3481.22 TL/da olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). İşletme genişlik grupları ve toplam GSÜD arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunamamıştır ($p>0.05$). İşletmelerin şeker pancarı üretimi için dekar başına aldıkları tarımsal destekleme ödemelerinin net kârı %38.65, brüt kârı %23.84 ve nispi kârı %10.38 oranında artırdığı tespit edilmiştir.

Brüt kâr işletmelerde 1691.59 TL/da olarak belirlenmiştir. İşletme genişlik gruplarına göre; I. grupta 1511.84 TL/da, II. grupta 1530.29 TL/da ve III.

grupta 1833.49 TL/da olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3). İşletme genişlik grupları ve brüt kâr arasındaki

farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunamamıştır ($p>0.05$).

Çizelge 3. Şeker pancarı üretiminde maliyet ve kârlılık
Table 3. Cost and profitability in sugar beet production

Maliyet ve Kârlılık (Costs and Profit)	I	II	III	İşletmeler Ortalaması (Farms Average)	P
A. GSÜD (TL/da) (GPV (€/da))	2941.67	3076.46	2841.58	2910.77	0.335
B. Yan Ürün Geliri (TL/da) (By-Product Revenue (€/da))	225.38	245.42	218.80	225.13	0.207
C. Tarımsal Destekler (TL/da) (Agricultural Supports (€/da))	129.87	352.05	420.83	325.61	0.253
D. Toplam GSÜD (TL/da) (A+B+C) (Total GPV (€/da))	3296.93	3673.92	3481.22	3461.51	0.484
E. Değişen Masraflar (TL/da) (Variable Costs (€/da))	1785.09	2143.64	1647.73	1769.92	0.000***
F. Brüt Kâr (TL/da) (D-E) (Gross Profit (€/da))	1511.84	1530.29	1833.49	1691.59	0.368
G. Toplam Masraflar (TL/da) (Total Cost (€/da))	2334.95	2717.04	2142.30	2293.55	0.000***
H. Net Kâr (TL/da) (D-G) (Net Profit (€/da))	961.97	956.89	1338.92	1167.96	0.244
I. Nispi Kâr (D/G) (Relative Profit)	1.41	1.35	1.62	1.51	0.082**
J. Verim (Yield)	6868.42	7409.09	6638.89	6833.33	0.254
K. Satış Fiyatı (TL/kg) (A/J) (Sale Price (€/kg))	0.43	0.42	0.43	0.43	0.118
L. Üretim Maliyeti (TL/kg) (G/J) (Production Cost (€/kg))	0.34	0.37	0.32	0.34	0.269
M. Kâr Marjı (TL/kg) (K-L) (Profit Margin (€/kg))	0.09	0.05	0.11	0.09	0.160

***, **, Sırasıyla istatistiksel olarak %1 ve %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Net kâr; GSÜD'nden toplam üretim masrafların çıkartılmasıyla hesaplanmış ve işletmelerde 1167.96 TL/da olarak belirlenmiştir. İşletme genişlik gruplarına göre; I. grupta 961.97 TL/da, II. grupta 956.89 TL/da ve III. grupta 1338.92 TL/da olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3). İşletme genişlik grupları ve net kâr arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunamamıştır ($p>0.05$).

Nispi kâr; GSÜD'nin toplam üretim masraflarına bölünerek hesaplanmış ve işletmelerde ortalama 1.51 olarak hesaplanmıştır. İşletme genişlik gruplarına göre; I. grupta 1.41, II. grupta 1.35 ve III. grupta 1.62 olarak tespit edilmiştir. Bu değer şeker pancarı üretiminde işletmelerin 1 TL'lik masraf karşılığında 1.51 TL'lik üretim değeri elde ettiğini ve bunun 51 kuruşunun kâr olduğunu göstermektedir. İşletme gruplarına göre ortalama 1 TL'lik masraf karşılığında I. gruptaki işletmelerin 41 kuruş, II. grup işletmelerin 35 kuruş ve III. grup işletmelerin 62 kuruş kâr elde ettikleri hesaplanmıştır (Çizelge 3). Şeker pancarı üretiminde nispi kârı Göktolga & Karkacier (2001) 1.12, Bayramoğlu ve ark. (2005) 1.99 ve Gül (2019) 1.79 olarak hesaplamışlardır. Araştırma bulgusu ve diğer çalışma sonuçları şeker pancarı üretiminin kârlı

bir faaliyet dalı olduğunu göstermektedir. İşletme genişlik grupları ve nispi kâr arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.10$).

İşletmelerde şeker pancarı verimi 6833.33 kg/da olarak belirlenmiştir. İşletme gruplarına göre şeker pancarı verimi I. grupta 6868.42 kg/da, II. grupta 7409.09 kg/da ve III. grupta 6638.89 kg/da olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3). Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre, 2021 yılında şeker pancarı verim ortalaması Türkiye'de 6316 kg/da, Burdur ilinde ise şeker pancarı verimi 4778 kg/da olarak bildirilmiştir (Anonim, 2022a). Araştırma bulgusunun, araştırma bölgesi TÜİK verisinden yüksek bulunmasının sebebi olarak, görüşülen işletmelerin üretimde uyguladıkları tekniklerin, kullandıkları tohum çeşitlerinin ve toprak özelliklerinin farklı olması ile açıklanabilir. İşletme genişlik grupları ve verim arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunamamıştır ($p>0.05$).

Şeker pancarı satış fiyatı; GSÜD'nin üretim miktarına bölünmesiyle hesaplanmış ve işletmelerde ortalama 0.43 TL/kg olarak belirlenmiştir. İşletme genişlik gruplarına göre; I. grupta ve III. grupta 0.43 TL/kg, II. grupta 0.42 TL/kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Şeker pancarı fiyatları şeker fabrikası sahipleri, üreticiler ve/veya temsilciler arasında görüşülerek her yıl düzenli olarak belirlenir ve piyasaya duyurulur. Bu nedenle, işletme genişlik grupları arasında şeker pancarı fiyatları birbirine yakındır. İşletme genişlik grupları ve şeker pancarı satış fiyatları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunamamıştır ($p>0.05$).

Kilogram başına üretim maliyeti; toplam üretim masraflarının üretim miktarına bölünmesiyle hesaplanmış olup işletmelerde ortalama 0.34 TL/kg olarak belirlenmiştir. İşletme genişlik gruplarına göre; I. grupta 0.34 TL/kg, II. grupta 0.37 TL/kg ve III. grupta 0.32 TL/kg olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3). İşletme genişlik grupları ve şeker pancarı kilogram maliyetleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunamamıştır ($p>0.05$).

Kâr marjı; şeker pancarı kilogram satış fiyatından kilogram maliyeti çıkartılarak hesaplanmıştır ve işletmeler ortalamasında 0.09 TL/kg olarak belirlenmiştir. İşletme genişlik gruplarına göre; I. grupta 0.09 TL/kg, II. grupta 0.05 TL/kg ve III. grupta 0.11 TL/kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 3). II gruptaki işletmelerin kâr marjının diğer gruplara göre düşük olduğu belirlenmiştir. Bunun sebebi olarak, II. gruptaki işletmelerde değişen masrafların yüksek ve şeker pancarı satış fiyatının ise düşük olması gösterilebilir. Bu gruptaki işletmelerde değişen masraf unsurları içerisinde özellikle sulama, gübre ve ilaç masraflarının diğer gruptaki işletmelere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. İşletme genişlik grupları ve şeker pancarı kilogram kâr marjı arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunamamıştır ($p>0.05$).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırma bölgesinin tarımsal üretimi için önemli bir ürün olan şeker pancarı üretiminde, 2021 üretim döneminde 66 adet işletmeden veriler elde edilmiş olup şeker pancarı üretiminin ekonomik analizi ortaya konulmuştur.

Araştırmanın temel bulgularına göre incelenen işletmelerde şeker pancarı üretim masrafları 2293.55 TL/da olarak hesaplanmıştır. Şeker pancarının kilogram maliyeti 34 kuruş, satış fiyatı ise 43 kuruş olarak tespit edilmiştir. Kâr marjı, 1 kg şeker pancarı için 9 kuruştur. Şeker pancarından elde edilen gayrisafi üretim değeri 3461.51 TL/da, brüt kâr 1691.59 TL/da, net kâr 1167.96 TL/da ve nispi kâr ise 1.51 olarak belirlenmiştir. Bölgede şeker pancarı üretiminin görüşülen işletmeler açısından kârlı bir faaliyet olduğu tespit edilmiştir. Ancak üretimde kullanılan girdilerden gübre, motorin ve elektrik fiyatlarındaki artışların üretim maliyetlerini artırdığı ve geçmiş yıllara göre işletmelerin kârlılıklarının azaldığı belirlenmiştir.

Tarımsal desteklerin etkisiyle işletmelerdeki GSÜD'leri artışı için tarımsal destekleme ödemelerinin; net kârı %38.65, brüt kârı %23.84 ve nispi kârı %10.38 oranında artırdığı belirlenmiştir. Bu bakımdan tarımsal destekler, şeker pancarı üretiminde işletmelerin kârlılıklarını artırması açısından önemlidir. Üreticiler ve şeker pancarı üretiminin sürdürülebilirliği açısından desteklerinin artırılması ve üretim ile hasat arasında geçen sürenin uzun olması sebebiyle ihtiyaç duyulan girdilerin zamanında temin edilmesi için desteklerin üretim sonunda değil üretim esnasında çiftçilere verilmesi önerilmektedir. Böylece üreticiler girdi fiyatlarındaki artışlardan daha az etkilenmiş olacak ve etkin bir üretim süreci geçirebileceklerdir. Ayrıca toprak işlemeden başlayarak üreticilerin kaliteli tohum kullanımı, uygun ve zamanında gübre ve ilaç kullanımı, sulama ve mekanizasyon ile hasada kadar geçen süreçte bilinçli üretimin yapılması şeker pancarı üretiminde verim ve kalite artışı sağlayacaktır.

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

- Açıl, A.F., & Demirci, R. (1984). Tarım ekonomisi dersleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 372 sy.
- Anonim, (2021). Tarım ürünleri piyasaları. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepe/Menu/27/Tarim-Urunleri-Piyasalari>. (Alınma Tarihi: 19.07.2022).
- Anonim, (2022a). Bitkisel üretim istatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. (Alınma Tarihi: 10.07.2022).
- Anonim, (2022b). Türkşeker Burdur Şeker Fabrikası. <https://www.turkseker.gov.tr/?ModulID=11&MenuID=57&ID=4>. (Alınma Tarihi: 10.07.2022).
- Anonim, (2022c). Türkşeker sektör raporu 2021. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. https://www.turkseker.gov.tr/data/dokumanlar/2021_Sektor_Raporu.pdf. (Alınma Tarihi: 10.07.2022).
- Anonymous, (2022). World production quantities of crops. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. (Alınma Tarihi: 12.07.2022).
- Bayramoğlu, Z., Göktolga, Z.G., & Gündüz, O. (2005). Tokat ili Zile ilçesinde yetiştirilen bazı önemli tarla ürünlerinde fiziki üretim girdileri ve maliyet analizler. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 11(2), 101-109.

- <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tarekoder/issue/25825/272300>.
- Bayramoğlu, Z., Karakayacı, Z., Ağızan, K., Ağızan, S., & Bozdemir, M. (2021). Başlıca sebze ürünlerinde üretim maliyetlerini etkileyen faktörlerin belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(3), 603-613. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.764181>.
- Çiçek, A., & Erkan, O. (1996). Tarım ekonomisinde araştırma ve örnekleme yöntemleri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Tokat, 119 sy.
- Erdal, G., Esengün, K., Erdal, H., & Gündüz, O. (2007). Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy*, 32(1), 35-41. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.01.007>.
- Erkuş, A. (1979). Ankara ili Yenimahalle ilçesinde kontrollü kredi uygulaması yapılan tarım işletmelerinin planlanması üzerine bir araştırma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 112 sy.
- Erkuş, A., Bülbül, M., Kıral, T., Açıl, A.F., & Demirci, R. (1995). Tarım ekonomisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 298 sy.
- Gazioğlu, E.O. (2009). *Van İli Gevaş İlçesinde Şeker Pancarı Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin Ekonomik Analizi (Tez no 258653)*. [Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Göktolga, G., & Karkacier, O. (2001). Tokat ili erbaa ilçesinde şeker pancarı yetiştiren işletmelerin ekonomik analizi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 21-28. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gopzfd/issue/7349/96152>.
- Gül, İ. (2019). *Kahramanmaraş İli Afşin İlçesinde Şeker Pancarı Üreten Tarım İşletmelerinin Ekonomik Analizi (Tez no 570529)*. [Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Kadakoğlu, B., & Karlı, B. (2022). Türkiye ekonomisinde tarıma dayalı sanayinin önemi ve gelişim süreci. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 4(1), 50-59. <https://doi.org/10.55979/tjse.1107524>.
- Kıral, T., Kasnakoğlu, H., Tatlıdil, F.F., Fidan, H., & Gündoğmuş, E. (1999). Tarımsal ürünler için maliyet hesaplama metodolojisi ve veritabanı rehberi. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Yayınları, Ankara, 143 sy.
- Laate, E.A. (2014). The economics of sugar beet production in Alberta. Alberta Agriculture and Rural Development, Economics and Competitiveness Division Economics Branch, Edmonton, 36 p.
- Lubova, T.N., Islamgulov, D.R., Ismagilov, K.R., Ismagilov, R.R., Mukhametshin, A.M., Alimgafarov, R.R., Enikiev, R.I., Bakirova, A.U., Kamilanov, A.A., & Lebedeva, O.Y. (2018). Economic efficiency of sugar beet production. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(8), 6565-6569. <https://medwelljournals.com/abstract/?doi=jeasci.2018.6565.6569>.
- McKillup, S. (2012). *Statistics explained: An introductory guide for life scientists (2nd edition)*. Cambridge University Press, United States, 416 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139047500>.
- Peck, F.W. (1916). The cost of producing sugar beets. University of Minnesota Agricultural Experiment Station, Bulletin 154, 37 p.
- Rehber, E. (1993). Tarımsal işletmecilik ve planlama. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa, 179 sy.
- Resmi Gazete, (2021). Bitkisel üretime destekleme ödemesi yapılmasına dair tebliğ (Tebliğ no: 2021/40)'de değişiklik yapılmasına ilişkin tebliğ (Tebliğ no: 2022/8). 1 Nisan 2022 Tarih ve 31796 Sayılı Resmî Gazete, Ankara.
- Řezbová, H., Maitah, M., Škubna, O., & Smutka, L. (2016). The economic aspects of sugar beet production. Agrarian perspectives XXV. Global and European Challenges For Food Production, Agribusiness and The Rural Economy, Prague, Czech Republic, 14-16 September 2016, 327-335.
- Topçu, Y., Uzundumlu, A.S., & Karadaş, K. (2012). Erzurum ilinde şekerpancarı üretim maliyeti. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(Ek:A 2), 41-50. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jist/issue/7930/104310>.
- Vierling, G., & Zeddies, J. (1996). Costs of sugar beet production - Comparison of selected EU-Regions. *Zuckerind*, 121(8), 635-639.

Van Edremit İlçesi Elma Bahçelerinde Çok Kriterli Karar Verme Analizi-CBS ile Toprak Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

Siyami KARACA¹, Bulut SARĞIN², Pelin ALABOZ³, Orhan DENGİZ⁴

^{1,2}Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, VAN, ³Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, ISPARTA, ⁴Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, SAMSUN

¹<https://orcid.org/0000-0002-2434-1171>, ²<https://orcid.org/0000-0002-4752-4333>, ³<https://orcid.org/0000-0002-5810-6591>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-0458-6016>

✉: s.karaca@yyu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma yarı kurak karasal ekosisteme sahip olan Van ili Edremit ilçesinde elma bahçelerinde dağılım gösteren toprakların toprak kalite indekslerinin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanından alınan 52 adet toprak örneğinde toprak kalitesi, çok kriterli karar analizlerinden birisi olan analitik hiyerarşik süreç (AHS) yöntemi ve standart skorlama fonksiyon ile beraber kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, belirlenen 29 adet toprak kalite indikatörlerin minimum veri seti oluşturulması amacıyla temel bileşenler analizi uygulanmış ve 10 indikatöre indirilmiştir. Gerek toplam veri seti gerekse de minimum veri setine ait kalite indekslerinin alan içerisinde konumsal dağılım haritalarının üretilmesi amacıyla 15 enterpolasyon modeli uygulanmış olup, bu modeller içerisinde en düşük RMSE değerleri olarak, Kriking'in simple semivariogramına ait Spherical modeli belirlenmiştir. Çalışma alanı içerisinde toprakların kalite indeksi 0.334 ile 0.634 arasında değişkenlik sergilemiş, kalite çok düşük ve orta olarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca, gerek istatistiksel gerekse de jeostatistiksel olarak önemli farklılık bulunmayan her iki veri setinde de toprak kalite indeksi birbirine yakın seviyelerde belirlenmiş ve konumsal dağılım haritalarının birbirine benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Toprak Bilimi

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 15.02.2022

Kabul Tarihi : 06.09.2022

Anahtar Kelimeler

Toprak Kalitesi
Çok kriterli Yaklaşım
Elma
Van-Edremit

Determination of Soil Quality Characteristics with Multi-Criteria Decision-Making Analysis-GIS in Apple Orchards in Van-Edremit District

ABSTRACT

The current study was carried out to evaluate the soil quality indices of soils distributed in apple orchards in the Edremit district of Van Province which has a semi-arid terrestrial ecosystem. Soil quality in 52 soil samples taken from the study area was evaluated using the analytic hierarchical process (AHP) method, which is one of the multi-criteria decision analyses, together with the standard scoring function. In addition, in order to create a minimum data set of 29 selected soil quality indicators, principal component analysis was performed and it was reduced to 10 indicators. 15 models were applied to produce spatial distribution maps of the quality indices of both the total data set and the minimum data set within the study field and the Spherical model of Kriking's simple semivariogram was determined as the lowest RMSE values in these models. The quality index of soils in the study area varied between 0.334 and 0.634 which were classified as a very low and medium class. Moreover, it was determined that there is no statistically significant difference in both data sets and it was detected that the maps of their spatial distribution showed almost parallel patterns with each other as geostatistically.

Soil Science

Research Article

Article History

Received : 15.02.2022

Accepted : 06.09.2022

Keywords

Soil Quality
Multi-criteria Approach
Apple
Van-Edremit

To Cite: Karaca, S., Sargin, B., Alaboz, P., & Dengiz, O (2023). Determination of Soil Quality Characteristics with Multi-Criteria Decision-Making Analysis-GIS in Apple Orchards in Van-Edremit District. *KSU J. Agric Nat 26 (2):* 393-408. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1074149.

GİRİŞ

Son yıllarda artan nüfus popülasyonuna bağlı olarak düzensiz yapılaşma ve endüstrileşme, tarım arazilerine olan baskıyı gittikçe arttırmaktadır. Dünya üzerinde meydana gelen iklim değişikliği ile tarım arazilerinin amaç dışında kullanımı, olağan dışı ve bilinçsiz gübreleme ve sulama, tarım topraklarının üretkenliğin kaybolmasına sebep olmaktadır. Toprakların üretkenlikleri kaybolmaya başladığı zaman toprakların korunması için, fiziksel, kimyasal ve biyolojik nitelikleri göz önünde bulundurularak değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Bu durum tarımsal üretimde optimum ve kaliteli ürün elde edilmesinde önemli olmasının yanı sıra, aynı zamanda sürdürülebilir toprak yönetimi, toprak kalitesi ve sürdürülebilir tarım sisteminin de bir gerekliliktir (Everest ve ark., 2020). Optimum bir şekilde değerlendirildiğinde tahmin edilen verimi sağlayabilen toprakların, sürdürülebilir biçimde kullanılıp yönetilmesi için de toprak kaynaklarını yeterli şekilde incelemek ve izlemek mümkündür (Özyazıcı ve ark., 2016). Toprak kalite indeksi, toprak tekstürü, mutlak ve fizyolojik derinlik, hacim ağırlığı, pF değeri, infiltrasyon oranı, organik madde içeriği, elektriksel iletkenlik değeri, toprağın N, P ve K içeriği, porozite oranı gibi parametrelerden oluşturulan minimum veri seti ile toprak kalitesinin değerlendirilmesidir. (Doran & Parkin, 1996). Ana materyal, iklim, yeryüzü şekilleri, vejetasyon vb. etmenlere bağlı olarak çok küçük alanlarda da değişiklikler gösteren toprakların niteliklerinin saptanması, farklı toprak parametreleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi, üzerinde yetişen bitki örtülerinin de üretkenliği ve kalitesi açısından önem taşımaktadır. Tarımsal üretim ile toprak kalitesi arasında önemli ilişki bulunmakta ve bu ilişkiyi belirleyip ortaya koymak gereklidir. Toprak kalitesi denince toprağın bitkisel üretimdeki yeri ve çevre sağlığı açısından toprağın rolü akla gelmektedir. Toprak kalitesi, dinamik ve toprağın sahip olduğu özellikler tarafından belirlenir. Örneğin toprağın bünyesi toprağın tabii olarak sahip olduğu bir özelliktir ve kolayca değiştirilemez. Dinamik özelliklerin etkilediği toprak kalitesi ise toprağın kullanımına bağlı olarak değişir. Toprak kalitesi; toprak derinliği, su tutma kapasitesi, hacim ağırlığı, yarayışlı besin maddesi miktarı, organik madde miktarı, mikrobiyal kütle, karbon ve azot içeriği, toprak yapısı, infiltrasyon hızı, ürün verimi gibi birçok özellik tarafından belirlenir. Toprak kalitesini belirlemek için yapılan çalışmaların bir amacı da, toprak fonksiyonlarının, amenajman ile nasıl geliştirileceğinin/değiştirilebileceğinin öğrenilmesidir. Zira toprak ve çevresi sahip olduğu doğal özelliklere

bağlı olarak farklı kullanımlarda farklı tepkiler vermektedir. Bazı arazi kalitesi ölçümleri arazinin kapasitesinin veya ürün yetiştirme, ormancılık, mera veya tarım dışı kullanımlar gibi özel amaçlara uygunluğunun belirlenmesi esasına dayanır. Bu bağlamda yaygın olarak arazi değerlendirme uygulamaları kullanılır. Bu yöntemler genellikle toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine kurulmuştur. Son yıllarda sadece ürün verimi, arazi bozulması, erozyon ya da fiziksel ve kimyasal toprak faktörleri üzerine odaklanmanın yanında toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bir fonksiyonu olarak toprak kalitesinin değerlendirilmesi üzerinde çalışmalar yürütülmektedir. Ayrıca tarımda insan faaliyetlerinin uzun vadede toprak özellikleri etkisi üzerinde durulmaya başlanmıştır. Tarımsal kullanım altında olan ve olmayan arazilerde toprak bozulması ve toprak kalitesinin korunması üzerinde araştırmalar yoğunlaştırılmıştır (Özulu ve ark., 2006, Kalkancı ve ark., 2021).

Toprak kalitesi ve verimlilik ilişkileri amacıyla çeşitli ekolojilerde yapılan birçok çalışmada toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ortaya konmuştur. Çeltik tarımında (Dengiz, 2020), fındık yetiştiriciliğinde (Tercan ve ark., 2022), kiraz bahçelerinde (Çelik & Urhan, 2020), sarımsak tarımında (Akça ve ark., 2017), tahıllarda (Doğan & Erdal, 2018; Eren, 2019), fındık tarımında (Özkutlu ve ark., 2019), soya bitkisinde (Kars & Ekberli, 2020), mısır bitkisinde (Ordu, 2020) olası beslenme sorunları saptanmaya çalışılmış, saptanan toprak özellikleri dikkate alınarak tarımsal kullanım açısından değerlendirmeler yapılarak gübreleme gibi kültürel uygulamalarının yapılması doğrultusunda sonuçlar elde edilmiştir. Dünyada meyve kaynakları içerisinde ilk sıralarda yer alan elma, Rosacea familyasının, Pomoideae alt familyasının Malus cinsindedir. Elma, yeryüzünde çok geniş bir yayılma alanına sahip ve değişik ekolojilerde üretimi yapılabilen bir meyve türüdür. Dünyada en büyük elma üreticisi olan Çin'den sonra sırasıyla ABD ve Türkiye gelmektedir. Türkiye'nin gerek ekolojik şartların çekiciliği gerek gen merkezi olması nedeniyle, hemen her yerinde binlerce yıldır elma yetiştiriciliği yapılmaktadır. Dünya genelinde elma çeşitlerinin sayısı 6500'ü aşmıştır, Türkiye'de ise bu sayı 500'ün üzerindedir (Coşkun, 2018).

Van Gölü Havzası, Doğu Anadolu Bölgesi içinde elma yetiştiriciliğine uygun alanlarından. Yörede güneşli gün sayısının fazla olması (120 gün) ve ayrıca gece-gündüz sıcaklık farkının yüksek oluşu, kaliteli elma yetiştiriciliği için avantaj teşkil etmektedir. Van ve çevresi, elma yetiştiriciliğinin başlangıçta daha çok tohumla gerşekleşme nedeniyle, ağırlıklı olarak tohum

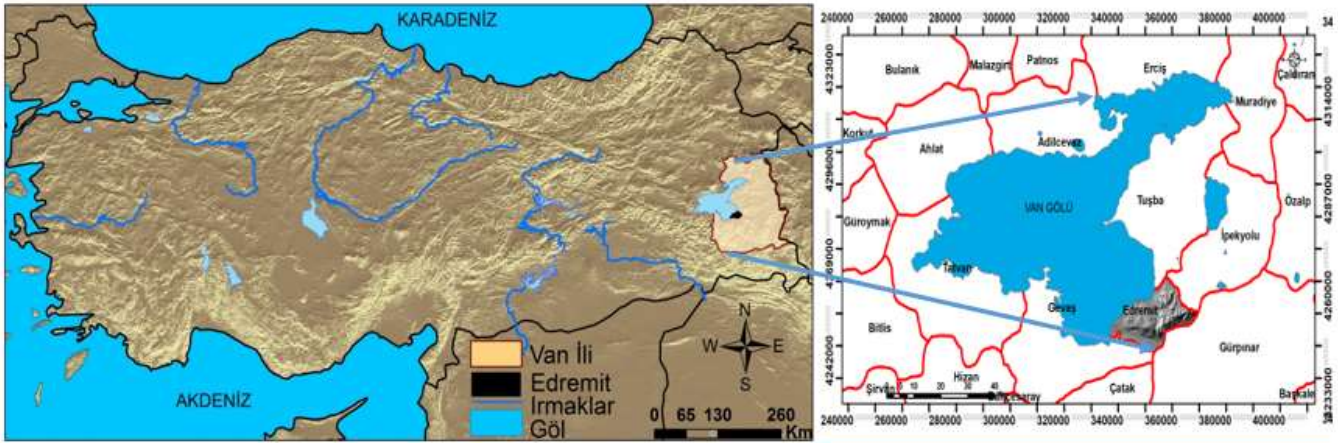
orijinli çöğür ağaçlardan oluşan ve zamanla kendini gösteren özellikleriyle mahalli çeşit vasfı kazanmış zengin elma gen kaynaklarına sahiptir. Öyle ki, diğer meyve türlerinde çok az sayıda yerel çeşit ismi anılırken elmada bu sayı yirminin üzerindedir (Kaya, 2008). Elma ılıman, soğuk ılıman iklimin bir ağacıdır. Elma ağacı kış soğuklarına çok iyi dayanır. Kış dinlenme periyodunda ağaç -35°C , bir yaşlı sürgünleri -20°C 'ye kadar dayanabilmektedir. Elma, kış dinlenmesine en çok ihtiyaç gösteren meyvelerden birisidir. Yeteri kadar kış soğuklamasına maruz kalmamış olan ağaçların ilkbaharda çiçek açmaları gecikir ve çiçeklerin açılması düzenli olmaz. Yine bu gibi ağaçlarda sürgün ve yaprak oluşumu da normal olmamaktadır. Elma ağacının, genel olarak 40°C üzerinde yüksek sıcaklıkta büyümesi engellenir (Özçağırın ve ark., 2011). Çünkü aşırı sıcaklık meyve kalitesinin düşmesine ve meyvelerde yanığa sebep olur. Elma ağaçlarından iyi bir ürün elde edebilmek için havanın nispi nem bakımından da elverişli (% 60-80) olması şarttır. Nispi nemin yaz aylarında düştüğü yerlerde meyve dökümü şiddetlendiği gibi meyve kalitesi de düşer. Elmanın, organik madde içeriği yüksek tın, tınlı kum veya kumlu tın tekstürlü topraklarda yetiştiriciliği yapılmakta olup nemli bölgelerde, az derin kumlu topraklarda iyi gübrelendiği taktirde normal bir şekilde büyüdüğü, kurak bölgelerde ise susuzluktan çok zarar gördüğü belirtilmektedir. Bununla birlikte kurak bölgelerde ağır bünyeli topraklarda susuzluğa dayanımı

artmaktadır. (Özçağırın ve ark., 2011). Taban suyunun bir metreden yukarı olmaması istenir. Derin, geçirgen ve besin maddesince zengin topraklar, çoğunlukla en ekonomik topraklar olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca kireçli ve pH'sı yüksek topraklarda besin elementlerinin alınımında problemlerin olması sebebiyle elma yetiştiriciliğinin iyi sonuçlar vermediği bilinmektedir. En elverişli toprak reaksiyonu pH 6-8 arasındadır (Özçağırın ve ark., 2011). Elma ağaçları durgun kalmamak şartı ile su taşkınlarına, daha iyi dayanır. Toprakta az oranda tuz bulunduğu taktirde yetişebilir. Çok kireçli topraklarda demir alınımındaki arızalar yüzünden sarılığa tutulur. Elma ağaçları Van il'inde hemen her tipteki topraklar üzerinde yetiştirilmektedir (Özbek, 1978).

Çalışmada, Van ilinin güney doğusundaki Edremit ilçesinde yer alan elma bahçesi topraklarının bazı fiziksel, kimyasal ve verimlilik özellikleri dikkate alınarak AHP, jeostatistik ve CBS yardımıyla toprak kalite durumlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOD

Çalışma alanı; Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi yer alan Van Gölü havzası içerisinde ve Türkiye'nin en büyük gölü olan Van gölünün doğu kıyısında bulunmaktadır (Şekil 1). Alan 4253200-4254800K ve 346500-349500D (WGS-84, UTM-m, 38 Zone) koordinatları arasındadır.



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası
Figure 1. Study area location map

Çalışma alanı 2665.9 dekar olup, deniz seviyesinden yüksekliği 1649 - 1755 m arasında yer almaktadır (Şekil 2). Yükseklik kuzeyden güneye doğru artış göstermektedir. Eğim genellikle orta ve doğu kesimlerde hafif ve orta dik (%2 ile %12) doğu ve kuzey doğu kesimlerde bu oran % 30 eğimlere çıkararak dik dağılım göstermektedir (Şekil 2). Bu nedenle dik eğim alanlarda erozyon etkisiyle, toprak derinlikleri sıg (20-50cm) ve eğimin azaldığı kesimlerde orta derin (50-

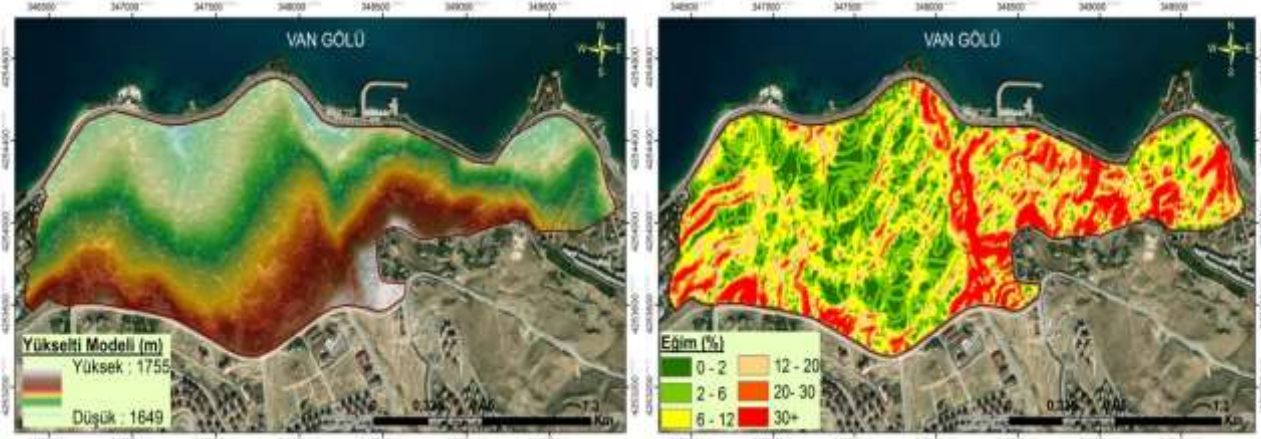
90cm) arasında değişmektedir.

Van ilinde genel olarak karasal iklim görülmektedir. Van gölünün iklimi yumuşatıcı etkisiyle kışlar çok sert geçmemektedir. İlin doğu ve kuzey bölgelerinde kışlar daha sert ve yağışlı, güney ve güneybatı bölgelerinde ise ılık geçer. Gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkı fazladır. Uzun yılların iklim verileri incelendiğinde; ilin yıllık ortalama sıcaklığı 9.4°C , en yüksek ortalama sıcaklık değeri 14.8°C , en düşük sıcaklık ortalama

değeri 3.6°C'dir. Belirlenen maksimum hava sıcaklığı 37.5°C, en düşük hava sıcaklığı ise -28.7°C'dir. İlin yağış verilerine bakıldığında ise ortalama toplam yağış değeri 392.8 mm civarındadır (Anonim, 2022). Bölük (2016), çalışma alanının Türkiye'deki Eriğin makroklima bölgelerine göre 26.41 puan yağış aktivite endeksi ile "yarı nemli" olarak sınıflandırıldığını bildirmektedir. Ayrıca, Newhall simülasyon modeli (Van Wambeke, 2000) çalışma alanının Xeric toprak nemi rejimine ve Mesic sıcaklık rejimine sahip olduğunu göstermektedir (Karaca ve ark., 2021).

Toprak Örnekleme

Çalışma alanında dağılım gösteren elma bahçelerinden 52 toprak örneği alınmıştır (Şekil 3). Bozulmuş toprak örnekleri 0-30 cm derinliği temsil edecek şekilde toprakçı kürekleri kullanılarak alınmıştır. Toprak örnekleri laboratuvara getirilerek hava kurusu hale geldikten sonra 2 mm elekten elenerek analize hazır hale getirilmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanı yükselti ve eğim haritası
Figure 2. Study area elevation and slope map



Şekil 3. Çalışma alanı içerisinde toprak örnekleme deseni
Figure 3. Soil sampling pattern within the study area.

Laboratuvar analizleri

Tekstür; hidrometre yöntemi (Bouyoucos, 1951), hacim ağırlığı; Blacke & Hartge, (1986), Hidrolik geçirgenlik; sabit su seviyeli hidrolik geçirgen setleri kullanarak belirlenmiştir (Klute & Dirksen 1986), kireç içeriği; Scheibler kalsimetre (Soil Survey Staff, 1993), pH ve EC, saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH ve EC metre (Soil Survey Laboratory, 1992) aracılığıyla, organik madde ise Modifiye Walkley-Black yöntemi ile (Jackson, 1958) belirlenmiştir. 1 N amonyum asetat (NH₄OAc) ile

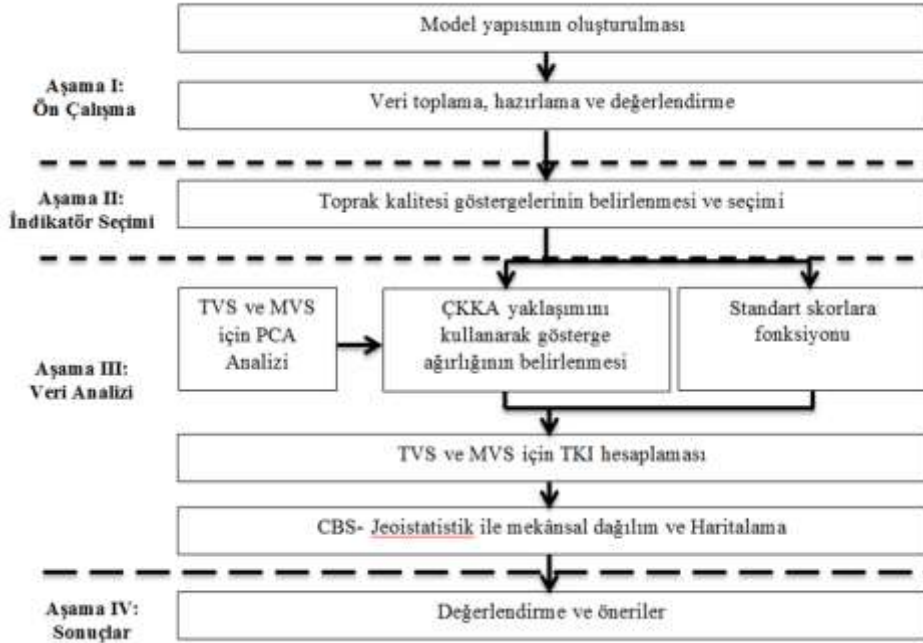
ekstrakte edilen Ca, Mg, K ve Na atomik absorpsiyon spektroskopisi cihazı kullanılarak (Soil Survey Staff, 1992), toplam azot, mikro kjeldahl (Bremner, 1982), yarıyışlı fosfor, Olsen (Olsen, 1954), mikro besin elementleri (Fe, Mn, Cu ve Zn) ise DTPA ile ekstraksiyon yöntemine göre belirlenmiştir (Lindsay & Norvell, 1978). Ağır metal analizleri ise Kloke (1980)' e göre belirlenmiştir.

Toprak Kalite İndeksi Modelinin Yapısı ve Aşamaları

Bu çalışma, elma yetiştiriciliği yapılan alanlarda

toprak kalitesindeki değişimleri değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Doğanın karmaşık ekolojik yapısının üstesinden gelmek amacıyla, coğrafi bilgi sistem (CBS) teknikleri, çok kriterli karar verme analizi (ÇKKA)-analitik hiyerarşik süreç yaklaşımları, standart skorlama fonksiyonu, jeoistatistik ve temel bileşen analizi gibi çeşitli metodolojiler bütünleştirilmiştir. Böylece, bir modelleme mimarisi Şekil 4 gibi oluşturulmuş ve kullanılan yöntemler arasındaki ilişkileri gösterilmiştir. Toprak kalite indeksi (TKİ) çalışması 4 aşamadan oluşmaktadır. İlk

adım, veritabanı için modelleme yapısını ve veri toplamayı içerir. İkinci adım, toprak kalitesi göstergelerinin seçilmesidir. Üçüncü adım, bu göstergeleri bir araya getirmek, puanlamak ve ağırlandırmak, toplam ve minimum veri setlerini (TVS-MVS) elde etmek ve bu verileri CBS kullanarak TKİ değişiklikleri için konumsal bir dağılım elde etmek üzere işlemektir. Son adımda ise veri analizinden elde edilen sonuçların değerlendirilmesidir.



Şekil 4. Toprak kalite indeksi için tasarlanan modelleme mimarisi
Figure 4. The modeling architecture designed for the soil quality index

Çok Kriterli Karar Analizi, Skorlama ve Temel Bileşenler Analizi

AHS yöntemi ile hem nitel hem de nicel faktörlerin ikili karşılaştırmaları yapılmakta, ağırlıkları ve öncelikleri belirlenmektedir (Saaty, 2008). Saaty (1977) önem derecesini tanımlayan 1'den 9'a kadar değişen değerlerden oluşan bir karşılaştırma önermiştir. Toprak özellikleri bu karşılaştırma matrisleri aracılığıyla önem seviyelerine göre AHS ile ağırlıklandırılmıştır. Belirlenen özellikler, standart skorlama fonksiyonları (SSF) kullanılarak birbiri ile kıyaslanabilir 0 ile 1 arasında birimsiz skorlara dönüştürülmüştür (Andrews ve ark., 2002). Çalışmada "daha fazla daha iyidir (more is better)", "daha az daha iyidir (less is better)" skorlama fonksiyonları kullanılmıştır (Masto ve ark., 2008) (Eşitlik 1, 2).

$$f(x) = \begin{cases} 0.1 & x \geq L \\ 0.9 \times \frac{x-L}{U-L} + 0.1 & L \leq x \leq U \\ 1 & x \leq L \end{cases} \quad (1)$$

$$f(x) = \begin{cases} 1 & x \geq L \\ 1 - 0.9 \times \frac{x-L}{U-L} & L \leq x \leq U \\ 0 & x \leq L \end{cases} \quad (2)$$

Denklemlerde, L ve U sırasıyla alt ve üst eşik değer, x ise örnek değeridir.

Çalışma alanı topraklarının kalite indeksinin belirlenebilmesi amacıyla parametrik bir yaklaşım olan doğrusal kombinasyon tekniği kullanılmıştır (Eşitlik 3).

$$TKİ = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot X_i) \quad (3)$$

Burada TKİ, Toprak kalite indeksi puanı, W_i : i parametrenin ağırlık değeri, X_i : i parametresine ait alt kriter skorları, n: ele alınan parametrelerin toplam sayısıdır. Toprakların kalite indeksi; çok düşük (<0.4), düşük (0.4-0.5), orta (0.5-0.65), yüksek (0.65-0.85), çok yüksek (>0.85) olarak sınıflandırılmaktadır (Dengiz, 2020). Toprak özelliklerinden minimum veri seti oluşturmak için verilere temel bileşenler analizi uygulanmıştır. Minimum veri setinde yer alabilecek parametrelerin belirlenmesinde, temel bileşenler analizi ile belirlenen bileşen yükleri, korelasyon yük

ekstrakte edilebilir Fe “fazla”, Zn “çok az-çok fazla”, Cu “yeterli, Mn “az-fazla” sınıflarında değişkenlik sergilemiştir. Toprak kirliliği kontrolü yönetmeliği (2005)’ e göre toprakların toplam Cd, Pb, Ni ve Cu içerikleri sınır değerler içerisinde belirlenmiş olup Ni ve Cr toprakta bulunması gereken sınır değerlerin üzerinde bulunmuştur. Kabata-Pendias & Pendias, (2001) topraktaki ağır metal kirliliğinin tarımsal kaynaklı ve gübreleme aracılığıyla Cr ve Ni eklentilerinin olduğunu belirtmiştir. Toprakların makro, mikro elemen ve ağır metal içeriklerinde varyasyon katsayısının temel toprak özelliklerine göre daha yüksek belirlenmesi çarpıklık katsayısının artmasına ve özelliklerin normalden daha uzak bir dağılım sergilemesine yol açmıştır. Elde edilen varyasyondaki yüksek değişkenlik uygulanan gübreleme programındaki farklılıklardan kaynaklı olarak değerlendirilebilmektedir. Toprak özelliklerinin AHS ile değerlendirilmesi sonucu toprak özelliklerinin ağırlıkları Çizelge 2’de belirtilmiştir.

Toprakların kil, tarla kapasitesi (TK), yarayırlı su (YS), organik madde (OM), katyon değişim kapasitesi (KDK), yarayırlı fosfor (P), toplam azot (TN), değişebilir katyonlardan Ca, Mg, K ve mikro besin elementlerinden Fe, Zn, Cu ve Mn içerikleri skorlanırken en fazla en iyidir fonksiyonu kullanılırken diğer özellikler en az en iyidir fonksiyonları ile standardize edilmiştir.

Toprak özellikleri fiziksel, kimyasal, verimlilik makro, verimlilik mikro ve kirlilik olarak gruplara ayrılarak matrisler oluşturulmuştur. En yüksek değer fiziksel kalite indikatörleri (0.3697) için belirlenirken, en düşük değer toprak kirlilik parametreleri (0.0625) için elde edilmiştir. Her bir kalite indikatörleri tekrardan kendi içinde ağırlıklandırılmış ve fiziksel, kimyasal, verimlilik makro, verimlilik mikro ve kirlilik indikatörleri içerisinde en yüksek ağırlık alan özellikler sırasıyla Kil, OM, TN, Fe, Ni olarak bulunmuştur.

Çizelge 1. Toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri
Table 1. Descriptive statistics of soil properties

Özellikler	Ort.	St.S	VK	Min.	Max.	Çarpıklık	Basıklık
Kum %	57.743	5.198	9	43.201	68.718	-0.54	0.22
Kil %	23.82	3.218	13.51	18.223	35.386	0.63	1.9
Silt %	18.437	5.796	31.44	7.634	34.627	0.31	0.11
HA g cm ⁻³	1.5442	0.032	2.07	1.48	1.61	0.03	-0.56
Hİ mm h ⁻¹	11.262	3.712	32.96	2.98	19.25	0.18	-0.62
TK %	25.279	2.301	9.1	20.8	33.1	0.53	1.26
SN %	15.112	2.015	13.33	11.1	21.3	0.22	0.45
YS %	10.167	0.935	9.2	8.5	12.4	0.5	-0.2
pH	8.5796	0.1438	1.68	8.29	8.88	0.13	-0.49
EC dSm ⁻¹	0.224	0.06141	27.34	0.122	0.34	0.14	-0.9
CaCO ₃ %	22.251	6.243	28.06	5.64	32.29	-0.39	-0.37
OM %	1.3902	0.6097	43.86	0.31	2.74	0.32	-0.56
KDK cmol kg ⁻¹	33.97	8.07	23.77	18.75	50.00	0.12	-0.76
P mg kg ⁻¹	3.641	0.947	26.01	2.19	5.91	0.44	-0.65
TN %	0.1444	0.1024	70.92	0.03	0.42	1.43	1.14
Ca mg kg ⁻¹	5402	1258	23.29	3467	8827	0.93	0.49
Mg mg kg ⁻¹	698.4	422.9	60.54	106.3	2076.3	1.39	2.54
K mg kg ⁻¹	366	334.3	91.33	90.8	1652.3	2.54	7.01
Na mg kg ⁻¹	47.14	14.37	30.48	21.22	69.97	-0.07	-1.2
Fe mg kg ⁻¹	1860	1558	83.76	211	7339	2.08	4.75
Zn mg kg ⁻¹	1.77	4.251	240.14	0.155	22.238	4.52	20.39
Cu mg kg ⁻¹	1.848	1.507	81.55	0.293	6.785	1.82	3.61
Mn mg kg ⁻¹	33.44	22.87	68.38	7.85	100.1	1.08	0.66
Cd _T mg kg ⁻¹	0.3582	0.1518	42.37	0.045	0.68	0.21	-0.3
Pb _T mg kg ⁻¹	11.982	3.165	26.42	6.377	20.375	0.58	0.35
Ni _T mg kg ⁻¹	98	58.53	59.72	17.5	238.7	1.2	0.53
Cr _T mg kg ⁻¹	73.62	41.04	55.74	21.84	181.31	1.31	0.81
Co _T mg kg ⁻¹	14.873	4.54	30.52	5.535	23.688	0.37	-0.36
Cu _T mg kg ⁻¹	19.65	8.35	42.48	4.91	36.2	0.4	-0.78

Toprakların genetik özelliklerinin değiştirilemez olması ve diğer kalite özellikleri en uygun düzeyde olsa da ideal fiziksel koşulların olmaması toprak kalitesini negatif yönde etkilemektedir. Bu yüzden, toprak

fiziksel kalite indikatörleri toprak kalitesi için oldukça önemli olarak değerlendirilmiş ve en yüksek ağırlığı almıştır. Yine fiziksel koşullarda kil içeriğinin yüksek ağırlıkta olması diğer çalışmalar ile uyumlu olup kil

içeriği doğrudan ve dolaylı yoldan birçok özelliği etkilemektedir (Dengiz & Sarıoğlu 2013; Şenol ve ark., 2020). Kimyasal indikatörler içerisinde organik materyalin katkı oranı yüksek seviyelerde belirlenmiştir. Organik materyal uygulamalarıyla hem fiziksel koşullar pozitif yönde etkilenirken ayrıca, parçalanma ve ayrışma sonrası besin elementi açığa çıkmasıyla bitki için besin elementi kaynağı olarak

değerlendirilmektedir (Alaboz ve ark., 2017; Alaboz & Öz, 2020). Makro besin elementlerin katkı oranları mikro besin elementlere göre daha yüksek seviyelerde olması bitkilerin gerekliliklerinin fazla olması kaynaklıdır. En düşük ağırlık kirlilik indikatörlerinde değerlendirilmiştir. Toprağın ağır metal içeriği genellikle besin elementi içeriklerine göre düşük seviyelerde bulunmaktadır.

Çizelge 2. Toprak özelliklerinin AHS ile ağırlıklandırılması

Table 2. The weighting of soil properties with AHP

	Fiziksel	Kimyasal	Verimlilik Makro	Verimlilik Mikro	Kirlilik	Birleştirilmiş Ağırlık
	0.3697*	0.2604	0.1975	0.1099	0.0625	Toplam AixCi***
Kum	0.134**					0.0495
Kil	0.1583					0.0585
Silt	0.0417					0.0154
HA	0.0785					0.0290
Hİ	0.0708					0.0262
TK	0.1574					0.0582
SN	0.093					0.0344
YS	0.2663					0.0985
pH		0.1622				0.0422
EC		0.0587				0.0153
OM		0.4218				0.1098
CaCO ₃		0.1037				0.0270
KDK		0.2537				0.0661
P			0.2636			0.0521
TN			0.3292			0.0650
K			0.1747			0.0345
Ca			0.1097			0.0217
Mg			0.0879			0.0174
Na			0.0349			0.0069
Fe				0.4393		0.0483
Cu				0.1036		0.0114
Zn				0.1464		0.0161
Mn				0.3107		0.0341
Ni					0.3504	0.0219
Pb _T					0.2478	0.0155
Crt					0.064	0.0040
Cot					0.1267	0.0079
Cu _T					0.0462	0.0029
Cd _T					0.1649	0.0103
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.0000

*İndikatör gruplarının ağırlıkları (Ai), **Her bir indikatör grubu içindeki özelliklerin kendi içerisindeki ağırlıkları(Ci), ***Kombine ağırlık, her bir toprak göstergesinin ağırlığının ait olduğu kalite gösterge grubunun genel ağırlığı ile oranlanmasıyla belirlenir.

Ayrıca yüksek konsantrasyonlarda toprağa ilavelerin yönetmelikler tarafından engellenmesi ve genetik bir faktör olmaması sebebiyle ağır metallerin ağırlıkları düşük olarak değerlendirilmiştir. AHS ile ağırlıklandırılan 29 toprak kalite indikatörü ve standart skorlama fonksiyonları ile standardize edilen veriler doğrusal kombinasyonu ile değerlendirilmiş ve toprak kalite indeksi belirlenmiştir. Çalışma alanı içerisinde toprakların kalite indeksi 0.334-0.634 arasında değişkenlik sergilemiş, kalite çok düşük ve

orta olarak sınıflandırılmıştır. Toprak kalite indekslerindeki düşüklüğünde en büyük etken toprakların kum içeriğinin yüksekliği olarak değerlendirilmektedir. Toprak kalitesi çalışmalarında birçok toprak kalite indikatörü ile değerlendirmeler yapılmakta olup, veri setlerini azaltmak daha az özelliğin dahil olduğu veri seti ile başarılı bir şekilde toprak kalitesini belirlemek amaçlı minimum veri setleri oluşturulmaktadır (Şenol ve ark., 2020; Alaboz ve ark., 2021). Bu çalışmada 29 toprak kalite

indikatörüne temel bileşenler analizi uygulanmış ve bunun sonucu elde edilen özdeğeri ve varyansı açıklayan temel bileşen sayıları Çizelge 3' te belirtilmiştir. Temel bileşenler analizinin (PCA) sonucu, özdeğeri > 1 olan ve varyansın %86.818 oranında açıklandığı seviyedeki 10 temel bileşen dikkate alınmıştır (Çizelge 3). Yapılan PCA analizine göre, toplam veri setinde ele alınan 29 indikatörden 10 adeti ile minimum veri seti oluşturulmuştur. İlk temel bileşende varyansın % 19.884'ü açıklanmaktadır.

Çizelge 3. Temel Bileşenler varyans dağılımı
Table 3. Principal Components variance distribution

Temel Bileşen	Toplam	Özdeğerler Varyans %	Birikimli Varyans %
PCA-1	5.766	19.884	19.884
PCA-2	4.821	16.624	36.508
PCA-3	3.178	10.959	47.467
PCA-4	2.473	8.528	55.995
PCA-5	2.093	7.216	63.212
PCA-6	1.670	5.757	68.969
PCA-7	1.533	5.286	74.255
PCA-8	1.364	4.704	78.959
PCA-9	1.240	4.278	83.236
PCA-10	1.039	3.582	86.818

Temel bileşenler ve her bir temel bileşendeki özelliklerin ağırlıkları Çizelge 4'de belirtilmiştir. PCA-1'de en yüksek ağırlığa sahip özellikler toprakların ağır metal içerikleri olup bu özellikler Ni, Cr, Co ve Cu olarak belirlenmiş bu temel bileşen ağır metallerle ilgili değişimi açıklayan temel bileşen olarak değerlendirilmiştir. Toprakların Cr içerikleri ile Ni (r: 0.983; p<0.01), Co (r:0.893; p<0.01) ve Cu (r:0.801; p<0.01) arasında yüksek korelasyon (> 0.7) belirlenmiştir (Çizelge 5). Bu özellikler arasında toplam korelasyon yükü en yüksek Cr (8.052) belirlenmiş diğer özellikler veri setinden elenerek PCA-1' de Cr özelliği veri setine dahil edilmiştir. Toprak özellikleri arasındaki korelasyonun yüksek olması belirlenecek özelliğe katkı oranlarının benzer olduğunu göstermektedir. PCA-2'de en yüksek ağırlığa sahip özellikler fiziksel özellikler olup bunlar kil, Hİ, TK ve SN olarak bulunmuştur. TK özelliği diğer özellikler ile yüksek korelasyon göstermiş ve toplam korelasyon yükü en yüksek TK olarak bulunmuştur. TK minimum veri setine dahil edilmiş diğer özellikler veri setinden elenmiştir. Diğer temel bileşenlerde aynı yaklaşımla seçilen özellikler YS, KDK, Cu, OM, EC, P, Na ve Zn olarak tespit edilmiş diğer özellikler veri setinden elenmiştir.

Minimum veri seti ile elde edilen toprak özellikleri TK, YS, KDK, OM, P, Zn, Cu, EC, Na, Cr olarak elde edilmiş ve AHS ile karşılaştırma matrisleri sonucu ağırlıklandırılmaları sırasıyla 0.175, 0.239, 0.149, 0.141, 0.080, 0.076, 0.041, 0.031, 0.024 olarak saptanmıştır (CR<0.1). Minimum veri seti ile elde edilen toprak kalite indeksi 0.2709-0.6576 arasında,

Diğerleri ise sırasıyla % 16.624, 10.959, 8.528, 7.216, 5.757, 5.286, 4.704, 4.278 ve 3.582 oranında varyans açıklamıştır. Temel bileşenlerde özellikler seçilirken en yüksek ağırlıktaki özellik seçilmekte ve o yükün % 10 seviyesinde daha düşük ağırlığa sahip olan özellikler değerlendirmeye alınmakta diğer özellikler ise veri setinden elenmektedir. Ayrıca veri seti içerisinde özelliklerin ilişkisinde yüksek korelasyon (> 0.7) gösterenler arasında seçimler yapılmıştır (Sağlam ve ark., 2015; Alaboz, 2020).

kalite çok düşük- yüksek sınıflarında belirlenmiştir.

Toplam veri seti ve minimum veri setlerinin benzerliklerinin karşılaştırılması için T testi sonucu Çizelge 6'da gösterilmiştir. Her iki veri setinin T testine tabi tutulması sonucu p değeri 0.575 olarak belirlenmiştir. İstatistiksel olarak önemli farklılık bulunmayan her iki veri setinde de toprak kalite indeksi birbirine yakın seviyelerde belirlenmiştir. Böylece bu bölgede toprak kalitesinin belirlenmesinde minimum veri seti içerisinde olan özelliklerin belirlenmesi ile kalite, doğru bir şekilde değerlendirilebilmektedir.

Toplam 29 indikatör ile elde edilen toprak kalite indeksi sonucu toprakların % 15.38'i "çok düşük", % 57.69'u "düşük", % 26.92'si orta kalite sınıfta belirlenmiştir. Minimum veri seti ile elde edilen TKİ sonucu, toprakların % 25'i "çok düşük", % 38.46'sı "düşük", % 34.61'i "orta", % 1.92'si "yüksek" olarak sınıflandırılmıştır. Toplam ve minimum veri setlerine ait toprak kalite indekslerinin dağılımı için en uygun semivariogram modellerin RMSE değerleri Çizelge 7'de verilmiştir. Gerek toplam veri seti gerekse de minimum veri seti ile oluşturulan toprak kalite indekslerinin alan içerisinde dağılımının belirlenmesine yönelik en uygun dağılım modeli her iki veri seti için Simple Kriging'in Spherical semivariogram modeli olarak belirlenmiştir. Bilgili ve ark., (2011) toprak özelliklerinin mekansal değişiminin hiperspektral VNIR yansıma spektroskopisi ve kriging ile birlikte kullanımını araştırdığı çalışmada; ordinary kriging yöntemiyle

toprak örnek sayısının artışına bağlı olarak CaCO_3 içeriğinin mekansal dağılımında başarılı sonuçlar elde ettiğini bildirmiştir. Çalışma sonucunda; VNIRRS ve

jeostatistiksel yöntemlerin kombinasyonlarının, toprak özelliklerinin haritalanmasında başarılı bir şekilde kullanılabileceği bildirilmiştir.

Çizelge 4. Temel bileşenler ve özelliklerin ağırlıkları

Table 4. Weights of basic components and features

	Temel Bileşenler (PCA)										Toplam Korelasyon Yükleri
	PCA-1	PCA-2	PCA-3	PCA-4	PCA-5	PCA-6	PCA-7	PCA-8	PCA-9	PCA-10	
Kum	-0.064	-0.201	-0.964	0.062	-0.041	0.082	-0.013	-0.024	0.020	-0.031	6.260
Kil	0.011	0.965	-0.066	0.094	-0.038	0.081	0.023	0.004	-0.111	-0.088	7.766
Silt	0.051	-0.356	0.901	-0.108	0.058	-0.118	-0.001	0.019	0.044	0.076	7.212
HA	-0.340	-0.280	-0.220	-0.003	0.134	-0.800	-0.007	0.113	-0.113	-0.079	7.331
Hİ	0.081	-0.934	-0.117	-0.063	-0.017	0.143	-0.041	-0.015	0.081	0.033	6.286
TK	0.127	0.906	0.267	0.067	-0.071	0.271	0.039	-0.026	-0.048	-0.002	8.575
SN	0.073	0.941	-0.128	0.099	-0.083	0.235	0.036	-0.034	-0.058	-0.040	8.436
YS	0.154	0.201	0.933	-0.047	0.005	0.160	0.018	0.007	0.007	0.082	6.415
pH	-0.484	-0.262	0.229	0.188	0.009	-0.218	-0.607	0.144	0.152	-0.076	7.325
EC	-0.183	-0.094	0.007	0.239	0.046	-0.173	0.701	-0.252	0.331	0.040	5.375
CaCO_3	-0.317	-0.023	0.151	0.718	-0.023	0.266	-0.166	-0.052	-0.043	-0.085	6.062
OM	0.333	0.201	-0.262	0.044	-0.150	0.821	-0.028	-0.146	0.065	0.063	7.544
KDK	-0.042	0.176	-0.177	0.904	-0.185	-0.063	0.055	-0.076	0.025	-0.081	7.337
P	-0.087	-0.038	-0.020	0.015	0.113	-0.119	0.034	0.792	-0.027	0.201	4.625
TN	-0.159	-0.071	-0.051	0.113	0.016	0.380	-0.340	-0.525	-0.242	-0.088	4.381
Ca	0.040	0.227	-0.223	0.746	-0.292	-0.168	-0.004	-0.099	0.201	0.147	6.455
Mg	-0.144	-0.008	0.012	0.608	0.119	0.163	0.058	0.159	-0.280	-0.488	4.668
K	-0.073	0.036	-0.073	0.541	-0.084	-0.037	0.305	-0.641	-0.141	0.174	5.989
Na	-0.225	-0.175	-0.120	0.070	-0.074	0.117	-0.003	0.030	0.761	-0.171	5.003
Fe	0.040	-0.042	0.040	-0.150	0.936	-0.068	-0.059	-0.005	0.077	-0.010	4.735
Zn	-0.090	-0.174	0.182	-0.067	0.105	0.134	-0.079	0.259	-0.040	0.835	5.148
Cu	-0.052	-0.066	0.035	-0.124	0.931	-0.116	-0.064	0.145	-0.021	0.080	5.526
Mn	-0.550	-0.397	0.189	0.112	-0.033	0.133	0.235	0.297	-0.166	0.255	6.970
Cd _T	-0.107	0.079	0.099	-0.066	-0.177	0.006	0.528	0.255	0.069	-0.163	4.086
Pb _T	0.011	-0.087	0.127	-0.071	0.123	0.001	0.182	0.074	0.668	0.148	4.701
Nir	0.934	-0.017	0.068	-0.123	-0.024	0.084	-0.003	0.029	-0.201	-0.041	7.916
Crt	0.934	0.023	0.070	-0.117	0.010	0.102	0.046	0.036	-0.190	-0.077	8.052
Cot	0.908	-0.087	0.151	-0.008	0.000	0.153	-0.093	0.070	-0.039	0.017	7.361
Cut	0.912	0.094	0.068	-0.030	-0.008	0.131	-0.025	-0.086	0.179	0.093	7.812

Çizelge 6. Veri setlerinin karşılaştırılması

Table 6. Comparison of data sets

Variable	N	Mean	St.Dev	Coef.Var	Min.	Mak.	Skewness	Kurtosis	T test	P değeri
TKİ-tvs	52	0.46278	0.05915	12.78	0.33454	0.63468	0.22	0.50	0.56	0.575
TKİ-mvs	52	0.4598	0.0831	18.07	0.2709	0.6576	-0.02	-0.20		

Toplam 29 indikatör ile elde edilen toprak kalite indeksi sonucu toprakların % 15.38'i "çok düşük", % 57.69'u "düşük", % 26.92'si orta kalite sınıfta belirlenmiştir. Minimum veri seti ile elde edilen TKİ sonucu, toprakların % 25'i "çok düşük", % 38.46'sı "düşük", % 34.61'i "orta", % 1.92'si "yüksek" olarak sınıflandırılmıştır. Toplam ve minimum veri setlerine ait toprak kalite indekslerinin dağılımı için en uygun semivariogram modellerin RMSE değerleri Çizelge 7'de verilmiştir. Gerek toplam veri seti gerekse de minimum veri seti ile oluşturulan toprak kalite indekslerinin alan içerisinde dağılımının belirlenmesine yönelik en uygun dağılım modeli her iki

veri seti için Simple Kriging'in Spherical semivariogram modeli olarak belirlenmiştir. Bilgili ve ark., (2011) toprak özelliklerinin mekansal değişiminin hiperspektral VNIR yansıma spektroskopisi ve kriging ile birlikte kullanımını araştırdığı çalışmada; ordinary kriging yöntemiyle toprak örnek sayısının artışına bağlı olarak CaCO_3 içeriğinin mekansal dağılımında başarılı sonuçlar elde ettiğini bildirmiştir. Çalışma sonucunda; VNIRRS ve jeostatistiksel yöntemlerin kombinasyonlarının, toprak özelliklerinin haritalanmasında başarılı bir şekilde kullanılabileceği bildirilmiştir.

Table 5. Correlation matrix of soil properties
Çizelge 5. Toprak özelliklerinin korelasyon matrisi

	Kum	Kil	Silt	HA	Hİ	TK	SN	YS	pH	EC	CaCO3	OM	KDK	P	TN	Ca	Mg	K	Na	Fe	Zn	Cu	Mn	Cd	Pb	Ni	Cr	Co	Cu
Kum	1.000	-.113	-.834	.227	.291	-.417	-.035	-.951	-.106	.035	-.024	.259	.186	-.013	.140	.194	.051	.108	.182	-.086	-.160	-.088	-.057	-.097	-.078	-.117	-.130	-.157	-.122
Kil	-.113	1.000	-.454	-.286	-.914	.899	.968	.127	-.286	-.085	.067	.259	.257	-.081	.006	.232	.156	.093	-.199	-.124	-.235	-.137	-.331	.065	-.178	.021	.059	-.040	.095
Silt	-.834	-.454	1.000	-.045	.246	-.125	-.506	.783	.254	.015	-.015	-.376	-.310	.057	-.129	-.303	-.132	-.148	-.053	.146	.274	.155	.235	.051	.169	.093	.084	.163	.057
HA	.227	-.286	-.045	1.000	.078	-.577	-.437	-.480	.382	.166	-.095	-.859	-.004	.197	-.160	-.028	.050	-.035	-.002	.133	-.043	.246	.235	.011	-.011	-.345	-.371	-.365	-.465
Hİ	.291	-.914	.246	.078	1.000	-.842	-.859	-.221	.143	.002	-.064	.041	-.183	.034	.030	-.187	-.074	-.064	.189	.046	.146	.045	.217	-.126	.083	.039	.014	.092	.016
TK	-.417	.899	-.125	-.577	-.842	1.000	.915	.490	-.308	-.111	.093	.388	.162	-.111	.020	.162	.068	.078	-.197	-.125	-.105	-.167	-.306	.101	-.097	.155	.194	.120	.244
SN	-.035	.968	-.506	-.437	-.859	.915	1.000	.096	-.354	-.091	.083	.441	.266	-.120	.066	.266	.108	.128	-.145	-.164	-.208	-.202	-.361	.079	-.149	.084	.121	.022	.167
YS	-.951	.127	.783	-.480	-.221	.490	.096	1.000	.005	-.078	.049	.005	-.175	-.016	-.092	-.175	-.064	-.084	-.173	.046	.191	.024	.025	.078	.083	.202	.217	.247	.240
pH	-.106	-.286	.254	.382	.143	-.308	-.354	.005	1.000	-.153	.387	-.444	.042	.191	.193	.022	.093	-.163	.205	.053	.081	.099	.303	-.277	.069	-.460	-.512	-.312	-.429
EC	.035	-.085	.015	.166	.002	-.111	-.091	-.078	-.153	1.000	.133	-.183	.204	-.040	-.159	.192	.009	.456	.293	-.018	-.131	-.077	.224	.338	.330	-.252	-.223	-.242	-.137
CaCO3	-.024	.067	-.015	-.095	-.064	.093	.083	.049	.387	.133	1.000	.077	.519	.027	.380	.361	.450	.384	.087	-.164	-.046	-.141	.197	-.070	-.085	-.313	-.307	-.173	-.268
OM	.259	.259	-.376	-.859	.041	.388	.441	.005	-.444	-.183	.077	1.00	.105	-.206	.268	.120	-.001	.116	.032	-.186	-.051	-.288	-.290	-.102	-.059	.317	.333	.313	.425
KDK	.186	.257	-.310	-.004	-.183	.162	.266	-.175	.042	.204	.519	.105	1.000	-.133	.082	.891	.569	.538	.105	-.293	-.226	-.296	-.018	.033	-.141	-.193	-.180	-.146	-.080
P	-.013	-.081	.057	.197	.034	-.111	-.120	-.016	.191	-.040	.027	-.206	-.133	1.000	-.362	-.070	-.089	-.364	-.085	.084	.232	.263	.226	.184	.057	-.083	-.081	-.084	-.138
TN	.140	.006	-.129	-.160	.030	.020	.066	-.092	.193	-.159	.380	.268	.082	-.362	1.000	.039	.058	.251	-.117	-.032	-.131	-.078	.003	-.188	-.213	-.058	-.086	-.002	-.039
Ca	.194	.232	-.303	-.028	-.187	.162	.266	-.175	.022	.192	.361	.120	.891	-.070	.039	1.000	.144	.448	.169	-.304	-.134	-.333	-.123	.063	-.071	-.143	-.144	-.110	.028
Mg	.051	.156	-.132	.050	-.074	.068	.108	-.064	.093	.009	.450	-.001	.569	-.089	.058	.144	1.000	.192	-.059	-.071	-.243	-.028	.179	-.030	-.171	-.150	-.117	-.093	-.220
K	.108	.093	-.148	-.035	-.064	.078	.128	-.084	-.163	.456	.384	.116	.538	-.364	.251	.448	.192	1.000	-.084	-.228	-.142	-.223	-.017	-.028	-.127	-.136	-.138	-.172	-.046
Na	.182	-.199	-.053	-.002	.189	-.197	-.145	-.173	.205	.293	.087	.032	.105	-.085	-.117	.169	-.059	-.084	1.000	-.034	-.083	-.054	.139	.037	.351	-.292	-.280	-.204	-.153
Fe	-.086	-.124	.146	.133	.046	-.125	-.164	.046	.053	-.018	-.164	-.186	-.293	.084	-.032	-.304	-.071	-.228	-.034	1.000	.089	.878	-.083	-.138	.111	.010	.032	.026	.031
Zn	-.160	-.235	.274	-.043	.146	-.105	-.208	.191	.081	-.131	-.046	-.051	-.226	.232	-.131	-.134	-.243	-.142	-.083	.089	1.000	.207	.460	-.127	.182	-.066	-.088	.052	-.018
Cu	-.088	-.137	.155	.246	.045	-.167	-.202	.024	.099	-.077	-.141	-.288	-.296	.263	-.078	-.333	-.028	-.223	-.054	.878	.207	1.000	.047	-.141	.085	-.048	-.024	-.057	-.097
Mn	-.057	-.331	.235	.235	.217	-.306	-.361	.025	.303	.224	.197	-.290	-.018	.226	.003	-.123	.179	-.017	.139	-.083	.460	.047	1.000	.194	.022	-.397	-.439	-.305	-.536
Cd	-.097	.065	.051	.011	-.126	.101	.079	.078	-.277	.338	-.070	-.102	.033	.184	-.188	.063	-.030	-.028	.037	-.138	-.127	-.141	.194	1.000	.191	-.084	-.046	-.125	-.082
Pb	-.078	-.178	.169	-.011	.083	-.097	-.149	.083	.069	.330	-.085	-.059	-.141	.057	-.213	-.071	-.171	-.127	.351	.111	.182	.085	.022	.191	1.000	-.153	-.156	.063	.215
Ni	-.117	.021	.093	-.345	.039	.155	.084	.202	-.460	-.252	-.313	.317	-.193	-.083	-.058	-.143	-.150	-.136	-.292	.010	-.066	-.048	-.397	-.084	-.153	1.000	.983	.920	.804
Cr	-.130	.059	.084	-.371	.014	.194	.121	.217	-.512	-.223	-.307	.333	-.180	-.081	-.086	-.144	-.117	-.138	-.280	.032	-.088	-.024	-.439	-.046	-.156	.983	1.000	.893	.801
Co	-.157	-.040	.163	-.365	.092	.120	.022	.247	-.312	-.242	-.173	.313	-.146	-.084	-.002	-.110	-.093	-.172	-.204	.026	.052	-.057	-.305	-.125	.063	.920	.893	1.00	.862
CuT	-.122	.095	.057	-.465	.016	.244	.167	.240	-.429	-.137	-.268	.425	-.080	-.138	-.039	.028	-.220	-.046	-.153	.031	-.018	-.097	-.536	-.082	.215	.804	.801	.862	1.000

Çizelge 7. Toplam ve minimum veri setlerine ait toprak kalite indekslerinin dağılımı için en uygun semivariogram modellerin RMSE değerleri

Table 7. RMSE values of the most suitable semivariogram models for the distribution of soil quality indices of the total and minimum data sets

Modeller	Semivariogramlar	RMSE	
		TKI-tvs	TKI-mvs
Ters Mesafe	1	0.0596	0.0849
Ağırlıklandırma (IDW)	2	0.0583	0.0844
	3	0.0584	0.0854
Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF)	İnce plaka spline (Thin Plate Spline)	0.0564	0.0877
	Düzenli spline (Completely Regularized Spline)	0.0567	0.0835
	Gergin spline (Spline with Tension)	0.0556	0.0835
	Ordinary Kriging		
	Gauss (Gaussian)	0.0602	0.0865
	Üstel (Exponential)	0.0605	0.0868
	Küresel (Spherical)	0.0600	0.0859
	Basit Kriging (Simple Kriging)		
Kriging	Gauss (Gaussian)	0.0565	0.0800
	Üstel (Exponential)	0.0568	0.0811
	Küresel (Spherical)	0.0554	0.0793
	Evrensel Kriging (Universal Kriging)		
	Gauss (Gaussian)	0.0602	0.0865
	Üstel (Exponential)	0.0605	0.0868
	Küresel (Spherical)	0.0600	0.0859

SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışma, yarı kurak karasal ekosisteme sahip olan Van Gölü'nün doğusunda yer alan Van ili Erdemir ilçesinde elma bahçeleri topraklarının toprak kalite indekslerinin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanından alınan 52 adet, 0-30 cm derinliği temsil eden toprak örneğinde, çok kriterli karar analizlerden biri olan AHS yönteminin standart skorlama fonksiyon ile kullanılarak toprak kalitesi değerlendirilmiştir.

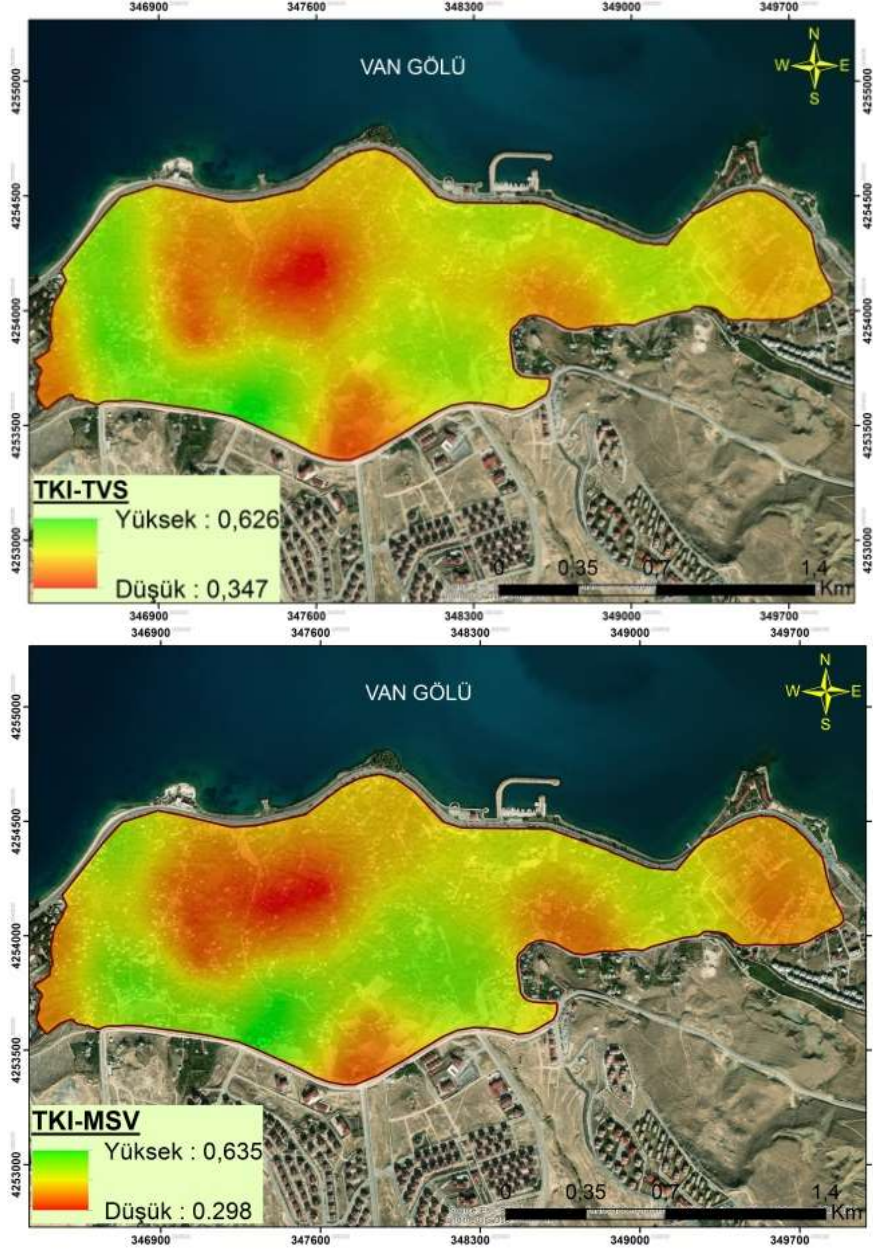
Ayrıca, incelenen 29 adet toprak kalite indikatörü içerisinde temel bileşenler analizi ile minimum veri seti oluşturulmuş etkisi yüksek 10 indikatör seçilmiştir. Böylece benzer bir çalışmanın yörede yapılmasına yönelik olarak zaman, masraf ve iş gücü gibi önemli faktörlerin azaltılmasına önemli bir katkı sunulmuştur. Gerek toplam veri seti gerekse de minimum veri setine ait kalite indekslerinin alan içerisinde konumsal dağılım haritalarının üretilmesi amacıyla 15 enterpolasyon modeli uygulanmış olup, bu modeller içerisinde en düşük RMSE değerleri olarak, Kriking'in Simple Semivariogramına ait Spherical modeli belirlenmiştir. Çalışma alanı içerisinde toprakların kalite indeksi 0.334-0.634 arasında değişkenlik sergilemiş, kalite çok düşük ve orta olarak sınıflandırılmıştır. Çalışmada; toprak kalite indekslerinin değerlendirilmesinde genetik

faktörlerden olan kum ve kil içeriğinin ağırlıkları benzer olarak belirlense de kum içeriğinin "arttıka azalan" skorlama fonksiyonunda kullanılması kum içeriği yüksek alanlarda toprak kalitesinin düşük çıkmasına katkı sağlamıştır. Kum içeriğinin yüksek olması nedeniyle düşük su tutma kapasiteleri, KDK ve yüksek hacim ağırlığının olduğu değerlendirilmektedir. Kum içeriğindeki bu artış diğer özellikleride kombine bir şekilde etkilemiş ve düşük skorlanma sonucu TKİ daha düşük belirlenmiştir. Ayrıca, gerek istatistiksel gerekse de jeoistatistiksel olarak önemli farklılık bulunmayan her iki veri setinde de toprak kalite indeksi birbirine yakın seviyelerde belirlenmiş ve konumsal dağılım haritaları birbirine yakınlık sergilemiştir.

Toprak kalite indeksinin düşük olması üretimi de olumsuz etkilemektedir. Elma ürün verimi ve kalitesinin artırılması toprak kalitesi ile doğrudan ilişkilidir. Toprak kalite indeksinin belirlenmesinde ağırlığı yüksek olan fiziksel indikatörlerin iyileştirilmesi için organik materyel uygulamaları ile kum içeriği yüksek olan elma bahçelerinde hem agregasyonun artışı sağlanırken, hem de su ve besin elementi tutulumu-yarayışlılığı artacaktır. Ayrıca organik materyel uygulamaları ile biyolojik ve kimyasal kalite indikatörleride pozitif yönde etkilenecek toprak kalitesi ve ürün veriminde

artışların olması beklenmektedir. Bölgede azaltılmış toprak işleme gibi kültürel işlemlerin dikkate alınması fiziksel koşullardan kaynaklanacak negatif etkiyi ortadan kaldıracaktır. Bunun yanında zamanında

yapılacak toprak analizleri ve bilinçli gübreleme ile sulamanın elma bahçelerindeki ürün verimi ve toprak kalitesi üzerinde etkili olacağı önerilmektedir.



Şekil 6. Toplam ve minimum veri setlerine ait toprak kalite indekslerinin dağılımı haritaları
Figure 6. Distribution maps of soil quality indices of total and minimum data sets

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

Akça, H., Taban, N., Turan, M. A., Taban, S.,

Ouedraogo, A. R. & Türkmen, N. (2017). Türkiye’de Sarımsak Tarımı Yapılan Toprakların Verimlilik Durumu. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5 (2), 93-100. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/382141>

Alaboz, P., Dengiz, O. & Demir, S. (2021). Barley Yield Estimation Performed by ANN Integrated with the Soil Quality Index Modified by Biogas Waste Application. *Zemdirbyste-Agriculture*, 108, 217-226. <https://doi.org/10.13080/z-a.2021.108.028>.

Alaboz, P. (2020). Selecting Soil Properties for

- Assessment of Soil Aggregation Using Principal Component and Clustering Analysis. *Soil Research*, 59, 170-178. <https://doi.org/10.1071/SR20031>.
- Alaboz, P., Işıldar A.A., Müjdecı, M. & Şenol, H. (2017). Farklı Düzeylerde Vermikompost ve Sulama Uygulamalarının Bazı Toprak Özellikleri ve Biber (*Capsicum annuum*) Gelişimi Üzerine Etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27 (1), 30-36. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.284217>.
- Alaboz, P. & Öz, H. (2020). Biyokömür ve Solarizasyon Uygulamalarının Bazı Toprak Fiziksel Özellikler Üzerine Etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35 (2), 208-214. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.697458>.
- Alpar, R. (2020). *Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler*. Detay Yayıncılık.
- Andrews, S.S., Karlen, D.L. & Mitchell, J.P. (2002). A Comparison of Soil Quality Indexing Methods for Vegetable Production Systems in Northern California. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 90, 25-45. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00174-8) Get rights and content.
- Anonim, (2022). Van İline Ait İstatistik Veriler. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=VAN>. (Alınma Tarihi: 16.05.2022)
- Bilgili, A.V., Akbaş, F. & Van Es, H.M. (2011). Combined use of hyperspectral VNIR reflectance spectroscopy and kriging to predict soil variables spatially. *Precision Agriculture*, 12 (3), 395-420. <https://doi.org/10.1007/s11119-010-9173-6>.
- Blacke, G.R. & Hartge, K.H. (1986). Bulk density. in Klute, A. (ed). *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. 2nd ed. *Agronomy*, 9, 363-382.
- Bölük, E. (2016). According to Erinç Climate Classification Turkish Climate, *Ministry of Forestry and Water Management General Directorate of Meteorology*, Ankara.
- Bouyoucos, G.A. (1951). Determination of Particle Size in Soils. *Agronomy Journal*, 42, 438-443.
- Bremner, J. M. (1982). Total nitrogen. *Methods of soil analysis. Am. Soc. Agron. Morgan 10* (2), 594-624.
- Çelik, H. & Urhan, G. (2020). Keles Yöresi Kiraz Bahçelerinin Beslenme Durumlarının Toprak, Yaprak ve Meyve Analizleri ile Değerlendirilmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34 (1), 185-200. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1101944>
- Coşkun, Y. (2018). *Karaman'da Elma Yetiştiriciliği ve Yerel Elma Çeşitleri*. Karaman'ın Elmalarını ve Üzümlerini Araştırıyoruz Projesi.
- Dengiz, O. & Sarioğlu, F.E. (2013). Parametric Approach with Linear Combination Technique in Land Evaluation Studies. *Journal of Agricultural Sciences*, 19, 101-112. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001234.
- Dengiz, O. (2020). Soil Quality Index for Paddy Fields Based on Standard Scoring Functions and Weight Allocation Method. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66 (3), 301-315. <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1610880>
- Doğan, A. & Erdal, İ. (2018). Burdur İli Tahıl Yetiştirilen Toprakların Verimlilik Durumlarının Belirlenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6 (1), 39-45. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/494088>
- Doran, J. W. & Parkin, T. B. (1996). Quantitative Indicators of Soil Quality. A minimum data set. In: Doran JW, Jones AJ (ed), *Methods for Assessing Soil Quality SSSA Spec. Publ. 49*, Madison, WI, 25-37.
- Eren, A. (2019). Kızıltepe Yöresinde Buğday Tarımı Yapılan Toprakların Bazı Verimlilik Durumlarının Belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 8(1), 1-9. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/657364>
- Everest, T., Sungur, A. & Özcan, H. (2020). Gelibolu Namaztepe Bölgesindeki Farklı Fizyografyalar Üzerindeki Toprakların Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri ve Sınıflandırılması. *ÇOMÜ LİAR*, 1(1), 1-12. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1172141>
- FAO, (1990). *Micronutrient, Assessment at the Country Level: An International study*. FAO Soils Bulletin, 63, Rome.
- Follet, R.H. (1969). *Zn. Fe. Mn and Cu in Colorado Soils*. [Ph.D. Dissertation, Colo. State University].
- Güneş, A., Aktaş, M., İnal, A. & Alpaslan, M. (1996). *Konya Kapalı Havzası Topraklarının Fiziksel ve Kimyasal özellikleri*. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Houskova, B., (2004). Soil compaction as a driving force for changes in soil functions, 12-16 June JRC Ispra.
- Jackson, M.L. (1958). *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, 498. 183-204.
- Kabata-Pendias, A., & Pendias, H. (2001). *Trace Elements In Soils And Plants*, CRC Press, Washington, D.C., USA.
- Kalkancı N, Şimşek T, Aslan N, Büyük G. (2021). Tarım Topraklarının Verimlilik Durumlarının Tematik Düzeyde Haritalanarak Sürdürülebilir Yönetiminin Sağlanması: Osmaniye Örneği. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.* 24(4), 859-870. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.800468>
- Karaca, S., Dengiz, O., Turan, İ.D., Özkan, B., Dedeoğlu, M., Gülser, F., Sargin, B., Demir, S. & Ay, A. (2021). An Assessment of Pasture Soils Quality Based on Multi-Indicator Weighting Approaches in Semi-Arid Ecosystem. *Ecological Indicators*, 121, 107001. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107001>.

- Kars, N. & Ekberli, İ. (2020). Çarşamba Ovası'nda Soya Yetiştirilen Tarım Alanlarının Verimlilik Durumlarının Belirlenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 8 (1), 14-25. <https://doi.org/10.33409/tbbbd.756822>.
- Kaya, T. (2008). Van Merkez, Edremit ve Gevaş İlçeleri Elma Genetik Kaynaklarının Fenolojik, Morfolojik, Pomolojik ve Moleküler Tanımlanması. [Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Kloke, A. (1980). Orientierungsdaten Fur Tolerierbare Gesa Mtgehalte Einiger Elemente in Kulturboden. *Mitt. VDLUFA 1* (3), 9-11.
- Klute, A. & Dirksen, C. (1986). *Hydraulic Conductivity and Diffusivity. Laboratory Methods. In: Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods*, 687-732. ASA and SSSA Agronomy Monograph no 9 (2nded), Madison.
- Lindsay, W.L. & Norvell, W.A. (1969). Development of a DTPA Micronutrient Soil Test. *Soil Science Society of American Proceeding* 35, 600-602.
- Lindsay, W.L. & Norvell, W.A. (1978). Development of a DTPA Soil Test For Zinc, Iron, Manganese, and Copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42 (3), 421-428.
- Maas, E.V. (1986). Salt Tolerance of Plants. *Applied Agricultural Research*, 1, 12-25.
- Masto, R.E, Chhonkar, P.K., Purakayastha, T.J., Patra, A.K. & Singh, D. (2008). Soil Quality Indices for Evaluation of Long-Term Land Use and Soil Management Practices Semi-Arid Sub-Tropical India. *Land Degradation and Development*, 19 (5), 516-529. <https://doi.org/10.1002/ldr.857>
- Olsen, S.R. (1954). *Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate* (No. 939). US Department of Agriculture.
- Ordu, D. (2020). *Bursa ili Karacabey İlçesi Mısır Tarımı Yapılan Toprakların (Yolağzı Bölgesi) Verimlilik Durumunun Belirlenmesi*. [Yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü], Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Özbek, S. (1978). *Özel Meyvecilik. Ç.Ü Ziraat Fakültesi Yayınları 128*, Ders Kitabı II, Adana.
- Özçağırın, R., Ünal, A., Özeker, E. & İsfendiyaroğlu, M. (2011). *Ilıman iklim meyve türleri. Yumuşak çekirdekli meyveler Cild-II*, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir.
- Özkutlu, F., Ete Aydemir, Ö., Akgün, M. & Özcan, B. (2019). Ordu İlinde Fındık (*Corylus Avellana* L.) Tarımı Yapılan Toprakların Çinko (Zn) Beslenme Durumu ve Potansiyel Beslenme Problemlerinin Belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8 (Özel Sayı), 131-140. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/934574>
- Özulu, M., Özaytekin, H.H. & Uyanöz, R. (2006). Toprak Kalitesinin Değerlendirilmesinde Farklı Yaklaşımlar. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 20(40),1-8.
- Özyazıcı, M.A., Dengiz, O., Aydoğan, M., Bayraklı, B., Kesim, E., Urla, Ö., Yıldız, H. & Ünal, E. (2016). Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 31 (1), 136-148. <https://doi.org/10.7161/anajas.2016.31.1.136-148>.
- Richards, L.A. (1954). *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. US Salinity Lab., (Ed.), United States Department of Agriculture Handbook*, 60:94 California, USA.
- Saaty, T.L. (1977). A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15 (3), 234-281.
- Saaty, T.L. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal Services Sciences*, 1 (1), 83-98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>.
- Sağlam, M., Dengiz, O. & Saygın, F. (2015). Assessment of Horizontal and Vertical Variabilities of Soil Quality Using Multivariate Statistics and Geostatistical Methods. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(13), 1677-1697. <https://doi.org/10.1080/00103624.2015.1045596>.
- Sarı, H. (2014). *Tekirdağ İlinde Bazi Arazi Karakteristiklerinin Toprağın Hidrolik İletkenliği Üzerine Etkisi*. [Doktora Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı], Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Şenol, H., Alaboz, P., Demir, S. & Dengiz, O. (2020). Computational Intelligence Applied to Soil Quality Index Using GIS and Geostatistical Approaches in Semiarid Terrestrial Ecosystem. *Arabian Journal of Geosciences*, 13 (23), 1235. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06214-9>.
- Soil Survey Staff, (1992). *Procedures for Collecting Soil Samples and Methods of Analysis for Soil Survey. Soil Survey Invest. Rep.* I.U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C. USA.
- Soil Survey Staff, (1993). *Soil Survey Manuel*. USDA Handbook. No: 18, Washington D.C.
- SPSS, (2016). IBM SPSS Statistics 21.0 for Windows. Armonk, NY.
- Tercan, E., Dengiz, O., Özkan, B., Dereli, M.A. & Öztekin, Y.B. (2022). Geographic Information System-Assisted Site Quality Assessment for Hazelnut Cultivation Using Multi-Criteria Decision Analysis in The Black Sea Region, Turkey. *Environ. Sci Pollut. Res.*, 29, 35908–35933. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18127-5>.
- Toprak Kirliliği Yönetmeliği, (2005). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/05/20050531-6.html>. (Alınma Tarihi: 16.05.2022)
- TOVEP, (1991). *Türkiye Toprakları Verimlilik Envanteri*. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü.

- Ülgen, N. & Yurtsever, N. (1995). *Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi (4. Baskı)*. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.
- Van Wambeke, A.R. (2000). *The Newhall Simulation Model for Estimating Soil Moisture and Temperature Regimes*. Department of Crop and Soil Sciences. Cornell University, Ithaca, NY. The USA.
- Wilding, L.P. (1985). *Spatial Variability: Its Documentation, Accommodation, and Implication to Soil Surveys*, 166-194 . In D.R. Nielsen and J. Bouma (eds.). *Soil Spatial Variability*: Pudoc, Wageningen, Netherlands.

Biberiye Esansiyel Yağı ve Nanoemülsiyonunun Balık Kaynaklı Patojenik ve Bozulma Etmeni Bakteriler Tarafından Üretilen Biyojenik Aminler Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

Yılmaz UÇAR¹

¹Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Fatsa/ORDU, Türkiye

¹https://orcid.org/0000-0002-6770-6652

✉: yucar@cu.edu.tr

ÖZET

Biberiye esansiyel yağı ve bunun nanoemülsiyonunun balıkta bozulma etmeni bakteriler (*Pseudomonas luteola*, *Photobacterium damsela*, *Vibrio vulnificus*, *Enterococcus faecalis*, *Serratia liquefaciens* ve *Proteus mirabilis*) ve gıda kaynaklı patojenik bakterilerin (*Salmonella* Paratyphi A, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* ve *Enterococcus faecalis*) gelişimi ve biyojenik amin üretimleri üzerine etkileri histidin dekarboksilaz sıvısında (HDB) HPLC yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Ekstrakte edilmiş biberiye esansiyel yağının uçucu bileşenleri GC-MS kullanılarak belirlenmiştir ve elde edilen nanoemülsiyonların fiziksel özellikleri (viskozite, termodinamik kararlılık, damlacık boyutu ve yüzey gerilimi) analiz edilmiştir. Gruplar arasında amonyak (AMN) ve biyojenik amin (BA) üretiminde istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir ($p<0.05$). En yüksek histamin (HIS) üretimi, bozucu *E. faecalis* (188.55 mg/L) suşunda ve en düşük *S. Paratyphi A* (0.23 mg/L) suşunda gözlenmiştir. Putresin (PUT), kadaverin (CAD), spermidin (SPD) ve 2-feniletilamin (PHEN) gibi hemen hemen tüm diğer BA'ler patojenler ve bozulma grupları tarafından üretilmiştir. *P. damsela*, HDB'deki en yüksek tiramin (TYR) üreten (22.77-145.58 mg/L) suş olmuştur. *P. luteola* tarafından HIS üretimi, biberiye nanoemülsiyonu varlığında önemli ölçüde baskılanmıştır ($p<0.05$). Muamele gruplarının (Tween 80, biberiye esansiyel yağı ve nanoemülsiyonu) etkisi bakteri suşuna ve spesifik amine bağlı olarak değişse de, tüm muamele grupları genel olarak bakteriler tarafından AMN ve BA üretimini azaltmıştır. Sonuç olarak, mevcut çalışma test edilen tüm bakterilerin birden fazla amino asidi dekarboksile etme yeteneğine sahip olduğunu, biberiye esansiyel yağının nanoemülsiyona dönüştürülmüş formunun biyojenik amin üretimlerini baskıladığını ve bunun işlenmiş veya paketlenmiş balık veya gıda ürünlerinde alternatif bir antimikrobiyal ajan olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Su Ürünleri

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 03.12.2021

Kabul Tarihi : 18.03.2022

Anahtar Kelimeler

Nanoemülsiyon
Biberiye uçucu yağı
Biyojenik amin
Gıda kaynaklı patojen
Bozucu bakteri

Inhibitory Effect of Rosemary Essential Oil and Its Nanoemulsion on The Formation of Biogenic Amines by Food-Borne Pathogens and Fish Spoilage Bacteria in Histidine Decarboxylase Broth

ABSTRACT

The effect of nanoemulsions based on essential oil of rosemary and its purified version on the growth of fish spoilage bacteria (*Pseudomonas luteola*, *Photobacterium damsela*, *Vibrio vulnificus*, *Enterococcus faecalis*, *Serratia liquefaciens*, and *Proteus mirabilis*) and food-borne pathogens (*Salmonella* Paratyphi A, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, and *Enterococcus faecalis*) and their biogenic amine formation were investigated in histidine decarboxylase broth (HDB) using HPLC method. The flavour compounds of extracted rosemary oil were determined using GC-MS. Physical properties of nanoemulsions (viscosity, thermodynamic stability, droplet size, and surface tension) were analysed. Differences in ammonia (AMN) and biogenic amine (BA) production among groups were statistically significant ($p<0.05$). The highest HIS production was obtained by spoilage *E. faecalis* (188.55 mg/L) and the lowest by *S. Paratyphi A* (0.23 mg/L). Almost all other BAs

Fisheries

Research Article

Article History

Received : 03.12.2021

Accepted : 18.03.2022

Keywords

Nanoemulsion
Rosemary essential oils
Biogenic amine
Food-borne pathogen
Spoilage bacteria

such as PUT, CAD, SPD, and PHEN were formed by pathogens and spoilage groups. *P. damsela* (22.77-145.58 mg/L) was the main high tyramine producer in HDB. Histamine production by *P. luteola* was considerably suppressed in the presence of rosemary-based nanoemulsion ($p < 0.05$). Although the effect of treatment groups (Tween 80, rosemary essential oil, and its nanoemulsion) varied depending on the bacterial strain and specific amine, all groups generally decreased AMN and BA accumulation by bacteria. Consequently, the results of this current study show that all bacteria tested are capable of decarboxylating more than one amino acid and conversion of rosemary oil into a nanoemulsion suppressed biogenic amine production activity and its nanoform can be used as an alternative antimicrobial agent in processed or packaged fish or food products.

- Atıf Şekli:** Uçar, Y., (2023) Biberiye esansiyel yağı ve nanoemülsiyonunun gıda kaynaklı patojenik ve bozulma etmeni bakteriler tarafından üretilen biyojenik aminler üzerine etkilerinin histidin dekarboksilaz sıvısında incelenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg 26 (2)*, 409-423. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1032177>.
- To Cite :** Uçar, Y., (2023). Inhibitory effect of rosemary essential oil and its nanoemulsion on the formation of biogenic amines by food-borne pathogens and fish spoilage bacteria in histidine decarboxylase broth. *KSU J. Agric Nat 26(2)*, 409-423. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1032177>.

GİRİŞ

Taze su ürünlerinin kalitesi, gıda endüstrisi ve tüketiciler için büyük bir öneme sahiptir. Su ürünlerinin bozulması, başta kalite kaybına sonrasında da bozulmaya neden olan bakteriyel aktivitenin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Balık ve balık ürünlerinde bozulma ile doğrudan ilişkili olmayan patojen mikroorganizmalar da vardır. Özellikle uygun olmayan üretim ve işleme uygulamaları bu ürünlerde patojenik bakterilerin gelişimini desteklemektedir. Bu nedenle balıklar *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria*, *Vibrio*, *Bacillus cereus* ve *Escherichia coli* barındırabilmekte ve bu bakterilerden kaynaklanan gıda zehirlenmeleri ile ilgili vakalara yol açabilmektedir. Bu mikroorganizmalar, balık ve balık ürünlerinde yerel sağlık problemlerine yol açan toksik maddeleri üretmede yetenekli olmaktadır (Kuley ve ark., 2012).

Söz konusu bu mikroorganizmaların ürettikleri istenmeyen bileşiklerinden olan biyojenik aminler, insan ve hayvanlarda hastalığa yol açan toksik maddelerdir. Bu aminler balık, balık ürünleri, et ürünleri, yumurta, peynir, fermente sebzeler, meyveler, soya ürünleri, bira, şarap, fındık ve çikolata gibi geniş gıda ürünlerinde mevcut olmaktadır (Brink ve ark., 1990; Silla-Santos, 1996). Aminler, amino asitlerin dekarboksilasyonu ile canlı organizmaların (bakteriler) faaliyeti sonucu üretildiği zaman biyojenik olarak adlandırılırlar (Shalaby, 1996). Biyojenik aminler düşük molekül ağırlıklı organik bazlardır ve mikrobiyal, bitki ve hayvan metabolizması tarafından sentezlenmektedirler (Brink ve ark., 1990). Biyolojik olarak aktif aminler sinir ve metabolizma gibi biyolojik sistemlerde önemli fonksiyonlara sahip olmalarından dolayı önemlidir. Biyojenik aminler aynı zamanda kanseri tetikleyici etkisinin olduğu bilinmektedir. Bu aminler aynı zamanda gıda kalitesini belirlemede bir gösterge sağlamaktadır (Anderson, 2008). Ancak

vücudun tolere edebileceği limitlerin üzerinde olması akut toksisite gibi ölüme kadar varabilecek ciddi problemlere de neden olmaktadır.

Günümüzde hızla gelişen gıda teknolojisine paralel şekilde tüketici bilinçlenmesi ve buna bağlı olarak gelişen, üreticilerin ürün kalitesini iyileştirme çabaları da artmakta ve yeni çözüm arayışlarına gidilmektedir. Tüketicilerin yaşamları için temel gereksinimleri olan gıdaların, güncel teknolojik gereklere doğrultusunda üretilmesi, sağlıklı beslenmenin sağlanması yolunda önemli bir hizmettir. Bu hizmeti sunan üretici açısından ise uygulanan yöntemlerin hem en iyi sonuç vermesi hem de ekonomik açıdan uygun olması da kaçınılmaz bir gerçektir. Gelişen gıda endüstrisi ile birlikte gıdaların raf ömürlerini uzatmak için çeşitli gıda katkı maddeleri kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda insanlarda sağlık riskleri oluşturmasından dolayı kimyasal koruyucuların yerine doğal alternatif katkı maddelerin kullanımına karşı talepler artmaktadır (Uçar, 2020; Agatemor, 2009).

Besinlerin koku ve tat gibi özelliklerini artırmak için katkı olarak kullanılan doğal aromatik bitkiler giderek önem kazanmıştır. Doğal aromatik bitkilerin antioksidan kapasitelerinin, sentetik antioksidanlardan daha fazla olduğu kanıtlanmıştır. Kendilerine özgü lezzet ve aromaları, antimikrobiyel ve antioksidan özellikleriyle, daha geniş bioaktivite profiline sahip olan bitkiler, gıda sektöründe alternatif olarak kullanılabilir doğal antioksidan maddelerdir. Gıdalarda lipid oksidasyonunun bu tür doğal maddelerle önlenmesi üretici ve tüketici açısından oldukça önemlidir. Son yıllarda biberiye (*Rosmarinus officinalis*), kekik (*Thymus vulgaris*), adaçayı (*Salvia officinalis*), defne (*Laurus nobilis*) ve fesleğen (*Ocimum basilicum*) gıdalarda doğal koruyucu olarak kullanılmaktadır. Aromatik bitkiler arasında biberiye (*Rosmarinus officinalis*) gıdalarda

doğal koruyucu olarak oldukça fazla kullanılmaktadır (Dimitrijevic ve ark., 2007). Akgül (1993), Türkiye’de yetişen ve yetiştirilen aromatik bitkilerden biberiyenin (*Rosmarinus officinalis*) en güçlü antioksidan ve antimikrobiyal etkiye sahip bitkiler arasında olduğunu belirtmişlerdir. Bazı araştırmacılar tarafından biberiye uçucu yağ bileşenlerinin de antioksidan ve antimikrobiyal etkisi olduğu ve önemli düzeyde insan sağlığı açısından antioksidan özelliklere sahip fitokimyasalları içerdiği saptanmıştır (Moghtader ve ark., 2013). Ancak bu yağın tek başına kullanımı bazı mikroorganizmalara etkisini sınırlamakta, dolayısıyla daha etkili olmaları için nanoteknolojik uygulamalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Gelişen teknoloji ile birlikte genelde gıda sektörü özelde ise su ürünleri dahil olmak üzere pek çok alan etkilenmekte ve nanoteknoloji gıda sanayisinde ve gıda teknolojileri biliminde; gıda ürünlerinin oksidasyondan korunmasında, patojenlerin belirlenmesinde, gıda güvenliği ve kalite analizlerinde, enkapsüle edilmiş besin maddelerinin, vitamin ve lezzet maddelerinin kontrollü salımı ve dağıtılması amaçlarıyla kullanılmaktadır. Ayrıca gelişen son teknolojilerle birlikte gıda ambalajlarının gaz ve nem bariyerleri ile geliştirilmesinde ve mekanik dayanımının artırılmasında, antibakteriyel ve kendi kendini temizleyebilme özelliğine sahip ambalajların üretiminde, akıllı ve aktif paketleme sistemlerinde, nakliye sırasında ürün durumunun izlenmesinde nanoteknoloji etkin bir şekilde rol oynamaktadır. Nanoteknoloji ile birlikte gıda endüstrisinde kullanılan yöntemler arasında emülsiyon hazırlama tekniği oldukça yaygın kullanılmaktadır. Emülsiyonlar, basit bir tanımlama ile birbiri ile karışmayan en az iki sıvının birbirleri içerisinde damlacıklar halinde dağıldığı heterojen sistemler olup hidrofilik ve lipofilik iki fazdan oluşurlar. Bunlar emülsiyonun iç ve dış fazı olarak adlandırılmaktadır. Nanoemülsiyonlarda damlacıklar boyut olarak 20-100 nm arasında bir dağılım göstermektedirler. Nanoemülsiyonlar, FDA tarafından GRAS olarak bilinen insan tüketimi ve yaygın gıda maddeleri için onaylanmış surfaktanlar kullanılarak hazırlanmaktadır (Mao ve ark., 2009). Nano yapılar ultrasonik çalkalama, yüksek basınçlı homojenizasyon ve mikro-akışkan kanallar kullanılarak elde edilirler (Mason ve ark., 2006; Nakajima, 2005). Bunlar içerdikleri nano-damlacıklar vasıtasıyla, fonksiyonel ve biyoaktif ürünlerin enkapsülasyonu ve taşınmasının sağlanması amacıyla geliştirilen en önemli iletim sistemlerinden birisidir.

Mevcut bilgiler doğrultusunda literatür araştırması sonucu gıda endüstrisinde nanoteknolojiye dayalı teknikler kullanılarak nanoparçacıkların özelliklerinden faydalanmak mümkün olup, bu çalışma ile antimikrobiyal özellik içeren biberiye

esansiyel yağlarına dayalı nanoemülsiyonun *in vitro* olarak antimikrobiyal etkileri gıda kaynaklı patojenler (*Salmonella Paratyphi A*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus* ve *Klebsiella pneumoniae*) ve balıkta bozulma etmeni bakteriler (*Photobacterium damselea*, *Enterococcus faecalis*, *Vibrio vulnificus*, *Proteus mirabilis*, *Serratia liquefaciens* ve *Pseudomonas luteola*) tarafından üretilen ve toksik olan biyojenik aminler üzerinde araştırılmıştır. Bu çalışma ile ayrıca biberiye esansiyel yağının etken madde analizleri yapılmış ve biberiye esansiyel yağ kullanılarak elde edilen nanoemülsiyonların fiziksel özellikleri (damlacık boyutu, yüzeysel gerilim, yoğunluğu, temodinamik stabilitesi) belirlenmiştir.

MATERYAL ve METOD

Bakteriyel suş izolasyonu ve identifikasyonu

Balık bozulma bakterilerinin (*P. damsela*, *E. faecalis*, *V. vulnificus*, *P. mirabilis*, *S. liquefaciens*, *P. luteola*) izolasyonu ve tanımlanması Yazgan ve ark., (2019) tarafından bildirilen yöntemle gerçekleştirilmiştir. Bakteriler, Akdeniz’de yakalanan üç bozulmuş balık türü olan uskumru (*Scomber scombrus*), hamsi (*Engraulis enrasicolus*) ve sardalya (*Sardinella aurita*) ve Adana yakınlarındaki yerel bir çiftlikten elde edilen gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)’ndan elde edilmiştir. *Klebsiella pneumoniae* (ATCC700603), *Staphylococcus aureus* (ATCC29213) ve *Enterococcus faecalis* (ATCC29212) Amerikan Tıp Kültür Koleksiyonundan (Rockville, USA), *Salmonella Paratyphi A* (NCTC13) ise Tıp Kültürleri Ulusal Koleksiyonundan (Londra, Birleşik Krallık) temin edilmiştir.

Uçucu Yağ Eldesi ve Bileşimi

Biberiye (*Rosmarinus officinalis*) uçucu yağları BIOMESI (Adana, Türkiye) firmasından elde edilmiştir. Esansiyel yağ, yuvarlak tabanlı bir şişe, uçucu yağ tayini için kullanılan bir tüp ve bir geri akış kondansatöründen oluşan Clavenger tipi bir cihaz kullanılarak hidrodistilasyon yöntemi ile elde edilmiştir. Esansiyel yağ, analiz için kullanılabilece kadar 4°C’de depolanmıştır.

Esansiyel yağ kompozisyonunun tanımlanması, Yazgan ve ark., (2019) tarafından detaylı olarak tarif edildiği gibi Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi (GC-MS, Perkin Elmer Clarus 500, Waltham, ABD) aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Hekzan içinde seyreltilmiş 1 µL uçucu yağ GC aparatına enjekte edilmiştir. Ayrırma, bir Perkin Elmer SGE polar olmayan kaynaşmış silika kapiler kolon (60 mx 0.25 mm) üzerinde gerçekleştirilmiştir. Fırın sıcaklığı 10 dakika 60°C’ye ayarlanmış, ardından 250°C’ye yükseltilerek 10 dakika bu sıcaklıkta tutulmuştur. Enjektör sıcaklığı 220°C olarak ayarlanmış ve taşıyıcı gaz olarakta 1.5 mL/dk akış hızındaki helyum

kullanılmıştır. İyon kaynağı için elektronik iyonizasyon enerjisi 200°C sıcaklıkla 70eV olarak ayarlanmıştır. Taranan kütle aralığı, 250°C arayüz hattı sıcaklığı ile 35-425 m/z olmuştur. Etken maddeler, NIST-MS ve WILEY-MS kitaplıkları kullanılarak tanımlanmıştır.

Nanoemülsiyon Hazırlanması

Biberiye esansiyel yağı (su içinde yağ) bazı nanoemülsiyon, ultrasonik emülsifikasyon temelli yüksek enerjili bir işlemle Özoğul ve ark. (2017) tarafından bildirilen yöntemle göre küçük modifikasyonlar yapılarak hazırlanmıştır. Suda yağ nanoemülsiyonu, toplam nanoemülsiyonun %11'ini oluşturan bir yağ fazı ve toplam nanoemülsiyonun %89'unu oluşturan su fazı kullanılarak hazırlanmıştır. Nanoemülsiyon, biberiye esansiyel yağının Tween 80 (Sigma Aldrich, Taufkirchen, Almanya) ve su ile 10:1:89 w/w oranında karıştırılmasıyla hazırlanmıştır. Daha sonra emülsiyonlar ultrasonik homojenizatör (Optic Ivymen System CY-500, Barselona, İspanya) kullanılarak 72 amplitüdde (titreşim genliği) 15 dakika homojenize edilmiştir. Ultrasonik homojenleştiricinin gücü 500 W ve yayılan ultrasonun frekansı 20 KHz olmuştur. Enerji girişi, 1/4 inç titanyum alaşımli prob (5.6 mm çap (Ø) ve 60 mm yükseklik) içeren bir piezoelektrik dönüştürücü içeren bir sonotrot kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlem sırasında, emülsiyonun ürettiği ısı, beher etrafında buz kullanılarak kontrol edilmiştir. Ultrasonikasyon yöntemiyle biberiye esansiyel yağı nanoemülsiyonunun üretimi için şematik diyagram Şekil 1'de gösterilmektedir.

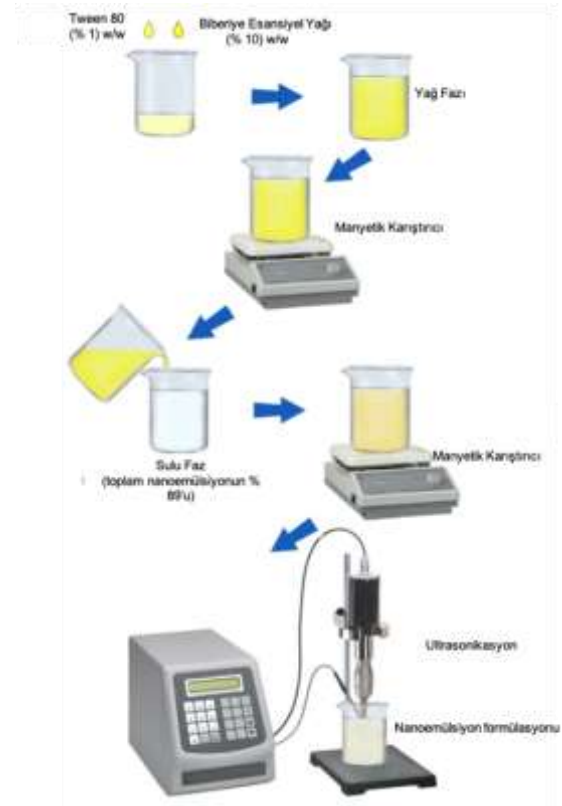
Nanoemülsiyonların Fiziksel Özellikleri

Biberiye esansiyel yağı nanoemülsiyonlarının (Şekil 2) fiziksel özelliklerinin tüm ölçümleri 25 °C'de Orta Doğu Teknik Üniversitesi Merkez laboratuvarlarından hizmet alımı yapılarak analiz edilmiştir. Nanoemülsiyonun ortalama damlacık boyutu ve polidispersite indeksi, Malvern Panalytical Mastersizer 2000 (Malvern, İngiltere) kullanılarak analiz edilmiştir. Termodinamik stabilite, Shafiq ve ark., (2007) tarafından önerilen yöntem kullanılarak 14 gün boyunca analiz edilmiştir. Nanoemülsiyonun viskozitesi, ARES reometre (TA Instruments, New Castle, ABD) ile ölçülmüştür. Nanoemülsiyonun yüzey gerilimi Attension Theta gonyometer (Biolin Scientific, Espoo, Finlandiya) ile ölçülmüştür.

Histidin Dekarboksilasyon Sıvısının Hazırlanması ve Bakterilerin Aşılması

Bu çalışmada kullanılan tüm gıda kaynaklı patojenik suşlar ile bozucu bakterilerin biyojenik amin üretimleri, histidin dekarboksilaz sıvısı (HDB) kullanılarak incelenmiştir. Histidin dekarboksilaz sıvısı, 1 g pepton, 0.5 g Lab-Lemco tozu (Oxoid

CM0017, Hampshire, İngiltere), 2.5 g NaCl (Merck 1.06404.1000, Darmstadt, Almanya), 4.01 g L-histidin (Sigma, Steinheim, Almanya) ve 500 mL distile su içerisinde 2.5 mg piridoksal HCl (Sigma P9130,



Şekil 1. Ultrasonikasyon yöntemiyle biberiye esansiyel yağı nanoemülsiyonunun üretimi için şematik diyagram

Figure1.Schematic diagram an overview for manufacturing of rosemary essential oil nanoemulsion by ultrasonication method



Şekil 2. Biberiye esansiyel yağı kullanılarak oluşturulan nanoemülsiyon

Figure 2. Rosemary essential oil based nanoemulsion

Steinheim, Almanya) pH (5.5 - 6.8), 1M KOH (Riedel-deHaen 06005, Seelze, Almanya) veya % 6 TCA (Riedel-deHaen 27242, Seelze, Almanya) ile optimum büyüme pH'larına göre ayarlanmıştır. Bu aşamadan sonra HDB, 10 ml'lik şişelere konularak kullanılmadan önce 15 dakika içinde 121°C'de otoklavlanmıştır. Daha sonra stok kültürlerden 0.5 mL alınarak, biyojenik amin üretmesi için HDB'ye inoküle edilmiştir. Bu şekilde kullanılan her bir bakteri türünün özellikle, histamin (HIS), kadaverin (CAD), tiramin (TYR), triptamin (TRPT), 2-feniletilamin (PHEN), agmatin (AGM), putresin (PUT), spermin (SPN), spermidin (SPD), dopamin (DOP) ve serotonin (SER) üretim kapasitesi belirlenmiştir. Kontrol grubunda HDB içerisine herhangi bir emülsiyon katkısı olmamıştır.

Histidin Dekarboksilasyon Sıvısında Toplam Bakteriyel Gelişimin Belirlenmesi

Histidin dekarboksilaz sıvısı toplamda 4 gruptan oluşmaktadır. Bunlar, kontrol grubu (herhangi bir katkı olmayan), Tween 80 (%1) grubu, BEO (%1 biberiye esansiyel yağı) grubu ve BNE (% 1 biberiye esansiyel yağı kullanılarak hazırlanmış nanoemülsiyon) grubudur. Histidin dekarboksilaz sıvısında gelişen her bir bakteriyel kültürden 0.1 ml alınarak uygun seyreltikler hazırlanmış, (10⁻¹⁰'a kadar), sonrasında Plate Count Agar üzerine aşılama yapılmıştır. Petri kutuları 37 °C'de 72 saat inkübe edilmiştir.

Biyojenik Amin Analizleri

Biberiye esansiyel yağı ve bu yağ kullanılarak hazırlanan nanoemülsiyonların bozucu ve patojen bakterilerin amino asit dekarboksilasyon aktivitesi üzerine etkisini değerlendirmek amacıyla biyojen amin analizi (Özoğul, 2004) gerçekleştirilmiştir. Biyojen aminlerin türevlendirilme işlemi için Redmond & Tseng (1979) metodu kullanılmıştır. Biyojen amin üreten bakterilerin gelişimi Niven besiyeri (Niven ve ark., 1981) kullanılarak belirlenmiştir.

Kültür Ortamının Hazırlanması ve Bakteriyel Ekstraksiyon

Çalışmada kullanılan tüm gıda kaynaklı patojenler tarafından üretilen amonyak (AMN), trimetil amin (TMA) ve biyojen aminler Kuley & Özogul (2011) tarafından kullanılan metoda göre HDB'de incelenmiştir. Bakterilerin üremesi için besi ortamı olarak nutrient broth kullanılmıştır ve üreme sıcaklığı 37°C olarak belirlenmiştir. 2-3 gün süre bu sıcaklıklarda inkübe edildikten sonra her bir bakteriyel suş kültüründen 0.5 ml alınarak HDB'ye eklenmiştir ve 24 saat dekarboksilasyon reaksiyonuna bırakılmıştır. Ardından %1 (1ml/100ml) konsantrasyonlarda Tween 80, biberiye esansiyel yağı

ve biberiye esansiyel yağı kullanılarak oluşturulan nanoemülsiyonu HDB içerisine eklenmiştir. Gıda kaynaklı patojenlerin ekstraksiyonu için patojen içeren 5 ml HDB ayrı bir tüpe alınarak üzerine 2 ml % 6'lık triklorasetik asit (TCA) eklenmiştir. Ardından 3000xg'de 4°C'de 10 dakika santrifüj edilmiş ve filtre kâğıtlarından (Milipore) süzme işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra her bir patojen suşlarından alınan 4 ml bakteriyel süpernatant HPLC'de biyojen analizi yapmak için türevlendirme işlemine tabi tutulmuştur.

Biyojenik amin Analizi için Kullanılan Kimyasallar

Tüm biyojen amin standartları Sigma-Aldrich (Munich, Germany) firmasından temin edilmiştir. Amin analiz için kullanılan mobil faz asetonitril ve HPLC saflıkta su kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Standart Amin Solüsyonlarının Hazırlanması

Çalışmada kullanılan bütün biyojenik amin standartları Sigma-Aldrich'den (Munich, Germany) sağlanmıştır. Triptamin hidroklorid (122.8 mg), putresin dihidroklorid (182.9 mg), 2-feniletilamin hidroklorid (130.1 mg), kadaverin dihidroklorid (171.4 mg), spermidin trihidroklorid (175.3 mg), spermin tetrahidroklorid (172.0 mg), histamin dihidroklorid (165.7 mg), tiramin hidroklorid (126.7 mg), 5-hidroksitriptamin (serotonin) (133.9 mg), 3-hidroksitiramin hidroklorid (dopamin) (123.8 mg), agmatin sülfat (175.4 mg), ammonia chloride (296.9 mg) ve trimetilamin hidroklorid (161.7 mg) 10 mL ultra saf suda çözdürülmüştür. Her bir amin için serbest bazın son konsantrasyonu 10 mg/mL⁻¹ olmuştur.

AMN, TMA ve Biyojenik Amin Analizi için Türevlendirme İşlemi

Bakterilerin türevlendirilme prosedürü Özoğul ve ark. (2002) yöntemine göre yapılmıştır. Ekstrakte edilen bakteri solüsyonunda 4 ml alınarak üzerine 1 mL 2 M sodyum hidroksit ve 40 µl benzoil chloride eklendikten sonra 30 saniye vortekste karıştırılmıştır. Reaksiyon karışımı 20 dk, oda sıcaklığında (24°C) bırakılmıştır. Benzolasyon işlemi 2 mL doymuş sodyum hidroksit eki ile durdurularak, solüsyon iki kez 2mL dietil eter ile ekstrakte edilmiştir. Karıştırma işleminden sonra üst organik faz temiz tüp içerisine alınarak azotta uçurulmuştur. Tüp içerisinde bulunan kalıntılar 1 mL asetonitrilde çözdürülerek, HPLC tüplerine aktarılmıştır ve 10 µL örnek HPLC cihazına enjekte edilmiştir.

Kromatografik Koşullar

Biyojen amin analizleri Özoğul (2004) metodu kullanılarak her bir litre sıvı besi ortamında mg amin cinsinden (mg/L) ölçülmüştür. Biyojen amin analizinde

gradient elüsyon programı ve ters faz kolunu ile birlikte hızlı bir HPLC metodu kullanılmıştır. Aynı analitik koşullar AMN ve TMA analizlerinde de kullanılmıştır.

Ekipman ve Kolon

Biyojenik amin analizi için bir SPD-M20A diode array dedektör, iki kanallı gradient pompa (Shimadzu LC-10AT), autosampler (SIL 20AC), kolon fırını (CTO-20AC), FCV-11AL dalga birimli communication bus module (CBM-20A) sahip Shimadzu Prominence HPLC cihazı (Shimadzu, Kyoto, Japan) kullanılmıştır (Şekil 3). Biyojen amin analizi için ters-fazlı ODS Hypersil, 5µl, 250X4.6 mm kolon (Phenomenex, Macclesfield, Cheshire, UK) kullanılmıştır.



Şekil 3. Biyojen amin analizi için kullanılan HPLC cihazı

Figure 3. HPLC device used for biogenic amine analysis

İstatistik Analizler

İstatistik analizler SPSS 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) kullanılarak yapılmıştır. $p < 0.05$ olarak tanımlanan önemli farklılıkları belirlemek için ANOVA kullanılmıştır. Her muamele grupları için üç tekrarlı olarak istatistik karşılaştırma yapılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Biberiye Uçucu Yağının Kimyasal Bileşimi

Biberiye esansiyel yağı uçucu bileşenlerinin GC-MS analizi, 11 bileşik olarak tanımlamıştır (Çizelge 1). 1.8-Cineole, diğer yazarlar tarafından bildirilene benzer bir düzey olan toplam tanımlanmış bileşiklerin % 53.08'ini oluşturan mevcut ana bileşiktir (Özogul ve ark., 2017). Biberiye esansiyel yağında 1, 8-cineole (% 27.6) önemli oranda içerdiği bildirilmiştir (Nowak ve ark., 2012). 1.8-cineole (okaliptol), doğada bol miktarda bulunan bir monoterpen siklik eterdir. *Okaliptüs globulus* yapraklarından (%80'e kadar) izole edilen bir uçucu yağın ana bileşenidir, ancak biberiye (*Rosmarinus officinalis*), adaçayı (*Salvia officinalis*) ve nane (*Mentha spp.*) gibi diğer türlerde de bulunabilir. 1.8-cineole (okaliptol)'ün farmakolojik etkileri iyi belgelenmiştir; güçlü antimikrobiyal, mukolitik, bronkolitik ve antiinflamatuvar özelliklerinden dolayı

solunum yolu hastalıklarının tedavisinde kullanılır (Aprotosoae ve ark., 2019). 1.8-cineole'nin antijenotoksik potansiyeli de birkaç ajan tarafından indüklenen DNA hasarına karşı çoğunlukla hücre bazlı deneylerde araştırılmıştır. Örneğin, Mitić-Culafić ve ark., (2009) hepatoma HepG2 ve lenfoma NC-NC hücre hatları ön işleme tabi tutulduğunda ve tert-bütildihidroperoksit ile birlikte muamele edildiğinde 1.8-Cineole'nin DNA hasarı yüzdesini azaltabildiğini bildirmişlerdir. % 1'den daha yüksek miktarlarda bulunan diğer bileşikler arasında α -pinene (% 11.57), camphor (% 8.96), caryophyllene (% 4.54), b-myrcene (% 3.96), borneol (% 3.46) ve camphene (% 3.01) bulunmaktadır. Bu maddelerin de oldukça güçlü antimikrobiyal, antioksidan ve antiinflamatuvar etkilerinin olduğu bilinmektedir. Bununla beraber literatürde farklı biberiye esansiyel yağı içeriklerinin olduğu da belirtilmektedir. Bitkilerin uçucu yağ bileşiminin genetik, çevresel faktörler, gelişim aşaması ve ekstraksiyon yöntemlerine bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir (Özogul ve ark., 2017).

Çizelge 1. Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) uçucu yağının kimyasal bileşimi

Table 1. Chemical composition of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oil

Bileşik adı Compound name	(%)
α -Pinene	11.57
1.8-Cineole	53.08
Camphor	8.96
β -Pinene	1.25
b-Myrcene	3.96
Caryophyllene	4.54
Camphene	3.01
α -Terpineol	1.96
Borneol	3.46
Terpinene-4-Ol	1.05
Bornyl Acetate	1.78

Biberiye Uçucu Yağı Nanoemülsiyonunun Fiziksel Özellikleri

Biberiye esansiyel yağı bazlı nanoemülsiyonun fiziksel özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Tween 80 (%1 w/w) ile hazırlanan nanoemülsiyonların damlacık boyutu (Z-ortalamarı) ortalama 447.6 nm bulunmuştur. Bununla birlikte, önceki araştırma çalışması (Özogul ve ark., 2017), biberiye esansiyel yağı bazlı nanoemülsiyon için 63.02 nm aralığında bir damlacık boyutu bildirmiştir. Genel olarak, nanoemülsiyon damlacık boyutunun dış maruziyeti ile dolaylı olarak ilişkili olan yüzey aktif madde konsantrasyonuna bağlı olabilmekte ve ayrıca yağ/su ara yüzey gerilimine de bağlı değişebilmektedir (Sundararajan ve ark., 2018). Aynı zamanda ultrasonik homojenizatör tarafından üretilen kesme kuvvetlerine ve türbülansa da bağlı

olabileceği bildirilmiştir (Mehmood ve ark., 2017). Bulguların diğer araştırma çalışmalarıyla karşılaştırılmasıyla, bu çalışmada test edilen biberiye esansiyel yağı bazlı nanoemülsiyonun damlacık boyutunda (447.6 nm) Özogul ve ark., (2017) tarafından yapılan çalışmada bildirilen sonuçlara göre (63.02 nm) bir artış olduğu gözlenmekte ve bunun nedeninin ise emülsifiye edici madde olarak kullanılan Tween 80'nin konsantrasyonlarının %3'ten %1'e (w/w) düşürülmesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, su içinde yağ emülsiyonlarının hazırlanmasında iyonik olmayan yüzey aktif maddeler olarak kullanılan Tween 80 uygulaması, emülsiyonun hidrofilik-lipofilik dengesi açısından dengede olmuştur (Chu ve ark., 2020). Ayrıca, polimer bazlı yüzey aktif maddelerle karşılaştırıldığında, küçük molekülü bir yüzey aktif madde olarak Tween 80, damlacık yüzeyinde adsorbe etmede daha etkili olmuştur (Chu ve ark., 2020).

Öte yandan viskozite, nanoemülsiyonun fizikokimyasal karakterizasyonunda kullanılan çok önemli bir parametredir. Bu parametre, emülsiyonun partikül stabilitesini ve uzun vadeli stabilitesini etkileyebilmektedir (Richa & Choudhury, 2020). Ayrıca viskozite, yüzey aktif maddelerin, yağ bileşenlerinin ve emülsiyonun suyunun bileşimlerine ve bunların konsantrasyonlarına aşırı derecede bağlıdır (Che Marzuki ve ark., 2019). Viskozitenin belirlenmesi, sistemin O/W (oil-in-water; yağ içinde su) veya W/O (water-in-oil; su içinde yağ) emülsiyonu olup olmadığını doğrular. Sistemlerin düşük viskozitesi, O/W tipi olduğunu ortaya koymaktadır. Aksine yüksek viskozite, yağ tipi sistemde su olduğunu gösterir (Yazgan ve ark., 2019). Araştırmada viskozite 0.88 N s/m² olarak bulunmuştur. Nanoemülsiyonların fiziksel stabilitesi üzerinde viskozitenin büyük bir etkisi vardır. Bu nedenle, bu çalışmada incelenen biberiye esansiyel yağı nanoemülsiyonunun viskozitesi, emülsiyon stabilitesini arttırmaktadır. Biberiye esansiyel yağı bazlı nanoemülsiyonun yüzey gerilimi ise 33.93 N/m olarak bulunmuştur. Önceki araştırmalar, biberiye esansiyel yağ bazlı nanoemülsiyonunun yüzey gerilimi (32.55 N/m) hakkında benzer bir veriye sahip olduğunu bildirmiştir (Özogul ve ark., 2017). Ayrıca, biberiye esansiyel yağı nanoemülsiyonu, oda sıcaklığında 15 günlük depolama sırasında iyi termodinamik stabilite sergilemiştir.

Biberiye esansiyel yağı nanoemülsiyonunun PDI'si Şekil 4'te verilmiştir. PDI değeri, damlacıkların partikül boyutu dağılımı olarak tanımlanabilir. Sıklıkla, PDI değerleri 0.0'dan (tek tip damlacık) 1.0'a (çeşitli damlacık boyutu popülasyonlarına sahip numune) uzanır. Küçük bir PDI değeri, dar bir parçacık boyutu dağılımını temsil eder. Bu çalışmada biberiye uçucu yağı için PDI değeri 0.164 olarak bulunmuştur. Ayrıca sonuçlar göstermiştir ki, elde edilen PDI değeri, yüzey

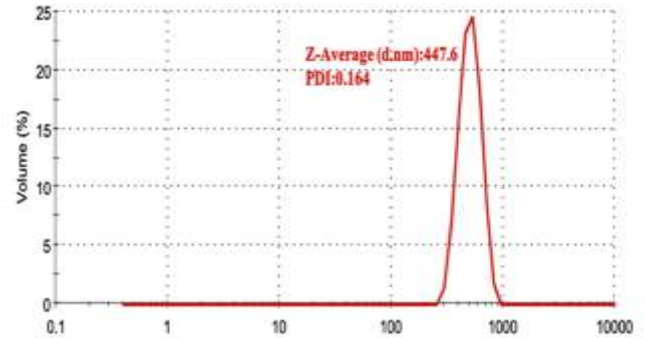
aktif madde konsantrasyonlarına ve nanoemülsiyonun geliştirilmesi için kullanılan sulu faz miktarına ve ayrıca ultrasonik emülsifikasyonun etkisine bağlı olmuştur (Chu ve ark., 2020).

Çizelge 2. Biberiye esansiyel yağı kullanılarak hazırlanan nanoemülsiyonunun fiziko-kimyasal özellikleri

Table 2. Physico-chemical properties of rosemary based nanoemulsion

Sıcaklık (°C)	25
Temperature (°C)	25
Viskozite (N s/m ²)	0.88
Viscosity (N s/m ²)	0.88
Yüzey gerilimi	33.93
Surface tension	33.93
Termodinamik stabilite	++
Thermodynamic stability	++
Damlacık boyutu (nm)	447.6
Droplet size (nm)	447.6

++ 2 haftaya kadar olan süre içerisinde faz ayrımı açısından emülsiyonun iyi bir termodinamik kararlılığı olduğunu gösterir.



Şekil 4. Biberiye esansiyel yağı nanoemülsiyonun parçacık boyutu dağılımı ve PDI değeri

Figure 4. The particle size distribution and PDI value of the rosemary essential oil nanoemulsion

Histidin Dekarboksilaz Sıvısında Bakteriyel Gelişim

Çizelge 3, histidin dekarboksilaz sıvısında bakteriyel gelişimi göstermektedir. Çalışmada kontrol grubu genellikle muamele gruplarından daha yüksek düzeyde bakteri yükü içermiştir. Test edilen gruplar arasında genellikle en düşük bakteriyel yük, BEO grubunda gözlenmiştir.

Muamele grupları arasında Tween 80, bakteriyel gelişimi engellemede genellikle en düşük aktiviteye sahip grup olmuştur. Kontrol gruplarında en yüksek bakteriyel gelişim *K. pneumoniae* ve *S. liquefaciens* (8.87 log kob/ml) suşlarında ve en düşük gelişim ise balık bozucu *E. faecalis*'te (7.41 log kob/g) gözlenmiştir.

Çizelge 3. Histidin dekarboksilaz sıvısında (HDB) bakteriyel gelişim (log kob/ml)
Table 3. Bacterial growth in histidine decarboxylase broth (HDB) (log cfu/ml)

	Bakteri Bacteria	Gruplar Groups			
		Kontrol Control	Tween 80	BEO	BNE
Gıda kaynaklı patojenler	<i>S. aureus</i>	8.53±0.1 ^{xc}	8.26±0.1 ^b	7.09±0.4 ^a	8.57±0.1 ^c
	<i>K. pneumoniae</i>	8.87±0.2 ^c	8.70±0.1 ^b	8.13±0.1 ^a	8.78±0.2 ^{bc}
	<i>S. Paratyphi A</i>	8.52±0.2 ^c	8.56±0.0 ^c	6.97±0.2 ^a	7.25±0.2 ^b
	<i>E. faecalis</i>	8.53±0.1 ^c	8.49±0.2 ^{bc}	8.43±0.1 ^a	8.47±0.2 ^b
Balık bozucu bakterileri	<i>P. damsela</i>	8.56±0.3 ^c	8.73±0.3 ^d	7.69±0.0 ^a	8.39±0.4 ^b
	<i>E. faecalis</i>	7.41±0.3 ^a	7.43±0.5 ^a	8.16±0.3 ^b	8.44±0.1 ^c
	<i>V. vulnificus</i>	8.51±0.0 ^b	8.51±0.2 ^b	7.97±0.2 ^a	8.73±0.4 ^c
	<i>P. mirabilis</i>	8.42±0.4 ^c	8.81±0.0 ^d	8.04±0.2 ^a	8.33±0.3 ^b
	<i>S. liquefaciens</i>	8.87±0.1 ^d	7.83±0.1 ^a	8.13±0.1 ^b	8.22±0.2 ^c
	<i>P. luteola</i>	8.07±0.3 ^b	8.37±0.2 ^c	7.13±0.2 ^a	8.30±0.1 ^c

BEO: Biberiye esansiyel yağı, BNE: Biberiye esansiyel yağı bazlı nanoemülsiyon

*Ortalama değer, ± standart sapma, n=3. Aynı satır üzerindeki farklı harfler (a-d) istatistiki farkı göstermektedir.

HDB'de *S. aureus* gelişimi 7.09 log kob/ml (BEO) ile 8.57 (BNE) log kob/ml arasında değişkenlik göstermiştir. *S. aureus* için bakteriyel gelişimde en fazla azalış gösteren grup BEO olmuştur. Gruplar arasında en yüksek inhibisyon etki 1.55 log kob/ml azalış ile BEO grubunda *S. Paratyphi A* bakterisine karşı gözlenmiştir. Tween 80 grubunda bakteriyel gelişimi artan suşlar arasında *E. faecalis*'in hem bozucu hem de patojen suşu ile *S. Paratyphi A*, *P. damsela*, *P. mirabilis* ve *P. luteola* bulunurken BEO grubunda sadece *E. faecalis* bozucu suşu (0.75 log kob/ml artış) bulunmuştur. BNE grubunda ise bakteriyel gelişimi artış gösteren suşlar olarak *S. aureus*, *E. faecalis* bozucu suşu, *V. vulnificus* ve *P. luteola* gözlenmiştir. Tüm bu artış gösteren suşlar arasında en yüksek ve en düşük bakteriyel gelişim, bozucu *E. faecalis*'te sırasıyla BNE (1.03 log kob/ml artış) ve tween 80 (0.02 log kob/ml artış) gruplarında gözlenmiştir. Bakteriyel gelişimi azalış gösteren suşlar arasında ise en fazla azalış *S. Paratyphi A*'da BNE grubunda (1.27) ve gelişimi en az olan suş ise 0.06 log kob/ml azalış ile patojen suş olan *E. faecalis*'te gözlenmiştir.

Literatüre bakıldığında biberiye esansiyel yağı ve nanoemülsiyon formlarının gıdalara uygulanması ile ilgili çalışmalara rastlanmamıştır. Fakat benzer çalışmalara rastlamak mümkündür. Bunlarda daha çok antimikrobiyal analiz çalışmaları olup biyojen amin üretimi üzerine odaklanılmamıştır. Abdollahzadeh ve ark., (2014) kekik, biberiye ve tarçından elde ettikleri esansiyel yağların *L. monocytogenes* PTCC 1163 suşuna karşı antibakteriyel aktivitelerini ölçmüşler ve oldukça etkili olduklarını bildirmişlerdir. Yine Özogul ve ark., (2020) kekik esansiyel yağı temelli nanoemülsiyonların ve saf yağının balıklarda bozucu bakteriler (*P. luteola*, *P. damsela*, *V. vulnificus*, *E. faecalis*, *S. liquefaciens*, ve *P. mirabilis*) ve gıda

kaynaklı patojenler (*S. Paratyphi A*, *S. aureus*, *K. pneumoniae*, ve *E. faecalis*) üzerindeki antibakteriyel aktivitelerini disk difüzyon, minimum inhibisyon (MIC) ve minimum bakterisidal konsantrasyonları (MBC) kullanılarak değerlendirmişler ve kekik yağının nanoemülsiyona dönüştürülmesinin antibakteriyel aktiviteyi arttırdığını rapor etmişlerdir. Özogul ve ark., (2022), defne (*Laurus nobilis*) uçucu yağının ultrasonik emülsifikasyon yöntemiyle nanoformülasyonu ve esansiyel yağının antimikrobiyal aktivitesini gıda kaynaklı patojenler ve balık bozulma bakterisinden oluşan bir gruba karşı da araştırmışlardır. Çalışma sonucunda defne esansiyel yağı nanoemülsiyonunun fizikokimyasal özelliklerinin sürfaktanda, esansiyel yağ konsantrasyonundan ve bileşiminden ve nanoemülsiyon hazırlama için ultrasonik emülsifikasyondan etkilendiğini ve bunun daha sonra antimikrobiyal etki üzerinde önemli sonuçları olduğunu göstermiştir. Yazgan ve ark., (2019), limon esansiyel yağı ve bu esansiyel yağ bazlı nanoemülsiyonun gıda patojenleri (*S. aureus*, *K. pneumoniae*, *E. faecalis* ve *S. Paratyphi A*) ve balık bozucu bakteriler (*P. damsela*, *E. faecalis*, *V. vulnificus*, *P. mirabilis*, *S. liquefaciens* ve *P. luteola*) üzerindeki antimikrobiyal etkilerini disk difüzyonu, MIC ve MBC açısından karşılaştırdıkları çalışmada uçucu yağın nanoemülsiyona dönüştürülmesinin antimikrobiyal aktiviteyi arttırdığını göstermişlerdir. Yazgan (2020), adaçayı esansiyel yağı ve nanoemülsiyonunun patojen ve bozucu organizmalar üzerindeki antimikrobiyal özelliklerinin ve antimikrobiyal ajan olarak kullanımlarını araştırdığı çalışmada disk difüzyon yönteminde adaçayı esansiyel yağının test edilen mikroorganizmalar üzerinde nanoemülsiyon formundan biraz daha etkili olduğunu bildirmiştir. Özogul ve ark., (2021) nanoemülsifikasyon işlemi sonrasında greyfurt kabuğu uçucu yağının antibakteriyel özelliklerindeki

artışı araştırdıkları çalışmalarında ana bileşik olarak tanımladıkları D-Limonene (% 82.86) ihtiva eden esansiyel yağın test edilen bakteri suşlarının çoğuna karşı bakteriyostatik etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Uçucu yağın nanoemülsiyon sistemine dahil edilmesinin nanoemülsiyondaki yağ konsantrasyonu dikkate alındığında artan bakteriyostatik etki ile sonuçlanmıştır, ancak muhtemelen nanoemülsiyon sistemindeki çok düşük uçucu yağ konsantrasyonundan dolayı bakterisidal etki gözlemlenmemiştir.

Yapılan çalışmalarda görüldüğü üzere aromatik bitki yağları ve ekstraktlarının içeriği ve kalitesi ekolojik koşullar, yağın ekstrakte edilmiş şekli ve diğer faktörlerine göre değişkenlik gösterebilmektedir. Bu bileşiklerin herbiri organik maddelerin kompleks heterojen gruplarıdır. Ayrıca esansiyel yağ ve türevlerinin antimikrobiyal etkisi bakteri türlerine bağlıdır. Bununla birlikte, mikro seyreltme yönteminde hem nanoemülsiyon formu hem de uçucu yağ, test edilen patojen ve bozulma bakterilerinin bakteri üremesi üzerinde benzer bir etkiye sahip olmuştur. Bu fark, kültür ortamında daha az bulunan polar bileşiklerin daha yavaş yayılmasından kaynaklanıyor olabilir. Mevcut çalışma, biberiye esansiyel yağının ve nanoemülsiyonunun gıda endüstrisinde doğal bir antimikrobiyal ajan olarak kullanılabilirliğini göstermiştir.

Histidin Dekarboksilaz Sıvısında AMN, TMA ve Biyojen Amin Üretimi

Biberiye esansiyel yağı kullanılarak oluşturulan su içerisinde yağ nanoemülsiyonu ile biberiye esansiyel yağının HDB'de gıda kaynaklı patojen ve balık bozucu bakterilerin ürettiği AMN, TMA ve biyojen aminler üzerindeki etkisi Çizelge 4'te verilmiştir. Esansiyel yağların bakteriler üzerindeki antimikrobiyal etkisi esansiyel yağın içerdiği kimyasal bileşiklere göre farklılıklar gösterebilmektedir. *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Clostridium*, *Aeromonas hydrophila*, *Bacillus spp.*, *K. pneumoniae*, *Listeria monocytogenes* ve *E. faecalis* gibi gıda kaynaklı patojenlerin amonyak ve biyojen amin üretme yeteneğine sahip olduğu bildirilmiştir (Ordenez ve ark., 1999; Özogul, 2011; Kuley ve ark., 2011; 2012, Gokdogan ve ark., 2012). Çalışmada HDB içerisinde patojen ve bozucu bakteriyel üyeler arasında AMN, TMA ve diğer biyojenik aminler üretimi bakımından farklılıklar bulunmuştur.

HDB içerisinde kullanılan tüm muamele grupları genel olarak test edilen tüm bozucu ve gıda kaynaklı patojenik organizmaların biyojen amin üretimlerini inhibe etmiştir. AMN üretimine bakıldığında kullanılan tüm gıda kaynaklı patojenik organizmaların arasında en yüksek üretim kontrol grubu *P. luteola* (1866.96 mg/L) suşunda gözlenmiş olup kullanılan muamele grubuna bağlı olarak AMN

üretimi önemli oranda düşmüştür. Bozucu bakteriler arasında muamele gruplarının da AMN üretimini en çok inhibe ettiği suş yine *P. luteola* olmuştur. Gıda kaynaklı patojen bakteriler arasında Tween 80 dahil olmak üzere biberiye esansiyel yağı ve nanoemülsiyonu muamele gruplarının tamamında AMN üretimi inhibe edilirken muamele grupları arasında bu durum farklılıklar göstermiştir. Özogul (2011) HDB içerisinde gıda kaynaklı patojenlerin 1130 ve 3089.6 mg/L arasında amonyak ürettiğini rapor etmiştir. Gokdogan ve ark. (2012) HDB'de AMN üretiminin en düşük *L. monocytogenes* (68 mg/L) ve en yüksek *E. coli* (210 mg/L) tarafından gerçekleştiğini bulmuşlardır. Lizin dekarboksilaz sıvısında gıda kaynaklı patojenler 965 mg/L'den daha düşük amonyak üretmiştir.

Genel olarak BEO ve BNE grupları, kontrol ve Tween 80'den daha fazla AMN üretimini inhibe ederken *K. pneumoniae* ve *E. faecalis*'te Tween 80 daha suprese etki göstererek AMN üretimini baskılamıştır. Polioksietilen Sorbitan Monooleat 80 veya Polisorbat 80 olarak bilinen Tween 80, genellikle gıdalarda ve kozmetik ürünlerinde kullanılan noniyonik bir yüzey aktif maddedir ve emülgatördür. Bu sentetik bileşik, viskoz, suda çözünür sarı bir sıvıdır. Tween 80 bir yüzey aktif madde olduğundan, hidrofobik maddeleri içine alan miseller ve emülsiyonlar oluşturabilir. Bu nedenle Tween 80'in hidrofobik antimikrobiallerin antibakteriyel etkilerini etkileyebilmektedir. Nielsen ve ark. (2016) bozulma ve gıda kaynaklı hastalıkların yaygın nedenleri olan *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* ve *Pseudomonas fluorescens*'in büyümesini ve antimikrobiyal duyarlılığını Tween 80'in nasıl etkilediğini araştırdıkları çalışmalarında bu emülgatörün *S. aureus*'un hem bireysel hem de biyofilm büyümesini desteklediğini, *L. monocytogenes* ve *P. fluorescens*'i inhibe ettiğini ve bu durumda kullanılan suşa bağlı olduğunu göstermiştir. Mevcut çalışmada da olduğu gibi Tween 80' nin bazı suşların AMN üretimini artırdığı, bazılarını ise inhibe ettiği gözlenmiştir. Bu değişimin suşa bağlı olmasının yanı sıra besi ortamı içerisine eklenen aktif maddelerin antagonistik veya sinerjik etki yaratmasından da kaynaklı olabileceği ihtimaller arasındadır. Bulgular, emülsiyonlaştırma yoluyla çözelti içinde dağılan hidrofobik antimikrobiallerin etkinliğini incelerken veya emülgatörleri içeren gıda matrislerine antimikrobialler uygulandığında emülgatörlerin dolaylı etkilerinin belgelenmesinin önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, mikrobiyal büyüme üzerindeki türe özgü etkiler, kozmetik ve gıda ürünlerindeki Tween 80'in cilt ve bağırsak mikrobiyotasının bileşimini etkileyebileceğini ve bu nedenle potansiyel sağlık etkilerini ortaya çıkarmak için emülgatörlerin insan mikrobiyomu üzerindeki etkisinin araştırılması gerektiğini düşündürmektedir.

Çizelge 4. HDB içerisinde mikroorganizmalar tarafından üretilen AMN, TMA ve BAs (mg/L)
 Table 4. AMN, TMA, and BAs production by microorganism in HDB (mg/L)

Bakteri	Gruplar	AMN	PUT	CAD	SPD	TRPT	PHEN	SPN	HIS	SER	TYR	TMA	DOP	AGM		
Gıda kaynaklı patojenik bakteriler	<i>S. aureus</i>	Kontrol	496.41±19.71 ^d	293.19±11.66 ^d	327.61±10.76 ^c	30.00±2.04 ^d	61.37±2.12 ^d	0.00±0.00 ^a	20.76±1.16 ^d	17.74±0.26 ^d	514.54±33.32 ^d	28.83±2.27 ^d	16.55±1.84 ^d	59.34±4.01 ^d	9.99±0.27 ^c	
		Tween 80	413.66±2.93 ^c	50.52±2.44 ^c	27.70±1.10 ^b	23.41±0.77 ^c	55.46±2.26 ^c	0.00±0.00 ^a	4.22±0.21 ^c	11.25±0.01 ^c	303.67±4.01 ^c	12.52±0.27 ^c	12.47±0.45 ^c	18.19±0.21 ^c	4.38±0.19 ^a	
		BEO	318.10±2.72 ^a	34.66±7.23 ^b	10.00±0.76 ^a	14.83±1.74 ^b	43.70±2.29 ^b	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	4.74±0.24 ^b	54.85±4.70 ^b	4.50±0.76 ^b	4.50±0.76 ^b	6.51±0.43 ^b	11.26±1.03 ^b	9.41±0.67 ^b
		BNE	367.82±11.21 ^b	13.34±1.06 ^a	12.63±0.53 ^a	9.50±0.27 ^a	15.50±0.14 ^a	0.00±0.00 ^a	1.34±0.03 ^b	1.86±0.16 ^a	37.81±1.44 ^a	1.34±0.10 ^a	5.33±0.26 ^a	8.92±0.68 ^a	8.81±0.18 ^b	
	<i>K. pneumoniae</i>	Kontrol	166.49±10.96 ^d	205.35±11.94 ^d	56.08±2.32 ^d	68.16±2.52 ^c	34.75±2.58 ^d	67.82±3.14 ^d	23.92±1.86 ^d	106.89±6.95 ^c	30.33±0.19 ^d	69.78±0.43 ^c	89.26±7.61 ^d	104.16±3.80 ^e	42.15±0.90 ^d	
		Tween 80	131.94±6.86 ^c	147.68±1.76 ^c	35.36±0.11 ^c	42.38±2.15 ^b	22.85±0.32 ^c	44.16±0.03 ^c	13.91±1.22 ^c	36.86±1.17 ^b	15.20±0.83 ^c	68.76±2.66 ^c	83.48±0.07 ^c	17.57±0.83 ^a	11.76±0.07 ^c	
		BEO	144.00±18.16 ^b	90.52±3.42 ^b	14.73±0.19 ^a	19.70±0.44 ^a	14.71±0.10 ^a	34.54±0.29 ^b	0.00±0.00 ^a	35.95±2.42 ^b	7.96±0.78 ^b	31.59±1.98 ^b	54.06±1.76 ^b	23.94±1.28 ^b	2.72±1.67 ^a	
		BNE	157.11±6.54 ^c	41.45±7.30 ^a	23.01±1.76 ^b	18.86±1.05 ^a	16.95±1.17 ^b	26.21±2.32 ^a	8.53±0.17 ^b	17.62±1.22 ^a	5.48±0.32 ^a	24.28±1.00 ^a	22.02±1.02 ^a	20.25±1.36 ^{ab}	4.05±0.09 ^b	
	S. Paratyphi A	Kontrol	797.38±11.46 ^d	0.09±0.00 ^b	16.86±0.27 ^c	15.72±1.30 ^a	11.74±0.35 ^d	2.33±0.07 ^c	3.52±0.06 ^c	0.97±0.02 ^b	34.14±1.45 ^d	12.57±0.64 ^c	27.12±0.46 ^d	11.36±0.00 ^d	21.47±1.95 ^c	
		Tween 80	371.03±15.04 ^c	0.01±0.00 ^a	13.66±0.74 ^{ab}	18.40±0.17 ^b	4.39±0.07 ^a	0.00±0.00 ^a	0.55±0.06 ^{ab}	0.84±0.03 ^b	15.53±0.38 ^c	1.92±0.11 ^b	11.14±0.96 ^c	7.85±0.04 ^c	23.18±1.63 ^d	
		BEO	186.83±8.94 ^a	0.00±0.00 ^a	14.12±0.80 ^b	15.87±0.58 ^a	5.16±0.55 ^b	2.50±0.54 ^c	0.00±0.00 ^a	0.23±0.01 ^a	4.98±0.56 ^b	1.56±0.08 ^{ab}	6.85±0.77 ^b	2.69±0.01 ^b	15.26±0.03 ^a	
		BNE	204.20±1.10 ^b	0.00±0.00 ^a	13.10±1.21 ^a	18.96±0.42 ^c	9.67±0.34 ^c	1.72±0.32 ^b	0.80±0.07 ^b	0.40±0.05 ^a	2.61±0.28 ^a	1.38±0.47 ^a	5.88±0.39 ^a	1.14±0.18 ^a	18.00±0.84 ^b	
<i>E. feacalis</i>	Kontrol	493.75±26.44 ^d	3.01±0.05 ^c	15.44±0.18 ^b	2.65±0.16 ^c	2.23±0.08 ^c	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	9.28±0.14 ^c	19.16±0.67 ^d	1.01±0.02 ^c	3.72±0.17 ^c	5.23±0.35 ^d	6.85±0.20 ^d		
	Tween 80	128.61±3.69 ^a	1.61±0.34 ^b	18.09±0.37 ^c	2.79±0.92 ^c	1.90±0.13 ^b	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	4.24±0.17 ^b	10.52±0.48 ^c	0.59±0.00 ^a	1.71±0.07 ^b	3.11±0.05 ^c	5.78±0.02 ^c		
	BEO	176.43±5.02 ^c	0.00±0.00 ^a	11.53±1.28 ^a	2.04±0.14 ^b	1.38±0.35 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	1.34±0.06 ^a	4.84±0.27 ^b	0.64±0.04 ^a	1.97±0.14 ^b	2.93±0.12 ^b	3.47±0.54 ^b		
	BNE	157.18±4.52 ^b	0.86±0.01 ^{ab}	16.59±1.98 ^{bc}	1.02±0.02 ^a	1.41±0.58 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	3.50±0.16 ^b	2.42±0.18 ^a	0.98±0.04 ^a	0.98±0.04 ^a	1.67±0.09 ^a	3.03±0.09 ^a		
Bağışıklık bakterileri	<i>P. damsela</i>	Kontrol	583.83±16.68 ^d	93.73±1.26 ^d	33.27±2.43 ^c	54.00±0.13 ^d	11.48±0.28 ^c	30.28±0.60 ^d	32.05±1.16 ^c	28.87±0.43 ^c	91.42±1.67 ^d	145.58±3.52 ^d	67.60±4.68 ^d	13.50±1.28 ^c	16.48±1.12 ^c	
		Tween 80	406.13±15.90 ^c	56.72±4.64 ^c	26.37±0.43 ^b	37.47±1.96 ^c	11.78±0.13 ^c	0.00±0.00 ^a	4.30±0.41 ^b	24.03±1.58 ^b	33.10±1.05 ^c	134.80±1.09 ^c	44.80±0.14 ^c	5.48±0.13 ^b	10.62±0.68 ^b	
		BEO	208.02±0.84 ^b	26.40±1.34 ^b	11.64±1.06 ^a	30.18±1.61 ^b	8.86±0.76 ^a	3.85±1.20 ^b	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	17.31±1.46 ^a	27.90±2.06 ^b	22.77±1.79 ^a	21.30±1.83 ^a	5.57±0.74 ^b	7.83±0.05 ^{ab}
		BNE	167.33±10.71 ^a	13.08±1.08 ^a	11.53±0.87 ^a	19.17±1.08 ^a	10.02±1.08 ^b	6.67±0.59 ^c	0.00±0.00 ^a	19.21±1.32 ^{ab}	14.09±1.06 ^a	49.73±3.59 ^b	27.66±1.77 ^b	2.15±0.33 ^a	5.80±0.58 ^a	
	<i>E. feacalis</i>	Kontrol	1089.50±7.12 ^c	201.66±8.67 ^c	37.72±2.98 ^d	21.19±1.22 ^d	32.91±0.45 ^d	26.71±1.27 ^c	19.94±0.09 ^d	188.55±2.39 ^c	32.22±1.11 ^c	32.62±0.92 ^d	45.01±1.97 ^d	138.43±9.45 ^d	35.17±1.58 ^d	
		Tween 80	189.16±8.03 ^b	47.59±0.04 ^a	12.75±0.31 ^a	13.70±0.56 ^b	21.04±0.06 ^c	1.88±0.30 ^a	10.61±0.01 ^c	138.51±1.11 ^b	5.59±0.35 ^b	1.31±0.07 ^a	1.47±0.04 ^a	94.16±0.27 ^c	20.66±1.09 ^c	
		BEO	164.35±13.80 ^{ab}	61.18±1.06 ^b	19.91±1.12 ^c	11.22±0.43 ^a	12.67±0.04 ^b	2.32±0.73 ^{ab}	5.93±0.11 ^b	116.63±3.84 ^a	5.18±0.20 ^b	5.49±0.66 ^b	5.61±0.68 ^c	58.42±2.17 ^a	15.92±0.02 ^b	
		BNE	148.02±7.33 ^a	45.95±1.47 ^a	16.94±1.23 ^b	17.47±1.01 ^c	2.08±0.30 ^a	2.65±0.18 ^b	0.00±0.00 ^a	113.84±8.01 ^a	3.91±0.12 ^a	9.48±0.07 ^c	2.99±0.05 ^b	74.81±3.80 ^b	13.39±0.76 ^a	
	<i>V. vulnificus</i>	Kontrol	339.53±16.34 ^c	15.12±0.43 ^a	27.69±1.01 ^c	6.11±0.19 ^d	9.19±0.02 ^c	30.93±0.04 ^c	17.85±0.96 ^c	99.92±5.72 ^d	10.25±1.05 ^c	11.11±0.09 ^d	9.08±0.67 ^c	4.32±0.21 ^c	2.96±0.06 ^c	
		Tween 80	459.72±17.44 ^d	56.92±1.48 ^c	22.13±1.87 ^a	5.21±0.31 ^c	3.26±0.18 ^b	9.03±0.27 ^b	5.08±0.20 ^a	39.26±1.85 ^c	7.80±0.58 ^b	8.31±0.09 ^c	10.05±0.89 ^d	2.33±0.39 ^b	1.48±0.46 ^b	
		BEO	297.24±15.66 ^b	28.45±1.77 ^b	25.98±1.11 ^b	1.56±0.88 ^a	1.80±0.28 ^a	7.41±0.58 ^{ab}	7.84±0.22 ^b	58.98±2.51 ^c	7.10±0.66 ^c	5.26±0.49 ^b	2.22±0.09 ^a	1.42±0.38 ^a	1.04±0.09 ^a	
		BNE	241.05±28.77 ^a	16.95±0.57 ^a	23.37±1.75 ^a	3.91±0.45 ^b	2.09±0.43 ^{ab}	5.22±0.41 ^a	6.67±0.47 ^{ab}	45.04±1.81 ^b	7.36±0.04 ^{ab}	1.71±0.06 ^a	5.15±0.01 ^b	1.69±0.35 ^{ab}	1.08±0.06 ^a	
<i>P. mirabilis</i>	Kontrol	1010.43±46.75 ^c	21.50±1.13 ^b	38.24±1.45 ^d	27.14±0.55 ^c	5.23±0.44 ^c	22.66±0.14 ^d	1.69±0.07 ^c	86.99±4.53 ^d	35.39±2.02 ^d	41.98±1.04 ^b	22.92±0.80 ^d	13.36±1.05 ^c	8.17±0.28 ^c		
	Tween 80	592.00±42.98 ^b	24.82±2.96 ^c	23.73±1.85 ^c	27.92±1.96 ^c	1.97±0.35 ^b	10.35±0.55 ^b	0.00±0.00 ^a	82.81±2.67 ^c	12.47±0.26 ^c	20.90±0.05 ^a	10.06±0.01 ^c	12.29±0.46 ^b	6.53±0.05 ^b		
	BEO	532.87±8.51 ^{ab}	21.25±1.20 ^b	14.59±0.88 ^b	11.23±0.16 ^a	2.55±0.36 ^b	7.91±0.13 ^a	2.35±0.24 ^c	60.94±2.53 ^b	5.97±0.38 ^b	20.25±1.18 ^a	5.04±0.31 ^a	11.31±0.70 ^a	6.54±0.32 ^b		
	BNE	487.85±36.57 ^a	13.23±1.03 ^a	12.80±0.66 ^a	24.07±1.52 ^b	2.36±0.54 ^b	14.00±0.00 ^a	1.19±0.58 ^b	17.66±0.32 ^a	4.65±0.69 ^a	20.31±1.44 ^a	7.85±0.14 ^b	12.44±0.50 ^b	1.80±0.01 ^a		
<i>S. liquefaciens</i>	Kontrol	878.73±34.06 ^d	168.36±3.32 ^d	28.87±1.59 ^b	32.16±2.49 ^d	7.49±0.14 ^d	13.37±1.45 ^c	24.53±1.54 ^d	87.09±2.93 ^d	27.32±1.77 ^d	14.89±33.13 ^d	62.26±2.60 ^c	55.43±3.93 ^c	18.29±0.58 ^d		
	Tween 80	301.07±6.29 ^c	113.72±4.19 ^c	28.14±1.32 ^b	26.64±0.56 ^c	4.46±0.07 ^c	0.54±0.06 ^{ab}	12.36±0.05 ^c	72.98±2.48 ^c	15.46±1.97 ^c	2.23±0.19 ^c	3.70±0.23 ^b	11.57±1.18 ^b	11.41±0.10 ^c		
	BEO	181.89±2.78 ^a	60.71±2.12 ^b	28.95±0.91 ^b	20.37±18.40 ^b	2.23±0.07 ^b	1.22±0.17 ^b	6.15±4.03 ^b	27.82±2.32 ^b	12.68±0.78 ^b	1.12±0.09 ^a	0.43±0.04 ^a	5.02±0.94 ^a	6.80±0.33 ^a		
	BNE	242.91±6.35 ^b	32.13±1.26 ^a	11.85±0.04 ^a	10.82±0.18 ^a	1.29±0.12 ^a	0.00±0.00 ^a	2.68±0.16 ^a	12.68±0.69 ^a	11.70±0.14 ^a	1.35±0.05 ^b	0.45±0.02 ^a	5.83±0.29 ^a	7.22±0.45 ^b		
<i>P. luteola</i>	Kontrol	1866.96±79.93 ^d	28.18±0.59 ^c	26.03±1.77 ^d	32.05±0.90 ^c	8.75±0.30 ^d	8.47±0.21 ^d	9.53±0.78 ^b	27.46±0.53 ^c	46.47±1.42 ^c	22.29±1.39 ^d	83.90±5.15 ^d	79.80±5.24 ^d	13.89±0.26 ^d		
	Tween 80	380.37±24.14 ^c	9.09±1.36 ^b	13.28±0.23 ^a	21.58±0.12 ^b	6.26±0.00 ^c	1.79±0.02 ^c	0.00±0.00 ^a	3.84±0.27 ^b	17.49±0.98 ^b	13.70±0.55 ^c	33.41±0.22 ^c	59.99±1.47 ^c	7.78±0.42 ^c		
	BEO	257.21±4.52 ^b	0.00±0.00 ^a	18.57±1.17 ^c	17.77±1.55 ^c	4.61±0.90 ^b	1.18±0.45 ^b	0.00±0.00 ^a	2.28±0.23 ^a	7.00±0.36 ^c	12.41±1.65 ^b	15.95±0.88 ^a	23.60±0.65 ^a	6.75±0.68 ^b		
	BNE	155.07±11.98 ^a	0.00±0.00 ^a	14.67±0.16 ^b	20.56±1.36 ^b	1.04±0.14 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	2.22±0.33 ^a	7.11±0.94 ^a	8.13±0.56 ^a	19.00±1.45 ^b	30.36±2.73 ^b	3.62±0.15 ^a		

BEO: Biberiye esansiyel yağı, BNE: Biberiye esansiyel yağlı nanoemülsiyon

*Ortalama değer, ± standart sapma, n=3. Aynı sütun üzerindeki farklı harfler (a-d) istatistiki farkı göstermektedir.

AMN: Amonyak, PUT: Putresin, CAD: Kadaverin, SPD: Spermidin, TRPT:Triptamin, PHEN: 2-feniletilamin, SPN:Spermin, HIS:Histamin, SER:Serotonin, TYR:Tiramin, TMA:Trimetil amin, DOP:Dopamin, AGM:Agmatin

Bozucu bakteri suşları arasında AMN üretimi muamele gruplarının tamamında inhibe edilirken bu durum sadece BEO ve BNE arasında farklılıklar ve dalgalanmalar göstermiştir. Patojen suşların aksine bozucuların tamamında BEO ve BNE grupları, kontrol ve Tween 80'den daha fazla AMN üretimini inhibe etmişlerdir. Sadece *S. liquefaciens* suşunda BEO, BNE'ye göre daha fazla AMN üretimini baskımlarken bu durum istatistiksel açıdan önemli olarak gözlenmiştir ($p<0.05$).

Gıda kaynaklı patojenler ile balıkta bozulma etmeni bakteriler başta TMA, putresin (PUT), kadaverin (CAD), spermidin (SPD), triptamin (TRPT), tiramin (TYR) ve agmatin (AGM) olmak üzere spermin (SPN) dışında test edilen bütün biyojen aminleri üretmişlerdir. Biberiyenin genel olarak biyojen amin üretimini azaltmasına karşın, biberiye esansiyel yağ veya nanoemülsiyon formunun biyojen amin üretimindeki etkisi muamele tipine, bakteri türüne ve spesifik biyojen amine göre değişkenlik göstermiştir.

Putresin (PUT) üretimine bakıldığında gıda kaynaklı patojenik bakterilerden *S. Paratyphi A* ve *E. faecalis* dışındaki suşlarda önemli miktarda üretim gözlenirken özellikle *S. aureus*'ta muamele gruplarının baskılayıcı etkisinin daha fazla olduğu gözlenmektedir (yaklaşık 6-22 kat). Bozucu bakteriler arasında en yüksek üretim *E. faecalis* suşunda (201.66 mg/L) gözlenmesine karşın muamele grupları arasında bu üretim düşüş göstermiştir (45.95-61.18 mg/L). Tween 80 muamele grubu bu suşta BEO'dan daha fazla ancak BNE'den daha az olmak üzere PUT üretimini inhibe etmiştir. Ancak bu farklılıklar istatistiksel açıdan önemsiz olarak tespit edilmiştir. Durlu-Ozkaya ve ark. (2001) Enterobacteriaceae üyelerinin %1 aminoasit içeren beyin kalp infüzyon sıvısında başlıca putresin, kadaverin, tiramin ve histamin üretimini belirtmişlerdir. Gıda kaynaklı patojen bakteriler histidin dekarboksilaz sıvısında 9.8 ve 19.2 mg/L arasında putresin üretmiştir (Özogul, 2011). Tavuk derisinden izole edilen 7 farklı *Aeromonas* üyesinin putresin (<3.7 mg/L) ve 5 üyesinin kadaverin ürettiği (73.8 mg/L) gözlenmiştir (Bunkova ve ark. 2010). *Staphylococcus* üyelerinin yüksek miktarda putresin ve feniletilamin (>100 mg/L) oluşturduğu gözlenmiştir (Seitter ve ark., 2011). Mevcut çalışmada, bakteriler tarafından PUT üretimi 0.00 mg/L (*S. Paratyphi A*) ve 293.19 mg/L (*S. aureus*) aralığında ve CAD üretimi ise 10.00 mg/L (*S. aureus*) ve 327.61 mg/L (*S. aureus*) aralığında olmuştur.

Kadaverin (CAD) üretimine bakıldığında kullanılan tüm muamele grupları gıda kaynaklı patojen bakterilerin üretimini genellikle inhibe ederken *S. aureus*'un kontrol grubuna göre CAD üretimini (327.61 mg/L) önemli ölçüde inhibe etmişlerdir (12-33 kat). *Enterococcus faecalis* ise Tween 80 ve BNE gruplarının CAD üretimi kontrol grubundan daha fazla olmuş, bu gruplar istatistiksel açıdan her ne

kadar önemsiz olsa da CAD üretimini stimüle etmişlerdir. Balık bozucu bakteriler arasında CAD üretimi en yüksek 38.24 mg/L ile *P. mirabilis* kontrol grubunda, en düşük ise 11.53 mg/L ile *P. damsela* BNE grubunda gözlenmiştir. De las Rivas ve ark. (2006) *S. aureus*, *S. epidermidis* ve *L. monocytogenes*'in CAD üretiminden sorumlu lizin dekarboksilaz aktiviteye sahip olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada da CAD en yüksek *S. aureus* tarafından üretilmiştir (327.61 mg/L). Histidin dekarboksilaz sıvısında *Klebsiella* üyelerinin 16 ve 32 mg/L düzeyinde kadaverin ürettiği bulunmuştur (Özogul & Özogul, 2007; Özogul, 2011). Bu çalışmada *K. pneumoniae* 18.86-68.16 mg/L kadaverin üretmiştir.

Spermidin ve spermin bütün organizmalarda dekarboksile S-adenosilmetiyoninden 1 veya 2 amino grubun ayrılması ile putresinden oluşur (Smith, 1981). Spermidin (SPD) üretiminde de benzer şekilde patojen bakterilerin besi ortamında kullanılan tüm grupların amin üretimini inhibe ettiği gözlenmiştir. Sadece *E. faecalis*'te Tween 80 grubu istatistiksel fark gözetilmeksizin SPD üretimini artırmıştır. Kontrol grupları arasında en yüksek SPD üretimi *K. pneumoniae* suşunda (68.16 mg/L) gözlenirken en düşük üretim *E. faecalis* suşunda (2.65 mg/L) gözlenmiştir. Muamele grupları arasında ise en yüksek SPD üretimi yine *K. pneumoniae* suşunda (42.38 mg/L) Tween 80 grubunda gözlenirken en düşük üretim ise yine *E. faecalis* suşunda (1.02 mg/L) BNE grubunda gözlenmiştir. Gıda kaynaklı patojen suşlar arasında SPD üretimi bozucu gruptan daha az olmakla birlikte genel olarak muamele gruplarının inhibe edici etkisi söz konusu olmuştur. En düşük SPD üretimi gözlenen grup *V. vulnificus* olmuştur. Balık bozucu grupta da muamele grupları arasında SPD üretimi açısından farklılıklar gözlenmiştir. Spermin (SPN) üretiminde patojen *E. faecalis* suşunda hiçbir grupta üretim gözlenmezken diğer suşlarda oldukça az miktarda üretim gözlenmiştir. En yüksek üretimler kontrol gruplarında gözlenirken BEO gruplarında hiçbir suşta üretim gözlenmemiştir. Bozucu bakteri gruplarında ise patojen suşlara nispeten daha fazla SPN üretimi söz konusu olmuştur. Genel olarak BNE, patojen suşlarda en düşük SPN üretimlerine neden olmuştur.

Triptamin (TRPT) üretiminde biberiyenin nanoemülsiyon formu (BNE) *S. Paratyphi A* suşunda kontrol grubundan sonra en yüksek TRPT üretimi (9.67 mg/L) ile sonuçlanması haricinde genel olarak tüm muamele grupları patojen suşların TRPT üretimi üzerinde inhibe edici etkide olmuşlardır. En yüksek inhibisyon oranı yaklaşık 1/4 oranı ile *S. aureus* suşunda BNE grubunda gözlenmiştir. *K. pneumoniae* ve *E. faecalis* suşunda ise BEO grubu BNE'ye göre daha inhibe edici etkili olmasına rağmen bu farklılık istatistiksel olarak önemli olmuştur ($p<0.05$). Patojen bakteriler arasında *P. damsela* suşunun TRPT

üretimi alışılmışın dışında farklılıklar göstermiştir. Bu suşta Tween 80 grubu en yüksek üretime neden olurken bu farklılık istatistiksel açıdan önemsiz olmuştur. BNE grubunun TRP üretimi (10.02 mg/L) ise BEO'dan daha fazla (8.86 mg/L) olmuştur. Grubun en yüksek TRPT üretimi bozucu suş olan *E. faecalis*'te (32.91 mg/L) gözlenmesine karşın en düşük üretim *P. luteola*'da (1.04 mg/L) gözlenmiştir. *S. aureus* ve *E. faecalis* patojen suşlarında 2-feniletilamin (PHEN) üretimi gözlenmemiştir. *S. Paratyphi A*'da ise dengesiz bir üretim söz konusu olmuştur ve en yüksek PHEN üretimleri sırasıyla BEO, kontrol ve BNE gruplarında gözlenirken Tween 80 grubunda üretim gözlenmemiştir (0 mg/L). *K. pneumoniae*'de ise muamele grupları PHEN üretimini baskılamış ve en düşük üretim BEO grubunda (14.71 mg/L) gözlenmiştir. Bozucu bakteriler grubunda ise biberiye esansiyel yağı ve bunun nanoemülsifiye formu *E. faecalis* ve *S. liquefaciens* suşlarının PHEN üretimlerini yaklaşık 13 kat inhibe edebilmişlerdir. Oransal olarak daha sonraları gelen en fazla inhibisyonlar sırasıyla *P. luteola*, *V. vulnificus*, *P. damsela* ve *P. mirabilis* suşlarında gözlenmiştir.

Gıdalarda oldukça önemli olan biyojen aminlerden biri histamindir (HIS). Özellikle yağlı balıklarda depolama ile birlikte yüksek konsantrasyonu toksik etki yaratmaktadır. Kontrol gruplarında histamin üretimi 0.97 mg/L (*S. Paratyphi A*) ve 106.89 mg/L (*K. pneumoniae*) arasında değişkenlik göstermiştir. Biberiye'nin tüm formları ve Tween 80, tüm kullanılan gıda kaynaklı patojenlerin ve bozucu bakterilerin HIS üretimini baskılamıştır. Bu da biberiye'nin özellikle kolay bozulabilen balık gibi et ürünlerinde enfeksiyona yol açabilecek potansiyeli olan patojenlerin metabolit üretimini baskıladığı görülmektedir. Patojen grup arasında HDB içerisinde en yüksek HIS üretimi *K. pneumoniae*'de (106.89 mg/L) gözlenmiştir. Bozucu bakteriler arasında ise genel olarak yüksek üretim gözlenmesine karşın HIS üretimi 2.22 mg/L (*P. luteola*) ile 188.55 mg/L (bozucu *E. faecalis*) arasında değişmektedir. Lopez-Sabater ve ark. (1996) kültür ortamında *K. pneumoniae*'nin 216 ppm histamin ürettiğini belirtmiştir. Chang ve ark. (2008) *S. aureus* izolatlarının kültür ortamında 12.7 ve 33.0 mg/kg arasında HIS ürettiğini rapor etmiştir. Özogul (2011) HDB'de histaminin gıda kaynaklı patojenler arasında sadece *E. faecalis*, *K. pneumoniae* ve *L. monocytogenes* tarafından üretildiği (<0.58 mg/L) bildirmiştir. *K. pneumoniae*'nin histidinden yüksek oranda histamin ürettiği (>3400 mg/L), *E. faecalis*'in ise zayıf histamin üreticisi (<10 mg/L) olduğu bulunmuştur (Özogul & Özogul, 2007). Bu çalışmada *K. pneumoniae* ve patojen *E. faecalis* sırasıyla 17.62-106.89 mg/L ve 1.34-9.28 mg/L histamin üretmiştir. Gıdalarda histamin birikimi ve histidin dekarboksilaz aktivitesi mikroorganizma türü, ortamdaki histidine ve karbonhidrat konsantrasyonu (Arnold & Brown, 1978;

Edmunds ve Eitenmiller, 1975), oksijen düzeyi, vitaminler ve koenzimler, sıcaklık, pH ve tuz konsantrasyonu (Chen ve ark., 1989), ve kofaktör olarak pyridoksal hidrokloridden (Taylor, 1986) etkilenmektedir.

BNE başta olmak üzere BEO grubu da zaman zaman kendi aralarında bozucu *E. faecalis*, *P. damsela* ve *V. vulnificus* tarafından üretilen HIS üretimini istatistikî olarak önemli düzeyde arttırmıştır. Genel olarak bakıldığında kullanılan besi ortamının histidin dekarboksilaz sıvısı olduğu düşünüldüğünde histamin üretimine oldukça müsait koşullar olması BEO ve BNE'nin bu organizmalar üzerinde oldukça etkili olduğunu göstermektedir.

Bakteriler tarafından serotonin (SER) ve dopamin (DOP) üretimi sırasıyla 2.42 ve 1.14 mg/L'nin üzerinde olup, *S. aureus* (514.54 mg/L) ve *K. pneumoniae* (104.16 mg/L) en yüksek SER ve DOP üreten bakteriler olmuştur. Muamele grupları test edilen bakteriler tarafından SER ve DOP üretimini engelleyici etkiye sahip olmuştur. En yüksek inhibitör etki ise her iki amin açısından *S. aureus* suşunda gözlenmiştir.

HDB içinde bozulma etmeni bakteriler arasında tiramin (TYR) üretim miktarında kayda değer miktarlarda üretim gözlenmemiştir. HDB içerisinde tiramin (TYR) üretimine bakıldığında muamele grupları tüm patojen organizmaların TYR üretimini azaltmasına rağmen en yüksek inhibisyon yine *S. aureus*'te (2-21 kat) gözlenmiştir ve patojen bakteriler arasında *S. aureus* tarafından üretilen TYR miktarını kullanılan BEO ve BNE grupları önemli ölçüde engellemiştir. *S. Paratyphi A* ve *E. faecalis* suşları kayda değer miktarda TYR üretmemesine rağmen en fazla üretim *K. pneumoniae*'de (24.28-69.78 mg/L) gözlenmiştir. HDB içinde bozulma etmeni bakteriler arasında tiramin (TYR) üretim miktarında kayda değer miktarlarda üretim *P. damsela* (22.77-145.58 mg/L) ve *P. mirabilis* (2.25-41.98 mg/L) suşlarında gözlenmiştir. Fakat patojen bakteriler arasında *S. aureus* tarafından üretilen tiramin miktarını kullanılan BEO ve BNE grupları önemli ölçüde engellemiştir. Kucerova ve ark. (2009) süt ve peynirden izole edilen *Enterococcus* üyelerinin çoğunun tirozin dekarboksilaz aktivitesine sahip olduğunu bildirmiştir. HDB'de gıda kaynaklı patojenler tarafından TYR birikimi 1.1-13.4 mg/L arasında olmuştur (Gokdogan ve ark., 2012). Bu çalışmada, kontrol grubunda tiramin üretimi 0.59 mg/L (patojen *E. faecalis*) ve 145.58 mg/L (*P. damsela*) arasında olmuştur. BEO ve BNE grupları genel olarak TYR üretimini kontrol ve Tween 80 gruplarından daha fazla inhibe ederken ederken, *P. mirabilis*'te Tween 80, BEO ve BNE grupları benzer oranda etki etmişlerdir ve bu minör farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz olmuştur (p<0.05).

Kullanılan patojen ve bozucu bakteriler farklı

oranlarda TMA üretmişlerdir. HDB içerisinde patojen bakteriler arasında en düşük ve en yüksek TMA üreten bakteriler sırasıyla BNE varlığında 0.98 mg/L ile *E. faecalis* ve kontrol grubunda 89.26 mg/L ile *K. pneumoniae* olurken; bozucu bakteriler arasında en düşük ve en yüksek TMA üreten bakteriler sırasıyla BEO varlığında 0.43 mg/L ile *S. liquefaciens* ve kontrol grubunda 83.90 mg/L oranıyla *P. luteola* olmuştur.

Agmatin (AGM) arjininden direk olarak üretilmekte ve arjinin dekarboksilaz enzimi ile N-carbamoilputresine dönüşmektedir (Burne ve ark., 2006). Histidin dekarboksilaz sıvısında kontrol grupları arasında en yüksek agmatin üretimi *K. pneumoniae* tarafından (42.15 mg/L) gerçekleşmiştir. Genel olarak AGM üretimine bakıldığında ise yine kullanılan muamele grubuna bağlı olarak tüm bakteriyel suşlarda inhibisyon söz konusu olmuştur.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Literatür çalışmalarına bakıldığı zaman bu konuda Türkiyede ve dünyada sınırlı sayıda çalışma bulunduğu görülmektedir. Bu çalışmada biberiye esansiyel yağı ve bu yağ kullanılarak hazırlanan nanoemülsiyonların gıda kaynaklı patojen ve balıkta bozucu bakterilerin ürettiği oldukları biyojen aminlere karşı antimikrobiyal etkileri araştırılmış ve gıda sanayinde kullanımını mümkün kılacak ve uygulanabilecek sonuçlar bulunmuştur. Sistem içindeki esansiyel yağ formu dikkate alındığında, bunun antibakteriyel özellikleri nanoemülsiyon sistemine dahil edilerek geliştirilmiştir. Nanoemülsiyon, test edilen çoğu bakteri türlerine karşı antimikrobiyal özellikler göstermiştir, ancak bu etkinin bakteriyostatik veya bakterisidal etki olduğu gözlenmemiştir. Nanoemülsiyon hazırlama yöntemi ve formülasyonundaki gelişme, antibakteriyel özelliklerini daha da iyileştirmek için daha fazla araştırılması önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (ODÜ/BAP) tarafından A-2012 numaralı proje ile desteklenmiştir.

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

Abdollahzadeh E, Rezaei M, Hosseini H 2014. Antibacterial activity of plant essential oils and extracts: The role of thyme essential oil, nisin, and

their combination to control *Listeria monocytogenes* inoculated in minced fish meat. *Food Control*, 35, 177–183.

- Agatemor C 2009. Antimicrobial activity of aqueous and ethanol extracts of nine Nigerian spices against four food borne bacteria. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 8(3), 195-200.
- Akgül A 1993. Baharat bilimi ve teknolojisi. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, 15, 111-113.
- Anderson AK 2008. Biogenic and volatile amine-related qualities of three popular fish species sold at Kuwait fish markets. *Food Chemistry*, 107(2), 761-767.
- Aprotosoae AC, Luca VS, Trifan A, Miron A 2019. Antigenotoxic potential of some dietary non-phenolic phytochemicals. *In Studies in Natural Products Chemistry*, 60, 223-297.
- Arnold SH, Brown WD 1978. Histamine toxicity from fish products. In: *Advances in Food Research* (edited by C. O. Chishester, E. M. Mrak & G. F. Stewart), 113-154. New York: Academic Press.
- Ayas, D., Ozogul, Y., Ozogul, İ., & Uçar, Y. (2012). The effects of season and sex on fat, fatty acids and protein contents of *Sepia officinalis* in the northeastern Mediterranean Sea. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(4), 440-445.
- Brink BT, Damink C, Joosten HMLJ, Huis Int Velt JHJ 1990. Occurrence and formation of biologically active amine in food. *International Journal of Food Microbiology*, 11, 73–84.
- Bunkova L, Bunkab F, Klčovska P, Mrkvickac V, Dolezalova M, Kracmard S 2010. Formation of biogenic amines by Gram-negative bacteria isolated from poultry skin. *Food Chemistry*, 121, 203– 206.
- Burne RA, Griswold AR, Jameson-Lee M 2006. Regulation and physiologic significance of the agmatine deiminase system of *Streptococcus mutans* UA159. *Journal of Bacteriology*, 188(3), 834-841.
- Chang SC, Kung HF, Chen HC, Lin CS, Tsai YH 2008. Determination of histamine and bacterial isolation in swordfish fillets (*Xiphias gladius*) implicated in a food borne poisoning. *Food Control*, 19, 16–21.
- Che Marzuki NH, Wahab RA, Abdul Hamid M 2019. An overview of nanoemulsion: Concepts of development and cosmeceutical applications. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 33(1), 779–797.
- Chen CM, Wei CI, Koburger JA, Marshall MR 1989. Comparison of four agar media for detection of histamine-producing bacteria in tuna. *Journal of Food Protection*, 52, 808-813.
- Chu Y, Gao CC, Liu X, Zhang N, Xu T, Feng X, Yang Y, Shen X, Tang, X 2020. Improvement of storage quality of strawberries by pullulan coatings incorporated with cinnamon essential oil

- nanoemulsion. *LWT-Food Science and Technology*, 122, 109054.
- De Las Rivas B, Marcobal A, Carrascosa A, Munoz R 2006. PCR detection of food bacteria producing the biogenic amines histamine, tyramine, putrescine and cadaverine. *Journal of Food Protection*, 69, 2509–2514.
- Dimitrijević SI, Mihajlovski KR, Antonović DG, Milanović-Stevanović MR, Mijin DŽ 2007. A study of the synergistic antilisterial effects of a sub-lethal dose of lactic acid and essential oils from *Thymus vulgaris* L., *Rosmarinus officinalis* L. and *Origanum vulgare* L. *Food Chemistry*, 104(2), 774-782.
- Durlu-Ozkaya F, Ayhan K, Vural N 2001. Biogenic amine produced by Enterobacteriaceae isolated from meat products. *Meat Science*, 58, 163–166.
- Edmunds WJ, Eitenmiller RR 1975. Effects of storage time and temperature on histamine content and histidine decarboxylase activity of aquatic species. *Journal of Food Science*, 40, 516-519.
- Gokdogan S, Ozogul Y, Kuley E, Ozogul F, Kacar C, Ucar Y 2012. The influences of natural zeolite (cliptinolite) on ammonia and biogenic amine formation by foodborne pathogen. *Journal of Food Science*, 77, 452-457.
- Kučerová K, Svobodová H, Tůma Š, Ondráčková I, Plocková M 2009. Production of biogenic amines by Enterococci. *Czech Journal of Food Science*, 2, 50-55.
- Kuley E, Balikci E, Ozogul I, Gokdogan S, Ozogul F. 2012. Stimulation of cadaverine production by foodborne pathogens in the presence of Lactobacillus, Lactococcus, and Streptococcus spp. *Journal of Food Science*, 77, 650-658.
- Kuley E, Özogul F 2011. Synergistic and antagonistic effect of lactic acid bacteria on tyramine production by food-borne pathogenic bacteria in tyrosine decarboxylase broth. *Food Chemistry*, 127, 1163–1168.
- Lahreche, T., Ucar, Y., Kosker, A. R., Hamdi, T. M., & Ozogul, F. (2019). Combined impacts of oregano extract and vacuum packaging on the quality changes of frigate tuna muscles stored at 3±1°C. *Veterinary World*, 12(1), 155-164. Abstract.
- López-Sabater EI, Rodríguez-Jerez J, Hernández-Herrero M, Mora-Ventura MT 1996. Incidence of histamine-forming bacteria and histamine content in scombroid fish species from retail markets in the Barcelona area. *International Journal of Food Microbiology*, 28(3), 411-418.
- Mao L, Xu D, Yang J, Yuan F, Gao Y, Zhao J 2009. Effect of small and large molecules emulsifiers on the characteristics of beta-carotene nanoemulsions prepared by high pressure homogenization. *Food Technology and Biotechnology*, 47(3), 336-342.
- Mason TJ, Wilking JN, Meleson K, Chang CB, Graves SM 2006. Nanoemulsions, formation, structure and physical properties. *Journal of Physics Condensed Matter*, 18, 635–66.
- Mehmood T, Ahmad A, Ahmed N, Ahmed Z 2017. Optimization of olive oil based O/W nanoemulsions prepared through ultrasonic homogenization: A response surface methodology approach. *Food Chemistry*, 229, 790–796.
- Mitić-Čulafić D, Žegura B, Nikolić B, Vuković-Gačić B, Knežević-Vukčević J, Filipič M 2009. Protective effect of linalool, myrcene and eucalyptol against t-butyl hydroperoxide induced genotoxicity in bacteria and cultured human cells. *Food and Chemical Toxicology*, 47(1), 260-266.
- Moghtader M, Salari H, Farahm A 2013. Evaluation of the antifungal effects of rosemary oil and comparison with synthetic borneol and fungicide on the growth of *Aspergillus flavus*. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 3(6), 210-214.
- Nakajima M 2005. Development of nanotechnology and materials for innovative utilization of biological functions. Proceedings of the 34th United States and Japan Natural Resources (UJNR) Food and Agriculture Panel, Susono, Japan
- Nielsen CK, Kjems J, Mygind T, Snabe T, Meyer RL 2016. Effects of Tween 80 on growth and biofilm formation in laboratory media. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1878.
- Niven Jr CF, Jeffrey MB, Corlett Jr DA 1981. Differential plating medium for quantitative detection of histamine-producing bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 41(1), 321-322.
- Nowak A, Kalemba D, Krala L, Piotrowska M, Czyzowska A 2012. The effects of thyme (*Thymus vulgaris*) and rosemary (*Rosmarinus officinalis*) essential oils on *Brochothrix thermosphacta* and on the shelf life of beef packaged in high-oxygen modified atmosphere. *Food Microbiology*, 32, :212-6.
- Ordóñez JA, Hierro EM, Bruna JM, De La Hoz L 1999. Changes in the components of dry-fermented sausages during ripening. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 39, 329–367.
- Özogul F, Taylor KDA, Quantick P, Özogul Y 2002. Biogenic amines formation in Atlantic herring (*Clupea harengus*) stored under modified atmosphere packaging using a rapid HPLC method. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 515–522.
- Özogul F 2004. Production of biogenic amines by *Morganella morganii*, *Klebsiella pneumoniae* and *Hafnia alvei* using a rapid HPLC method. *European Food Research and Technology*, 219, 465–469.
- Özogul F, Özogul Y 2007. The ability of biogenic amines and ammonia production by single bacterial cultures. *European Food Research Technology*, 225, 385–394.
- Özogul F 2011. Effects of specific lactic acid bacteria species on biogenic amine production by foodborne

- pathogen. *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 478–484.
- Özogul Y, Yuvka İ, Ucar Y, Durmus M, Köşker AR, Öz M, Özogul F 2017. Evaluation of effects of nanoemulsion based on herb essential oils (rosemary, laurel, thyme and sage) on sensory, chemical and microbiological quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during ice storage. *LWT*, 75, 677-684.
- Özogul Y, Boğa EK, Akyol I, Durmus M, Ucar Y, Regenstein JM, Köşker AR 2020. Antimicrobial activity of thyme essential oil nanoemulsions on spoilage bacteria of fish and food-borne pathogens. *Food Bioscience*, 36, 100635.
- Özogul Y, Özogul F, Kulawik P 2021. The antimicrobial effect of grapefruit peel essential oil and its nanoemulsion on fish spoilage bacteria and food-borne pathogens. *LWT*, 136, 110362.
- Özogul Y, El Abed N, Özogul F 2022. Antimicrobial effect of laurel essential oil nanoemulsion on food-borne pathogens and fish spoilage bacteria. *Food Chemistry*, 368, 130831.
- Redmond JW, Tseng A 1979. High-pressure liquid chromatographic determination of putrescine, cadaverine, spermidine and spermine. *Journal of Chromatography A*, 170(2), 479-481.
- Richa R, Choudhury AR 2020. Exploration of polysaccharide based nanoemulsions for stabilization and entrapment of curcumin. *International Journal of Biological Macromolecules*, 156, 1287–1296.
- Seitter M, Geng B, Ertel C 2011. Binding to extracellular matrix proteins and formation of biogenic amines by food-associated coagulase-negative Staphylococci. *International Journal of Food Microbiology*, 145, 483-7.
- Shafiq S, Shakeel F, Talegaonkar S, Ahmad FJ, Khar RK, Ali M 2007. Design and development of oral oil in water ramipril nanoemulsion formulation: *In vitro* and *in vivo* assessment. *Journal of Biomedical Nanotechnology*, 3(1), 28-44.
- Shalaby AR 1996. Significance of biogenic amines to food safety and human health. *Food Research International*, 29:675e690.
- Silla Santos MH 1996. Biogenic amines: their importance in foods. *International Journal of Food Microbiology*, 29, 213e231.
- Sundararajan B, Moola AK, Vivek K, Kumar BDR 2018. Formulation of nanoemulsion from leaves essential oil of *Ocimum basilicum* L. and its antibacterial, antioxidant and larvicidal activities (*Culex quinquefasciatus*). *Microbial Pathogenesis*, 125, 475–485.
- Taylor SL 1986. Histamine food poisoning: toxicology and clinical aspects. *Critical Reviews Toxicology*, 17, 91-128.
- Uçar Y 2020. Narenciye kabuğu esansiyel yağları kullanılarak hazırlanan mikroenkapsüle balık yağı tozlarının depolama süresince renk ve duyuşal değişimleri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(2), 515-526.
- Yazgan H 2020. Investigation of antimicrobial properties of sage essential oil and its nanoemulsion as antimicrobial agent. *LWT*, 130, 109669.
- Yazgan H, Ozogul Y, Kuley E 2019. Antimicrobial influence of nanoemulsified lemon essential oil and pure lemon essential oil on food-borne pathogens and fish spoilage bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 306, 108266.

Aspir Samanı Çeşitlerinin Yem Değeri Özelliklerinin Karşılaştırılması

Bilal SELÇUK¹, Tuğba BAKIR², Tahsin BEYÇİOĞLU³, Adem KAMALAK⁴, Fatih KILLI⁵

^{1,2,4}Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Kahramanmaraş, ^{3,5}Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kahramanmaraş

¹<https://orcid.org/0000-0001-9136-5707>, ²<https://orcid.org/0000-0003-2185-7137>, ³<https://orcid.org/0000-0001-5338-8836>

⁴<https://orcid.org/0000-0003-0967-4821>, ⁵<https://orcid.org/0000-0001-8480-0416>

✉: bllselcuk46@gmail.com

ÖZET

Bu araştırma, Kahramanmaraş ilinde Ağustos ayında yağlı tohum bitkisi olarak hasat edilen Yekta, Linas, Dinçer, Göktürk, Zirkon, Olas, Balcı aspir çeşitlerinin samanlarının kimyasal kompozisyonları, nispi yem değerleri (NYD), *in vitro* gaz üretimi (İVGÜ), metabolik enerji (ME) ve organik madde sindirim (OMS) saptamak amacıyla yürütülmüştür. Araştırma bulguları aspir samanı çeşitleri arasında kimyasal kompozisyon bakımında önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur (P<0.001). Aspir samanı çeşitlerinin ham proteini (HP) %6.49-10.51, nötr deterjan lifi (NDF) %40.28-46.50, asit deterjan lifi (ADF) %34.79-39.73, ham külü (HK) %10.04-10.65, nispi yem değerleri (NYD) 116.79-142.67, metabolik enerjisi 7.58-8.53 MJ kg⁻¹ KM, organik madde sindirimi (OMS) %55.11-61.88, metan üretim oranı ise %10.68-11.94 aralığında bulunmuştur. Dinçer çeşidi HP oranı %10.51 ve NDF oranı %40.28, ADF oranı %34.79 ve NYD 142.67 değerleri ile öne çıkmıştır. Metabolik enerji (ME) ve organik madde sindirimi (OMS) sırasıyla; 8.53 MJ kg⁻¹ KM ve %61.88 olarak Linas çeşidi öne çıkmıştır. Gaz üretimleri açısından Göktürk 33.91 ml, metan üretim oranı bakımından Linas %10.68 ile öne çıkmıştır. Sonuç olarak çeşitlerin potansiyel bir kaba yem kaynağı olabileceği, yem tüketim miktarları üzerine etkilerini görmek için *in vivo* çalışmalara gereksinim olduğu söylenebilir.

Zootečni

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 27.06.2022

Kabul Tarihi : 11.09.2022

Anahtar Kelimeler

Aspir samanı çeşitleri

in vitro gaz üretimi

Metan

Organik madde sindirimi

Comparison of Feed Value Characteristics of Safflower Straw Varieties

ABSTRACT

This research was carried out to determine the chemical composition, relative feed values (RFV), *in vitro* gas production (IVGP), metabolic energy (ME), and organic matter digestion (OMD) of the straw of Yekta, Linas, Dinçer, Göktürk, Zirkon, Olas, and Balcı safflower cultivars harvested as oilseed plants in Kahramanmaraş in August. (Research findings revealed that there are significant differences in chemical composition between safflower straw cultivars (P<0.001). Crude protein (HP) of safflower straw varieties 6.49-10.51%, neutral detergent fiber (NDF) 40.28-46.50%, acid detergent fiber (ADF) 34.79-39.73%, raw ash (HK) 10.04%-10.65%, relative feed values (RFV) 116.79-142.67, metabolic energy 7.58-8.53 MJ kg⁻¹ KM, organic matter digestion (OMD) 55.11-61.88%, methane production rate 10.68-11.94%. The Dinçer cultivar stood out with its HP ratio of 10.51%, NDF ratio of 40.28%, ADF ratio of 34.79%, and NYD of 142.67. Metabolic energy (ME) and organic matter digestion (OMD), respectively; Linas variety stood out with 8.53 MJ kg⁻¹ KM and 61.88%. In terms of gas production, Göktürk stood out with 33.91 ml and Linas with 10.68% in terms of methane production. As a result, it can be said that cultivars can be a potential source of forage and *in vivo* studies are needed to see their effects on feed consumption amounts.

Animal Science

Research Article

Article History

Received : 27.06.2022

Accepted : 11.09.2022

Keywords

Safflower Straw Varieties

in vitro gas production

Methane

Organic matter digestion

Atıf İçin : Selçuk, B., Bakır, T., Beycioğlu, T., Kamalak, A., Kılı, F. (2023) Aspir Samanı Çeşitlerinin Yem Değeri Özelliklerinin Karşılaştırılması. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 26 (2), 424-429. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1136792.

To Cite: Selçuk, B., Bakır, T., Beycioğlu, T., Kamalak, A., Kılı, F. (2023) Comparison of Feed Value Characteristics of Safflower Straw Varieties. *KSU J. Agric Nat* 26 (2), 424-429. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.1136792.

GİRİŞ

Aspir (*Carthamus tinctorius L.*), Doğu Akdeniz bölgesinde yoğunlukla yetiştirilen ve tohumları hem gıda, hem de yağı için kullanılan tek yıllık yağlı tohum bitkisidir. (Stanford ve ark., 2001). Aspir tohumu içerdiği enerji ve protein nedeniyle hayvan beslemede kullanılabilir. Ayrıca hasat sonrası kalan sap ve samanıda ruminant beslemede kullanılan önemli bir kaba yem kaynağıdır (Mündel ve ark., 2004). Aspir bitkisinin sap ve saman kısımları dikenli olması nedeniyle küçükbaş hayvanların tüketimi için daha uygundur. Hasat sonrası tarlada kalan otları koyun, keçi ve sığırların değerlendireceği bildirilmektedir (Peiretti, 2017). Aspir tarlalarından elde edilen otlar, orta kalite meraya eşdeğer olduğunda bildirilmektedir (Landau ve ark., 2005; Mir ve ark., 2000). Dünya’da yaklaşık 1.000.000 ha. alanda aspir tarımı yapılmaktadır. Türkiye’de 2014 yılında 44.305 ha alanda aspir ekilmiş ve 62.000 ton üretilmiştir (FAO, 2016). Türkiye’de aspir ekimi özellikle son yıllarda İç Anadolu bölgesinde yoğunlaşmıştır (Babaoğlu, 2016).

Ruminant hayvanların rasyonlarına katılan kaba yemlerin besin madde içerikleri ve rumende mikrobiyel sindirime uğrama ve ne kadarının metabolik enerjiye dönüştüğü ruminantlar için hayati bir öneme sahiptir (Ørskov & McDonald, 1979). Ruminantlar sahip oldukları sindirim sistemleri nedeniyle tükettikleri yemleri rumende fermentasyona uğratarak metan (CH₄) üretimine neden olur ve doğaya salınır. Bu salınım yolu ile yemlerin %12-16 arası enerji kaybına neden olur (IPCC, 2001; Öztürk, 2008). Bu yüzden ruminant rasyonlarında düşük metan üretimine sahip, yemlerin tercih edilmesi gerekmektedir (López ve ark., 2010; Bilal & Kamalak, 2022). Ayrıca kaba yemlerin biçim zamanı, olgunluk dönemi ve bu yemlere uygulanan yöntemler öğütme, kurutma, soldurma vb. gibi işlemler bu yemlerin potansiyel besleme değerleri ve fermentasyon parametreleri üzerine oldukça etki göstermektedir (Doane ve ark., 1997; Filya ve ark., 2002; Sanderson ve ark., 1997). Aspir ile otlatılan Avustralya sığırlarının uygun canlı ağırlık artışı gösterdiği yapılan çalışmalar bulunmaktadır (French ve ark., 1988). Stanford ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada Kanada koyunlarını ayrı ayrı çiçeklenmiş aspir ve yonca otu ile besleyerek iki besleme grubuna ayırmışlardır. Çiçeklenmiş aspir otu ile beslenen koyunlar yonca otu ile beslenen koyunlarla kıyaslandığında doğurganlığı arttırdığını bildirmişlerdir. Landau ve ark. (2004)’de yaptıkları çalışmada süt sığırları rasyonlarına %20 oranında aspir silajı eklemişlerdir ve süt sığırları için potansiyel bir kaba yem kaynağı olarak kullanılabileceğini rapor etmişlerdir.

Bu çalışmada Ağustos ayında hasat edilen aspir

çeşitlerinin (Balcı, Yekta, Linas, Dinçer, Göktürk, Olas, Zirkon) besin madde bileşimi, *in vitro* gaz üretimi, metabolik enerji, organik madde sindirimi ve nispi yem değerlerinin belirlenmesi amacıyla planlanmıştır.

MATERYAL ve METOD

Yem ve Rumen Sıvısı Materyali

Araştırma materyali Kahramanmaraş ilinde Ağustos ayında hasat edilen aspir çeşitlerinin samanları (Balcı, Yekta, Linas, Dinçer, Göktürk, Olas, Zirkon) oluşturmıştır. Aspir samanları 1 mm elekten geçecek şekilde öğütülerek denemede kullanılmıştır. Rumen sıvısı Kahramanmaraş ilinde bulunan mezbahadan alınmıştır. Rumen sıvısı üç baş ivesi ırkı kesilmiş koyun rumeninden alınmış ve 39°C’ye ayarlı termosla laboratuvarına getirilmiştir (Kılıç ve Abdiwali 2016).



Şekil 1. Aspir samanı
Figure 1. Straw of safflower



Şekil 2. Aspir tohumu
Figure 2. Seed of safflower

Kimyasal Analizler

Bu çalışmada aspir samanları çeşitlerinin kimyasal bileşimi kuru madde (KM), ham kül (HK), ham yağ (HY), ham protein (HP) AOAC, (1990) tarafından bildirilmiş yöntemlere göre, Nötral Deterjan Fiber (NDF) ve Asit Deterjan Fiber ADF Van Soest ve ark., (1991) tarafından bildirdiği metoda göre yapılmıştır.

In vitro gaz üretimi ölçümleri (kullanılan örnek miktarı 0.2 g KM) Menke ve ark., (1979) bildirdikleri yöntemle; metabolik enerji (ME) ve organik madde sindirimi (OMS) ise Menke ve Steingass (1988) bildirdikleri yöntemle saptanmıştır. Yemlerin nispi yem değerlerinin (NYD) belirlenmesi için Van Dyke ve Anderson (2000)'un bildirdiği eşitlikler ile belirlenmiştir. Kuru madde sindirilebilirliği %KMS değerinin belirlenmesinde ADF değerlerinden faydalanılarak, kuru madde tüketimi %KMT değeri ise NDF değerlerinden yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$ME (MJ \text{ kg}^{-1} \text{ KM}) = 1.06 + 0.1570 \times G\ddot{U} + 0.084 \times HP + 0.220 \times HY - 0.081 \times HK \quad (1)$$

$$OMS (\%) = 28.49 + 0.7967 \times G\ddot{U} + 0.325 \times HP \quad (2)$$

GÜ: 24 saat inkübasyon sonucundaki örneklerin (200 mg KM) gaz üretimi (ml)

HP: Ham protein (%) (g kg⁻¹ KM)

HY: Ham Yağı (%) (g kg⁻¹ KM)

HK: Ham Kül (%) (g kg⁻¹ KM)

$$\% KMS = 88.9 - (0.779 \times \% ADF) \quad (3)$$

$$\% KMT = 120 / NDF \quad (4)$$

% KMT ve % KMS oranları belirlendikten sonra NYD'leri aşağıda yer alan formül ile hesap edilmiştir.

$$NYD = \% KMS \times \% KMT \times 0.775 \quad (5)$$

İstatistik Analizler

Araştırma elde edilen verilere varyans analizi uygulanmış ve bu amaçla SPSS 20.0 (2011) paket programından yararlanılmıştır. Ortalamalar arası farklılıkların ortaya konmasında Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (Duncan, 1955).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Yemlerin Kimyasal Kompozisyonları

Araştırmada kullanılan aspir samanı çeşitlerinin kimyasal bileşimleri saptanmış ve Çizelge 1'de verilmiştir.

Aspir samanlarını besin madde bileşimleri arası farklılıklar önemli bulunmuştur (P<0.001).

Ruminantların rumenlerinde yeterli mikrobiyal faaliyet için rasyon veya yemlerinde ki protein seviyesi en az %7 ve üzeri olması gerektiği belirtilmektedir (Cappellozza, 2013). Araştırmada kullanılan aspir samanı çeşitlerinin en önemli besin maddesi olan HP içerikleri %6.49 ile 10.51 arasında değişmiştir. En yüksek HP içeriği %10.51 ile dinçer çeşidinde görülürken, en düşük HP içeriği %6.49 ile balcı çeşidinde saptanmıştır. Aspir çeşitlerinin içerdikleri HP seviyeleri rumendeki mikrobiyal faaliyetin uygun bir şekilde gerçekleşmesi için balcı çeşidi hariç yeterli olduğu söylenebilir. Ham protein düzeylerinin belirlendiği benzer çalışmalarda Çağrı ve Kara, (2018) %3.74, Akpınar (1999) %11.2 olarak bildirmişlerdir. Çalışmada kullanılan aspir samanı çeşitlerinin HP değerlerinin bildirilen değerlerin içerisinde bulunmuştur. Çeşitler arasındaki farklılığın çeşit, hasat zamanı ve yetiştirilen bölgenin iklimsel özelliklerinden kaynaklandığı söylenebilir.

Aspir samanı çeşitlerinin ham kül (HK) içerikleri %10.04 ile 10.65 arasında değişmiş ve en düşük zirkon çeşidinde %10.04 olurken, en yüksek %10.79 ile linas çeşidinde tespit edilmiştir. Ham kül değerleri ile ilgili benzer çalışmalarda Akpınar (1999) %7.9, Çağrı ve Kara (2018) %7.71 olarak belirtmişlerdir. Aspir samanı çeşitlerinin HK içeriği bildirilen değerlerden daha yüksek saptanmıştır.

Çizelge 1. Aspir samanı çeşitlerinin kimyasal bileşimleri

Table 1. Chemical contents of safflower straw varieties

Parametreler	KM	HK	HY	HP	NDF	ADF
Yekta	91.79±0.032 ^{cd}	10.65±0.177 ^{abc}	3.75±0.109 ^{bc}	8.74±0.040 ^{bc}	44.31±0.718 ^{bc}	39.24±0.161 ^a
Linaz	92.15±0.027 ^b	10.79±0.338 ^{ab}	3.56±0.162 ^c	8.01±0.005 ^c	43.36±0.147 ^c	36.80±0.104 ^b
Dinçer	91.39±0.082 ^e	11.29±0.221 ^a	3.81±0.390 ^{bc}	10.51±0.085 ^a	40.28±0.081 ^d	34.79±0.643 ^c
Göktürk	92.61±0.034 ^a	10.34±0.185 ^{bc}	3.87±0.408 ^{bc}	7.44±0.046 ^d	45.25±1.055 ^{ab}	39.39±0.317 ^a
Zirkon	91.94±0.035 ^c	10.04±0.240 ^c	4.41±0.077 ^{ab}	7.92±0.344 ^c	45.87±0.555 ^{ab}	39.73±0.084 ^a
Olas	91.85±0.044 ^{cd}	10.35±0.142 ^{bc}	4.66±0.162 ^a	7.24±0.080 ^d	43.21±0.280 ^c	37.48±0.498 ^b
Balcı	91.76±0.057 ^d	10.26±0.058 ^{bc}	4.25±0.099 ^{abc}	6.49±0.114 ^e	46.50±0.244 ^a	39.15±0.345 ^a
SEM	0.068	0.298	0.338	0.206	0.775	0.514
Ö.S	***	*	Ö.D.	***	***	***

^{a-e}There is no difference between the means indicated by different letters in the same column (P≤ 0.05). SEM: Standard error mean. Ö.S.: Level of importance. Ö.D.: Nonsignificant. *: P≤ 0.05. ***: P< 0.01.

Rumende sindirimi zor olan asit deterjan lif (ADF)'in rasyonlarda düşük olması istenmektedir (Van Soest, 1994). Rasyonda ADF seviyesinin artması, ruminantlarda tokluk hissine neden olarak yem tüketiminin düşmesine ve buna bağlı olarak hayvanların yemin enerji ve proteininden yararlanmanın düşmesine neden olacaktır

bildirilmektedir (Yavuz, 2005). Buna göre ruminant rasyonlarında ADF'nin %21 ile 30 arasında olmasının gerektiği belirtilmektedir (Anonim, 2011). Aspir samanı çeşitlerinin ADF oranları %34.79-39.73 arasında bulunmuştur. En düşük ADF oranı %34.79 ile dinçer çeşidinde, en yüksek ise %39.73 zirkon çeşidinde saptanmıştır. Yapılan diğer çalışmalarda

ADF oranı Stanford ve ark., (2001) %23.3, Çağrı ve Kara, (2018) %44.29 olarak rapor etmişlerdir. Araştırmada değerlendirilen aspir samanı çeşitlerinin ADF oranı bildirilen değerler arasında bulunmuştur.

Aspir samanı çeşitlerinin ADF oranı ruminant rasyonlarında istenilen optimum ADF oranının üstünde olmuştur.

Çizelge 2. Aspir samanlarının kuru madde sindirimi (KMS), kuru madde tüketimi (KMT) ve nispi yem değerleri (NYD)

Table 2. Dry matter digestibility (DMD), dry matter consumption (DMC) and relative feed values (RFV) of safflower straws

Parametreler	KMS	KMT	NYD
Yekta	58.32±0.128 ^c	4.20±0.045 ^{abc}	122.45±1.837 ^c
Linan	60.23±0.082 ^a	4.60±0.008 ^a	129.17±0.614 ^b
Dinçer	61.80±0.500 ^a	4.04±0.005 ^{abc}	142.67±0.901 ^a
Göktürk	58.21±0.250 ^c	3.83±0.063 ^{bc}	119.80±3.369 ^{cd}
Zirkon	57.94±0.065 ^c	4.44±0.032 ^a	117.50±1.500 ^{cd}
Olas	59.70±0.388 ^b	3.72±0.017 ^c	128.49±1.428 ^b
Balcı	58.40±0.270 ^c	4.34±0.014 ^{ab}	116.79±0.204 ^d
SEM	0.401	0.047	2.407
Ö.S.	***	***	***

^{a-d}There is no difference between the means indicated by different letters in the same column (P≤ 0.05). SEM: Standard error mean. Ö.S.: Level of importance. Ö.D.: Nonsignificant. ***: P< 0.01.

Aspir samanı çeşitlerinin NYD değerleri 116.79 ile 142.67 arasında tespit edilmiş ve en düşük NYD 116.79 balcı çeşidinde, en yüksek ise 142.67 ile dinçer çeşidinde bulunmuştur. Nispi yem değeri göre dinçer, linan ve olas 1. kalite yem standardında olurken, yekta, göktürk, zirkon ve balcı çeşitleri 2. kalite yem standardında olduğu hesaplanmıştır (Çizelge 2).

Samanların Fermantasyon Parametreleri, Metabolik Enerji ve Organik Madde Sindirimi

Aspir samanı çeşitlerinin 24 saatlik fermantasyon sonrası fermantasyon parametreleri, metabolik enerji ve organik madde sindirimi saptanmış ve Çizelge 3'te verilmiştir.

Aspir samanı çeşitler arasında saptanan

Çizelge 3. Aspir samanı çeşitlerinin gaz (ml), metan (ml), metan (%), metabolik enerji (ME) ve organik madde sindirimi (OMS)

Table 3. Gas (ml), methane (ml), methane (%), metabolizable energy (ME) and organic matter digestion degrees (OMD) of safflower straw varieties

Parametreler	Gaz(ml)	Metan(ml)	Metan(%)	ME	OMS(%)
Yekta	36.91±0.881 ^{ab}	4.20±0.111 ^{abc}	11.37±0.035 ^{ab}	8.06±0.107 ^{ab}	58.56±0.798 ^{ab}
Linan	40.91±0.333 ^a	4.60±0.056 ^a	11.25±0.058 ^{ab}	8.53±0.008 ^a	61.88±0.467 ^a
Dinçer	34.58±2.403 ^a	4.04±0.356 ^{abc}	11.66±0.392 ^a	7.86±0.340 ^{ab}	57.69±2.243 ^{ab}
Göktürk	33.91±0.333 ^b	3.83±0.056 ^{bc}	11.31±0.066 ^{ab}	7.58±0.044 ^b	55.11±0.331 ^b
Zirkon	37.25±1.732 ^{ab}	4,44±0.181 ^a	11.94±0.158 ^a	8.21±0.254 ^{ab}	58.09±1.708 ^{ab}
Olas	34.91±2.027 ^b	3,72±0.151 ^c	10.68±0.276 ^b	7.88±0.295 ^{ab}	55.91±1.879 ^b
Balcı	37.25±0.577 ^{ab}	4,34±0.105 ^{ab}	11.67±0.420 ^a	8.07±0.079 ^{ab}	57.60±0.525 ^{ab}
SEM	2.015	0,246	0.355	0.286	1.906
Ö.S	Ö.D.	*	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.

^{a-c}There is no difference between the means indicated by different letters in the same column (P≤ 0.05). SEM: Standard error mean. Ö.S.: Level of importance. Ö.D.: Nonsignificant. *: P≤ 0.05.

Aspir samanı çeşitlerinin metabolik enerji değerleri 7.58-8.53 MJ kg⁻¹ KM arasında bulunmuştur. En düşük ME değeri 7.58 MJ kg⁻¹ KM ile göktürk

çeşidinde, en yüksek ise 8.53 MJ kg⁻¹ KM ile linan çeşidinde tespit edilmiştir. Benzer şekilde *in vitro* çalışmalarda hesaplanan ME değerleri Çağrı ve Kara,

(2018) 6.81 MJ kg⁻¹ KM ve Vermorel, (1978)'a göre 11.4 MJ kg⁻¹ KM olarak bildirmişlerdir. Çeşitlerin ME değerleri araştırmacıların bildirdikleri ME değerleri arasında bulunmuştur.

Aspir samanı çeşitlerinin OMS dereceleri %55.11 ile 61.88 arasında saptanmış ve en düşük OMS %55.11 ile göktürk çeşidinde bulunurken, en yüksek ise %61.88 ile linas çeşidinde tespit edilmiştir. Landau ve ark., (2004) Aspir samanının OMS'ni %62.5 olarak bildirmiştir ve denemede kullanılan aspir samanı çeşitlerinin OMS'i ile benzer bulunmuştur. Araştırmadaki bulguları aspir samanı çeşitlerinin ruminantlar için değerli bir kaba yem potansiyeli olduğu söylenebilir (Vonghia ve ark., 1992; Stanford ve ark., 2001).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırmanın konusu olan aspir samanı çeşitlerinin kimyasal bileşimleri ve NYD açısından farkların önemli derecede olduğu saptanmıştır (P<0.01). Aspir samanı çeşitlerinin HP değerleri rumen mikroorganizmaları gelişimi için balcı çeşidi hariç tek başına yeterli düzeyde olduğu söylenebilir. Sonuç olarak aspir çeşitlerinin sadece endüstride yağlı tohum bitkisi olarak değil, sap ve saman kısımlarının ruminantlara ucuz kaba yem kaynağı olarak kullanılabilmesi, düşük antimetanojenik etkiye sahip olmalarından dolayı ruminantlardan kaynaklı küresel ısınmaya neden olan CH₄ salınımında aspir samanı çeşitlerinin rasyonlarda ilave bir kaba yem kaynağı olarak kullanılması durumunda ruminantlar için avantaj sağlayabileceği kanaatine varılmıştır. Ayrıca aspir samanı çeşitlerinin hayvan performansına, kuru madde alımına, laktasyon dönemine, doğurganlık oranlarına etkilerinin ve rasyonlarda hangi düzeylerde kullanılabilmesinin belirlenmesi için *in vitro* ve *in vivo* çalışmalara gerek olduğu söylenebilir.

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

Akpınar, A. (1999). *Aspir (Carthamus tinctorius L.) tohumu yağının çözücü ekstraksiyonu ve karakterizasyonu (Tez No: 90598)*. [Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.

Anonymous, (2016). FAO Statistical Database. <http://www.fao.org>.

AOAC, (1990). Official method of analysis. 15th ed., pp.66-88. Association of Official Analytical

Chemists, Washington, DC, USA.

Babaoğlu, M. (2006). Dünya'da ve Türkiye'de aspir bitkisinin tarihi, kullanım alanları ve önemi. Broşür. Trakya Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü, Edirne.

Bilal, Y., & Kamalak, A. (2022). Meşe Palamudunun Kuzu Rasyonlarına İlavesinin Sindirim Derecesine, Metabolik Enerjisine ve Metan Üretimine Etkisinin *In Vitro* Gaz Üretim Tekniği ile Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(Ek Sayı 2), 583-590.

Cagri, A., & Kara, K. (2018). The Effect of Safflower on the *In Vitro* Digestion Parameters and Methane Production in Horse and Ruminant. *Journal of the Faculty of Veterinary Medicine*, 44(2), 73-85.

Cappelozza, B.I., Bohnert, D.W., Schauer, C.S., Falck, S.J., Vanzant, E.S., Harmon, D.L., & Cooke, R. F. (2013). Daily and alternate day supplementation of urea or soybean meal to ruminants consuming low-quality cool-season forage: II. Effects on ruminal fermentation. *Livestock Science*, 155(2-3), 214-222.

Doane, P.H., Schofield, P., & Pell, A.N. (1997). Neutral detergent fiber disappearance and gas and volatile fatty acid production during the *in vitro* fermentation of six forages. *Journal of Animal Science*, 75(12), 3342-3352.

Duncan, D.B. (1955). Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11(1), 1-42.

Filya, I., Karabulut, A., Canbolat, O., Değirmencioglu, T., & Kalkan, H. (2002). Bursa bölgesinde yetiştirilen yem hammaddelerinin besleme değeri ve hayvansal organizmada optimum değerlendirme koşullarının *in vivo* ve *in vitro* yöntemlerle saptanması üzerinde araştırmalar. *UÜ Ziraat Fakültesi Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler Serisi*, 25, 1-16.

French, A.V., O'Rourke P.K., & Cameron, D.G. (1988). Beef production from forage crops in the Brigalow region of Central Queensland 1. Forage sorghums. *Tropical Grasslands*, 22, 79-84.

IPCC (Intergovernment Panel on Climate Change) (2001). Climate change 2001. The scientific basis. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Kılıç, Ü., & Abdıvalı, M.A. (2016). Alternatif kaba yem kaynağı olarak şarapçılık endüstrisi üzüm atıklarının *in vitro* gerçek sindirilebilirlikleri ve nispi yem değerlerinin belirlenmesi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 22(6), 895-901, 2016.

Landa, S., Molle, G., Fois, N., Friedman, S., Barkai, D., Decandia, M., ... & Sitzia, M. (2005). Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as a novel pasture species for dairy sheep in the Mediterranean conditions of Sardinia and Israel. *Small Ruminant Research*, 59(2-3), 239-249.

Landau, S., Friedman, S., Brenner, S., Bruckental, I., Weinberg, Z.G., Ashbell, G., ... & Leshem, Y. (2004). The value of safflower (*Carthamus tinctorius*) hay

- and silage grown under Mediterranean conditions as forage for dairy cattle. *Livestock Production Science*, 88(3), 263-271.
- López, S., Makkar, H.P., & Soliva, C.R. (2010). Screening plants and plant products for methane inhibitors. In *In vitro screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: nuclear and related methodologies* (pp. 191-231). Springer, Dordrecht.
- Menke, H.H., & Steingass, H. (1988). Estimation of the Energetic Feed Value Obtained from Chemical Analysis and *in vitro* Gas Production Using Rumen Fluid. *Animal Research Development*, 28, 7-55.
- Menke, K.H., Raab L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., & Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *The Journal of Agricultural Science*, 93(1), 217-222.
- Mir, Z., Rushfeldt, M.L., Mir, P.S., Paterson, L.J., & Weselake, R.J. (2000). Effect of dietary supplementation with either conjugated linoleic acid (CLA) or linoleic acid rich oil on the CLA content of lamb tissues. *Small Ruminant Research*, 36(1), 25-31.
- Mündel, H.H., & Lethbridge Research Centre (Canada). (2004). Safflower production on the Canadian prairies: revisited in 2004. Lethbridge, Alta. Lethbridge Research Station, Agriculture and Agri-Food Canada.
- Ørskov, E.R., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, 92(2), 499-503.
- Öztürk, H. (2008). Ruminant beslemesinde probiyotik mayalar. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*. 79(3), 37-42
- Peiretti, P.G. (2017). Nutritional aspects and potential uses of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in livestock. *Agricultural Research Updates*, 19, 3-22.
- Redfearn, D.D., Zhang H., & Caddel, J.L. (2004). Forage quality interpretations. division of agricultural sciences and natural resources, Oklahoma State University.
- Sanderson, R., Lister, S.J., Sargeant, A., & Dhanoa, M.S. (1997). Effect of particle size on *in vitro* fermentation of silages differing in dry matter content. In *Proceedings of the British Society of Animal Science* (Vol. 1997, pp. 197-197). Cambridge University Press.
- SPSS, (2011). IBM SPSS statistics for Windows, version 20.0. New York: IBM Corp 440.
- Stanford, K., Wallins, G.L., Lees, B.M., & Mündel, H.H. (2001). Feeding value of immature safflower forage for dry ewes. *Canadian Journal of Animal Science*, 81(2), 289-292.
- Stanford, K., Wallins, G.L., Lees, B.M., & Mündel, H.H. (2001). Immature safflower forage as a feed for ewes. In *Proceedings of the 5th International Safflower Conference*, Williston, North Dakota and Sidney, Montana, USA, 23-27 July, 2001. Safflower: a multipurpose species with unexploited potential and world adaptability (pp. 29-32). Department of Plant Pathology, North Dakota State University.
- Van Dyke, N.J., & Anderson, P.M. (2000). Interpreting a Forage Analysis. Alabama cooperative extension. Circular ANR-890.
- Van Soest, P.J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant* Ithaca, N.Y. Cornell University Press
- Vermorel, M. (1978). Feed evaluation for ruminants. II. The new energy systems proposed in France. *Livestock Production Science*, 5(4), 347-365.
- Vonghia, G., Pinto, F., Ciruzzi, B., & Montemurro, O. (1992). In vivo digestibility and nutritive value of safflower utilized as fodder crop cultivated in Southern Italy. In *Livestock in the mediterranean cereal production systems* (pp. 127-129). PUDOC, Wageningen.
- Yavuz, M. (2005). Bazı ruminant yemlerinin nispi yem değeri ve *in vitro* sindirim değerlerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1), 97-101



Investigation of the Relationship between Body Length and Live Weight of the Pikeperch (Sander *Lucioperca* Linnaeus, 1758) in Beyşehir Lake Population

Yasin ALTAY^{1*}, Nazire MIKAIL², İbrahim AYTEKİN³

¹Eskisehir Osmangazi University, Department of Animal Science, Biometry and Genetics Unit, Eskişehir, Türkiye, ²Siirt University, Department of Animal Science, Biometry and Genetics Unit, Siirt, Türkiye, ³Selçuk University, Department of Animal Science, Konya, Türkiye
¹<https://orcid.org/0000-0003-4049-8301>, ²<https://orcid.org/0000-0002-8996-9330>, ³<https://orcid.org/0000-0001-7769-0685>
✉: yaltay@ogu.edu.tr

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the relationship between the total length and standard lengths with live weight of the freshwater pikeperch growing in the Beyşehir Lake population using four mathematical models. 50 female fish materials of marketable size limit age were used. The data obtained were divided into two groups: estimation (70%) and test (30%). The applied models are exponential decay, exponential and Wood models, and in such research generally preferred power model. R^2 , R^2_{adj} , RMSE, AIC, BIC and MAPE values were used as goodness of fit tests and comparison criteria of the models. According to the study results, the total length gives more accurate estimates than a standard length in the estimating live weight. As a result, it was concluded that other models might provide better results than the power model, and they were suggested to be used in estimating the live weight of pikeperch fish.

Animal Science

Research Article

Article History

Received : 25.10.2021
Accepted : 14.01.2022

Keywords

Mathematical models
Total length
Fish
Standard length
Pikeperch

Beyşehir Gölü Populasyonundaki Sudak (Sander *Lucioperca* Linnaeus, 1758) Balıklarının Vücut Uzunluğu ile Canlı Ağırlıkları Arasındaki İlişkilerin Matematiksel Modellerle İncelenmesi

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Beyşehir Gölü popülasyonunda yetişen tatlı su levreklerinin total boy ve standart boylarının canlı ağırlık ile ilişkisini dört matematiksel model kullanarak incelemektir. Bunun için pazarlabılır boy limiti çağında bulunan 50 dişi balık materyali kullanıldı. Elde edilen veriler tahmin (%70) ve test (%30) verileri olmak üzere iki gruba ayrıldı. Uygulanan modeller üstel azalma, üstel ve Wood modelleri olmakla birlikte bu tür araştırmalarda genellikle tercih edilen güç modelidir. Modellerin karşılaştırma kriterleri ve uyum iyiliği testleri olarak R^2 , R^2_{adj} , RMSE, AIC, BIC ve MAPE değerleri kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, total boy, canlı ağırlık tahmininde standart boydan daha doğru tahminler yapmaktadır. Sonuç olarak, diğer modellerin güç modelinden daha iyi sonuçlar verebileceği sonucuna varılmış ve su levreklerinin canlı ağırlığının tahmininde kullanılması önerilmiştir.

Zootekni

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi

Geliş Tarihi : 25.10.2021
Kabul Tarihi : 14.01.2022

Anahtar Kelimeler

Matematiksel modeller
Total boy
Balık
Standart boy
Sudak

Atıf Şekli: Altay, Y., Mikail, N., & Aytakin, I. (2023). Beyşehir Gölü Populasyonundaki Sudak (Sander *Lucioperca* Linnaeus, 1758) Balıklarının Vücut Uzunluğu ile Canlı Ağırlıkları Arasındaki İlişkilerin Matematiksel Modellerle İncelenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 26 (2), 430-436. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1014573>

To Cite : Altay, Y., Mikail, N., & Aytakin I (2023). Investigation of the Relationship between Body Length and Live Weight of the Pikeperch (Sander *Lucioperca* Linnaeus, 1758) in Beyşehir Lake Population. *KSU J. Agric Nat* 26 (2), 430-436. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1014573>

INTRODUCTION

Many climates and ecosystems worldwide negatively affected by the increase of global warming. The changes in the ecosystem cause a rapid depletion of natural resources and therefore, humans seek new nutrition resources. The most valuable and expensive structures in the human diet are proteins and fats

which sometimes they could be insufficient in the diet. The important thing in human nutrition is consuming foods that contain high amounts of essential amino acids and fat profiles. Fish have become a strategic product in human nutrition as a food source due to their high amount of protein, unsaturated fatty acids, essential amino acids and fatty acids contents (Tekinşen & Gökmen, 2007). Fish contain 64-84%

water, 15-24% protein, 0.1-22% oil, 0.8-2% mineral substance, and around 1% carbohydrate (glycogen) (Nettleton, 2000).

Türkiye is surrounded by sea on three sides and the presence of many fresh water, ponds and dams, makes it very suitable for natural and artificial aquaculture. Commercially important fish species are vaccinated, especially in inland ponds.(Numann, 1958). In the largest freshwater source of Turkey, namely Beyşehir Lake six different fish species are observed and one of them is pikeperch, which is commercially important (Sander lucioperca Linnaeus, 1758) (Numan, 1958). The vaccination of pikeperch fish was made in 1978 (Tümgelir, et al., 2007).

It is important to know the relationship between length and live weight for fish hunt. In the official newspaper of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs in 2008, fish caught in inland and sea waters were specified by fishing season and the lengths of the fish. In this context, the minimum total length for the fishing of pikeperch (*S. Lucioperca*) was determined as 26 cm, and their fishing was prohibited in all regions between 15 March - 30 April (Anonymous, 2008). In terms of hunters, the mathematical modeling of the relationship between length and live weight for pikeperch fish is of economic importance (Anderson & Neumann, 1996).

The use of linear models prevents accuracy in live weight estimation because living beings' characteristics are generally non-linear. Mathematical modeling of body length and live weight relationships can usually be done more accurately with the help of nonlinear modeling. Determining the relationship between body length and live weight provides essential information about the ecology of a species (Anderson & Neumann, 1996).

Today, with the development of technology and computer programs, the live weights of the fish have been estimated by using different input variables by researchers. For example, other body measurements and images could be used as input variables in live weight estimations (Fisher et al., 1996; Çınar et al., 2006; Daniela et al., 2015).

This study aims to explain the relationships between the total and standard lengths with the live weight of the pikeperch fish caught in Beyşehir Lake with mathematical models.

MATERIAL and METHOD

Data Set

The sampling was done in Beyşehir Lake, which is located within the borders of Beyşehir district of Konya province (Figure 1). Beyşehir Lake is Turkey's largest freshwater resources (Çınar et al., 2006). It is located between the coordinates of 37° 33'-37° 59'N, 31° 19'-31° 44'E, has an 650 km² surface area approximately, 1115

m altitude above sea level, and has a length of 45 km and a maximum width of 25 km,



Figure 1. The study area, Beyşehir Lake
Şekil 1. Çalışma alanı, Beyşehir Gölü

The research material was obtained from the fishermen who caught pikeperch fish (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) in the 2018 fishing season from Beyşehir Lake with their nets. The age of the fish was determined by considering the age of the marketable length limit, while the sexes of the fish were defined according to the fin tips and vent structure (Anonymous, 2008). The study material consists of the total length, standard length, and live weight data of 50 female pikeperch fish of the marketable size limit age (Figure 2).



Figure 2. Body measurements (1 – Standard length, 2 – Fork length, 3 – Total length)

Şekil 2. Boy ölçüleri (1- Standart boy, 2- Çatal boy, 3- Total boy)

Mathematical Models

We used the power and exponential functions (Archontoulis & Miguez, 2015) and Wood function (Wood, 1967) to describe the weight-length relation Eq (1-4):

$$\text{Power function: } W = aX^b \quad (1)$$

Exponential (decay) function: $W = ae^{(-bx)}$ (2)

Exponential (gives rise to maximum) function:
 $W = a[1 - e^{(-bx)}]$ (3)

Wood function: $W = aX^b e^{(-cx)}$ (4)

In the study, these models were widely preferred in the growth curves created using live weight. Where W is the standard weight in g, and X is the length of fish in cm, such as total length (TL) and standard length (SL), a, b and c parameters define the shape of the curve and the magnitude of the W value.

For parameter estimation Levenberg-Marquardt algorithm (Levenberg, 1944; Marquardt, 1963) was used.

Model Selection Criteria

Different statistical criteria can be used to find the best model. The following criteria (Eq. (5) -Eq.(10)) were used to compare the above models (Burnham & Anderson, 2002; Mendenhall & Sincich, 2012; Archontoulis & Miguez, 2015; Gök et al., 2019).

Coefficient of Determination: $R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$ (5)

Adjusted Coefficient of Determination:
 $R_{adj}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n-1}{n-p}$ (6)

Root Mean Squared Error: $RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p-1}}$ (7)

Mean Absolute Percentage Error:

$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right|$ (8)

Akaike Information Criteria:

$AIC = \ln \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2 \right] + \frac{2p}{n-(p+1)}$, $\left(\frac{n}{p} < 40 \right)$ (9)

Bayes Information Criteria:

$BIC = \ln \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2 \right] + \frac{p}{n} \ln n$ (10)

In the above-given Eq.1-6; n: is the number of samples, p: is the number of parameters in the model, y_i: shows the standard weight of ith sample, \bar{y} : shows average standard weight, \tilde{y}_i : shows estimated standard weight.

The highest value of the R^2 and R_{adj}^2 and the lowest value of the others were considered in determining the best model.

In the study, Excel 2013 package for Windows was used for the data preparation and STATISTICA 13.2 statistical package was used to estimate the parameters included in the models.

RESULTS and DISCUSSION

Before the models were applied, the data set was divided into two groups an estimation and test data using the cross-validation method (Table 1). After the models were applied to the estimation data set, the parameters were found for the models. Then by using these models, the live weight was estimated according to the test data. In Table 1, descriptive statistics of estimation (n=35), test (n=15), and all (n=50) data sets were given. The average live weight (W) of the studied fish was 343.40 ± 15.36 g, total length (TL) 34.12 ± 0.52 cm and standard size (SL) 28.22 ± 0.42 cm.

Table 1. Data sets used for mathematical models

Çizelge 1. Matematiksel modeller için kullanılan veri seti

Data	N	Descriptive Statistics	Total Length (cm)	Standard Length (cm)	Live Weight (g)
Estimation	35	Mean±SE	34.01±0.59	28.15±0.47	340.90±17.36
		Std. Deviaton	3.50	2.78	102.70
		Minimum	28.00	23.50	195.00
		Maximum	40.50	33.50	540.00
Test	15	Mean±SE	34.37±1.11	28.40±0.91	349.30±32.30
		Std. Deviaton	4.29	3.53	125.10
		Minimum	28.00	23.00	170.00
		Maximum	41.00	33.50	565.00
Total	50	Mean±SE	34.12±0.52	28.22±0.42	343.40±15.36
		Std. Deviaton	3.71	2.99	108.60
		Minimum	28.00	23.00	170.00
		Maximum	41.00	33.50	565.00

Table 2 shows the prediction models and parameters obtained after the application of the models to the

estimation data set. As seen in Table 2, Wood model has three parameters, while power, exponential decay,

and exponential models have two parameters. Parameters a, and b obtained for the power model using the total length as predictor are respectively; 0.000013 and 2.886. In this study, the a and b parameter values for power model were similar to the parameters obtained by Fisher et al., (1996). Fisher et al., 1996 investigated the relationship between the total length and standard weight of burbot fish (lota)

lota) in North American populations. The parameters of the power model were also similar to the power model parameters applied to pikeperch fish by Çınar et al., 2006. The power model was also used by Daniela et al., 2015, for the estimation of the length-weight relationship of the endemic barbus tyberinus bonaparte fish and the parameters were found as a = 0.138×10^{-4} , b = 2.940.

Table 2. Estimated model parameters by estimation data

Çizelge 2. Tahmin verilerine göre tahmini model parametreleri

Models	Mathematical expression	X is the total length			X is the standard length		
		Parameters			Parameters		
		a	b	c	a	b	c
Power	$W = aX^b$	0.000013	2.886	-	0.000019	2.921	-
Exponential decay	$W = ae^{(-bx)}$	0.019857	-0.082	-	0.019413	-0.100	-
Exponential	$W = a[1 - e^{(-bx)}]$	-0.026199	-0.077	-	-0.025423	-0.093	-
Wood	$W = aX^b e^{(-cx)}$	0.01208	0.162	-0.080	4.55	-2.36	-0.18

Evaluation criteria for the models used in the study are given in Table 3. It could be stated that the best model for estimation data is the power and Wood model. Considering that the number of model parameters are different, it could be observed that the adjusted determination coefficient is more efficient than the coefficient of determination. The highest R² value is

found in the Wood model, but in R²adj, the power model and the Wood model are evaluated similarly. The Wood model could be chosen for all model goodness-of-fit criteria (R²adj, RMSE, AIC, and BIC) (Table 3). In the test data, the exponential decay model and the exponential model gave the best results in evaluating all data (Table 3).

Table 3. Selection criteria for each model based on total length as predictor

Çizelge 3. Tahmin edici olarak total boya dayalı her model için seçim kriterleri

Model	p	R ²	R ² adj	RMSE	MAPE	AIC	BIC
Estimation n=35							
$W = aX^b$	2	0.9599	0.9587	0.0212	2.6850	-7.6715	-7.5933
$W = ae^{(-bx)}$	2	0.9540	0.9526	0.0227	2.8804	-7.5350	-7.4568
$W = a[1 - e^{(-bx)}]$	2	0.9555	0.9542	0.0223	2.8163	-7.5685	-7.4903
$W = aX^b e^{(-cx)}$	3	0.9611	0.9587	0.0212	2.6408	-7.6337	-7.5225
Testing n=15							
$W = aX^b$	2	0.9548	0.9513	0.0287	1.3540	-6.9894	-6.9617
$W = ae^{(-bx)}$	2	0.9570	0.9537	0.0280	1.5980	-7.0391	-7.0114
$W = a[1 - e^{(-bx)}]$	2	0.9569	0.9536	0.0280	1.5436	-7.0380	-7.0103
$W = aX^b e^{(-cx)}$	3	0.9569	0.9498	0.0293	1.5420	-6.8262	-6.8300
Overall n=50							
$W = aX^b$	2	0.9161	0.9144	0.032	4.907	-6.853	-6.781
$W = ae^{(-bx)}$	2	0.9540	0.9531	0.024	3.4467	-7.4545	-7.3832
$W = a[1 - e^{(-bx)}]$	2	0.9546	0.9536	0.024	3.4674	-7.4661	-7.3948
$W = aX^b e^{(-cx)}$	3	0.9551	0.9532	0.024	3.4127	-7.4320	-7.3277

When the standard length is used as the predictor, it gives the best result as the power model for estimation data, exponential decay for the test data, and power

model for all the data (Table 4). However, the total length had better results than the standard length as a predictor in weight estimation.

In Figure 3, line plots of live weight predicted by total length and standard length with overall, estimation and testing data were drawn.

CONCLUSION

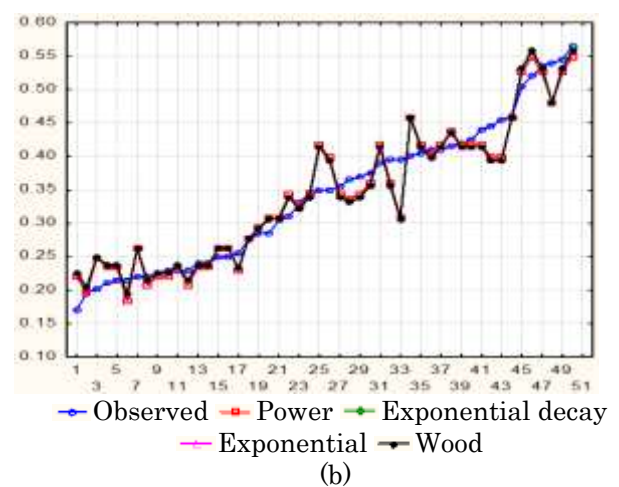
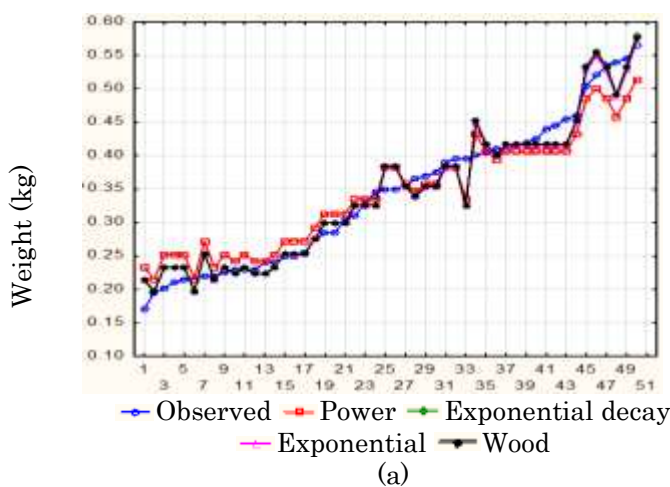
Mathematical modeling of the live weight of fish using their body length enables the estimation of the live weight they will reach throughout their lives. Yield prediction requires a long time and high costs because proper breeding can take many years. Therefore, the estimation method with mathematical models provides

time and cost advantages. The power, exponential decay, exponential and Wood models analyzed in the study were evaluated with the goodness of fit criteria such as MAPE, RMSE, R2 and R2adj. The exponential model showed the best fit in all data. Using AIC and BIC model selection criteria also exponential model appears to be the best. As a result, it can be said that the weight of female pikeperch fish in the age of marketable height limit in Beyşehir Lake can be estimated with high accuracy by using their height. The proposed models could also be tested in other fish species.

Table 4. Selection criteria for each model based on standard length as predictor

Çizelge 4. Tahmin edici olarak standart boya dayalı her model için seçim kriterleri

Model	p	R ²	R ² _{adj}	RMSE	MAPE	AIC	BIC
Estimation n=35							
$W = aX^b$	2	0.9246	0.9223	0.0291	4.1768	-7.0409	-6.9627
$W = ae^{(-bx)}$	2	0.9173	0.9148	0.0304	4.3116	-6.9485	-6.8704
$W = a[1 - e^{(-bx)}]$	2	0.9190	0.9166	0.0301	4.2846	-6.9696	-6.8915
$W = aX^b e^{(-cx)}$	3	0.9264	0.9218	0.0292	4.1523	-6.9959	-6.8847
Testing n=15							
$W = aX^b$	2	0.9151	0.9086	0.0394	1.9476	-6.3598	-6.3321
$W = ae^{(-bx)}$	2	0.9205	0.9143	0.0381	1.9278	-6.4246	-6.3969
$W = a[1 - e^{(-bx)}]$	2	0.9198	0.9136	0.0383	1.9242	-6.4159	-6.3882
$W = aX^b e^{(-cx)}$	3	0.9200	0.9067	0.0399	1.9219	-6.2072	-6.2111
Overall N=50							
$W = aX^b$	2	0.9205	0.9188	0.0313	4.8489	-6.9059	-6.8345
$W = ae^{(-bx)}$	2	0.9176	0.9158	0.0319	4.8081	-6.8701	-6.7988
$W = a[1 - e^{(-bx)}]$	2	0.9184	0.9167	0.0317	4.8167	-6.8809	-6.8096
$W = aX^b e^{(-cx)}$	3	0.9181	0.9146	0.0321	4.8123	-6.8315	-6.7272



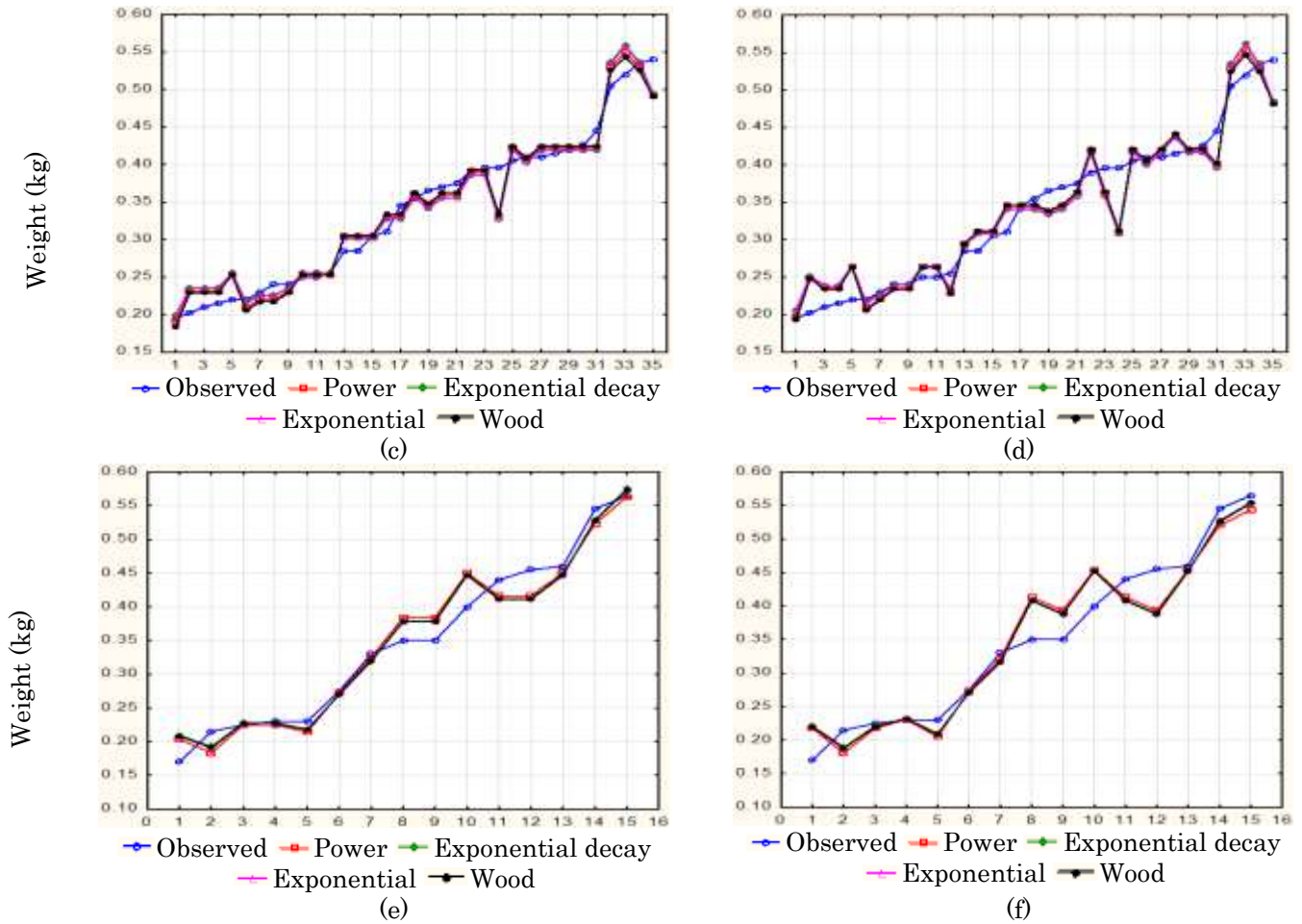


Figure 3. Line plots of live weight predicted by total length (a, c, e) and by standard length (b, d, f) with overall, estimation and testing data

Şekil 3. Total boy (a, c, e) ve standart boy (b, d, f) ile tahmin edilen canlı ağırlığın, tahmin ve test verilerine ait çizgi grafikleri

Author's Contributions

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

Statement of Conflict of Interest

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

REFERENCES

- Anderson, R. O., & Neumann, R.M. (1996). *Length, weight, and associated structural indices*. In: BR. Murphy, D. W. Willis (Eds.), *Fisheries techniques*, 2nd edition. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 447-481.
- Anonymous, (2008). *Ministry of agriculture and rural affairs official newspaper publication no: 2/2 of the communiqué regulating fishing for amateur (sportive) purposes* (Notification no: 2008/49).
- Archontoulis, S. V., & Miguez F.E. (2015). Nonlinear regression models and applications in agricultural research. *Agronomy Journal*, 107(2), 786-798. <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0506>
- Burnham, K. P., & Anderson, D.R. (2002). *Model selection and multimodel inference: a practical*

information-theoretic approach, 2nd edition New York: Springer.

- Çınar, Ş., Çubuk, H., Tümgelir, L., & Çetinkaya, S. (2006). Growth characteristics of the sudak population (*Sander lucioperca Linnaeus, 1758*) in lake Beyşehir. 1st International Beyşehir and Region Symposium, Beyşehir / Konya, 11-13 May 2006, 710-717.
- Daniela, G., Giuseppe, M., Laura, P., Stefano, P., & Massimo, L. (2015). Length-length, length-weight and a proposed standard weight equation for the Italian endemic species *Barbus tyberinus Bonaparte, 1839*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15(1), 191-196.
- Fisher, S. J., Willis, D. W., & Pope, K. L. (1996). An assessment of burbot (*Lota lota*) weight-length data from North American populations. *Canadian Journal of Zoology*, 74(3), 570-575.
- Gök, T., Mikail, N., & Akkol, S. (2019). Analysis of the first lactation curve in Holstein cows with different mathematical models. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg*, 22(4), 601-608.
- Levenberg, K. (1944). A method for the solution of certain non-linear problems in least squares. *Quarterly Journal of Applied Mathematics* 2 (2),

- 164-168.
- Marquardt, D.W. (1963). An algorithm for least-squares estimation of non-linear parameters. *Journal of the Society of Industrial and Applied Mathematics*, 11 (2), 431-441.
- Mendenhall, W., & Sincich, T. (2012). *A second course in statistics: regression analysis*. 7th edition Pearson Education, Inc., USA.
- Nettleton, J.A. (2000). *Seafood nutrition in the 1990's issues for the consumer*. seafood science and technology (Chapter 4), Ed. By Graham Bligh Can. Inst. Of Fish Tech., 32-39.
- Numann, W. (1958). A special study about limnological and fishing studies in various lakes of Anatolia and about the carp living in these lakes. Istanbul University Faculty of Science Hydrobiology Research Institute Publications Monograph, 7, 114.
- Tekinşen, K. K., & Gökmen, M. (2007). Bacteriological quality of frozen puffin fish (*Stizostedion lucioperca*) filets produced in Beyşehir. *Eurasian Journal of Veterinary Sciences*, 23(3-4), 57-64.
- Tümgelir, L., Çubuk, H., Çınar, Ş., Özkök, R., Küçükçara, R., Ceylan, M., Erol, K. G., & Çetinkaya, S. (2007). Growth characteristics of the freshwater mullet (*Leuciscus lepidus Heckel, 1843*) population in lake Beyşehir. *Turkish Journal of Aquatic Life*, 5(8), 200-208.
- Wood, P.D.P. (1967). Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*, 216(5111), 164-165. <https://doi.org/10.1038/216164a0>

Cultivar and Harvest Stage Effects on Nutritive Value of Whole Crop Oat (*Avena sativa* L.) Silages

Numan KILIÇALP¹, Tuğrul TÜRK²

¹Department of Animal Science, Agricultural Faculty, Gaziosmanpaşa University, 60240 Taşçıftlık/Tokat, Türkiye, ² Tokat Food Control Laboratory Directorate, Tokat, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-1359-9369>, ² <https://orcid.org/0000-0002-5878-8254>

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effects of feed value and dry matter (DM) on rumen degradability properties of silages of oat (*Avena sativa* L.) cultivars (Kahraman and Kırklar) at different harvest stages (pre-flowering, flowering, milk, soft dough). Field and digestibility trials were carried out in randomized blocks, in a 2x4 factorial trial design during the 2016-2017 vegetation period. For the rumen digestibility of silages, three heads of Karayaka rams with rumen cannulated, average 50±3 kg body weight and 3 years old were used. As a result of the experiment, It was observed that the crude protein (CP) level of Kahraman cultivar was higher than that of Kırklar cultivar, and the CP content of cultivars decreased from the pre-flowering period to the soft dough period. In addition, with the progress of the growing period, the neutral detergent fiber (NDF) content of the varieties increased. Also, the net energy lactation (NEL) level of Kırklar cultivar was higher than Kahraman cultivar. However, the NEL levels of the cultivars decreased with the progression of the growing period. The water solubility of DM and CP of Kahraman cultivar was higher than that of Kırklar cultivar. In addition, effective dry matter degradability (EDMD) decreased with growth period in both cultivars. It was observed that the effective crude protein degradability (ECPD) rate of Kahraman cultivar was higher than that of Kırklar cultivar and ECPD rate of cultivars decreased with the progress of the growing period. As a result, Kahraman cultivar may be preferred more than Kırklar cultivar, since it has higher EDMD and ECPD in the rumen and also has higher RFV value.

Animal Science

Research Article

Article History

Received : 30.12.2021

Accepted : 18.03.2022

Keywords

Chemical composition
Degradation characteristic
Harvest stage
Nutritive value
Oat silage

Çeşit ve Hasat Dönemlerinin Yulaf Silajlarının Besin Değeri Üzerine Etkileri

ÖZET

Bu çalışma, yulaf (*Avena sativa* L.) çeşitlerinin (Kahraman ve Kırklar) farklı hasat dönemleri (çiçeklenme öncesi, çiçeklenme, süt olum, hamur olum) silajlarının yem değeri ve kuru maddenin (DM) rumende parçalanabilirlik özelliklerine olan etkilerini araştırmak amacıyla yürütüldü. Tarla ve sindirilebilirlik denemeleri, 2016-2017 vejetasyon döneminde tesadüf bloklarında, 2x4 faktöryel deneme düzeninde yürütüldü. Silajların rumende sindirilebilirliği için üç baş, rumen kanüllü, ortalama 50±3 kg canlı ağırlığında ve 3 yaşında Karayaka koçlar kullanıldı. Deneme sonucunda Kahraman çeşidinin ham protein (CP) içeriğinin Kırklar çeşidine göre daha yüksek olduğu ve çeşitlerin CP içeriğinin çiçeklenme öncesi dönemden yumuşak hamur dönemine doğru azaldığı görüldü. Ayrıca yetiştirme döneminin ilerlemesi ile çeşitlerin nötral deterjan lif (NDF) içeriği arttı. Ayrıca Kırklar çeşidinin net enerji laktasyon (NEL) seviyesi Kahraman çeşidine göre daha yüksekti. Ancak, büyüme periyodunun ilerlemesi ile çeşitlerin NEL seviyeleri azaldı. Kahraman çeşidinin kuru madde ve ham proteinin suda çözünürlüğü, Kırklar çeşidinden daha yüksekti. Ayrıca, etkin kuru madde parçalanabilirliği (EKMP), her iki çeşitte de büyüme periyodu ile azaldı. Kahraman çeşidinin etkin ham protein parçalanabilirliği (EHPP) oranının Kırklar çeşidine göre daha yüksek olduğu ve yetiştirme döneminin ilerlemesiyle çeşitlerin EHPP oranının düştüğü görüldü.

Zootekni

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 30.12.2021

Kabul Tarihi : 18.03.2022

Anahtar Kelimeler

Kimyasal kompozisyon
Parçalanabilirlik özellikleri
Hasat dönemi
Besleme değeri
Yulaf silajı

Sonuç olarak, Kahraman çeşidinin, rumende etkin KM ve HP sindirilebilirliklerinin daha yüksek olduğu, ayrıca, daha yüksek nispi yem değerine sahip olması nedeniyle Kırklar çeşidine göre daha fazla tercih edilebilir.

To cite: Kılıçalp N &, Türk T 2023. Cultivar and Harvest Stage Effects on Nutritive Value of Whole Crop Oat (*Avena sativa* L.) Silages. *KSU J. Agric Nat* 26 (2), 437-449. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1050407>
Atıf şekli: Kılıçalp N & Türk T 2023. Çeşit ve Hasat Dönemlerinin Yulaf Silajlarının Besin Değeri Üzerine Etkileri. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 26 (2), 437-449. [tps://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1050407](https://doi.org/10.18016/ksutarimdoga.vi.1050407)

INTRODUCTION

Oat is an important animal feed world wide as a nutritious grain and forage source (Güngör et al. 2017). The most preferred plant as forage among cereals is oat. It is relatively late and has abundant leaves. Oats have new shoots growing in every period. Early regrowth after grazing or plucking is relatively good. In addition, cluster formation can be evaluated as an advantage compared to spike-forming grains (Çeri & Acar 2019). However, Khan et al. (2014), in their study where they compared the yield and quality characteristics of oat genotypes, stated that the genotypes were significantly different in terms of yield and quality characteristics. Çeri & Acar (2019) reported that 1 755 323 tons of green roughage was obtained from 1 063 555 hectares of cultivation area in Turkey in 2017. However, the plant's production location, climate and growth periods are highly effective on feed quality (David et al., 2010). In addition, the chemical composition of forage crops differs among regions according to climatic conditions, soil structures, varieties and application practices (Shoaib et al., 2014). This plant is a good source of protein, fiber and minerals for livestock (Strychar, 2011). Also, Mobashar et al. (2018), in the maturity process of the oat plant, the fiber and lignin content increases as the forage plant matures. He stated that as the plant growth period progresses, the intake potential of oats decreases, reduces the digestion rate of feed and therefore reduces animal production. However, Rosser (2014) stated that the effect of harvest time on NDF, ADF and lignin concentration in annual and perennial grasses is variable. Wallsten & Martinsson (2009) in their study; It was stated that the NDF concentration and digestibility of oats decreased from the milk stage to the yellow stage. In addition, they stated that during the maturation process of cereal plants, the rate of passage of DM from the rumen did not change, but the water-soluble part of the silages increased with the advancing maturation process, although the water-soluble part of the silages was initially low. Also, in the maturation process of the oat plant; The water-soluble crude protein level decreases from 55% to 33%, and the effective dry matter degradability decreases quadratically with the progression of the millet, oat and wheat growing periods, but does not change in barley (Rosser et al., 2013). The aim of this study is to investigate the effects of plant harvesting period and oat varieties on the

nutritional value of whole plant oat silages.

MATERIAL and METHOD

Forage agronomy

The research was carried out on the trial fields of Gaziosmanpaşa University Agricultural Application and Research Center during the vegetation period of 2016-2017. In the study, Kahraman and Kırklar oat varieties, which were registered in 2014 by the Edirne Thrace Agricultural Research Institute, were used. This study was conducted during the 2016 and 2017 growing season. Kırklar is an oat variety that developed earlier than the Kahraman variety. The trial area had soil clay, fertile and soil salt (2 S cm⁻¹), pH, lime (%), P₂O₅ (kg ha⁻¹), K₂O (kg ha⁻¹), Organic matter (%) 0.032, 7.47, 2.42, 2.04, 1523.2, 19.8, respectively. Data on the climate characteristics of the trial area were given in Table 1. In the 2016 and 2017 growing seasons, the annual precipitation was lower than the average for many years. The research was carried out in 3 replications according to the 2x4 factorial experiment in random blocks. The planting area was arranged for each variety with 500 plants per m². The plots had an area of 0.2 meters between the lines and an area of 5 m x 20 m (100 m²).

While sowing seeds, 4 kg of composite fertilizer (15-15-0) and 1.3 kg of ammonium nitrate fertilizers (33%) were used during the cultivation period. Two oat varieties were harvested in 4 different harvest periods (Pre flowering, flowering, milk and soft dough) and silage was done.

Silage preparation and chemical analysis

After harvesting the fresh material, it was cut into approximately (therotically) 2 cm long and 1.5 kg plant material placed in jars with a capacity of 2 kg which tightly closed and subjected to fermentation for 60 days (Filya, 2002). After opening the silage covers, for the chemical analysis of the silages samples dried, milled and passed through a 1 mm sieve. The ash content of the silage samples were found in the muffle furnace at 525 °C for 8 hours. Crude protein content of silage was determined by multiplying the total nitrogen amount determined by Kjeldahl method with 6.25 coefficient. Also, Neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) contents of the silage samples were determined by ANKOM (ANKOM 200 Fiber Analyzer. Ankom tech.) (Van Soest et al., 1991; Anonymus,

2007b). Net energy lactation (NEL) values of dried silage samples were calculated by the formulas given below.

$NEL, Mcal\ kg^{-1} = 2.296 - (0.0257 * ADF)$ (grass) (1)
 equations were used (Anonymus, 2007a). Digestible dry matter of herbage were calculated by using this equation

Table 1. Climate characteristics of the trial site (2016-2017)

Çizelge 1. Deneme sahasının iklim özellikleri

Months/Items	Precipitation (mm)	Long year av. (1929-2016)(mm)	Average (°C)	Long years av. (1929-2016) (°C)
March	59.0	57.1	8.1	9.7
April	34.5	23.6	10.0	13.5
May	34.8	31.9	16.9	18.0
June	35.4	48.5	20.0	21.0
July	0.2	3.8	23.5	24.8
August	7.6	4.4	24.3	25.6
September	0.2	19.6	23.2	22.5
October	55.6	51.8	16.1	15.7
Total	227.3	240.7	17.8	18.9

Digestible dry matter ($DDM=88.9-(0.779*ADF\%)$), (2)
 potential dry matter intake (as percent of body weight) was determined by using this equation,

Potential dry matter intake ($PDMI=120/(NDF\%)$) (3)

Specified by Jaranyama & Garcia (2004). RFV was calculated according to ADF and NDF values during the full bloom period of Alfalfa. That depends on the Feed intake potential and dry matter digestibility of the feeds and helps to classify (Prime: >151, premium: 151-125, good: 124-103, fair:102-87, poor:86-75, reject:<75) the feeds according to their quality.

Relative feed value ($RFV = PDMI \times DDM / 1.29$) (4)

In-situ incubations

This study was carried out with the approval of Gaziosmanpaşa University Animal Experiments Local Ethics Committee, dated 9.3.2017 and numbered 51879863-25 (2017 HADYEK -47). Nylon bag technique was used to determine the degradability of silage samples in the rumen. For this purpose, a rumen fistula (3.5 cm inner diameter) was placed, approximately 50±0.4 kg live weight, 3 years old, 3 head Karayaka rams were used (Ørskov & McDonald,1979). Before starting digestion trial, the animals were weighed and placed in individual compartments. The animals were adapted to the trial conditions for 3 weeks. The animals were fed at 125% of their maintenance level (Anonymus, 2007a). The feeds, roughage: concentrate ratio was prepared at 60: 40 and the animals were fed twice a day (at 8.30 in the morning and at 16.30 in the evening). A mixture of alfalfa hay and triticale hay (60: 40) as roughage and barley as concentrate was used. In addition, the animals were given a vitamin and mineral mixture. Clean water was always kept in front of the animals. Silage samples were dried at 65 °C for 48 hours and then samples were prepared by grinding through laboratory hammer mill with a 2.5 mm screen.

Samples (5 g) were placed in a bags (bags, made of polyester fabric of 5x10 cm size and 40-50 micron pore diameter). Bags were put into the rumen for incubations of 0, 16, 24, 48, 72 and 96 hours to determine DM and CP degradabilities. The degradability of nutrients in the rumen were calculated by the method specified by Ørskov & McDonald, (1979). The nylon bags removed from the rumen at the end of the incubation were washed until clean water flowed in tap water. Then, after drying at 80 °C for 24 hours in the drying cabinet and cooling in the excavator, the degradability of the feeds in the rumen was calculated with the equation given below. Digestible dry matter (DDM) and digestible crude protein (DCP) were calculated by the formula given below.

$DDM\ and\ CPD\ (\%) = (Initial\ weight - final\ weight) / (Initial\ weight) \times 100$ (5)

Degradation characteristics of nutrients (DM and CP) were calculated (Ørskov & Mc Donald, 1979; Van Soest *et al.* 1991) using the equation,

$Degradation\ (D) = a + b(1 - e^{-ct})$ (6)

Where: D: disappearance rate of nutrients at time t. a: the portion of nutrients (DM, CP) solubilized at the beginning of incubation (time 0). b = slowly degraded nutrients (DM and CP) in the rumen c: rate constant of disappearance of 'b', t = time of incubation. Degradation characteristics; a, b, c and effective ruminal degradability of DM, and CP were calculated by Ørskov & Mc Donald (1979). The effective DM and CP degradability were calculated by using equation,

$The\ effective\ DM\ and\ CP\ degradability\ (EDMD)\ and\ (ECPD) = a + (bc / c + k)$ (7)

Where: k = ruminal out flow rate, $k_1 = 0.02\ h^{-1}$ and $k_2 = 0.05\ h^{-1}$ for DM and CP. Also, silage samples were weighed and placed in nylon bag to determine washing losses by using washing machine for 30 minutes. The

loss of washing was found by weighing the dried feed samples in the drying cabinet (Lai & Thu Huong, 1999).

Statistical analysis

Statistical analysis was performed using the GLM procedure of SPSS Software-16 for Windows (Anonymus, 2007c). Field trial were sown 2x4 factorial experimental design in randomized blocks. As a mathematical model;

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + b_j + c_{ij} + e_{ijk} \quad (8)$$

Y_{ijk} = Observation value of this equation, μ = Population average, a_i = Effect of cultivars ($i = 1,2$), b_j = Effects of harvest periods ($j = 1, 2, 3$ and 4), c_{ij} : period variety interaction ($j = 1, 2, 3$ and 4 ; $i = 1,2$) e_{ijk} = used as the error value. The differences between harvest periods and "Tukey" were determined by multiple comparison test (Anonymus, 2007c).

RESULTS and DISCUSSION

Chemical composition

It was found that there was no significant difference between cultivars in terms of DM (Table 2). However, it has been observed that the DM increased from the pre-flowering period of plant to the soft dough stage and this increase was found to be statistically significant ($P < 0.001$). The DM increased by 60% in Kahraman variety, while the Kırklar variety increased by 53% from the pre-flowering period to the dough formation period. Likewise, Ayhan et al. (2004) and

Aydoğan et al. (2014) stated that there were a significant increase in DM yields with the progress of the vegetation period in their work. Oat varieties and harvest periods had no effect on the pH values of silage. Although, the pH level of the silage did not change according to the harvest periods. The silages pH, in the pre-flowering period were the lowest, slightly increased during the flowering and milk period, but small in size decreased during the dough period. The crude protein ratio of the Kahraman variety; except the dough period, was higher than Kırklar. This difference between cultivars was found to be statistically significant ($P < 0.001$). Crude protein content (Figure 1) of forage is one of the most important criteria for hay quality evaluation (Assefa & Ledin, 2001; Başbağ et al 2018). Kim et al. (2006) stated that among the oat varieties, the CP content of late-maturing varieties was higher than that of the early-maturing varieties. The findings of this study were similar to reflected by David et al. (2010) and Aydoğan et al. (2014). In addition, a low CP level during the dough period causes reduced silage buffering capacity, promoting a faster pH drop and may contribute to less degradability of other nutrient components of silage (Cherney & Cherney, 2003). Also, In terms of crude protein content, the interaction between cultivars and seasons was statistically significant ($P < 0.001$). It was observed that the crude protein level of Kahraman cultivar was higher than that of the Kırklar cultivar, except for the soft dough period.

Table 2. Effects of different harvest stages on chemical composition of silages

Çizelge 2. Farklı hasat dönemlerinin silajların kimyasal bileşimine etkileri

Item		Chemical Composition (%)					
Variety	Harvest stage	DM	pH	CP	NDF	ADF	Ash
Kahraman	Pre flowering	12.42±0.09	4.59±0.21	23.01±0.06	38.94±0.24	27.45±0.08	13.14±0.03
	Flowering	20.81±1.46	5.17±0.47	13.24±0.23	63.52±0.14	37.04±0.22	9.94±0.02
	Milk	23.46±0.17	5.16±0.47	14.24±0.11	58.30±0.35	38.46±0.11	9.50±0.05
	Soft dough	30.95±0.50	5.07±0.30	11.20±0.13	62.09±0.12	37.23±0.14	8.34±0.02
	Mean	21.91±2.02	5.0±0.15	15.42±1.36	55.71±2.97	35.05±2.67	10.23±0.053
Kırklar	Pre flowering	15.53±2.60	4.59±0.21	20.48±0.29	43.48±0.61	28.38±0.39	12.64±0.02
	Flowering	16.75±1.22	5.17±0.47	11.20±0.16	61.0±0.49	38.34±0.34	12.30±0.01
	Milk	23.97±1.77	5.16±0.46	11.39±0.41	61.34±0.13	35.94±0.10	10.17±0.02
	Soft dough	32.73±0.38	5.07±0.30	12.14±0.42	57.47±0.03	35.10±0.72	8.86±0.02
	Mean	22.25±2.19	5.0±0.15	13.8±1.18	55.82±2.20	34.44±1.13	10.99±0.47
Harvest stage	Pre flowering	13.98±1.37 ^d	4.59±0.13	21.75±0.58 ^a	41.21±1.06 ^c	27.92±0.28 ^c	12.89±0.11 ^a
	Flowering	18.78±1.24 ^c	5.17±0.29	12.22±0.47 ^{bc}	62.26±0.61 ^a	37.69±0.34 ^a	11.12±0.52 ^b
	Milk	23.71±0.8 ^b	5.16±0.03	12.82±0.66 ^b	59.82±0.70 ^b	37.20±0.56 ^a	9.84±0.15 ^c
	Soft dough	31.84±0.49 ^a	5.07±0.19	11.67±0.29 ^c	59.78±1.03 ^b	36.17±0.58 ^b	8.60±0.12 ^d
	Mean	22.08±1.46	4.99±0.10	14.61±0.85	55.77±1.81	34.74±0.86	10.61±0.36
SEM		1.46	0.102	0.896	1.812	0.858	0.357
P value	Variety	0.726	1.0	***	0.650	*	***
	HS	***	0.21	***	***	***	***
	V*HS int.	0.077	1.0	***	***	***	***

V:variety, HS: harvest stage, Int: interaction, DM:dry matter, CP:crude protein, NDF: neutral detergent fiber, ADF: acid detergent fiber, SEM: standart error of mean, Differences between mean values shown with different letters in the same column are statistically significant. (*): $p < 0.05$; (**): $p < 0.01$; (***): $p < 0.001$

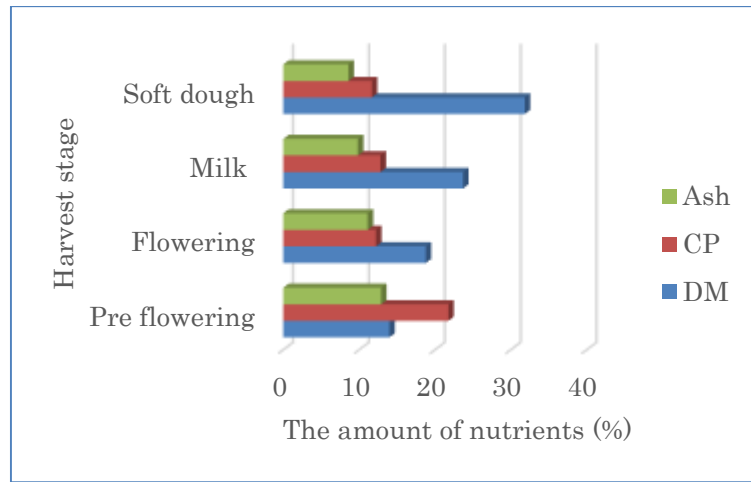


Figure 1. Change of chemical composition according to harvest time in silage
Şekil 1. Silajda hasat zamanına göre kimyasal bileşimin değişimi

Although there was no statistical difference between cultivars in terms of NDF, the difference between harvest periods was found to be significant ($P<0.001$). The Kahraman variety had a lower NDF rate in the pre-flowering period, but, during the dough period had a higher NDF value than the Kırklar variety (Table 2). Also, The interaction of NDF content of silages between cultivars and seasons was statistically significant ($P<0.001$). NDF content of Kahraman cultivar was found to be higher than that of Kırklar cultivar during flowering and soft dough periods.

Kırklar cultivar was observed to have higher ADF rate than Kahraman cultivar. This difference was also statistically significant ($P<0.05$). There was significant interaction between stages of maturity and cultivars in terms of NDF ($P<0.001$). Similar results were reported by Coblenz et al. (2018).

Acid detergent fiber (ADF) rates of the varieties were lowest in the pre-flowering period, although concentration of ADF increased during the flowering and milk periods, Acid detergent fiber (ADF) was in a reduction trend in the dough period (Table 2). Parallel results were declared by Uzun (2010) and Coblenz et al. (2018). and Acid detergent fiber (ADF) levels of oat varieties change according to early or late maturation. Cell walls of oat varieties that matured early was higher than that of late matures (Kim et al 1999; Kim et al.,2006). The ash content (Figure 1) of Kırklar cultivar was determined to be higher than the Kahraman cultivar considering all harvest periods ($P<0.001$). The amount of ash in plants decreased significantly with the progression of the vegetation period ($P<0.001$). In addition, the interaction of ash content of silages between varieties and periods was found to be statistically significant ($P<0.001$). It was observed that the ash content of Kahraman cultivar decreased more rapidly from the pre-flowering period to the soft dough period compared to the Kırklar cultivar.

Similar results were reported by Uzun (2010) and Gökkuş et al. (2013). In contrast, Khan et al. (2006) stated that the amount of ash in the oats harvested at early maturity, medium maturity, maturity periods were 11.2, 11.3 and 12.5%, respectively.

This results was higher than the findings for soft dough period. However, David et al. (2010) stated that there was no statistical difference between plant mineral content values in terms of cultivars and harvest periods.

Nutritive value

Kahraman variety (Table 3) had a higher amount of dry matter intake potential than the Kırklar variety ($P<0.01$). Also, the dry matter intake potential of both varieties before flowering period was higher than other harvest groups ($P<0.01$). When the harvest periods were compared in terms of feed intake; It was observed that the highest intake potential was in silages harvested pre-flowering period. This was followed by milk and dough periods and the lowest intake potential was found to be in the flowering period ($P<0.01$).

In addition, it was found that the interaction of cultivar x harvest periods on feed intake potential was also important ($P<0.001$). As the maturation progresses in plants, the increase of cell wall materials, that is, structural carbohydrates, as a result, causes a decrease in the amount of grass intake. In contrast, Wallsten & Martinsson (2009) stated that when harvested at the heading stage of the oat silage was fed lower than the dry matter intake, harvested at early dough stage. Considering all harvest periods, NEL value of Kahraman silage was found higher than Kırklar variety ($P<0.05$). When harvest periods were compared for NEL value, silages had the highest value in the pre-flowering period. This was followed by the dough period. The lowest value was determined during the flowering and milk period ($P<0.001$). In addition, it was determined that the interaction of cultivar x

harvest period was very important ($P<0.001$). The NEL value of silage tends to increase during the dough period. It is thought to be caused by the accumulation of nutrients in the grain. The energy content of feeds is one of the important factors that determine the feed quality. Similar results regarding the NEL value of oat in different periods were also reported by Rafiuddin et al. (2016).

In terms of the rate of digestible dry matter, it was determined that the silage of Kırklar variety was

higher than the Kahraman variety. The highest digestion degree was observed in silages pre-flowering, while the lowest was found in silages harvested during flowering (Table 3). As the forage crops mature, the fiber content increases and fiber digestion generally decreases. This could be related to the declining leaf: stem ratio and increasing fiber contents (Mobashar et al., 2018). The relative feed value of the Kahraman variety was found to be higher than the other variety ($P<0.05$).

Table 3. Nutritive value of silage
Çizelge 3. Silajların bazı besin değerleri

Variety	Harvest stage	DMI (kg, %BW)	NEL (Mcal kg ⁻¹)	DDM (%)	RFV
Kahraman	Pre-flowering	3.08±0.02	1.59±0.00	67.52±0.06	161.31±0.85
	Flowering	1.89±0.01	1.34±0.00	60.05±0.02	87.94±0.06
	Milk	2.06±0.01	1.31±0.00	58.94±0.08	94.05±0.70
	Soft dough	1.93±0.00	1.34±0.01	59.90±0.11	89.73±0.34
	Mean	2.24±0.015	1.39±0.03	61.60±1.04	108.26±9.24
Kırklar	Pre-flowering	2.76±0.04	1.56±0.01	66.79±0.31	142.97±2.72
	Flowering	1.97±0.02	1.31±0.01	59.03±0.27	90.04±1.14
	Milk	1.96±0.00	1.37±0.03	60.90±0.08	92.36±0.30
	Soft dough	2.09±0.00	1.39±0.02	61.55±0.57	99.64±0.97
	Mean	2.19±0.01	1.41±0.06	62.07±0.88	106.25±6.52
Harvest Stage	Pre-flowering	2.92±0.07 ^a	1.58±0.07 ^a	67.16±0.22 ^a	152.14±4.28 ^a
	Flowering	1.93±0.02 ^c	1.33±0.01 ^c	59.54±0.27 ^c	88.99±0.69 ^c
	Milk	2.01±0.02 ^b	1.34±0.02 ^c	59.92±0.44 ^c	93.21±0.51 ^b
	Soft dough	2.01±0.04 ^b	1.37±0.01 ^b	60.73±0.45 ^b	94.69±2.26 ^b
	Mean	2.22±0.09	1.40±0.02	61.84±0.67	107.25±5.54
SEM		0.088	0.022	0.669	5.542
P value	Variety	**	*	*	*
	Harvest. stage	**	**	**	**
	V*HS int.	***	***	***	***

V:variety, HS: harvest stage, int: interaction, DMI: dry matter intake, DDM: digestible dry matter, RFV: relative feed value, NEL: net energy lactation, SEM: standart error of mean, Differences between mean values shown with different letters in the same column are statistically significant. (*): $p<0.05$; (**): $p<0.01$; (***): $p<0.001$

The highest RFV was obtained from harvested pre-flowering, while the lowest was obtained from the flowering period ($P<0.01$). Reative feed value is an important feed assessment criterion that combines important nutritional factors such as feed intake and feed digestibility. It can also be used to compare the quality of different feeds. It was observed that RFV of the silage harvested in the pre-flowering period was good, but, the feed value decreased after the flowering period. Linn & Martin (1999) reported similar results. Also, The forage value of the plants in the early development period, shows more suitable than the other development periods (Uzun, 2010). In addition, In terms of RFV, the interaction between cultivars and harvest period was statistically significant ($P<0.001$). Although the RFV value of Kahraman cultivar was higher than that of Kırklar cultivar in the pre-flowering period, it was observed that Kırklar cultivar had higher RFV value in the soft growing period.

Washing loss and ruminal dry matter degradation

Washing loss of the Kahraman variety (Table 4) was found to be higher than the Kırklar variety ($P<0.001$). In addition, although the most washing loss was observed in silages harvested pre-flowering period (Table 4), So, washing loss decreased as the vegetation progressed ($P<0.05$). Also, Variety x harvesting period interaction was statistically important on washing loss of dry matter ($P<0.01$). Kılıçalp et al. (2018) stated that in their study on corn, sorghum and sorghum sudan hybrids, the loss of washing varied between species and sorghum varieties, and the loss of washing decreased from the middle flowering period to the hard dough period. In terms of the degradability (Figure 2) of the dry matter in the rumen at the 8th hour (Table 4), it was observed that the difference between the varieties was important ($P<0.001$). But, when the varieties were compared for other incubation hours, the difference between them was not significant. In contrast, Kafilzadeh & Heidary (2013) noted that there

was a difference of about 20% between the highest and lowest values of different cultivar of oats. On the other hand, harvest periods significantly affected dry matter degradability (Table 4) at all incubation hours ($P<0.001$). In addition, dry matter degradability has gradually decreased in all incubation hours, from the pre-flowering period to the soft dough period ($P<0.001$). While dry matter degradability in rumen (48th hour) was 82.22% in the period pre-flowering, it decreased to

52.95% in the soft dough period. The dry matter degradability reduction was 36%. The higher digestibility of plants in the early stages is related to the ratio of cell wall materials to intracellular substances. Mazumder et al. (2004) and Zhang et al. (2007) reflected that the 48. hour in situ degradability of the oat plant was similar to the findings of this study.

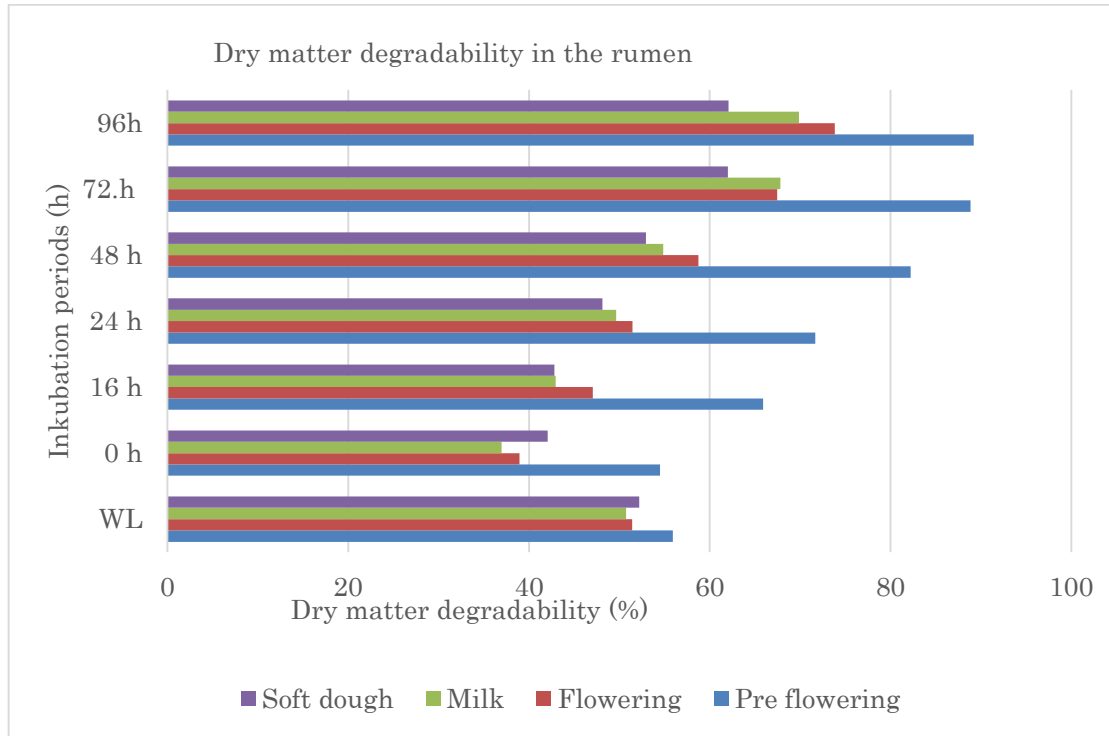


Figure 2. Dry matter digestibility of silage

Şekil 2. Silajların rumende kuru madde parçalanabilirliği

Dry matter degradation characteristics

Dry matter of Kahraman variety has higher water-soluble dry matter (a), lower (b) parameter, higher degradation rate and thus higher effective dry matter degradability than Kırklar (Table 5). The difference between cultivars in terms of parameter a was statistically significant ($P<0.001$). These results, It has been determined that the instant dissolvable part of Kahraman variety dissolves in water 15% more than Kırklar variety. Also, when oat silages (Table 5) were harvested pre-flowering period; the water-soluble dry matter (a), part that is insoluble in water but degradable by rumen microorganisms (b) and the rate of dry matter degradation (c) were higher than other harvest periods ($P<0.001$). The values of these dry matter parameters were found to be the lowest in the dough period. In addition, the (a) parameter of plants harvested pre-flowering period was found to be 18% higher than the soft dough period (Table 5).

Rosser et al. (2013) stated that effective dry matter disintegration decreased quadratically with the

progression of growth periods of oats. In addition, in terms of parameters b and c, the interaction between cultivars and harvest periods was statistically significant ($P<0.001$). In terms of effective dry matter degradability in the rumen, although there was no difference at different transition rates between varieties, effective degradability in both varieties followed a progressively decreasing course from pre-flowering to soft dough.

In general, the effective degradability of the dry matter of oat varieties can be explained as having a neutralizing effect on the apparent degradation estimates, with the competitive positive effect of grain filling, the negative effects of lignification and leaf aging (Coblentz et al., 2018). The easily soluble protein (a) of the Kahraman variety was higher than the Kırklar variety and the difference between the varieties (Table 6) was important ($P<0.05$). The structure and amount of oat proteins vary according to the variety and environmental conditions (Karaman et al 2020), therefore it is thought that the solubility of oat protein in the rumen may also change. While there

Table 4. Rumen dry matter degradability of silages in different periods
Çizelge 4. Farklı periyotlarda silajların rumende kuru madde parçalanabilirliği

Item		Dry matter degradability (%)					
Variety	Harvest stage	WL (%)	16. hour	24. hour	48. hour	72. hour	96. hour
Kahraman	Pre-flowering	60.20±0.92	70.18±0.55	71.92±3.93	83.86±0.16	90.03±1.36	90.89±0.37
	Flowering	59.48±0.98	49.01±0.84	50.14±3.53	57.29±1.17	65.73±0.99	72.48±1.04
	Milk	55.76±1.25	46.24±1.40	52.28±3.53	59.00±0.97	69.61±1.80	71.69±0.32
	Soft dough	53.88±1.20	44.04±2.27	50.87±4.75	53.87±2.76	63.23±1.45	62.74±1.02
	Mean	57.33±1.78	52.37±3.21	56.30±3.21	63.51±3.65	72.15±3.25	74.45±3.11
Kırklar	Pre-flowering	51.64±0.91	61.60±3.79	71.46±0.84	80.63±0.54	87.70±0.23	87.54±0.40
	Flowering	43.37±0.62	45.09±1.03	52.78±2.73	60.23±3.90	69.21±1.83	75.16±1.32
	Milk	45.73±1.25	39.66±1.07	47.02±2.17	50.69±2.03	66.03±1.83	68.06±2.84
	Soft dough	50.53±0.54	41.60±2.76	45.39±1.06	52.03±2.76	60.80±3.68	61.41±1.83
	Mean	47.82±2.45	46.99±2.82	54.16±3.22	60.90±3.78	70.94±3.21	73.04±3.02
Harvest stage	Pre-flowering	55.92±1.14 ^a	65.89±2.57 ^a	71.69±1.80 ^a	82.24±0.76 ^a	88.87±0.81 ^a	89.22±0.79 ^a
	Flowering	51.43±2.53 ^c	47.05±1.06 ^b	51.46±2.08 ^b	58.76±1.93 ^b	67.47±1.22 ^b	73.82±0.96 ^b
	Milk	50.75±2.33 ^c	42.95±1.67 ^b	49.65±2.19 ^b	54.85±2.11 ^b	67.82±1.40 ^b	69.88±1.51 ^b
	Soft dough	52.21±1.56 ^{bc}	42.82±1.69 ^b	48.13±2.49 ^b	52.95±1.80 ^b	62.02±1.85 ^c	62.08±0.98 ^c
	Mean	52.57±1.25	49.68±2.16	55.23±2.23	62.20±2.58	71.54±2.23	73.75±2.12
SEM		1.253	2.221	2.235	2.582	2.234	2.223
p value	Variety	***	**	0.343	0.106	0.376	0.173
	Harvest stage	*	***	***	***	***	***
	V*HS. int.	**	0.450	0.508	0.116	0.273	0.131

V:variety, HS: harvest stage, int: interaction, WL:washing loss, SEM: standart error of mean, Different letters, (a,b,c) in the same column are statistically significant. (*):p<0.05; (**):p<0.01; (***):p<0.001

Table 5. Dry matter degradability characteristics of silages
Çizelge 5. Silajların kuru madde parçalanabilirlik özellikleri

Variety	Harvest stage	a (%)	b (%)	a+b (%)	c (h ⁻¹)	EDMD ₂ (k=0.02)	EDMD ₅ (k=0.05)
Kahraman	Pre-flowering	55.79±0.68	35.10±0.39	90.89±0.37	0.0050±0.00	89.49±0.38	87.60±0.39
	Flowering	47.25±0.85	25.22±0.63	72.48±1.04	0.0043±0.00	71.30±0.99	69.76±0.95
	Milk	46.38±0.28	25.32±0.51	71.61±0.32	0.0047±0.00	70.60±0.38	69.15±0.44
	Soft dough	44.56±1.64	18.19±1.01	62.74±1.01	0.0037±0.00	61.76±1.01	60.48±1.00
	Mean	48.50±1.37	25.96±1.84	74.45±3.11	0.0044±0.00	73.29±3.06	71.75±2.99
Kırklar	Pre-flowering	48.37±0.35	39.16±0.12	87.54±0.40	0.0060±0.00	86.20±0.39	84.40±0.39
	Flowering	38.61±2.02	36.55±0.74	75.16±1.32	0.0067±0.00	74.04±1.28	72.51±1.23
	Milk	36.97±2.39	31.09±0.60	68.06±2.84	0.0063±0.00	67.05±2.77	65.69±2.69
	Soft dough	41.01±1.73	20.40±0.22	61.41±1.83	0.0040±0.00	60.39±1.82	59.07±1.82
	Mean	41.24±1.37	31.80±1.84	73.04±3.11	0.0058±0.00	71.92±3.06	70.42±2.99
Harvest Stage	Pre-flowering	52.08±1.69 ^a	37.13±0.93 ^a	89.22±0.79 ^a	0.0055±0.00 ^a	87.85±0.78 ^a	86.00±0.76 ^a
	Flowering	42.93±2.17 ^b	30.89±2.57 ^b	73.82±0.96 ^b	0.0055±0.00 ^a	72.67±0.95 ^b	71.13±0.93 ^b
	Milk	41.67±2.36 ^b	28.21±1.34 ^c	69.88±1.51 ^b	0.0055±0.00 ^a	68.83±1.48 ^b	67.42±1.45 ^b
	Soft dough	42.79±1.33 ^b	19.29±0.68 ^d	62.08±0.98 ^c	0.0038±0.00 ^b	61.08±0.99 ^c	59.78±0.98 ^c
	Mean	44.87±0.95	28.88±1.27	73.75±2.15	0.0051±0.00	72.61±2.11	71.08±2.07
SEM		1.256	1.522	2.223	0.0003	2.093	2.049
P value	Variety	***	***	0.173	***	0.178	0.181
	Harvest stage	***	***	***	***	***	***
	V*HS int.	0.226	***	0.131	**	0.124	0.119

V:variety, HS: harvest stage, int: interaction, a: easily soluble part, EDMD: effective dry matter degradability, c: degradation rate, b: potentiel degradable portion, SEM: standart error of mean, different letters (a,b,c) in the same column are statistically significant. (*):p<0.05; (**):p<0.01; (***):p<0.001

Table 6. Crude protein degradation characteristics of silages
Çizelge 6. silajların ham proteinlerinin rumende parçalama özellikleri

Variety	Harvest stage	a (%)	b (%)	a+b (%)	c (h ⁻¹)	ECPD ₂ (k=0,02)	ECPD ₅ (k=0,05)
Kahraman	Pre-flowering	83.02±0.58	12.11±0.80	95.13±0.22	0.0014±0.0	93.39±0.45	91.61±0.57
	Flowering	74.33±1.19	3.98±0.01	78.31±0.73	0.0006±0.0	77.08±0.79	76.52±0.69
	Milk	73.21±0.76	7.40±0.45	80.61±0.91	0.0012±0.0	79.32±0.69	78.08±0.52
	Soft dough	67.53±1.47	1.04±0.01	68.57±0.52	0.0002±0.0	68.45±0.56	68.26±0.75
	Mean	74.52±1.73	6.13±0.03	80.65±2.88	0.0009±0.0	79.56±3.84	78.62±2.54
Kırklar	Pre-flowering	81.14±0.21	11.82±0.09	92.96±0.30	0.0015±0.0	91.24±0.56	89.49±0.72
	Flowering	68.13±1.96	9.10±0.05	77.23±2.88	0.0016±0.0	75.65±2.72	74.12±2.56
	Milk	69.86±2.33	2.82±0.04	72.68±1.82	0.0005±0.0	70.88±1.47	70.67±1.63
	Soft dough	66.98±3.17	2.59±0.02	69.57±2.81	0.0005±0.0	68.98±2.80	68.57±2.85
	Mean	71.53±1.95	6.58±0.02	78.11±4.05	0.0010±0.0	76.69±2.79	75.71±2.63
Harvest stage	Pre-flowering	82.08±0.50 ^a	11.97±0.03 ^a	94.05±0.51 ^a	0.0015±0.0 ^a	92,31± 0.58 ^a	90.55±0.63 ^a
	Flowering	71.23±1.31 ^b	6.54±0.02 ^b	77.77±1.35 ^b	0.0011±0.0 ^{ab}	76,36±1.30 ^b	75.32±1.30 ^b
	Milk	71.54±1.23 ^b	5.11±0.01 ^b	76.64±1.99 ^b	0.0009±0.0 ^b	75,10±2.02 ^b	74.38±1.82 ^b
	Soft dough	67.26±1.15 ^b	1.82±0.00 ^c	69.07±1.30 ^c	0.0004± 0.0 ^c	68,71±1.28 ^c	68.42±1.32 ^c
	Mean	73.03±1.72	6.36±0.00	79.38±2.00	0.0010±0.0	78,12±1.92	77.17±1.81
SEM		1.310	0.897	2.006	0.0002	1,925	1.814
p value	Variety	*	0.531	*	0.178	*	*
	Harvest stage	***	***	***	***	***	***
	V*HS int.	0.425	**	0.076	***	*	0.133

V:variety, HS: harvest stage, int: interaction, a: easily soluble part, ECPD: effective crude protein degradability, c: degradation rate, b: potential degradable portion, SEM: standart error of mean, different letters (a,b,c) in the same column are statistically significant. (*):p<0.05; (**):p<0.01; (***):p<0.001

was no difference between cultivars in terms of (b) parameter for crude protein, the highest (b) parameter value was seen in the pre-flowering, followed by the flowering, milk and soft dough periods ($P < 0.001$). The interaction of cultivar x harvesting period was also important ($P < 0.01$). David et al. (2010) reported that (b) fraction proteins (albumin and some globulins) are real proteins and break down rapidly in the rumen. In addition, David et al. (2010) similar to in this findings, parameter (b) was affected by the interaction between cultivars and harvest periods.

There was a difference between both cultivars ($P < 0.05$) and harvest periods (Table 6) in terms of the (a + b) parameter of crude protein ($P < 0.001$). Although there is no difference between the varieties in terms of the breakdown rate (c) of the crude protein in the rumen, it has been determined that the effect of different harvest periods on the breakdown rate of the crude protein is significant ($P < 0.001$).

Effective crude protein degradability of the Kahraman variety (Table 6) was higher than the Kırklar variety at the different transition speeds ($k = 0.02 \text{ h}^{-1}$ and $k = 0.05 \text{ h}^{-1}$) from rumen ($P < 0.05$). While silages which harvested pre-flowering period had the highest effective crude protein degradability. The lowest effective degradability was found in silages harvested during the soft dough period ($P < 0.001$).

Similar to the results of this study, Rosser et al. (2013) stated that as the phenological period of the oat plant progresses, the digestible CP fraction decreases linearly from 55.5% to 33.0%, and the Undeg fraction increases with progressive maturity. Also, effective crude protein degradability values showed a similar situation at different rumen transition rates. The results of effective crude protein degradability of this study were similar to reflected by Ammar et al. (2010).

CONCLUSION and RECOMMENDATIONS

The CP level of Kahraman cultivar was 14.5% higher than that of Kırklar cultivar, and the CP content of cultivars decreased from the pre-flowering period to the soft dough period. In addition, while the NDF content of the cultivars increased with the progression of the growing period, the ash content of the cultivars decreased. The NEL level of Kırklar cultivar was higher than Kahraman cultivar. However, the NEL level of the cultivars decreased with the progression of the growing period. On the other hand, RFV value of Kahraman cultivar was higher than Kırklar cultivar. Water solubility of DM and CP proteins of Kahraman cultivar was higher than that of Kırklar cultivar. In addition, EDM decreased with growth period in both cultivars. It was observed that the ECPD rate of Kahraman cultivar was higher than that of Kırklar cultivar, and the ECPD rate of cultivars decreased with the progression of the growing period. As a result,

Kahraman cultivar may be preferred more than Kırklar cultivar, since it has higher EDM and ECP digestibility in the rumen and also has higher RFV value.

Researchers Contribution Rate Declaration Summary

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

- Ammar, H., López, S., & Andrés, S. (2010). *Influence of Maturity Stage of Forage Grasses and Leguminous on Their Chemical Composition and In Vitro Dry Matter Digestibility*. In: Porqueddu C. (Ed.), Ríos S. (Ed.). *The Contributions of Grasslands to The Conservation Of Mediterranean biodiversity*. Zaragoza : CIHEAM / CIBIO / FAO / SEEP, p. 199-203 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n . 92)
- Anonymus, (2007a). *Nutrient Requirements of Small Ruminants* (NRC). *National Academy of Sciences*, Washington, DC.
- Anonymus, (2007b). *Official Method of Analysis* (AOAC). Washington, DC. USA.
- Anonymus, (2007c). *Statistical Package for Social Sciences Study*. *SPSS for Windows*, Version 20. Chicago.
- Assefa, G. & Ledin, I. (2001). Effect of Variety, Soil Type and Fertilizer on the Establishment, Growth, Forage Yield, Quality and Voluntary Intake by Cattle of Oats and Vetches Cultivated in Pure Stands and Mixtures. *Animal Feed Science Technology*, 92, 95-111.
- Aydoğan, S., Işık, Ş., Şahin, M., Akçacık, A. G., Hamzaoğlu, S., Doğan, Ş., Küçükcongür, M. & Ateş, S. (2014). The Effect of Different Form Times on the Nutrient Composition of Forage Crops. *Selçuk Journal of Field Sciences*, 1(2), 45-49.
- Ayhan, V. Balabanlı, C., Avcıoğlu, R. & Ergül, M. (2004). Effects of Harvest Period on Yield and Nutrient Content in Some Legume Forage Crops. 4th National Animal Science Science Congress, Isparta. Turkey, 2004 p:2, 166-172,
- Başbağ, M., Çaçan, E. & Sayar, M.S. (2018). Bazı Buğdaygil Bitki Türlerinin Yem Kalite Değerlerinin Belirlenmesi ve Biplot Analiz Yöntemi ile Özelliklerarası İlişkilerin Değerlendirilmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 27(2), 92-101.
- Çeri, S. & Acar, R. (2019). Use of Cool Climate Cereals as Green and Dry Forage in Animal Feeding. *Journal of Bahri Dagdas Crop Research*, 8(1), 178-194.

- Cherney, J.H. & Cherney, D.J.R. (2003). *Assessing Silage Quality* In: Buxton, D.R.; Muck, R.E.; Harrison, J.H. (Eds.) *Silage Science and Technology*, Madison, 141-198.
- Coblentz, W.K., Akins, M. S., Kalscheur, K. F., Brink, G. E. & Cavadini, J. S. (2018). Effects of Growth Stage and Growing Degree Day Accumulations on Triticale Forages: 1.Dry Matter Yield, Nutritive Value and In Vitro Dry Matter Disappearance, *Journal of Dairy Science*, 101, 8965–8985.
- David, D.B., Nörnberg, J. L., Azevedo, E.B., Brüning, G., Kessler, J.D. & Skonieski, F.R. (2010). Nutritional Value of Black and White Oat Cultivars Ensiled in Two Phenological Stages. *Revista Brasileira Zootecnia*, 39, 1409-1417.
- Gökkuş, A., Parlak, A.Ö., Baytekin, H. & Hakyemez, B.H. (2013). Akdeniz Kuşacağı Çalılık Meralarında Otsu Türlerin Mineral İçeriklerinin Değişimi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(1),1-10.
- Güngör, H., Dokuyucu, T., Dumlupınar, Z. & Akkaya, A. (2017). Yulafta (*Avena* spp.) Tane Verimi ile Bazı Tarımsal Özellikler Arasındaki İlişkilerin Korelasyon ve Path Analizleriyle Saptanması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(1),61-68.
- Jaranyama, P. & Garcia, A.D. (2004). *Understanding Relative Feed Value (RFV) and Relative Forage Quality (RFQ)* College of Agric and Biological Science, South Dakota State University, USA,
- Kafilzadeh, F. & Heidary, N. (2013). Chemical Composition, *In Vitro* Digestibility and Kinetics of Fermentation of Whole-Crop Forage from 18 Different Varieties of Oat (*Avenasativa* L.). *Journal of Applied Animal Research*, 41(1), 61-68.
- Karaman, R. Akün, İ. & Türkay, C. (2020). Alternative Food Source in Human Nutrition: Oat *Turkish Journal of Science and Engineering*, 2(2), 78-85.
- Khan, M., Sarwar, A.M., Nisa, M., Iqbal, Z., Khan, M.S., Lee, W.S., Lee, H.J. & Kim, H. S. (2006). Chemical Composition, *In situ* Digestion Kinetics and Feeding Value of Oat Grass (*Avena sativa*) Ensiled with Molasses for Nili-Ravi Buffaloes. *Asian-Aust. Journal of Animal. Science*, 19(8), 1127–1133.
- Kim, W. H., Seo, S., Jeong, K. H., Kim, J. G., Shin, D. E. & Shin, J. S. (1999). Effects of Harvest Date and Cultivar on the Growth, Forage Yield and Quality of Spring Sown Oats at the Middle Mountain Area. *Journal of Korean. Grassland. Science*. 19,89-94.
- Kim, J. D., Kim, S. G., Abuel, S. J., Kwon, C. H., Shin, C. N., Ko1, K. H. & Park, B. G. (2006). Effect of Location, Season, and Variety on Yield and Quality of Forage Oat. *Asian-Australian. Journal of Animal Science*, 19(7), 970 – 977.
- Kılıçalp, N., Hızlı, H., Sümerli, M. & Avcı, M. (2018). In Situ Rumen Degradation Characteristics of Maize, Sorghum and Sorghum-Sudan Grass Hybrids Silages as Affected by Stage of Maturity, *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 8(2), 231-239.
- Lai, N.V. & Thu Huong, N. T. (1999). Comparison of the *In Sacco* Rumen and Washing Loss Methods to Estimate the Potential Energetic Value for Livestock of Leaves from Tropical Trees, Shrubs and Crop Residues. *Livestock Research. Rural Development*, 11, 1-6.
- Linn, J. G. & Martin, N.P. (1999). *Forage Quality Tests and Interpretations*. Univ. of Minnesota Ext. Ser. Publ. FO-02637, Univ. of Minnesota, St. Pau.
- Mazumder, M.A.R., Kumagai, H. & Mitani, K. (2004). Diversity of Chemical Composition Dry Matter Intake, *In Vivo* Digestibility and *In Situ* Dry Matter Degradability of Oat Hay (*Avena sativa*). *Animal Science Journal*, 75, 333–338.
- Mobashar, M., Tahir M., Javaid, S., Anjum, I.M., Gul, I., Ahmad, N. & Sami, S. (2018). Nutritional Evaluation of Various Stages of Maturity of Oat Hay and its Effect on Milk Production and Composition in Lactating Holstein Friesian Cows. *Pakistan Journal of. Zoology.*, 50(6), 2209-2216.
- Ørskov, E.R. & Mc Donald, I. (1979). The Estimation of Protein Degradability in the Rumen from Incubation Measurements Weighed According to Rate of Passage. *Journal of Agricultural Science (Camb.)*, 92, 499–503.
- Rafiuddin, A.M., Javed, K., Jabbar, M.A., Shahid, M.Q., Jan, P.S., Khan, M.A. & Ramzan, M.H. (2016). Impact of Flowering Stage on Nutritive Value, Physical Quality and Digestibility of Silages Made from Cereal Fodders. *Applied Ecology and Environmental Research*, 14(5), 149-157.
- Rosser, C.L. (2014). *Effect of the Maturity at Harvest of Whole-Crop Barley and Oat on Dry Matter Intake, Forage Selection, and Digestibility When Fed to Beef Cattle* In the Department of Animal and Poultry Science University of Saskatchewan, Saskatoon, SK (Master thesis).
- Rosser, C.L., Górká, P., Beattie, A.D., Block, H.C., McKinnon, J.J., Lardner, H.A. & Penner, G.B. (2013). Effect of Maturity at Harvest on Yield, Chemical Composition and *in-Situ* Degradability for Annual Cereals Used for Swath Grazing. *Journal of Animal Science*, 91, 3815–3826.
- Sarı, N. (2012). *Between the Yield and Yield Components of Oats (Avena sativa l.) Relationships*. Adnan Menderes University, Institute of Science, Aydın (Master's thesis).
- Shoab, M., Ayub, M., Shehzad, M., Akhtar, N., Tahir, M. & Arif, M. (2014). Dry Matter Yield and Forage Quality of Oat Barley and Canola Mixture. *Pakistan Journal Agricultural Science*, 51, 433-439.
- Strychar, R. (2011). *World Oat Production, Trade, and Usage*. In *Oats: Chemistry and Technology*, 2nd ed., pp. 77–94 Webster, FH and Wood, PJ, editors. Washington, DC.
- Uzun, F. (2010). Changes in Hay Yield and Quality of

- Bulbous Barley at Different Phenological Stages. *Turkish Journal of Agricultural Forest*, 34, 1-9.
- Van Soest, P.J., Robertson JB, & Lewis, B.A. (1991). Methods for Dietary Fiber Neutral Detergent Fiber and Non-Starch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
- Wallsten, J., & Martinsoon, K. (2009). Effects of Maturity Stage and Feeding Strategy of Whole Crop Barley Silageon Intake, Digestibility and Milk Production in Dairy Cows. *Livestock Science*, 121 (2), 155-161.
- Zhang, X., Dong, S., Yun, X. & Hu, Z. (2007). Variation of Productivity and Nutritive Values of Oat (*Avena sativa*) with Geographical Locations in Gansu Province of Northwest China under Irrigation and Fertilization Conditions. *African Journal of Biotechnology*, 6(5), 553-560.



Effect of Adding Flaxseed Essential Oil in Alfalfa Ensiling Process on Ruminal Fermentation Kinetics

Maghsoud BESHARATI^{1*}, Valiollah PALANGI², Masomeh NIAZIFAR³, Tugay AYAŞAN⁴
Abdelfattah ZM. SALEM⁵

^{1,3}University of Tabriz, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, Department of Animal Science, 51666, Tabriz, Iran, ²Department of Animal Science, Agricultural Faculty, Ataturk University, 25240, Erzurum, Türkiye, ⁴Osmaniye Korkut Ata University, Kadiri Faculty of Applied Sciences, Osmaniye, Türkiye, ⁵Department of Pharmacology, Anesthesia and Analgesia, Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Autonomous University of the State of Mexico, Toluca, State of Mexico, Mexico

¹<https://orcid.org/0000-0002-5233-6425>, ²<https://orcid.org/0000-0001-6470-2608>, ³ <https://orcid.org/0000-0003-0672-4846>

⁴<https://orcid.org/0000-0001-7397-6483>, ⁵<http://orcid.org/0000-0001-7418-4170>

✉: mbesharati@tabrizu.ac.ir ; tayasan@gmail.com

ABSTRACT

The experiment's purpose was to evaluate the effect of adding different levels of essential flaxseed oils (FEO) on the chemical composition and *in vitro* degradability of alfalfa silage. Treatments were alfalfa silage with no additive (control) or treated with 60 or 120 ml/kg DM of essential flaxseed oils (FEO60, FEO120, respectively). Whole plant alfalfa was ensiled for 60 d in triplicate laboratory-scale tubes. Dry matter (DM) content was more significant for FEO120 than control. Compared with the control, neutral detergent fiber (NDF) concentration was decreased in FEO120. Adding essential oils to the silage significantly decreased silage pH compared with untreated silage ($P < .0001$). Interestingly increased (DM and OM digestibility) for all the silages containing essential oil compared with untreated silage. The addition of flaxseed essential oil to alfalfa silage increased the rate of disappearance of organic matter (OM) and dry matter (DM) in all treatments compared to the control treatment. The degradability potential of alfalfa silage has increased in treatments containing FEO (120 mg/kg DM). In general, the obtained data show that the FEO had a positive effect on the quality of alfalfa silage and its nutritional characteristics.

Animal Science

Research Article

Article History

Received : 02.01.2022
Accepted : 30.06.2022

Keywords

Essential oils
In vitro degradability
Secondary metabolite
Silage

Yonca Silolama İşlemine Keten Tohumu Esansiyel Yağı İlavesinin Rumen Fermantasyon Kinetiğine Etkisi

ÖZET

Yonca, dünya çapında yaygın olarak yetiştirilen ruminant hayvanların beslenmesinde en önemli yem kaynaklarından biridir. Bununla birlikte, kurutma ve depolama işlemi sırasında mekanik işlemlerden kaynaklanan birçok besin kaybı olmaktadır. Bu nedenle yoncanın silolanması kurutma kayıplarını önlemenin alternatif bir yoludur. Bu çalışmanın amacı, farklı seviyelerde keten tohumu esansiyel yağlarının (KEY) eklenmesinin yonca silajının kimyasal bileşimi ve *in vitro* sindirilebilirliği üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Muameleler, katkı maddesi içermeyen yonca silajı (kontrol) veya 60 veya 120 ml/kg KM keten tohumu uçucu yağları (sırasıyla KEY60, KEY120) olacak şekilde düzenlenmiştir. Tüm bitki yonca silajları, üç tekerrür olacak şekilde laboratuvar ölçekli tüplerde 60 gün boyunca silolanmıştır. KEY120 için kuru madde (KM) içeriği kontrolden daha büyük olarak bulunmuştur. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, KEY120'de nötr deterjan fiber (NDF) konsantrasyonu azalmıştır. Uçucu yağların eklenmesi ve silajın kombinasyonu, işlem görmemiş silaja kıyasla silaj pH'ını önemli ölçüde azaltmıştır ($P < .0001$). Kontrol ile karşılaştırıldığında, uçucu yağ içeren tüm silajlarda ilginç bir şekilde artmıştır. Yonca silajına keten tohumu esansiyel yağı ilavesi, kontrol uygulamasına kıyasla tüm uygulamalarda organik madde (OM) ve kuru madde (DM) sindirilebilirlik oranını artırmıştır. Yonca silajının

Zootekni

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 02.01.2022
Kabul Tarihi : 30.06.2022

Anahtar Kelimeler

Esansiyel yağlar
In vitro sindirilebilirlik
İkincil metabolit
Silaj

yıkılabilirlik potansiyeli, KEY (120 mg/kg KM) içeren gruplarda artmıştır. Genel olarak elde edilen veriler, KEY'in yonca silajının kalitesine ve besleyici özelliklerine olumlu etkisi olduğunu göstermektedir.

- Atıf Şekli:** Besharati, M., Palangi, V., Niazifar, M., Ayaşan, T. & Salem, A.Z.M. (2023). Yonca Silolama İşlemine Keten Tohumu Esansiyel Yağı İlavesinin Rumen Fermantasyon Kinetiğine Etkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg 26 (2)*, 450-458. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1052345>
- To Cite :** Besharati, M., Palangi, V., Niazifar, M., Ayaşan, T. & Salem, A.Z.M. (2023). Effect of Adding Flaxseed Essential Oil in Alfalfa Ensiling Process on Ruminal Fermentation Kinetics. *KSU J. Agric Nat 26 (2)*, 450-458. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1052345>.

INTRODUCTION

An essential component in ruminant diets is forage; the leguminous family is of particular importance among the forages. Of this family, alfalfa is more critical. One of the important characteristics of alfalfa is its high nutritional quality for livestock. Forage storage is essential for long-term use in many areas when fresh forage is unavailable for ruminant diets. In countries where the growing season is limited, silage and hay play an important role in the diet of ruminants. Ensiling is a method of preserving a product based on the natural fermentation of lactic acid under anaerobic conditions, which can provide fodder throughout the year as the primary source of nutrition, and provide high nutritional value for ruminants. One of the main problems in preparing quality silage is rapid lowering of the pH of the silo in a short time (Besharati et al., 2021; Besharati et al., 2020a; He et al., 2020). Silo additives can be classified as fermentation stimulants and food spoilage inhibitors (Erb and Kliebenstein, 2020). In addition, corruption inhibitors can be divided into subgroups of inhibitors, fermentation, and aerobic stability enhancers in which plant essential oils (EOs) preserve silage nutrients by inhibiting the growth of undesirable microorganisms. Because of increasing public pressure to decrease antimicrobials in livestock production and the regulations that ban these substances in Europe (More, 2020), scientists and the livestock feed industry have been actively working to find alternative antimicrobials (Grant et al., 2018). EOs and their compounds have attracted much attention because their antimicrobial properties may modulate rumen fermentation (Garcia et al., 2020). EOs from aromatic and medicinal plants have been shown to have selective antimicrobial properties and a high potential for binding to proteins (Ayaz et al., 2017).

Flaxseed oil contains α -linolenic acid (ALA) and linolenic acid, the rich source of ω -3 fatty acids in nature and, has more than twice as much omega-3 fish oils. FEO includes a high level of ALA (approximately 55% of total fatty acids). Besharati et al. (2020a), in another study, showed that FEO had a positive effect on silage quality and compositions. A study found that diets rich in unsaturated omega- ω -3 fatty acids before calving were fed to sheep and cattle, respectively,

delayed calving time and increased placental abruption. However, increased in ω -3 unsaturated fatty acids in the diet after childbirth improved cow pregnancy (William et al., 2000).

The specific purpose of this study was to evaluate the effects of supplementing different levels of FEO on chemical composition and *in vitro* degradability parameters in alfalfa silage.

MATERIAL and METHODS

Green flax seeds (about 2 kg) were crushed and sifted with a mill. 200 g of milled flaxseed was immersed by maceration using an n-hexane solvent (Sayyah et al., 2005). The EOs were stored at 4°C until they were used in the experiment (Table 1).

Table 1. Aromatic compounds in flaxseed essential oil (percentage of total compounds)

Çizelge 1. Keten tohumu esansiyel yağındaki aromatik bileşikler (Toplam bileşiklerin %'si olarak)

Compounds	%
75.198	9-Octadecenoic acid
1.640	Decane
0.632	Dodecane
0.613	Hexadecanoic acid
0.375	Linolenic
6.020	Linoleic acid
0.213	Nonane
4.380	Octadecanoic acid
0.526	Octane
0.213	Nonane
5.207	Pentadecene
0.113	Tridecane
0.188	Tetradecane
0.964	Undecane
75.198	9-Octadecenoic acid

Silage preparation and experimental treatments

The alfalfa samples were collected from a field in East Azarbaijan province, then ensiled in laboratory-scale mini silos for 60 days after chopping theoretically at 3-5 cm length. The alfalfa was treated with no additives (control) or treated with EO at the rate of 60 or 120 mg/kg. The EO used was FEO (FEO60 and FEO120). Each treatment was provided in triplicate tubes. Before ensiling, FEO was dissolved in aqueous ethanol

(1 cc) (Chaves et al., 2012) and sprayed onto the chopped alfalfa (3 Kg). The exact amount of ethanol (1 cc) was used for the control. The mini-silos (10 cm diameter and 70 cm height) were sealed and stored at room temperature (25°C to 28°C) for 60 days. After 60 days of ensiling, the silos were opened and used to analyze chemical and fermentation quality.

The chemical compositions of the silage samples were determined immediately after the opening. After the opening of silos, the pH, soluble carbohydrate (WSC) and dry matter (DM) of the samples were determined. After drying and grinding, to determine the dry matter (DM), the silage samples were dried in an oven for 48 hours after leaving the freezer at 65 °C and ground with a 1 mm sieve. DM, crude protein (CP), ash (CA), and ether extract (EE) contents were determined by the procedures given by AOAC (2002). To measure Ash, milled samples were placed in a furnace at 550 °C for 5 hours.

The acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) were determined according to Van Soest et al. (1991) procedures without the use of amylase and sodium sulfite. The aqueous extract of ensiled samples was prepared by mixing 20 g of silage with 180 ml of deionized water and homogenizing this mix for 1 min. Silage pH was determined using a pH meter. The ammonia-N (NH₃-N) concentration of acidified silage extracts was determined using the Kjeldahl method. To measure the WSC content by phenolic sulfuric acid method (Dubius et al., 1956), 10 g of fresh silage was poured into 90 cc of distilled water. After diluting the samples, it was measured at 470 nm with a spectrophotometer. Total volatile fatty acids (tVFA) contents in silages were determined using the method described by Markham (1942). Metaphosphoric acid (1 ml of 25%) was added to filtered extract (5 ml) to determine tVFA. The method of Borshchevskaya et al., (2016) was used to determine lactic acid (LA) contents.

In Vitro Degradability

Rumen fluid was collected in a slaughterhouse using a four-layer cheesecloth and transferred rapidly to the laboratory in a 39° C water flask. Approximately 300 mg of silages was added to serum bottles. The 20 mL of buffered rumen fluid with McDougall's buffer was pipetted into each serum bottle. The degradability was recorded after 2, 4, 8, 12, and 24 h of incubation. The degradability values are expressed as % of DM (Besharati et al., 2008).

Rate and extent of degradability was determined for each treatment by fitting data to the non-linear function $Y = a + b(1 - e^{-ct})$,

Where, y is the volume of degradability at time t , $a+b$ the fermentation of soluble and insoluble fraction (% of DM), and c the constant fractional rate of fermentation (Ørskov and McDonald, 1979).

$$ED = a + b \times c / (c + 0.05)$$

Where, effective degradability is 24 h fermentation (% of DM); a , b and c are soluble part (%), insoluble with degradability (%) and rate of degradability (DM/h), respectively (Ørskov & McDonald, 1979).

Statistical analysis

Data obtained from chemical composition and degradability were subjected to analysis of variance as a completely randomized design by the GLM procedure of SAS (2000). The significance of differences among treatments was tested using Duncan test. Differences were declared as significant at $p \leq 0.05$.

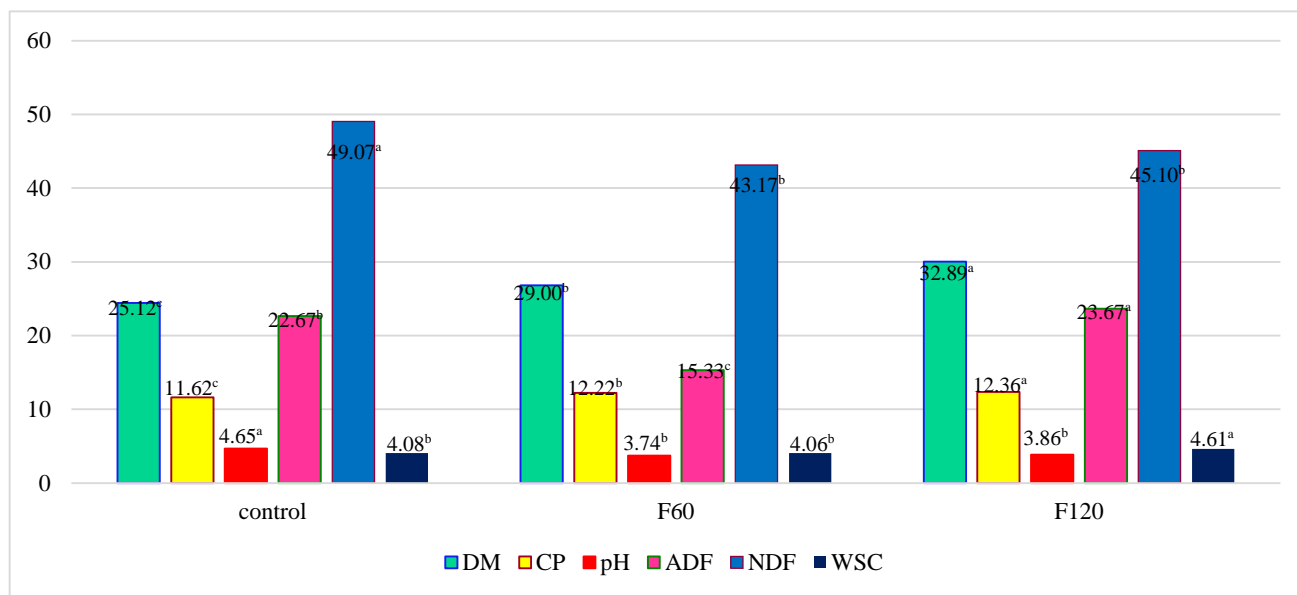
RESULTS and DISCUSSION

The DM, OM, CP, WSC, ADF and NDF contents of alfalfa before ensiling were 22.20, 88.40, 19.60, 3.74, 17.00 and 24.80%, respectively. The effects of EO on the chemical composition of silages are shown in Fig 1. Adding FEO increased DM and CP contents of silages and decreased pH and NDF, and ADF contents. The effects of EOs on DM can depend on the source of the EO. Interactions or the habituation of microbial populations to plant EOs varies. The increase in DM content is probably due to the restriction of growth and development of a certain group of microorganisms in silage and, as a result, less loss of silage nutrients. Relative to the control, CP concentration was increased with treatments supplemented with EOs ($P < 0.001$). Turan et al. (2018) did not observe any change in crude protein by adding plant EOs, probably related to the amount of use and the type of silage. Some previous studies have reported the inhibitory effects of some plant EOs, including peppermint, on Clostridia growth (Ivergis et al., 1990). This may justify the increase in CP in EO-containing silage. The FEO60 and FEO120 silages had lower NDF concentrations compared with the control ($p < 0.001$). The ADF content decreased in all treatments compared to the control silage.

The addition of EOs to alfalfa silage decreased the pH value ($p < 0.001$) compared with the control. This decrease in pH is due to lactic acid bacteria, which increase lactic acid production in silos and reduce acetic and butyric acid (Rowghani et al., 2018). On the other hand, lowering the pH reduces the action of proteolysis and plant enzymes or respiratory enzymes, that of silage corruption, and prevents the conversion of protein to non-protein nitrogen. The effects of EOs on DM can depend on the source of the EO; interactions or the habituation of microbial populations to plant EOs varies. The increase in DM content is probably due to the restriction of growth and development of a certain group of microorganisms in silage and, as a result, less loss of silage nutrients. Palangi & Macit (2021) stated that the percentage of plant dry matter depends on many factors such as species, growth stages of different parts of the plant, soil moisture, and

rainfall. The chemical composition of forage plants under natural conditions is influenced by topographic

features, climatic conditions, harvest time, and folds.



Figure

1. Effect of FEO on chemical composition of silage after 60 d of silage (DM, %)

Şekil 1. KEY'in 60 günlük silajdan sonraki silajın kimyasal kompozisyonu üzerine etkisi (%KM)

Trt: control: silage without additives, F60: silage with 60 ml FEO/kg, F120: silage with 120 ml FEO/kg. Chemical composition²: DM, dry matter; CP, crude protein; NDF, neutral detergent fiber; CA, crude ash; WSC: water soluble carbohydrate; ADF, acid detergent fiber. The means without common letter(s) differ (p<0.05)

In vitro Degradability

The results of degradability values and degradability parameters are shown in Table 2. Adding FEO to alfalfa silage increased DM, OM degradability and the rate of degradation of OM and DM in all treatments compared to the control (p<0.05). After 24 h of incubation, the treatment FEO120 had the highest (64.45±0.040), and the treatment control had the lowest OM degradability (61.84±0.037) (p<0.05). According to the presented results, 2 h after incubation, the highest rate of CP degradability was for control, and the lowest rate of CP degradability was for treatment FEO60. In 24 h after incubation, treatment FEO60 had the highest degradability rate. The concentration of EOs in plants is affected by factors such as species, subspecies, geographical location, the harvest time of the plant, and the part used for EO collection. In addition, factors such as light, heat, and moisture stress also affect their concentration in the plant.

The effects of EOs on rumen microbial populations are dose-dependent (Macheboeuf et al., 2008). The results of this experiment agree with the findings of Chaves et al. (2012) and Hodjatpanah et al., (2016). In another experiment, the processing of alfalfa silage with thyme EOs decreased *in vitro* degradation (Amini Pour et al., 2017). The experiment of Hodjatpanah et al. (2016) examined the EOs of mint, oregano, thyme, cumin, and cinnamon to change silage fermentation and gas production that the degradability of EO treatments in

24 hours of incubation increased significantly compared to the control. Salam et al. (2011) reported a decrease in the digestibility of dry matter and organic matter due to the addition of EOs. In an experiment conducted by Newbold et al. (2004), adding a mixture of active compounds of plant EOs to the diet of adult sheep did not affect the degradability of dry matter. Adsogan et al. (2004) reported that inoculation with EOs increased the digestibility of OM, DM, NDF, and ADF.

Degradation Parameters

The fermentation properties of CP, DM, NDF, and OM of alfalfa silage are presented in Table 3. The results show that FEO60 significantly increases the effective degradability (ED), increasing the soluble fraction of DM (a) (56.89±0.58, 61.88±0.56, 54.7±0.67).

The degradability potential (PD) of alfalfa silage in the FEO120 increased, which is statistically significant with the control (p<0.05) (63.75±0.31, 64.56±0.37, 64.57±0.37). Decreased of insoluble part (b) degradability of alfalfa silage by adding FEO60, which was significant compared to the control. Increasing or decreasing the degradability of the insoluble part depends on the dose used at the silage level. The constant DM degradability rate, FEO60, was significantly different from the control and was numerically higher than theirs. According to the reported results, the organic matter solution (a) was significantly different, statistically significant from the

control treatment. FEO60 treatment significantly increased the soluble fraction of OM compared to the control. The ED of organic matter was the highest for FEO60. According to the reported results, the rate of degradability of the rapidly decomposing part (a) of crude protein, FEO60, has significantly increased with the control. The results of this experiment showed that the addition of EOs to alfalfa silage caused a significant decrease in the insoluble fraction (b) of CP ($p < 0.05$). In terms of effective degradability (ED) of crude alfalfa silage protein, the highest amount is associated with the control, and the lowest amount of ED is related to F120 at a passing rate of 2% per hour, which shows a significant decrease compared to all treatments ($p < 0.05$). However, more tests are needed

to determine the appropriate dose of EO; different species of EOs can alter the binding and colonization of ruminal microbes relative to plant materials entering the rumen and are likely to affect the segregation of insoluble protein sources as opposed to soluble protein sources (Moselhy et al., 2016). Due to the low amount of soluble carbohydrates, alfalfa makes the fermentable substrate a limiting factor in changing silage compositions. In this case, adding compounds such as EOs with cell wall digestion provides the amount of substrate available for fermentation (Besharati et al., 2019). High cell wall digestibility positively affects dry matter intake, while cell wall concentration negatively correlates with the amount of feed cell wall (Duodu et al., 2003).

Table 2. The effect of FEO on fermentation properties of alfalfa silage (% of DM).

Çizelge 2. Keten tohumu esansiyel yağının yonca silajının fermentasyon özelliklerine olan etkisi (%KM)

Incubation times (h)					Trt ¹
24	12	8	4	2	DM(%)
61.88 ^c ±0.53	51.24 ^c ±0.37	46.64 ^b ±0.63	34.99 ^c ±0.35	24.93 ^c ±0.48	Control
65.82 ^a ±0.55	57.97 ^a ±0.37	52.26 ^a ±0.63	45.42 ^a ±0.35	34.28 ^a ±0.36	FEO60
63.88 ^b ±0.60	52.94 ^b ±0.39	46.42 ^b ±0.67	35.70 ^b ±0.35	32.44 ^b ±0.36	FEO120
0.319	0.702	0.728	0.355	0.605	SEM
<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<i>P-value</i>
					OM(%)
61.84 ^c ±0.037	52.52 ^b ±0.15	38.33 ^c ±0.24	27.67 ^c ±0.68	27.67 ^b ±0.57	Control
62.63 ^b ±0.049	59.92 ^a ±0.15	54.26 ^a ±0.24	43.99 ^a ±0.53	32.29 ^a ±0.41	FEO60
64.45 ^a ±0.040	52.97 ^b ±0.15	47.43 ^b ±0.24	32.70 ^b ±0.37	31.45 ^{ab} ±0.57	FEO120
0.084	0.073	0.041	0.218	0.051	SEM
<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<i>p-value</i>
					CP(%)
56.52 ^a ±0.22	45.32 ^a ±0.14	34.44 ^a ±0.22	23.16 ^{ab} ±0.33	17.59 ^a ±0.21	Control
35.18 ^c ±0.21	28.99 ^c ±0.18	23.07 ^c ±0.23	17.01 ^b ±0.32	13.47 ^c ±0.25	FEO60
40.54 ^b ±0.22	33.05 ^b ±0.11	30.30 ^b ±0.22	24.64 ^a ±0.32	14.05 ^b ±0.21	FEO120
0.269	0.186	0.202	0.383	0.156	SEM
<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<i>p-value</i>
					NDF(%)
47.43 ^a ±0.45	36.76 ^a ±0.33	31.57 ^a ±0.14	26.67 ^a ±0.15	24.32 ^a ±0.24	Control
42.17 ^c ±0.45	32.60 ^b ±0.33	26.55 ^c ±0.13	22.20 ^c ±0.24	20.06 ^b ±0.28	FEO60
45.10 ^b ±0.46	32.77 ^{ab} ±0.33	29.03 ^b ±0.12	24.11 ^b ±0.17	21.96 ^{ab} ±0.29	FEO120
0.437	0.380	0.147	0.081	0.125	SEM
<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<i>p-value</i>
47.43 ^a ±0.45	36.76 ^a ±0.33	31.57 ^a ±0.14	26.67 ^a ±0.15	24.32 ^a ±0.24	Control

Trt¹-control: silage without additives, FEO60: silage with 60 ml FEO/kg, FEO120: silage with 120 ml FEO/kg. Means within same column with different superscripts differ ($P < 0.05$).

Ruminal Metabolites

The effect of adding EOs in this study on the concentration of tVFA and NH₃-N and pH alfalfa silage in 24 hours after incubation is shown in Table 4. After 24 hours of incubation, ammonia nitrogen in FEO60 increased, and the control decreased ($p < 0.05$). Ammonia-producing bacteria may show different sensitivities to the addition of EOs. EOs and their compounds have been shown to affect ruminal nitrogen

metabolism in dose-dependent methods. The results show that the addition of FEO120 caused a significant increase in tVFA ($p < 0.05$). The lowest amount of tVFA was related to the treatment control. However, decreased ruminal ammonia N concentration and decreased tVFA concentration indicate that fermentation in the diet as a whole has decreased. The pH changes 24 hours after incubation show that the pH of all treatments increased slightly.

Table 3. The effect of different levels of FEO on fermentation properties parameters of alfalfa silage

Çizelge 3. Farklı düzeylerdeki keten tohumu esansiyel yağının yonca silajının fermentasyon özelliklerine olan etkisi

Items								Treatment
<i>K(0.08)</i>	<i>K(0.05)</i>	<i>K(0.01)</i>	<i>ED</i>	<i>PD</i>	<i>c</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	DM
44.63 ^c ±0.22	50.46 ^c ±0.24	60.13 ^c ±0.37	56.89 ^c ±0.58	63.75 ^b ±0.31	0.125 ^b ±0.02	49.01 ^a ±0.62	14.73 ^b ±0.68	Control
51.07 ^a ±0.19	54.87 ^a ±0.22	61.83 ^b ±0.37	61.88 ^a ±0.56	64.56 ^{ab} ±0.37	0.17 ^a ±0.03	40.84 ^c ±0.66	23.23 ^{ab} ±0.63	FEO60
47.93 ^b ±0.16	53.67 ^b ±0.52	67.00 ^a ±0.39	54.7 ^b ±0.67	64.57 ^a ±0.37	0.075 ^c ±0.02	47.89 ^b ±0.61	24.73 ^a ±0.64	FEO120
0.231	0.416	0.337	0.955	0.46	0.010	1.017	1.094	SEM
<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<i>P-value</i>
								OM
21.93 ^c ±0.06	23.03 ^b ±0.08	26.33±0.50	23.09 ^c ±0.15	28.18±0.64	0.040 ^b ±0.003	9.65±0.32	18.53 ^a ±0.06	Control
22.54 ^a ±0.05	23.50 ^a ±0.06	26.31±0.28	23.43 ^a ±0.11	27.93±0.24	0.078 ^a ±0.004	9.02±0.16	18.11 ^b ±0.09	FEO60
22.30 ^b ±0.03	23.00 ^b ±0.02	25.42±0.67	23.29 ^b ±0.28	26.73±0.39	0.052 ^{ab} ±0.002	7.605±0.52	18.65 ^a ±0.03	FEO120
0.028	0.058	0.295	0.035	0.257	0.003	0.372	0.131	SEM
<.0001	0.0021	0.396	0.0005	0.230	0.038	0.107	0.005	<i>P-value</i>
								CP
46.30 ^a ±0.77	35.50 ^b ±0.49	42.67 ^b ±0.08	56.87 ^a ±0.51	62.53 ^a ±0.31	0.090 ^b ±0.001	54.70 ^a ±0.28	7.83 ^c ±0.13	Control
35.30 ^b ±0.72	39.57 ^a ±0.28	49.73 ^a ±0.09	40.47 ^b ±0.58	53.47 ^b ±0.37	0.11 ^a ±0.002	43.66 ^b ±0.37	9.80 ^a ±0.13	FEO60
24.33 ^c ±0.74	27.93 ^c ±0.50	39.23 ^c ±0.15	28.37 ^c ±0.54	39.53 ^c ±0.62	0.08 ^c ±0.001	31.32 ^c ±0.68	8.21 ^b ±0.11	FEO120
0.846	0.601	0.087	2.574	1.059	0.0104	1.086	0.364	SEM
<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<i>P-value</i>
								NDF
35.93 ^a ±0.50	40.43 ^a ±0.62	56.03 ^a ±0.76	40.48 ^a ±0.67	65.30 ^a ±0.54	0.036 ^c ±0.002	42.58 ^b ±0.74	22.71 ^a ±0.64	Control
30.33 ^c ±0.54	35.13 ^c ±0.79	51.83 ^b ±0.77	35.15 ^c ±0.66	62.74 ^b ±0.50	0.041 ^b ±0.001	46.52 ^a ±0.62	16.22 ^c ±0.64	FEO60
33.20 ^b ±0.51	37.77 ^b ±0.78	46.10 ^c ±0.74	37.82 ^b ±0.68	60.17 ^c ±0.62	0.046 ^a ±0.003	41.39 ^c ±0.62	18.80 ^b ±0.64	FEO120
0.795	1.016	1.051	0.767	0.858	0.0012	0.778	0.644	SEM
<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<i>P-value</i>

Treatment¹-control: silage without additives, FEO60: silage with 60 ml FEO/kg, FEO120: silage with 120 ml FEO/kg. Means within same column with different superscripts differ ($P<0.05$).

Table 4. The effect of different levels of FEO on tVFA, NH₃-N and pH of experimental treatments
Çizelge 4. Farklı düzeylerdeki keten tohumu esansiyel yağının tVFA, NH₃-N ve pH'a olan etkisi

Incubation times (h)					Treatments ¹
24	12	8	4	2	pH
6.49 ^c ±0.02	6.60 ^b ±0.02	6.77 ^b ±0.03	6.83 ^b ±0.01	6.93 ^b ±0.03	control
6.50 ^b ±0.02	6.57 ^c ±0.01	6.63 ^c ±0.02	6.72 ^c ±0.01	6.86 ^c ±0.06	FEO60
6.51 ^a ±0.01	6.83 ^a ±0.02	6.90 ^a ±0.02	6.94 ^a ±0.02	6.99 ^a ±0.01	FEO120
0.0411	0.0192	0.019	0.053	0.0275	SEM
<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<i>p</i> -value
					NH ₃ -N (mmol/L)
142.33 ^c ±0.31	135.33 ^{ab} ±0.123	112.00 ^c ±0.47	100.33 ^c ±0.19	84.00 ^c ±0.42	control
161.00 ^a ±0.30	149.33 ^a ±0.27	137.67 ^a ±0.46	114.33 ^b ±0.18	102.67 ^b ±0.42	FEO60
149.33 ^b ±0.31	137.67 ^b ±0.28	130.67 ^b ±0.48	116.67 ^a ±0.16	107.33 ^a ±0.49	FEO120
0.367	0.245	0.410	0.132	0.440	SEM
<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<i>p</i> -value
					Ruminal VFA (mmol/L)
24.67 ^c ±0.40	35.00 ^c ±0.36	40.33 ^c ±0.14	46.33 ^c ±0.13	61.00 ^c ±0.35	control
41.67 ^a ±0.37	49.00 ^b ±0.49	57.33 ^b ±0.12	86.33 ^a ±0.17	96.33 ^a ±0.33	FEO60
45.67 ^b ±0.32	52.00 ^a ±0.40	62.67 ^a ±0.12	77.33 ^b ±0.15	93.33 ^b ±0.32	FEO120
0.451	0.401	0.212	0.125	0.342	SEM
<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<i>p</i> -value

Treatment¹-control: silage without additives, FEO60: silage with 60 ml FEO/kg DM, FEO120: silage with 120 ml FEO/kg DM. Means within same column with different superscripts differ (*P*<0.05)

The highest significant increase was related to the treatment FEO120 compared to the control (*p* <0.05). Kolling et al. (2018) reported no significant effect of adding EOs on ruminal ammonia concentration (Kolling et al. 2018). Puupponen-Pimiä et al. (2011) also stated that different levels of lemon did not have a significant effect on NH₃-N. The effects of EOs on ruminal nitrogen metabolism are probably due to high bacterial ammonia production, resulting in reduced amino acid deamination and ammonia N production.

The discrepancy between these studies and some of the treatments of the present study can be attributed to the differences in the doses used.

Numerous *in vitro* studies have been performed to determine the effects of EOs and their main Compounds on N metabolism in the rumen. Basquit et al. (2005) stated that the EOs of cinnamon, cloves, oregano, green tea, garlic oil, cinnamaldehyde, caracrol, and eugenol increased the pH of the abdomen during 24 hours of incubation. In studies (Kolling et al., 2018; Foskolos et al., 2016), an increase in pH was associated with a reduction in the concentration of tVFA, which indicates a decrease in the fermentability of the diet due to the antimicrobial activity of phenolic compounds. In general, the differences between the results of the present study and other studies can be related to differences in the type, dose, and chemical composition of the EO used the composition of the basic diet, and test conditions (*in vivo* versus *in vitro*, the duration of the test). Natural additives could improve animal performance through modulating rumen

fermentation (Valero, 2014).

CONCLUSION

The obtained data show that FEO had a positive effect on alfalfa silage quality and its fermentation properties. Based on the obtained results, it can be concluded that the use of EO as silage additive has the potential to improve its nutritional value and silage quality.

Statement of Conflict of Interest

Authors had no conflict of interest

Author's Contributions

MB and MN: have designed the study and collected the data and wrote the article. MN: executed the experiment. VP, TA: reviewed the article and AZMS: critically reviewed.

REFERENCES

- Adesogan, A.T., Krueger, N., Salawu, M.B., Dean, D.B. & Staples, C.R. (2004). The Influence of Treatment with Dual Purpose Bacterial Inoculants or Soluble Carbohydrates on the Fermentation and Aerobic Stability of Bermudagrass. *Journal of Dairy Science* 87, 3407–3416.
- Association of Official Analytic Chemists (AOAC) 2002. Official method of Analytic. Vol. 1. 17 thed. AOAC, Arlington VA. P, 120-155.
- Ayaz, M., Sadiq, A., Junaid, M., Ullah, F., Subhan, F. & Ahmed, J. (2017). Neuroprotective and Anti-

- Aging Potentials of Essential Oils from Aromatic and Medicinal Plants. *Frontiers in Aging Neuroscience* 9, 168.
- Benchaar, C., McAllister, T.A., Petit, H.V. & Chouinard, P.Y. (2014). Whole Flax Seed and Flax Oil Supplementation of Dairy Cows Fed High-Forage or High-Concentrate Diets: Effects on Digestion, Ruminal Fermentation Characteristics, Protozoal Populations and Milk Fatty Acid Profile. *Animal Feed Science and Technology* 198, 117–129.
- Besharati, M., Palangi, V., Nekoo, M. & Ayaşan, T. (2021). Effects of Lactobacillus Buchneri Inoculation and Fresh Whey Addition on Alfalfa Silage Quality and Fermentation Properties. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi* 24 (3), 671–678. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.777031>.
- Besharati, M., Karimi, M., Taghizadeh, A., Nemati, Z. & Kaygısız, A. (2020a). Improve Quality Of Alfalfa Silage Ensiled With Orange Pulp And Bacterial Additive. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi* 23 (6), 1661-1669. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.673623>.
- Besharati, M., Palangi, V., Niazifar, M. & Nemati, Z. (2020b). Comparison Study of Flaxseed, Cinnamon a Lemon Seed Essential Oils Additives on Quality and Fermentation Characteristics of Lucerne Silage. *Acta Agriculturae Slovenica* 115(2), 455–462.
- Besharati, M., Shafipour, N. & Nemati, Z. (2019). Effect of Supplementation of Alfalfa Silage with Lactobacillus Buchneri Additive, Orange Pulp and Molasses on Dry Matter, Crude Protein and Organic Matter Degradability by Nylon Bags. *Research on Animal Production* 10(23), 45–52.
- Besharati, M., Taghizadeh, A., Jan Mohammadi, H. & Moghadam, G. (2008). Determination of degradability of grape by products by using gas production method and nylon bags. *Journal of Agricultural Science* 18(3), 173–185. (In Persian).
- Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., Carro, M.D. & Kamel, C. (2005). Effect of Garlic Oil and Four of its Compounds on Rumen Microbial Fermentation. *Journal of Dairy Science* 88, 4393-4404.
- Chaves, A.V. (2012). Effects of Cinnamon Leaf, Oregano and Sweet Orange Essential Oils on Fermentation and Aerobic Stability of Barley Silage. *Journal of Science Food and Agriculture* 92(4), 906-915.
- Dubios, A., Giles, M.K.A., Hamilton, J.K., Ronerts, P.A. & Smith, F. (1956). Colorimetric Method for Determination of Sugars And Related Substances. *Analytical Chemistry* 28, 350-356.
- Duodu, K.G., Taylor, J.R.N., Belton, P.S. & Hamaker, B.R. (2003). Factors Affecting Sorghum Protein Digestibility. *Journal of Cereal Science* 38(2), 117–131
- Erb, M. & Kliebenstein, D.J. (2020). Plant Secondary Metabolites as Defenses, Regulators and Primary Metabolites: The Blurred Functional Trichotomy. *Plant Physiology* 184(1), 39-52.
- Garcia, F., Colombatto, D., Brunetti, M.A., Martínez, M.J., Moreno, M.V., Scorcione Turcato, M. & Martínez Ferrer, J. (2020). The Reduction of Methane Production in The in Vitro Ruminal Fermentation of Different Substrates is Linked with The Chemical Composition of The Essential Oil. *Animals* 10(5), 786.
- Grant, A.Q., Gay, C.G. & Lillehoj, H.S. (2018). Bacillus spp. As Direct-Fed Microbial Antibiotic Alternatives To Enhance Growth, Immunity, And Gut Health in Poultry. *Avian Pathology* 47(4), 339-351.
- He, L., Lv, H., Xing, Y., Wang, C., You, X., Chen, X. & Zhang, Q. (2020). The Nutrients in Moringa Oleifera Leaf Contribute to The Improvement of Stylo and Alfalfa Silage: Fermentation, Nutrition and Bacterial Community. *Bioresource Technology* 301, 122733.
- Hojat Panah, M. & Ranjbar Kohan, Z. (2014). A Study of Relationship Between Sexual Satisfaction, Marital Satisfaction and Life Satisfaction in Couples. *Cheshmandaz Ainal Applied Psychology* 1(1), 62.
- Jahani-Azizabadi, H., Danesh-Mesgaran, M., Vakili, A.R. & Rezayazdi, K. (2014). Effect of Some Plant Essential Oils on in Vitro Ruminal Methane Production and on Fermentation Characteristics of A Mid-Forage Diet. *Journal of Agricultural Science and Technology* 16, 1543-1554.
- Kolling, G.J., Stivanin, S.C.B., Gabbi, A.M., Machado, F.S., Ferreira, A.L., Campos, M.M., Tomich, T.R., Cunha, C.S., Dill, S.W., Pereira, L.G.R. & Fischer, V. (2018). Performance and Methane Emissions in Dairy Cows Fed Oregano and Green Tea Extracts as Feed Additives. *Journal of Dairy Science* 101, 221–4234.
- Makkar, H.P.S. (2010). In Vitro Screening of Feed Resources for Efficiency of Microbial Protein Synthesis. In: In Vitro Screening of Plant Resources for Extra-nutritional Attributes in Ruminants: Nuclear and Related Methodologies. Springer p. 107–144.
- Markham, R. (1942). A Steam Distillation Apparatus Suitable for Micro-Kjeldahl Analysis. *Biochemical Journal* 36(10-12), 790-791.
- Marković, J., Radović, J., Lugić, Z. & Sokolović, D. (2007). The Effect of Development Stage on Chemical Composition of Alfalfa Leaf and Stem. *Biotechnology in Animal Husbandry* 23(5-6-2), 383–388.
- McDougall, E.I. (1948). The Composition and Output of Sheep's Saliva. *Biochemical Journal* 43(1), 99–109.
- Moghaddasi, M.S. (2011). Linseed and Usages in Humanlife. *Advances in Environmental Biology* 5(6), 1380-1392.
- More, S.J. (2020). European Perspectives on Efforts to

- Reduce Antimicrobial Usage in Food Animal Production. *Irish Veterinary Journal* 73(1), 2.
- Newbold, C.J., McIntosh, F.M., Williams, P., Losa, R. & Wallace, R.J. (2004). Effects of A Specific Blend of Essential Oil Compounds on Rumen Fermentation. *Animal Feed Science and Technology* 114, 105–112.
- Ørskov, E.R. & McDonald, P. (1979). The Estimation of Protein Digestibility in The Rumen From Incubation Measurements Weighed According to Rate of Passage. *The Journal of Agricultural Science* 92, 499-503.
- Palangi, V. & Macit, M. (2021). Indictable Mitigation of Methane Emission Using Some Organic Acids as Additives Towards a Cleaner Ecosystem. *Waste and Biomass Valorization* 12(9), 4825-4834. <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01347-8>
- Pawar, M.M., Kamra, D.N., Agarwal, N. & Chaudhary, L.C. (2014). Effects of Essential Oils on In Vitro Methanogenesis and Feed Fermentation with Buffalorumen Liquor. *Agricultural Research* 3, 67–74.
- Pour, H.A., Naserian, A.A., Vakili, A.R. & Tahmasbi, A.M. (2017). Effect of Essential Plant Oil Used as an Additive to Alter Silage Fermentation in Ruminant by In Vitro. *Biosciences Biotechnology Research Asia* 14(1), 145-152.
- Przybylski, R. (2005). Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Sixth Edition. Vol:6, John Wiley & Sons, Inc. 281-301.
- Saeed, A.A. & Abo-Ellul, M.H. (2020). Effect of Addition of Different Levels of Commercial Inoculant of Lactic Acid Bacteria and Date Juice on Nutritive Value of Wheat Straw Silages. *Euphrates Journal of Agriculture Science* 12(1), 153-163.
- Sallam, S.M.A., Abdelgaleil, S.M.A., Bueno, I.C.S., Nasser, M.E.A., Araujo, R.C. & Abdalla, A.L. (2011). Effect of Some Essential Oils on In Vitro Methane Emission. *Archives of Animal Nutrition* 65, 203–214.
- Silva, V.P., Pereira, O.G., Leandro, E.S., Da Silva, T.C., Ribeiro, K.G. & Mantovani, H.C. (2016). Effects of Lactic Acid Bacteria with Bacteriocinogenic Potential on The Fermentation Profile and Chemical Composition of Alfalfa Silage in Tropical Conditions. *Journal of Dairy Science* 99(3), 1895–1902.
- Tomkins, N.W., Denman, S.E., Pilajun, R., Wanapat, M., McSweeney, C.S. & Elliott, R. (2015). Manipulating Rumen Fermentation and Methanogenesis Using Anessential Oil and Monensin in Beef Cattle Fed a Tropical Grass Hay. *Animal Feed Science and Technology* 200, 25–34.
- Turan, A. & Önenç, S.S. (2018). Effect of Cumin Essential Oil Usage on Fermentation Quality, Aerobic Stability and In Vitro Digetibility of Alfalfa Silage. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 31(8), 1252.
- Valero, T. (2014). Editorial (thematic Issue: Mitochondrial Biogenesis: Pharmacological Approaches). *Current Pharmaceutical Design* 20(35), 5507-5509.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. (1991). Methods For Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science* 74, 3583.
- Vergis, J., Gokulakrishnan, P., Agarwal, R.K. & Kumar, A. (2015). Essential Oils as Natural Food Antimicrobial Agents: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 55(10), 1320-1323.
- Yang, W.Z., Benchaar, C., Ametaj, B.N. & Beauchemin, K.A. (2010). Dose Response to Eugenol Supplementation in Growing Beef Cattle: Ruminant Fermentation and Intestinal Digestion. *Animal Feed Science and Technology* 158(1-2), 57–64.
- Yildiz, S., Kaya, I., Unal, Y., Aksu Elmali, D., Kaya, S., Cenesiz, M., Kaya, M. & Oncuer, A. (2015). Digestion and Body Weight Change in Tuj Lambs Receiving Oak (*Quercus Hartwissiana*) Leaves with and without PEG. *Animal Feed Science and Technology* 122, 159-172.



Investigation of Potential Nutritive Values of Some Tree Leaves and Its Extracts by Using In Vitro Gas Production

Sıraç YAVUZ¹, Durmuş ÖZTÜRK²

¹Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Bingöl ²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Kahramanmaraş

¹<https://orcid.org/0000-0001-5878-8994>, ²<https://orcid.org/0000-0002-7706-1798>

✉: siracyavuz@bingol.edu.tr

ABSTRACT

This study was performed to assess the nutritional value of specific tree species (*Laurus nobilis*, *Albizia julibrissin*, *Glycyrrhiza glabra*, *Salix alba*, *Robinia pseudoacacia*, *Liquidambar orientalis*, *Juniperus communis*, *Quercus coccifera*, *Cedrus libani*, *Arbutus andrachne*) growing in different regions of Kahramanmaraş, besides the gas production of the leaves and their extracts at various dose levels (0.6, 1.2 and 1.8 mL). The ADF and NDF contents were differed between 16.20% - 32.47% and 28%-49.66%, respectively. *Liquidambar orientalis* leaves had the highest values for both characteristics, whereas *Salix alba* leaves had the lowest values. The CP value, varied between 7.94% and 25.94%. *Liquidambar orientalis* leaves had the highest concentration of condensed tannins, 16.19%, and *Albizia julibrissin* leaves had the lowest concentration, 2.12%. ME and OMD values ranged from 6.72 to 10.24 MJ kg⁻¹ and 43.68 to 65.72%, respectively. The GP content of the samples varied between 22.25-40.03 mL 200⁻¹ mg(DM). According to the study's various dose, GP and CH₄ production significantly increased when compared to the control group. The GP of leaf extracts for the control group was 44.89 mL, and doses at, 0.6, 1.2, and 1.8 mL were found; 51.05-105.96 mL, 52.71-106.26 mL, and 47.33-106.85 mL correspondingly. Methane production (%) concentration for the control group were 16.54%, and at 0.6, 1.2 and 1.8 mL doses were observed 16.64%-34.40%, 22.44%-34.80% and 18.41%-31.46% respectively. Significant relationships between CH₄ production, ADF, and NDF have been found.

Animal Science

Research Article

Article History

Received : 02.02.2022

Accepted : 06.08.2022

Keywords

Tree leaves
Extracts
Enteric methane
Metabolizable energy
Digestibility

Bazı Ağaç Yaprakları ve Ekstraktlarının Potansiyel Besin Değerlerinin İn Vitro Gaz Üretim Yöntemiyle Araştırılması

ÖZET

Bu araştırma, Kahramanmaraş'ın farklı bölgelerinde yetişen (defne, gülibirşim, meyan, söğüt, akasya, sığla, ardıç, meşe, sedir ve sandal) ağaç türlerinin besin değerleri ile yaprak ve ekstraktlarının farklı doz seviyelerinde (0.6, 1.2 ve 1.8 mL) gaz üretimini belirlemek amacıyla yapılmıştır. ADF ve NDF içerikleri sırasıyla %16.20-%32.47 ve %28-%49.66 değerleri arasında farklılık göstermiştir. Her iki özellik açısından (ADF, NDF) en yüksek değerler sığla, en düşük değerler ise söğüt yapraklarında bulunmuştur. HP değeri ise %7.94 ile %25.94 arasında değişmiştir. Kondanse tanen içerikleri en yüksek %16.19 ile sığla yapraklarında, en düşük değeri ise %2.12 ile gülibirşim yapraklarında bulunmuştur. Besin değerleri, metabolik enerji (ME) ve organik madde sindirim derecesi (OMD) sırasıyla 6.72-10.24 MJ kg⁻¹ ve %43.68-%65.72 arasında değişmektedir. Numunelerin gaz üretim (GÜ) içeriği 22.25-40.03 mL 200⁻¹ mg (KM) arasında değişmiştir. Çalışmada kullanılan farklı doz, kontrol grubuna kıyasla hem GÜ'nde hem de CH₄ üretiminde önemli artışlar bulunmuştur. Kontrol grubunun GÜ'ü 44.89 mL iken, 0.6, 1.2 ve 1.8 mL'deki dozların GÜ'leri sırasıyla 51.05-105.96 mL, 52.71-106.26 mL ve 47.33-106.85 mL arasında değişiklik göstermiştir. Kontrol grubu için CH₄ üretimi (%) konsantrasyonu %16.54 olup, 0.6, 1.2 ve 1,8

Zootečni

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 02.02.2022

Kabul Tarihi : 06.08.2022

Anahtar Kelimeler

Ağaç yaprakları
Ekstraktlar
Enterik metan üretimi
Metabolize enerji
Sindirilebilirlik

mL dozlarında sırasıyla %16.64-%34.40, %22.44-%34.80 ve %18.41-%31.46 arasında farklılık gözlenmiştir. CH₄ üretimi ile ADF ve NDF arasında anlamlı ilişkiler olduğu tespit edilmiştir.

- Atıf Şekli:** Yavuz, S. & Öztürk, D. (2023) Bazı Ağaç Yaprakları ve Ekstraktlarının Potansiyel Besin Değerlerinin İn Vitro Gaz Üretim Yöntemiyle Araştırılması. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 26(2), 459-469. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.1067120>.
- To Cite :** Yavuz, S. & Öztürk, D. (2023). Investigation of Potential Nutritive Values of Some Tree Leaves and Its Extracts by Using In Vitro Gas Production. *KSU J. Agric Nat* 26(2), 459-469. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.1067120>.

INTRODUCTION

The world population and food consumption continue to increase rapidly, it is thought that animal foods required for nutrition can be met less due to current speed. In Türkiye, the degradation of natural pasture lands by man, the inability to meet the roughage needs adequately, feeding animals directly from some plant products, and the inefficient use of potential human foods are seen as the main problems.

Thanks to their ability to turn into plant matter into the food sources, ruminants are improving the nutritional standard of societies (Anonymous, 2011). Its have always contributed greatly to the well-being of societies by providing food, fuel (manure), fertilizer and other products and services. These animals in another word can be called also renewable living resources (Steensland and Zeigler, 2021). A wide variety of plant materials not included in the diets of livestock systems are used in the feeding of cattle and small ruminants when they encounter feed gaps (Salem, 2010). Some varieties of tree leaves are traditional fodder for sheep and goats (Muwanika et al., 2018; Nsubuga et al., 2019). And some varieties are also fed to cattle and buffaloes. Leaves of different species have different nutritional properties. Generally, the leaves in the early stages of growth contain a fairly high content of CP and a relatively low fiber content. As plant maturation progress, there is a gradual decrease in protein content and an increase in crude fiber (Singh, 2019).

Small ruminant livestock breeders in some regions actually use a range of tropical plants to feed their animals daily, especially during the dry season and are therefore currently actually unwittingly reducing enteric CH₄ emissions (Anonymous, 2019a; Anonymous, 2019b). It is the responsibility of researchers to explain this to academia and the public. There is a grand possibility to reduce enteric CH₄ releases in the livestock in such countries, as well as opportunities to improve the productivity. Countries that are included in the UNFCCC can encourage the widespread use of CH₄ reduction practices by providing various supports to producers who switch to CH₄ abatement practices (Herrero et al., 2016; Salmon et al., 2020; Ku-Vera et al., 2020).

The livestock sector is also the source of emissions of CH₄ and CO₂ gases, which pollute the atmosphere and

contribute to the greenhouse effect. This sector requires significant natural resources and takes an important place in global greenhouse gases (GHG) emissions. The most important GHG from animal husbandry are methane and nitrous oxide. Therefore, strategies and studies to reduce methane emissions are important. Methane production is an important formation both because it is approximately 23 - 25 times more effective than CO₂, which contributes to global warming, and because it causes yields to lose 2 - 12% energy in ruminant feeding (Patra, 2012; Singh et al., 2012; Ramin and Huhtanen, 2013; Piñeiro-Vázquez et al., 2015; Haque, 2018).

The gradual restriction of chemical additives in animal feed directs producers and investigators to alternative natural products in animal nutrition. These natural products allow them to be resistant to predators and pathogens thanks to their plant secondary metabolites (saponins, condensed tannins, alkaloids, lignin, antioxidants, and essential oils). Due to its highly effective anti-microbial activities, these compounds can be used in a specific inhibition on a microbial group belonging to the ecosystem that performs fermentation in the rumen (Benchara et al., 2008). Methanogenesis reduces the efficiency of the use of nutrients in ruminant animals. Therefore, reducing CH₄ production of the ruminal microbial ecosystem and converting to the energy exceeded by CH₄ gas into efficiency is extremely important for animal feeding (Haque, 2018).

Previously, in order to increase the production efficiency of ruminants; feed additives such as ionospheres, antibiotics, and CH₄ inhibitors have been used in animal feeds to improve rumen fermentation. Whereas, most of such supplements are not used always due to poisonous effect issues and possible rumen microbial modification. In addition, using of these chemicals in animal feeds has been restricted in the EU since 2006 owing to the risk of the residuum in livestock products and a potential adverse effects on human health (Jouany and Morgavi, 2007; Demirtas et al., 2018).

Inclusion of plant materials containing plant secondary metabolites (PSM) such as saponins or phenolic compounds appears to be a substitute feeding strategy to reduce CH₄ release in ruminants because many plants are rich in their secondary metabolites. In

addition, it has been reported that these needs can be met by substitution of alternative feed materials such as plants, shrubs and trees in order to meet the vital and production needs of small ruminants during periods of feed gap (Bodas et al., 2012; Ebrahim and Negussie, 2020).

The aim of this study is to determine nutritive values of some tree leaves, and also the GP that will be formed as a result of rumen fermentation of leaves and their extracts added at different dose levels. These mentioned tree leaves are chosen cause of they are especially used in the feeding of ovine by the farmers in Kahramanmaraş region. Besides that, in order to meet the roughage needs of ruminant animals during the harsh and cold winter months, it will be investigated whether this need can be met when using with those tree leaves grown in the region as a substitute (Akcil and Denek, 2013; Kamalak et al., 2015).

MATERIAL and METHOD

Feed samples of the study were supplied from different locations (37°61'94.0"N, 36°80'68.3"E, 37°34'00.7"N 36°34'38.0"E, 37°58'24.6"N, 36°86'66.0"E) of Kahramanmaraş in the East-Mediterranean region of Türkiye in late May 2019 (spring season), when leaves were fresh. Each leaf sample was collected from 15-20 different tree species in the specified coordinates, then they were mixed for extraction and further use in the Animal Nutrition Laboratory at Kahramanmaraş Sutcu Imam University. The leaves were arranged and then put into the oven for determination of dry matter content. The remaining portions of leaves were left to dry in shade. The plant materials were ground with a 1 mm diameter screen mill for chemical and in vitro analysis. Dry matter (DM), ether extracts (EE), crude protein (CP), crude ash (CA) and organic matter (OM) contents of samples were determined according to AOAC, 1990 procedures. Plant cell wall structures; acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) were made according to the method reported by Van Soest et al., 1991 and condensed tannins (CT) contents of leaves were made according to the method reported by Makkar et al., 1995.

In Vitro Gas Production of Leaves

The rumen fluid used for in vitro gas production analysis was obtained from 3 awassi rams which were 2 years old (Ethics Committee Report No: 2020/09-01). These rams were fed twice daily with a diet mixed of 60% roughage (alfalfa hay) and 40% grain (barley). Leaf samples were weighed 200 mg in four repetitions (n=4), placed in glass syringes together with 30 mL of mixture solution (10 mL of rumen fluid + 20 mL of buffer solution) and incubated in a water bath at 39 °C. And then gas productions were carried out after 24 hours of incubation (Menke et al., 1979). Total gas

obtained from samples was determined by subtracting the gas volume obtained from 4 repetitions of control tests of the measurements. And then the gas formed in glass syringes into the plastic syringes was transferred. After 24 hours of fermentation, the CH₄ concentration of the total gas transferred to plastic syringes was measured with an infrared CH₄ analyzer device (Sensor Europe GmbH, Erkrath, Germany) as mL and (%) percent (Goel et al., 2008).

Extraction of Leaves and In Vitro Gas Production of Dose Levels

Leaves were chopped freshly (1-2 cm) and immediately extracted in a 10 g leaf+80 mL solvent mixture. The mixture of solvents contained 10 mL of methanol (99.8 100⁻¹), 10 mL of ethanol (99 100⁻¹) and 80 mL of distilled water (Cedillo et al., 2014). According to former studies, it was considered that these solvents would not have an effect on fermentation. Plant materials were added to 250 mL closed flasks as 10g leaf + 80 mL solvent individually and then put on a hot plate, set at 25 - 30 °C mixed for 24 hours. After this process, the solid and liquid parts were separated from each other by filtration through Whatman filter paper (No: 1). Finally, it was stored at +4 °C for later use in the in vitro analysis. In order to prepare in vitro gas production analysis; 200 mg of alfalfa hay was weighed and added with 30 mL of mixed solution into the glass syringes. After that stored extracts were transferred by injectors to glass syringes at dose levels of 0.6, 1.2 and 1.8 mL respectively. And finally, without delay, those syringes has shaken fastly then directly put for incubation at 39 °C in a water bath. And then gas productions were carried out after 24 hours of incubation (Menke et al., 1979). Total gas obtained from samples was determined by subtracting the gas volume obtained from 4 repetitions of control tests of the measurements. And then the gas formed in glass syringes into the plastic syringes was transferred. After 24 hours of fermentation, the CH₄ concentration of the total gas transferred to plastic syringes was measured with an infrared CH₄ analyzer device (Sensor Europe GmbH, Erkrath, Germany) as mL and (%) percent (Goel et al., 2008).

Estimation of Tree Leaves Fermentation Parameters

Organic matter digestibility (OMD) of tree leaves was determined by using at 24th hour in vitro gas production, CP and CA values which are given in the below equation (Menke, 1988).

$$\text{OMD (\%)} = 14.88 + 0.8893 \cdot \text{GP} + 0.448 \cdot \text{CP} + 0.00651 \cdot \text{CA} \quad (\text{Eq.1})$$

The metabolic energy (ME) content of the feedstuffs was estimated by using in vitro gas production, CP and EE values of analysis which are given in the below equations (Bllümmel and Ørskov, 1993).

$$\text{ME (MJ/kg DM)} = 2.2 + 0.13576 \cdot \text{GP} + 0.057 \cdot \text{CP}$$

$$+0.02859*EE^2 \quad (\text{Eq.2})$$

OMD: Organic Matter Digestibility

GP: Gas Production (where 24h net GP of mL 200⁻¹ mg DM)

CP: Crude Protein (% DM)

A: Ash (% DM)

EE: Ether Extract (% DM).

Statistical Analysis

Normality tests were applied in order to statistically evaluate chemical composition, total gas production and CH₄ (mL and %) concentration of leaves. As the statistical analysis showed normal distribution, it was subjected to analysis of variance (ANOVA). Since the analysis of variance is homogeneous, the differences between treatment means were examined by Tukey multiple comparison tests (Pearse, 1966) through SPSS 25.0 software (Anonymous, 2017). The differences between the means were evaluated at the $p < 0.05$ level.

RESULTS and DISCUSSION

The nutritional compositions of the tree leaves used in this study were investigated in terms of DM, CA, OM, ADF, NDF, EE, CP, and CT analysis, obtained results were given in Table 1. It is mentioned that in the literature; factors such as the use of different consumables, different processing, measurement method, growth stage, ripening level, drying method, climatic conditions, seasonal changes, geographical and soil properties are indicated to be effective in the formation of chemical composition (Kilic, 2010). Since the chemical composition is one of the most important indicators of the nutritional value of feeds, it can be predicted that different chemical compositions lead to differences in nutritional values index.

The DM of tree leaves content were ranged between 24.28 - 53.67 (DM %), the highest DM value was found in *J.communis* and the lowest was in *A. julibrissin* leaves (Table 1). The cell wall structures of the tree leaves ranged from 16.20% to 32.47% in terms of ADF. *L. orientalis* was found at the highest rate in terms of ADF content of 32.47%, and *S.alba* was found at the lowest rate with 16.20%. Another cell wall structure, NDF, varied in content from 28.69% to 49.66%. The highest NDF rate was found in *L. orientalis* and *J. communis* with 49.66%, 48.55% respectively, and the lowest rate was found in *G. glabra* leaves with 28.69%. Comparing the data obtained from the cell wall structure elements of tree leaves belonging to ADF and NDF with other studies; in harmony with the findings of some researchers (Kamalak et al., 2005; Kilic, 2010; Boga, 2014) while some found their findings (Kamalak et al., 2011; Kara et al., 2015) was to be different.

The plant cell wall that forms the structure of the feed

samples is asked to be low in ADF (Van Soest, 1994). When this recommendation is taken into account, the lowest ADF content of the study was found in *S.alba* leaves, so it is understood that the animal feeding value is more important than others. Since fibrous feeds with less than 45% (in DM) of NDF content are in the class of high-quality roughage, tree leaves examined in the current study can be considered high-quality roughage feed sources. A diet with high NDF ratio can reduce the dry matter intake (DMI). However, tree leaves with low NDF content in rumen make the feed break down, ingest and digest more quickly than in the meadow.

EE content of tree leaves obtained in the study differed between 3.52% - 13.90%. In terms of EE amount, the lowest rate was found in *Q. coccifera* structures with 3.52%, and the highest rate was found in *G. glabra* with 13.90%.

CP content of leaves was found between 7.94% - 25.94%. And the highest value was found in *A. julibrissin* leaves. The CP content of ruminants should be at least 10% in their diets, it has been reported from previous studies that is below this amount will cause the microbial activities in the rumen to work limitedly and therefore the desired yield will not be achieved. In this research, as can be seen from the following in Table 1, only *A. andrachne*, *J. communis* and *C. libani* leaves were found to be below 10% CP. Moreover, CP content of these samples was found to be higher than the value of ruminants need at least 7% CP to provide the ammonia needed by rumen micro-organisms to optimally support microbial growth. The protein requirement for the maintenance of lactating sheep is 7 - 9% in the diet and 10 - 12% crude protein for the lactation period (Tatliyer et al., 2019; Kaya, 2021). Although the CP content of these tree leaves meets some needs of ruminants, the diets provided to animals should be supplemented with an additional protein source, since it is not at a level to meet production periods (Tatliyer et al., 2019). Therefore, it is thought that the protein content of the leaves obtained from *J. communis*, *C. libani* and *A. andrachne* is at a level to meet the protein requirement of the sheep maintenance, but not sufficient for milk yield. Additionally, it has been reported by many researchers that diets containing more than 5% CT reduce nutrient digestion and feed consumption, and that condensed grain forms a compound with proteins and inhibits the activity of microorganisms and enzymes (Makkar et al., 1989; Silanikove et al., 1994; Tatliyer et al., 2019). So that, whenever *L. orientalis*, *C.libani*, *R. pseudoacacia*, *S. Alba* and *J. Communis* leaves provided to diet of ruminants, it should be taken into consideration of their CT contents.

The GP, CH₄ production (mL and %) resulting from fermentation of tree leaves analyzed in this study by *in vitro* gas production method at 24-hour incubation,

metabolic energy (ME), and organic matter digestivity (OMD) are given in Table 2. As a result of the incubation of the tree leaves investigated, significant differences were found between the values of GP, CH₄ (mL and %), ME, and OMD (p<0.001). GP of matters was ranged between 22.25 mL - 40.03 mL. The highest production was found in *A. julibrissin*, and the lowest in *G. glabra* leaves. Likewise, CH₄ productions (mL) formed as a result of 24-hour incubations of tree leaves changed between 1.50 - 4.98 mL, where the lowest CH₄ production was found in *G. glabra* as 1.50 mL, and the

highest production was found in *A. julibrissin*. The other parameter, CH₄ percentage (%) productions varied between 6.76% - 12.46% within incubating for 24 hours in terms of fermentation. OMD calculated by using gas values and chemical components produced as a result of in vitro incubation of these tree leaves, and it was found between 43.68 - 65.72%. The highest OMD was found in *A. julibrissin*, and the lowest was in *L. orientalis* leaves. In terms of ME values of tree leaves, it was ranged from 6.72

Table 1. Chemical composition of Tree Leaves (% DM)
 Çizelge 1. Ağaç Yapraklarının Kimyasal Bileşimi (% KM)

T. Species	DM	CA	OM	ADF	NDF	EE	CP	CT
<i>L. nobilis</i>	40.21±0.30 ^c	4.12±0.03 ^g	95.88±0.03 ^a	26.65±0.17 ^c	42.23±0.37 ^c	6.57±0.14 ^c	10.94±0.05 ^f	5.77±0.29 ^{de}
<i>A. julibrissin</i>	24.28±0.06 ^f	5.57±0.12 ^{de}	94.43±0.12 ^{cd}	18.81±0.15 ^f	31.25±0.02 ^d	3.85±0.07 ^e	25.94±0.05 ^a	2.12±0.06 ^f
<i>G. glabra</i>	33.60±0.23 ^e	5.22±0.05 ^e	94.78±0.05 ^c	19.52±0.06 ^{ef}	29.36±0.79 ^e	13.90±0.34 ^a	23.75±0.05 ^b	6.83±0.43 ^d
<i>S. alba</i>	37.23±0.20 ^d	7.68±0.15 ^b	92.32±0.15 ^f	16.20±0.08 ^g	28.69±0.22 ^e	4.74±0.15 ^d	18.75±0.05 ^d	13.83±0.25 ^b
<i>R.pseudoacacia</i>	36.92±0.59 ^d	6.75±0.05 ^e	93.25±0.05 ^e	19.83±0.14 ^e	29.68±0.19 ^e	5.16±0.01 ^d	19.81±0.05 ^c	14.14±0.42 ^b
<i>L.orientalis</i>	43.40±0.28 ^b	5.61±0.03 ^d	94.39±0.03 ^d	32.47±0.22 ^a	49.66±0.23 ^a	5.26±0.12 ^d	10.25±0.05 ^g	16.19±0.15 ^a
<i>J. communis</i>	53.67±0.34 ^a	8.55±0.05 ^a	91.45±0.05 ^g	25.31±0.24 ^d	48.55±0.13 ^a	7.38±0.10 ^b	8.63±0.05 ⁱ	12.31±0.28 ^c
<i>Q. coccifera</i>	36.23±0.19 ^d	4.37±0.04 ^{fg}	95.63±0.04 ^{ab}	24.84±0.30 ^d	44.96±0.10 ^b	3.52±0.08 ^e	12.25±0.05 ^e	5.04±0.43 ^e
<i>C. libani</i>	36.65±0.21 ^d	4.27±0.03 ^g	95.73±0.03 ^a	30.49±0.16 ^b	45.17±0.07 ^b	6.36±0.13 ^c	7.94±0.05 ^l	15.12±0.07 ^{ab}
<i>A. andrachne</i>	39.45±0.38 ^c	4.75±0.05 ^f	95.25±0.05 ^b	26.38±0.20 ^c	41.37±0.05 ^c	3.79±0.53 ^c	9.75±0.05 ^h	5.08±0.28 ^e
SEM	1.130	0.050	0.050	0.937	1.488	0.537	1.447	0.911
SE	0.443	0.108	0.108	0.270	0.435	0.213	0.070	0.423
Sig.	**	**	**	**	**	**	**	**

DM: dry matter, A: crude ash, OM: organic matter, ADF: asit detergent fiber, NDF: neutral detergent fiber, EE: ether extracts, CP: crude protein, CT: condensed tannins, SEM: Stnd. Error of Means, Stnd. of Error Sig.: Significancy, ** : (p<0.001)

MJ kg⁻¹ (in DM) to 10.24 MJ kg⁻¹. According to this feature, the lowest ME content was found in *Q. coccifera* with 6.72 MJ kg⁻¹ and the highest ME value was found in *A. julibrissin* with 10.24 MJ kg⁻¹. The probability of the feeds used in ruminant feeding being anti-methanogenic can be determined based on the percent (%) methane content of the gas produced by fermentation and it's reported that there are three groups that can be divided into feeds with anti-methanogenic potential. These groups are respectively, low (>11 to <14), medium (>6 to <11), and high (>0 to <6) (López et al., 2010). According to this consideration, it is understood that the leaves of *G. glabra*, *S. alba*, *Q. coccifera*, *L.orientalis*, *C. libani*, *A. andrachne*, and *R. pseudoacacia* tree leaves in the study may have anti-methanogenic properties. Moreover, it can be said that none of these tree species leaves are highly anti-methanogenic, especially *J. communis*, *L. nobilis* and *A. julibrissin* leaves have low anti-methanogenic properties according to López et al., 2010.

As Cheema et al., (2014) reported that the ME contents of four different tree leaves varied between 5.77 and 9.07 MJ kg⁻¹ in DM. The ME content of *A. procera* leaves was found to be 7.57 MJ kg⁻¹ in DM, and the ME content of *A. julibrissin* leaves in this study was found to be 10.24 MJ kg⁻¹ in DM, higher than the value of the

same tree leaves reported by Cheema et al., (2014). These different results: It is predicted that it is caused by different tree species belonging to the same genus but not the same harvest time and chemical composition. To having a higher ME usability value of *A. julibrissin* tree leaves than the other species may be explained by DM digestibility and its better CP quality. In addition, diversity in the chemical composition of tree leaves may be due to the different geographical distribution, climate, and maturity of plant species (Kilic, 2010). In line with previous studies, the nutritive values of these species provide a good alternative fibrous feed sources for small ruminants. Moreover, these species can be supplied to ruminants as substitute feed by paying attention to the amount in feed gapping periods.

The correlation coefficients (r) consisting of the estimations of some parameters such as chemical composition, GP, CH₄ production (mL and %), metabolizable energy contents, and OMD of tree leaves are given in Table 3. The GP was positively correlated with CH₄ (r=0.899 and r=0.611), ME (r=609), and OMD (r=0.901) (p<0.01). The CH₄ (mL) was positively correlated with ME (r=0.515) and OMD (r=0.789) (p<0.01). In this study; It was found that ADF and NDF showed a negative correlation (p<0.001) with GP. The negative correlation between GP and ADF or NDF

may be due to reduced microbial activity resulting from increasingly unfavorable environmental conditions.

Table 2. In vitro gas production and estimated digestion values of some tree leaves

Çizelge 2. Bazı ağaç yapraklarının in vitro gaz üretimi ve tahmini sindirim değerleri

Tree Species	GP (mL)	CH ₄ (mL)	CH ₄ (%)	OMD (%)	ME (MJ kg ⁻¹)
Laurus nobilis	26.79±1.36 ^{b-d}	3.04±0.13 ^{ab}	11.36±0.34 ^{ab}	46.28±1.23 ^{d-f}	7.81±0.20 ^{d-f}
Albizia julibrissin	40.03±0.76 ^a	4.98±0.09 ^a	12.46±0.24 ^a	65.72±0.75 ^a	10.24±0.13 ^a
Glycyrrhiza glabra	22.25±0.38 ^d	1.50±0.04 ^e	6.76±0.06 ^e	48.71±0.31 ^{c-f}	9.73±0.05 ^{ab}
Salix alba	30.95±0.76 ^{b-d}	2.34±0.10 ^{cd}	7.56±0.20 ^{de}	55.81±0.58 ^{bc}	8.68±0.07 ^{b-d}
Robinia pseudoacacia	32.09±1.00 ^{ab}	3.50±0.19 ^b	10.89±0.36 ^b	56.68±0.92 ^b	8.98±0.14 ^{bc}
Liquidambar orientalis	24.90±1.13 ^{b-d}	2.29±0.11 ^{c-e}	9.21±0.05 ^c	45.27±1.02 ^{ef}	7.25±0.14 ^{ef}
Juniperus communis	32.09±0.38 ^{ab}	3.56±0.14 ^b	11.11±0.38 ^b	52.85±0.37 ^{b-d}	8.70±0.08 ^{b-d}
Quercus coccifera	23.01±4.36 ^{cd}	1.91±0.38 ^{de}	8.31±0.22 ^{cd}	43.68±3.89 ^f	6.72±0.60 ^f
Cedrus libani	28.30±1.13 ^{b-d}	2.64±0.13 ^{cd}	9.32±0.08 ^c	46.39±0.99 ^{d-f}	7.77±0.15 ^{d-f}
Arbutus andrachne	32.46±1.00 ^{ab}	3.00±0.05 ^{bc}	9.27±0.27 ^c	51.21±0.87 ^{b-e}	7.95±0.17 ^{c-e}
SE	2.319	0.232	0.354	2.071	0.324
Sig.	**	**	**	**	**

^{a-f} Means with different symbols in the same column are significantly different from each other. SE: Standard Error. Sig.: Significance. **: P<0.001. GP: Gas production at 24h of incubation as mL/0.2g DM. CH₄: in vitro methane production at 24h as mL/0.2g DM. OMD: Organic matter digestibility. ME: Metabolizable energy (MJ/kg DM)

Table 3. Correlations between nutritive values and in vitro incubation parameters of leaves

Çizelge 3. Yaprakların besin değerleri ile in vitro inkübasyon parametreleri arasındaki korelasyonlar

	GP (mL)	CH ₄ (mL)	CH ₄ (%)	DM (%)	CA (%)	OM (%)	ADF (%)	NDF (%)	EE (%)	CP (%)	CT (%)	ME (%)
CH ₄ (mL)	0.899**	1										
CH ₄ (%)	0.611**	0.885**										
DM (%)	-0.226	-0.192	1	1								
CA (%)	-0.433**	-0.422*	0.005	0.079	1							
OM (%)	0.342*	0.235	-0.395*	0.440**	0.028	1						
ADF (%)	-0.342*	-0.235	0.092	-0.440**	-0.028	-1**	1					
NDF (%)	-0.324*	-0.178	-0.092	0.474**	-0.129	-0.424**	0.424**	1				
EE (%)	-0.277	-0.122	0.092	0.644**	-0.214	-0.194	0.194	0.901**	1			
CP (%)	0.273	0.220	0.144	-0.726**	0.247	0.156	-0.156	-0.833**	-0.889**	1		
CT (%)	-0.167	-0.250	-0.024	0.506**	0.037	0.441**	-0.441**	0.283	0.198	-0.336*	1	
ME (%)	0.609**	0.515**	-0.190	-0.412*	0.368*	0.369*	-0.369*	-0.681**	-0.711**	0.773**	-0.226	1
OMD(%)	0.901**	0.789**	0.211	-0.411*	-0.213	0.457**	-0.457**	-0.648**	-0.605**	0.643**	-0.203	0.826**

*:Correlation is significant at level of 0.05, **:correlation is significant at level of 0.01

The effect parameters on gas production, methane production mL, and percent (%)CH₄ production by dosage levels of 0.6, 1.2, and 1.8 mL of extracts are given in Table 4. Dosage levels of the extracts during the 24-hour incubation period; GP, CH₄ (mL and %) values were found significant (P<0.001).

The GP of the extractions was found to be 44.89 mL for the control group, and at 0.6, 1.2, and 1.8 mL dosage levels were ranged between 51.05 - 105.96 mL, 52.71 - 106.26 mL, and 47.33 - 106.85 mL, respectively. The CH₄ productions (mL) of the extractions was found to be 7.41 mL for the control group, and at 0.6, 1.2, and 1.8 mL dosage levels were ranged between 8.56 - 25.11 mL, 12.27 - 24.48 mL, and 8.71 - 25.72 mL, respectively. The used extractions in the study significantly increased both GP and CH₄ production compared to the control. And the CH₄ productions (%) of the extractions was found to be 16.54% for the control group, and at 0.6, 1.2, and 1.8 mL dosage levels

were ranged between 16.64 - 34.40%, 22.44 - 34.80%, and 18.41 - 31.46%, respectively (Table 4). In this study, it was observed that the production of CH₄ (mL and %) showed a proportionally higher increase than the GP. Patra et al., (2006) obtained similar results with different plant extracts in their study. They reported that the GP and CH₄ production increases could be due to the water-soluble sugar found in the extracts. On the other hand, the possibility that the methanol and ethanol mixed solution used in the research may have an effect on gas and methane production was not mentioned.

In contrast to this study, Oh et al., (2017) have found GP at higher dosage levels (1.6%, 3.2%, and 6.4%) to be lower than the lowest dosage level (0.8%) compared to the control group (0%). As the dose amount has increased, the CH₄ production has also been found lower than the control group.

Table 4. Effects of tree leaf extracts at 0.6, 1.2 and 1.8 mL doses on rumen fermentation parameters
Çizelge 4. Yaprak ekstraktlarının 0.6, 1.2 ve 1.8 mL doz seviyelerinde rumen fermantasyon parametreleri etkileri

Tree species	Dosage level (mL)	GP (mL)	CH ₄ (mL)	CH ₄ (%)
Laurus nobilis	Ln-0.6	51.05±1.50 ^{i-k}	8.56±0.96 ^{k-l}	16.64±1.38 ^m
	Ln-1.2	52.71±0.66 ^{i-k}	12.27±0.51 ^{i-k}	23.26±0.77 ^{h-k}
	Ln-1.8	47.33±0.01 ^{j-k}	8.71±0.33 ^{k-l}	18.41±0.70 ^{l-m}
Albizia julibrissin	Aj-0.6	54.49±0.55 ^{g-k}	11.58±0.60 ^{j-l}	21.24±0.90 ^{j-m}
	Aj-1.2	60.22±0.98 ^{e-i}	17.58±0.38 ^{f-h}	29.21±0.74 ^{c-f}
	Aj-1.8	54.14±0.29 ^{g-k}	11.95±0.50 ^{j-l}	22.07±0.83 ^{j-l}
Glycyrrhiza glabra	Gg-0.6	59.88±0.55 ^{e-i}	16.80±0.40 ^{g-i}	28.06±0.57 ^{c-h}
	Gg-1.2	53.57±0.55 ^{h-k}	13.25±0.31 ^{h-k}	24.73±0.38 ^{f-k}
	Gg-1.8	106.85±0.89 ^a	25.72±0.21 ^a	24.08±0.36 ^{g-k}
Salix alba	Sa-0.6	105.96±2.32 ^a	23.60±0.72 ^{a-c}	22.27±0.37 ^{j-l}
	Sa-1.2	106.26±2.43 ^a	24.48±0.95 ^{ab}	23.02±0.62 ^{i-l}
	Sa-1.8	102.71±2.58 ^{ab}	21.08±1.92 ^{a-g}	20.43±1.41 ^{k-m}
Robinia pseudoacacia	Rp-0.6	106.26±1.22 ^a	23.93±0.33 ^{ab}	22.53±0.25 ^{i-l}
	Rp-1.2	101.82±1.12 ^{ab}	22.87±0.98 ^{a-e}	22.44±0.77 ^{j-l}
	Rp-1.8	95.60±3.15 ^b	20.27±1.14 ^{b-g}	21.16±0.61 ^{j-l}
Liquidambar orientalis	Lo-0.6	64.02±1.66 ^{c-e}	16.32±0.67 ^{g-j}	25.46±0.38 ^{e-k}
	Lo-1.2	65.09±1.57 ^{c-e}	18.39±0.79 ^{e-g}	28.24±0.92 ^{c-g}
	Lo-1.8	62.15±2.84 ^{d-h}	17.96±0.83 ^{f-h}	28.92±0.64 ^{c-f}
Juniperus communis	Jc-0.6	63.22±1.76 ^{d-g}	16.26±0.35 ^{g-j}	25.79±0.96 ^{e-k}
	Jc-1.2	66.42±0.62 ^{c-e}	18.85±0.52 ^{c-g}	28.39±0.81 ^{cd-g}
	Jc-1.8	66.15±1.44 ^{c-e}	18.75±0.40 ^{d-g}	28.37±0.65 ^{c-g}
Quercus coccifera	Qc-0.6	63.75±1.40 ^{c-f}	18.05±0.37 ^{e-h}	28.32±0.25 ^{c-g}
	Qc-1.2	65.88±0.75 ^{c-e}	18.71±0.54 ^{e-g}	28.44±1.11 ^{c-g}
	Qc-1.8	66.76±1.38 ^{c-e}	18.27±1.28 ^{e-g}	27.29±1.45 ^{d-i}
Cedrus libani	Cl-0.6	68.76±2.60 ^{c-e}	23.59±2.21 ^{a-d}	34.09±1.89 ^{ab}
	Cl-1.2	64.01±3.93 ^{c-e}	20.85±1.80 ^{b-g}	32.42±1.03 ^{a-c}
	Cl-1.8	63.01±2.06 ^{c-e}	18.76±0.94 ^{d-g}	29.83±1.56 ^{b-e}
Arbutus andrachne	Aa-0.6	73.01±1.56 ^c	25.11±0.53 ^{ab}	34.40±0.43 ^{ab}
	Aa-1.2	70.76±1.25 ^{cd}	24.63±0.62 ^{ab}	34.80±0.29 ^a
	Aa-1.8	70.26±0.25 ^{cd}	22.10±0.34 ^{a-f}	31.46±0.58 ^{a-d}
SEM		1.728	0.474	0.460
SE		2.319	0.232	0.354
Sig.		**	**	**

^{a-k} Means with different symbols in the same column are significantly different from each other. SEM: Standard Error of Means. SE: Standard Error Sig.: Significance. **: P<0.001. GP: Gas production at 24h of incubation as mL/0.2g DM. CH₄: in vitro methane production at 24h as mL/0.2g DM.

It's possible that a small amount of solvent residue left over from the extraction process are what is causing the increase in CH₄ production. Archaeas living on protozoa produce CH₄ both directly and indirectly by using methanol and H₂ together (Johnson and Johnson, 1995; Knapp et al., 2014). It is estimated that the dissolution of leaves in mixed solution (ethanol, methanol and distilled water) caused a very rapid increase in the number of archeas (methanogens) at the beginning of incubation under the influence of methanol. Shakeri, P., et al., (2017) applied ethanol and methanol separately, but the results were found like in the study of Patra et al., (2006), an increase in GP was observed with the increase in dose level. In line

with the findings of the aforementioned researchers, neither the production of GP nor CH₄ was decreased by this investigation. Additionally, the variations in the phenolic compound structures, the phenolic source activity, and the extract dose levels may all contribute to the variances across these findings (Makkar, 2003; Rochfort et al., 2008; Jayanegara et al., 2011).

There are numerous factors that affect determining the amount of gas production; such as environment, maturation level, plant secondary metabolites (saponin, essential oils and flavonoids) and harvest time. The effectiveness of plant or plant extracts with a high content of saponin, flavonoids, and grain varies depending on the source, type, and level of secondary

metabolites contained in it (Patra et al., 2006). Blümmel and Ørskov, (1993) have claimed that gas production is associated with the production of volatile fatty acids and that although fermentation end products are more closely related to gas production, fermentation and gas production increase with the increase of the substrate surface. Gas production is a function of decomposing carbohydrates. Therefore, the amount of gas production depends on the content and structure of carbohydrates. The speed and quantity of gas production of some shrubs have decreased with the increase of lignin and its grain content. In addition, high cell wall (ADF and NDF) and CT content may reduce the breakdown of nutrients by ruminant animal micro-organisms, resulting in low gas production (Blümmel and Ørskov, 1993).

Correlation coefficients consisting of chemical compositions of leaves and gas production parameters of extracts are given in the Table 5. The correlations between GP and CP, CA, CT, and cell wall structures (NDF and ADF) have been found significant. This result was in harmony with the data reported by some

researchers (Gemed and Hassen, 2015; Boga et al., 2020), and was different from the results obtained from the studies of the other researchers (Canbolat, 2012). There was also, a non-significant correlation was observed between EE and GP, in terms of this feature, it was in coherence with the studies reported by other researchers (Gemed and Hassen, 2015; Boga et al., 2020). The cell wall structures (ADF and NDF) were found to be negatively correlated with GP ($P < 0.001$). The negative correlation between GP and these properties may be due to the decrease in microbial activity resulting from increasingly unfavorable environmental conditions. In addition, CP which is one of the factors limiting microbial growth showed positive correlations with GP, and negative correlations with CH_4 production values (mL and %). NDF and ADF contents of leaves are more effective than other properties in determining gas and methane production in general, as they constitute the fibrous parts of plants. Some researchers reported that to reduce CH_4 production have suggested that a decrease in CH_4 production, while others an increase, occurs when plant origin oils are mixed into the ration.

Table 5. Correlation coefficients (r) between the chemical composition of leaves and the gas parameters of its extracts

Çizelge 5. Yaprakların kimyasal bileşimi ile ekstraktlarının gaz parametreleri arasındaki korelasyon katsayıları

	GP (mL)	CH ₄ (mL)	CH ₄ (%)	DM (%)	CA (%)	OM (%)	ADF (%)	NDF (%)	EE (%)	CP (%)
CH ₄ (mL)	-0.752**	1								
CH ₄ (%)	-0.159 ^{NS}	0.524**	1							
DM (%)	-0.018 ^{NS}	0.086 ^{NS}	0.147 ^{NS}	1						
CA (%)	0.486**	0.242**	-0.225*	0.442**	1					
OM (%)	-0.486**	-0.242**	0.225*	-0.0442**	-1**	1				
ADF (%)	-0.514**	-0.117 ^{NS}	0.472**	0.464**	-0.421**	0.421**	1			
NDF (%)	-0.535**	-0.157 ^{NS}	0.444**	0.646**	-0.194*	0.194*	0.899**	1		
EE (%)	-0.038 ^{NS}	-0.096 ^{NS}	-0.093 ^{NS}	0.078 ^{NS}	0.027 ^{NS}	-0.027 ^{NS}	-0.129 ^{NS}	-0.214*	1	
CP (%)	0.288**	-0.061 ^{NS}	-0.440**	-0.727**	0.156 ^{NS}	-0.156 ^{NS}	-0.829**	-0.890**	0.248**	1
CT (%)	0.425**	0.368**	0.042 ^{NS}	0.492**	0.442**	-0.442**	0.289**	0.199*	0.037 ^{NS}	-0.336**

*:Correlation is significant at $p < 0.05$ value, **: Correlation is very significant at $p < 0.01$ value, NS: Not significant

CONCLUSION

The chemical composition of tree leaves, gas production, methane production, digestion degree, and ME values varied depending on the species and harvest time. The entirety of these tree leaves have the capacity to satisfy the maintenance, production, protein, and metabolic energy requirements of ruminant animals, to sum it succinctly. Because of their CT concentration, which may reduce DMI, it is important to examine how many of these tree (*S. alba*, *R. pseudoacacia*, *L. orientalis*, *J. communis*, *C. libani*) leaves are given to ruminants. These tree leaves can also be used as a substitute for other fibrous feed to enhance rumen digestion and to fill feed gaps. It has been found that, in contrast to the literature, the tree leaves and extracts described do not significantly lower the gas production. Consequently, it was determined that they lacked anti-methanogenic qualities. The

study would have been more thorough if assessments of the nutrient composition of tree leaves, determination of volatile fatty acids, and other plant secondary metabolites, as well as in vivo application of in vitro gas production, had all been done. These samples should be confirmed using in vivo techniques, and the concentration of each volatile fatty acid produced as a result of fermentation should also be established, in order to completely understand whether these samples have anti-methanogenic capabilities.

ACKNOWLEDGEMENT

A part of this work is produced from the Ph.D study of Sıraç YAVUZ.

Author's Contributions

The contribution of the authors to this article is equal.

Statement of Conflict of Interests

Authors have declared no conflict of interests.

REFERENCES

- Akcil, E., & Denek, N 2013. Investigation of Different Levels Eucalyptus (*Eucalyptus Camaldulensis*) Leaves Effect on In Vitro Methane Production of Some Roughages. *Harran University Journal of Veterinary Faculty*, 2(2), 75-81.
- Anonymous 2011. Consultation, Expert and Headquarters, Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Impact of Animal Nutrition on Animal Welfare. (EN 2011-09-26) Rome, Italy.*
- Anonymous 2017. *IBM SPSS 25.0 for Windows. Chicago, IL.*
- Anonymous 2019a. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Developing Sustainable Value Chains for Small Scale Livestock Producers. Food and Agriculture Organization of the United Nations.*
- Anonymous 2019b. World Economic Forum. *Options for the Livestock Sector in Developing and Emerging Economies to 2030 and Beyond. Geneva, Switzerland.*
- AOAC 1990. Official method of analysis. *15th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. pp.66-88.*
- Benchaar, C., Calsamiglia, S., Chaves, A.V., Fraser, G.R., & Colombatto, D 2008. A Review of Plant Derived Essential Oils in Ruminant Nutrition and Production. *Animal Feed Science and Technology*, 145(1-4), 209-228.
- Bodas, R., Prieto N., García-González, R., Andrés, S., & Giráldez, F.J 2012. Manipulation of Rumen Fermentation and Methane Production with Plant Secondary Metabolites. *Animal Feed Science and Technology*, 176(1-4), 78-93.
- Boga, M 2014. Chemical Composition and In Vitro Gas Production Kinetics of Some Tree Leaves Obtained in The Mediterranean Region of Turkey. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(2), 143.
- Boga, M., Kurt, Ö., Özkan, Ç.Ö., Atalay, A.I., & Kamalak, A 2020. Evaluation of Some Commercial Dairy Rations in Terms of Chemical Composition, Methane Production, Net Energy and Organic Matter Digestibility. *Progress In Nutrition*, 22(1), 199-203.
- Billümmel, M., & Ørskov, E.R 1993. Comparison of In Vitro Gas Production and Nylon Bag Degradability of Roughages in Predicting Feed Intake in Cattle. *Animal Feed Science and Technology*. 40, 109-119.
- Canbolat, Ö 2012. Determination of Potential Nutritive Value of Exotic Tree Leaves in Turkey. *Journal of Veterinary Faculty, Kafkas University*, 18(3), 419-423.
- Cedillo, J., Vázquez Armijo, J.F., González-Reyna, A., Salem, A.Z., & Kholif, A.E 2014. Effects of Different Doses of *Salix Babylonica* Extract on Growth Performance and Diet In Vitro Gas Production in Pelibuey Growing Lambs. *Italian Journal of Animal Science*, 13(3), 3165.
- Cheema, U.B., Sultan, J.I., Javaid, A., Mustafa, M.I., & Younas, M 2014. Screening of Fodder Tree Leaves by Chemical Composition, Mineral Profile, Anti-Nutritional Factors and in Sacco Digestion Kinetics. *Scholarly Journal of Agricultural Science*, 4(11), 558-564.
- Demirtaş, A., Öztürk, H., & Pişkin, İ 2018. Overview of Plant Extracts and Plant Secondary Metabolites as Alternatives to Antibiotics for Modification of Ruminant Fermentation. *Journal of Ankara University Faculty of Veterinary*, 65(2), 213-217.
- Ebrahim, H., & Negussie, F 2020. Effect of Secondary Compounds on Nutrients Utilization and Productivity of Ruminant Animals: A Review. *Journal of Agricultural Science and Practice*, 5, 60-73.
- Gemeda, B.S., & Hassen, A 2015. Effect of Tannin and Species Variation on In Vitro Digestibility, Gas, and Methane Production of Tropical Browse Plants. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(2), 188.
- Goel, G., Makkar, H.P.S., & Becker, K 2008. Changes in Microbial Community Structure, Methanogenesis and Rumen Fermentation in Response to Saponin-Rich Fractions from Different Plant Materials. *Journal of Applied Microbiology*, 105(3), 770-777.
- Haque, M.N 2018. Dietary Manipulation: A Sustainable Way to Mitigate Methane Emissions from Ruminants. *Journal of Animal Science and Technology*, 60(1), 1-10.
- Herrero, M., Henderson, B., Havlík, P., Thornton, P.K., & Conant, R.T 2016. Greenhouse Gas Mitigation Potentials in the Livestock Sector. *Nature Climate Change*, 6(5), 452-61.
- Jayanegara, A., Wina, E., Soliva, C.R., Marquardt, S., & Kreuzer, M 2011. Dependence of Forage Quality and Methanogenic Potential of Tropical Plants on Their Phenolic Fractions as Determined by Principal Component Analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 163(2-4), 231-243.
- Johnson, K.A., & Johnson, D.E 1995. Methane Emissions from Cattle. *Journal of Animal Science*, 73(8), 2483-2492.
- Jouany, J., & Morgavi, D 2007. Use of Natural Products as Alternatives to Antibiotic Feed Additives in Ruminant Production. *Animal*, 1(10), 1443-1466.
- Kamalak, A., Canbolat, O., Gurbuz, Y., Ozay, O., & Ozkose, E 2005. Chemical Composition and Its Relationship to In Vitro Gas Production of Several Tannin Containing Trees and Shrub Leaves. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 18(2), 203-208.

- Kamalak, A., Canbolat, Ö., Özkan, Ç.Ö., & Atalay, A.I 2011. Effect of Thymol on In Vitro Gas Production, Digestibility and Metabolizable Energy Content of Alfalfa Hay. *Journal of Veterinary Faculty, Kafkas University*, 17(2), 211-216.
- Kamalak, A., Hassan, K.G., Ameen, S.M., Zebari, H.M., & Hasan, A.H 2015. Determination of Chemical Composition, Potential Nutritive Value and Methane Emission of Oak Tree (*Quercus Coccifera*) Leaves and Nuts. *Journal of Veterinary Faculty, Harran University*, 4(1), 1-5.
- Kara, K., Aktuğ, E., Çağrı, A., Güçlü, B.K., & Baytok, E 2015. Effect of Formic Acid on In Vitro Ruminant Fermentation and Methane Emission. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(11), 856-860.
- Kaya, E 2021. The Effect of Species on Nutritive Value and Anti-Methanogenic Potential of Vetch Hays Grown in Native Pasture in Turkey. *Progress in Nutrition*, 23(2), e2021049.
- Kilic, Ü 2010. Effects of Polyethylen Glycol (Peg 6000) Supplement on In Vitro Gas Production of Canola Hybrids and Canola Meals. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 25(3), 192-196.
- Knapp, J.R, Laur, G.L., Vadas, P.A., Weiss, W.P., & Tricarico, J.M 2014. Invited Review: Enteric Methane in Dairy Cattle Production: Quantifying the Opportunities and Impact of Reducing Emissions. *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3231-3261.
- Ku-Vera, J.C., Jiménez-Ocampo, R., Valencia-Salazar, S.S., Montoya-Flores, M.D., & Molina-Botero, I.C 2020. Role of Secondary Plant Metabolites on Enteric Methane Mitigation in Ruminants. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 584.
- López, S., Makkar, H.P & Soliva, C.R 2010. Screening Plants and Plant Products for Methane Inhibitors. In *In Vitro Screening of Plant Resources for Extra-Nutritional Attributes in Ruminants: Nuclear and Related Methodologies*. Springer, Dordrecht, pp. 191-231.
- Makkar, H.P.S, Singh, B., & Negi, S.S 1989. Relationship of Rumen Degradability with Microbial Colonization, Cell Wall Constituents and Tannin Levels in Some Tree Leaves. *Animal Science*, 49(2), 299-303.
- Makkar, H.P.S., Blümmel, M., & Becker, K 1995. Formation of Complexes Between Polyvinyl Pyrrolidones or Polyethylene Glycols and Tannins, and Their Implication in Gas Production and True Digestibility in In Vitro Techniques. *British Journal of Nutrition*, 73 (6), 897-913.
- Makkar, H.P.S 2003. Effects and Fate of Tannins in Ruminant Animals, Adaptation to Tannins, and Strategies to Overcome Detrimental Effects of Feeding Tannin-Rich Feeds. *Small Ruminant Research*, 49(3), 241-256.
- Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., & Fritz, D 1979. The Estimation of the Digestibility and Metabolizable Energy Content of Ruminant Feeding stuffs from the Gas Production When They are Incubated with Rumen Liquor In Vitro. *The Journal of Agricultural Science*, 93(1), 217-222.
- Menke, K.H 1988. Estimation of the Energetic Feed Value Obtained from Chemical Analysis and In Vitro Gas Production using Rumen Fluid. *Animal Research and Development*, 28, 7-55.
- Muwanika, V.B., Nsubuga, D., & Nampanzira, D.K 2018. Sedentarization among Nomadic Pastoralists of Uganda: Which way to Feed Livestock?. *Agroforest Syst* 93, 2037-2046.
- Nsubuga, D., Nampanzira, D.K., Masembe, C., & Muwanika, V.B 2019. Nutritional Properties of some Browse Species used as Goat Feed In Pastoral Dry Lands, Uganda. *Agroforestry Systems*, pp. 1-8.
- Oh, S., Shintani, R., Koike, S., & Kobayashi, Y 2017. Ginkgo Fruit Extract as an Additive to Modify Rumen Microbiota and Fermentation and to Mitigate Methane Production. *Journal of Dairy Science*, 100(3), 1923-1934.
- Patra, A.K., Kamra, D.N., & Agarwal, N 2006. Effect of Plant Extracts on In Vitro Methanogenesis, Enzyme Activities and Fermentation of Feed in Rumen Liquor of Buffalo. *Animal Feed Science and Technology*, 128(3-4), 276-291.
- Patra, A.K 2012. Enteric Methane Mitigation Technologies for Ruminant Livestock: A Synthesis of Current Research and Future Directions. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(4), 1929-1952.
- Pearse, E.S., & Hartley, H.O 1966. Biometrika Tables for Statisticians. Vol. 1. Cambridge United Kingdom.
- Piñeiro-Vázquez, A.T., Canul-Solís, J.R., Alayón-Gamboa, J.A., Chay-Canul, A.J., & Ayala-Burgos, A.J 2015. Potential of Condensed Tannins for the Reduction of Emissions of Enteric Methane and Their Effect on Ruminant Productivity. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 47(3), 263-272.
- Ramin, M., & Huhtanen, P 2013. Development of Equations for Predicting Methane Emissions from Ruminants. *Journal of Dairy science*, 96(4), 2476-2493.
- Rochfort, S., Parker, A.J., & Dunshea F.R 2008. Plant Bioactives for Ruminant Health and Productivity. *Phytochemistry*, 69(2), 299-322.
- Salem, H.B 2010. Nutritional Management to Improve Sheep and Goat Performances in Semiarid Regions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 337-347.
- Salmon, G.R., MacLeod, M., Claxton, J.R., Pica-Ciamarra, U., & Robinson, T 2020. Exploring the Landscape of Livestock Facts. *Global Food Security*, 25, 100329.
- Shakeri, P., Durmic, Z., Vadhanabhuti, J., & Vercoe, P.E 2017. Products Derived from Olive Leaves and

- Fruits can Alter In Vitro Ruminant Fermentation and Methane Production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(4), 1367-1372.
- Silanikove, N., Nitsan, Z., & Perevolotsky, A 1994. Effect of a Daily Supplementation of Poly (Ethylene Glycol) on Intake and Digestion of Tannin-Containing Leaves (*Ceratonia Siliqua*) by Sheep. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42(12), 2844-2847.
- Singh, S., Kushwaha, B.P., Nag, S.K., Mishra, A.K., & Singh, A 2012. In Vitro Ruminant Fermentation, Protein and Carbohydrate Fractionation, Methane Production and Prediction of Twelve Commonly used Indian Green Forages. *Animal Feed Science and Technology*, 178(1-2), 2-11.
- Singh, R 2019. Potential Roles of Tree Leaves in Ruminant Nutrition. Retrieved in July, 7, 2021 from <https://www.pashudhanpraharee.com/potential-roles-of-tree-leaves-in-ruminant-nutrition>.
- Steensland, A., & Zeigler, M 2021. Productivity in Agriculture for a Sustainable Future. In: Campos H. (eds) *The Innovation Revolution in Agriculture*. Springer, Cham, pp. 33-69.
- Tatliyer, A., Kamalak, A., & Öztürk, D 2019. Determination of Potential Nutritive Value of Leaves of Sandal Wood (*Arbutus andrachne*). *KSU Journal of Agriculture and Nature*, 22(2), 315-321.
- Van Soest, P.V., Robertson, J.B., & Lewis B 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597.
- Van Soest, P.J 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant (2nd Ed.). *Ithaca, N.Y. Cornell University Press*.