



Önceki Adı / Formerly
Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi
Journal of the Faculty of Agriculture



Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi

Harran Journal of Agricultural and Food Science

Yayınlayan (Publisher)

Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi

Sahibi (Owner)

Prof. Dr. Ahmet YILMAZ

Dekan (Dean)

Baş Editör (Editor in Chief)

Prof. Dr. İbrahim BOLAT

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa

Yayın Sekreteri (Publication Secretary)

Doç. Dr. Mehmet MAMAY

Editörler Kurulu (Editorial Board)

Prof. Dr. İbrahim BOLAT

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa

Prof. Dr. David HIGGS

University of Hertfordshire, Hatfield, UK

Prof. Dr. Muhammad ASHRAF

University of Agriculture Faisalabad, Pakistan

Prof. Dr. Bernardo Murillo AMADOR

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Mexican

Prof. Dr. Levent SON

Mersin Üniversitesi, Silifke Uygulamalı Teknoloji ve İşletmecilik Yüksekokulu, Mersin

Prof. Dr. Levent ÜNLÜ

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Konya

Prof. Dr. Mustafa BAYRAM

Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Gaziantep

Prof. Dr. Saliha KIRICI

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Adana

Prof. Dr. Hikmet GÜNAL

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa

Prof. Dr. Sabri YURTSEVEN
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Şanlıurfa

Doç. Dr. Önder KAMILOĞLU
Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Hatay

Doç. Dr. Ali YILDIRIM
Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa

Doç. Dr. Mehmet MAMAY
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Şanlıurfa

Doç. Dr. Gökhan İsmail TUYLU
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Şanlıurfa

Doç. Dr. Ayşe Gülgün ÖKTEM
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa

Dr. Öğr. Üyesi Remziye ÖZEL
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Şanlıurfa

Doç. Dr. Ferhat KÜP
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Bölümü, Şanlıurfa

Yabancı Dil Editörü
(Foreign Language Editor)

Dr. Öğr. Üyesi Shahid FAROOQ
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü

Cilt (Volume): 27

Sayı (Issue): 4

Yıl (Year): 2023

Danışma Kurulu
(Advisory Board)

Prof. Dr. Hsin CHI

National Chung Hsing University, Taiwan, Republic of China

Assoc. Prof. Dr. Oleksiy Derkach

Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic Univ., Faculty of Engineering and Tech., Ukraine

Assoc. Prof. Dr. Roman Rolbiecki

University of Tech. and Life Sciences in Bydgoszcz, Faculty of Agriculture and Biotech., Poland

Prof. Dr. Abdalbaki BİLGİÇ

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü

Prof. Dr. Ayten NAMLI

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

Prof. Dr. Erhan AKKUZU

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

Prof. Dr. Geza HRAZDINA

Cornell Univ., Collage of Agriculture and Life Sciences, Department of Food Science, USA

Prof. Dr. Ladine BAYKAL ÇELİK

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü

Dr. Jens D. BERGER

The University of Western Australia, Ecophysiological, Australia

Dr. Muhammed Nasir ROFIQ

Agency for The Assessment and Application of Technology (BPPT), Jakarta, Indonesia

Yazışma Adresi

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, 63040 Şanlıurfa

Tel: +90 (414) 318 3474 **Fax:** +90 (414) 318 3682

e-posta: ziraatdergi@harran.edu.tr

Yayın Tarihi: 27.12.2023

Yılda dört kez yayınlanır

Yayınlara erişim adresi: <http://dergipark.org.tr/harranziraat>

Yıl/year: 2023

Cilt/volume: 27

Sayı/number: 4

Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi
Hakemli Olarak Yayınlanmaktadır

Bu Sayıya Katkıda Bulunan Hakemler
(Alfabetik Sıraya Göre Yazılmıştır)

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Sabri ÜNSAL
Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Ali CİNGÖZ
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Aydın AKBULUT
Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Prof. Dr. Ayhan HORUZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

Doç. Dr. Ayla ARSLANER
Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Büşra AKTAS
Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi,
Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

Prof. Dr. Can ERTEKİN
Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Tek. Müh. Bölümü

Prof. Dr. Canan CAN
Gaziantep Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

Prof. Dr. Çiğdem ULUBAŞ SERÇE
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi,
Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü

Prof. Dr. Deniz ŞİRİN
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

Prof. Dr. Emre ÖZŞAHİN
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü

Prof. Dr. Fatih KILLI

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Hasan DEMİRKAN

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü

Prof. Dr. Hasan VARDİN

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Halil YANARDAĞ

Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

Prof. Dr. İlhan ÜREMİŞ

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi İnci GÜLER GÜNEY

Mardin Artuklu Üniversitesi, Kızıltepe Meslek Yüksekokulu,
Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet CANÇELİK

Harran Üniversitesi, Şanlıurfa Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu,
Yönetim ve Organizasyon Bölümü

Prof. Dr. Mehmet MERT

Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü

Doç. Dr. Mehmet KÖTEN

Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Mimarlık Müh. Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Dr. Mert ACAR

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

Prof. Dr. Mustafa BAYRAM

Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Mustafa BOĞA

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Bor Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü

Doç. Dr. Mustafa ÖZDEMİR

Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü
Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÖZTÜRK

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Mutlu Buket AKIN

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Nihat TURSUN

Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü

Prof. Dr. Nilgün SAATCI MORDOĞAN

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

Doç. Dr. Nuran TAPKI

Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Orhan Mete KILIÇ

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk DEMİR

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

Doç. Dr. Raciye MERAL

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Rüstem CANGİ

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü

Prof. Dr. Semih TANGOLAR

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Suzan TİREKİ

Özyeğin Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü

Prof. Dr. Yusuf KONCA

Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Hazal TEKİN ÇAKMAK

Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

İçindekiler / Contents

Araştırma Makaleleri / Research Articles

Morphological characteristics of cluster of cv. Cabernet-Sauvignon (<i>Vitis vinifera</i> L.) grape variety classified according to berry heterogeneity <i>Tane heterojenitesine göre sınıflanan Cabernet-Sauvignon (<i>Vitis vinifera</i> L.) üzüm çeşidi salkımlarının bazı morfolojik özellikleri</i> İlknur KORKUTAL, Elman BAHAR, Müge UZUN	444-457
Functional koumiss from donkey's milk <i>Eşek sütünden yapılan fermente kıymız</i> Nadira TURGANBAEVA, Zhyldyzai OZBEKOVA, Ruslan Adil AKAI TEGIN	458-466
Impact of low-dose gamma irradiation treatment on microbial and chemical properties of raw milk white cheese <i>Düşük doz gama işinleme işleminin çiğ süttten üretilen beyaz peynirin mikrobiyal ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi</i> Çağım AKBULUT ÇAKIR, Kevser VURAL YILDIZ, M. Buket AKIN, M. Serdar AKIN	467-476
Investigation of the effects of red, green and black lentil flours on the physicochemical and technological quality of pasta <i>Kırmızı, yeşil ve siyah mercimek unlarının makarnanın fizikokimyasal ve teknolojik özellikleri üzerine etkilerinin araştırılması</i> Hacer LEVENT, Elif KURT, Betül ŞEREF	477-488
Influence of buckwheat flour on the quality characteristics of Fatayer (pastry with zahter mixture) <i>Karabuğday ununun Fatayer'in (zahter karışımı börek) kalite özelliklerine etkisi</i> Ali YILDIRIM, Zana KARABOĞA, Firuze AMASYALI	489-498
Sıcak havayla kurutulan bademin kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi <i>Determination of drying characteristics of almond dried by hot air drying</i> Gizem HET BATTAL, Kamil SAÇILIK	499-514
Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon ön işleminin kırmızı pancarın kütle değişimi, kurutma kinetiği ve fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi <i>Determination the effect of osmotic dehydration pretreatment under vacuum condition on mass change, drying kinetics and physicochemical properties of</i>	515-530

<i>red beet</i> Latife Betül GÜL, Osman GÜL	
Ultrason destekli çimlendirilmiş maş fasulyesi ununun tarhana kalitesine etkileri <i>The effects of ultrasound assisted germinated mung bean flour on tarhana quality</i> Elif KURT, Hacer LEVENT	531-544
Farklı gelişme dönemlerinde uygulanan potasyum dozlarının pamukta (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) verim ve verim öğelerine etkisi <i>The effect of potassium doses applied in different periods of growth on yield and yield components at cotton (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)</i> Ahmet YILMAZ, Ömer HACIKAMİLOĞLU	545-560
Tüketicilerin toplam faydasını maksimum kılan Mahreç İşaretli Erzurum Kadayıf Dolması profillerinin tasarlanması <i>Designing Erzurum Stuffed-kadayif profiles with Protected Geographical Indication maximizing consumers' total utility</i> Yavuz TOPÇU, Tuba GÜLER	561-573
İç Anadolu Bölgesinde yetişen madımak (<i>Polygonum Cognatum</i> Meissn.) otunun yem değerinin belirlenmesi <i>Determination of Nutritive Value of Knotweed (<i>Polygonum Cognatum</i> Meissn.) Hay Grown in Central Anatolia Region</i> Tuğba BAKIR, Yakup BİLAL, Bilal SELÇUK, Hülya AKÇAM, Adem KAMALAK, Çağrı Özgür ÖZKAN	574-582
<i>Evergestis</i> Hübner [1825]'in timpanal organ morfolojisinin karşılaştırılması (Lepidoptera: Crambidae) <i>A Comparativ of the tympanal organs morphology of Evergestis Hübner [1825] (Lepidoptera: Crambidae)</i> Selma Seven ÇALIŞKAN, Büşra ÖZYOLCI	583-588
Farklı sıcaklık koşullarında <i>Neoscytalidium novaehollandiae</i> etmeninin misel ve konidi gelişimi <i>Mycelia and conidia development of Neoscytalidium novaehollandiae at different temperature conditions</i> Berfin KILINÇ, Mehmet Ertuğrul GÜLDÜR, Murat DİKİLİTAŞ	589-594
Tarla küskütü (<i>Cuscuta campestris</i> Yunck.)'nün Bakla (<i>Vicia faba</i> L.)'nin fenolojik ve pomolojik özelliklerine etkisi <i>Effect of field dodder (<i>Cuscuta campestris</i> Yunck.) on phenological and pomological properties of broad bean (<i>Vicia faba</i> L.)</i> Tamer ÜSTÜNER	595-609
Toprak bileşenlerinin bazı fosfor fraksiyonlarına etkisi	610-623

<i>Effect of soil components on some phosphorus fractions</i> İlknur YURDAKUL, Sadık USTA	
Characterization and suitability assessment of soils in rain forest zone southwest Nigeria for cassava, maize and rice production using parametric method <i>Nijerya'nın güneybatısındaki yağmur ormanı bölgesindeki toprakların manyok, mısır ve çeltik üretimi için parametrik yöntem kullanılarak karakterizasyonu ve uygunluğunun değerlendirilmesi</i> Fawole, Olakunle A., Ojetade, Julius O., Muda, Sikiru A.	624-642



Morphological characteristics of cluster of cv. Cabernet-Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grape variety classified according to berry heterogeneity

Tane heterojenitesine göre sınıflanan Cabernet-Sauvignon (Vitis vinifera L.) üzüm çeşidi salkımlarının bazı morfolojik özellikleri

İlknur KORKUTAL^{1*}, Elman BAHAR², Müge UZUN³

^{1*2,3} Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Tekirdağ, Türkiye

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

To cite this article:

Korkutal, İ., Bahar, E., & Uzun, M. (2023). Morphological characteristics of cluster of cv. Cabernet-Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) grape variety classified according to berry heterogeneity. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 27(4): 444-457
DOI: 10.29050/harranziraat.1319416

*Address for Correspondence:

İlknur KORKUTAL

e-mail:

ikorkutal@nku.edu.tr

Received Date:

24.06.2023

Accepted Date:

29.09.2023

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

ABSTRACT

Two experiments were conducted in two vineyards consisting of vines from the organic-certified Cabernet-Sauvignon/1103P graft combination and the conventional cultivation Cabernet Sauvignon/5BB graft combination. Vines were identified based on pre-dawn leaf water potential values according to stress levels in a Split-Plot Experimental Design. Grapevines were classified as <-0.8 MPa and >-0.8 MPa. These vines were further grouped into dryland-shallow soil and bottomland-deep soil areas, and for each area-soil type, Control, Stress 1, and Stress 2 levels were created. At harvest, the berries were divided into four groups based on their diameter: 10mm-12mm, 12mm-14mm, 14mm-16mm, and 16mm-18mm (In some measurements, no berries belonging to the 16-18mm category could be found). The grapes were grouped as Control, Stress 1 ($S1 > -0.8$ MPa), and Stress 2 ($S2 < -0.8$ MPa) based on size groups and stress levels, and certain morphological characteristics of the clusters were examined. The width and length of the clusters were not significantly affected by the area-soil type. Cluster weight, cluster volume, and number of berries per cluster criteria were influenced by stress levels. It was determined that organic vineyards with higher stress levels had fewer clusters compared to conventional vineyards. The number of berries in the clusters showed significant differences based on vineyard area and soil type, water stress levels, and berry size. In conclusion, in the Tekirdağ province, to obtain high-quality grapes from the cv. Cabernet-Sauvignon, it is considered suitable to utilize berries ranging from 10mm to 12mm in size, in conjunction with dryland-shallow soil conditions where the water potential (Ψ_{pd}) can decrease to as low as -0.8 MPa during the ripening period.

Key Words: cv. Cabernet Sauvignon, Organic vineyard, Heterogeneity, Cluster characteristics

ÖZ

Organik sertifikalı Cabernet-Sauvignon/1103P aşı kombinasyonu ve Konvansiyonel yetiştiriciliğe sahip Cabernet Sauvignon/5BB aşı kombinasyonundaki omcalardan oluşan iki bağda deneme yürütülmüştür. Stres düzeylerine göre Bölünmüş Parseller Deneme Deseninde $\Psi_{şö}$ -şafak öncesi yaprak su potansiyeli değerlerine göre <-0.8 MPa ve >-0.8 MPa olan omcalar belirlenmiştir. Bu omcalar ayrıca kıraç arazi-yüzlek toprak ve taban arazi-derin toprak olarak gruplandırılmış ve her arazi-toprak tipinde Kontrol, Stres 1, Stres 2 düzeyi oluşturulmuştur. Hasatta salkımlardaki taneler çaplarına göre 4 gruba ayrılmıştır. Bu gruplar; 10mm-12mm, 12mm-14mm, 14mm-16mm ve 16-18mm çapa sahiptir. Üzümler boyut gruplarına ve stres düzeylerine göre Kontrol (K), Stres 1 ($S1 > -0.8$ MPa) ve Stres 2 ($S2 < -0.8$ MPa) olarak gruplandırılmış; bu gruplara göre salkımın bazı morfolojik özellikleri incelenmiştir. Salkım eni ve boyu arazi-toprak tipinden fazla etkilenmemiş; salkım ağırlığı, salkım hacmi ve salkımdaki tane sayısı kriterleri stresten etkilenmiştir. Stresin yoğun olduğu

Organik Bağ omcalarında Konvansiyonel Bağ omcalarına oranla daha az sayıda salkım olduğu belirlenmiştir. Omcaların salkımlardaki tane sayıları; arazi konumu, su stresi seviyeleri ve tane boyutlarına göre önemli ölçüde farklılıklar göstermiştir. Sonuç olarak, Tekirdağ ilinde Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidinden yüksek kalitede üzüm elde etmek için; olgunluk döneminde $\Psi_{\text{şö}} -0,8\text{MPa}$ 'a kadar düşebildiği kıraç arazi-yüzlek toprak koşullarında ve 10mm-12mm boyuta sahip tanelerin kullanılmasının uygun olacağı düşünülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Cabernet-Sauvignon, Organik bağcılık, Heterojenite, Salkım özellikleri

Introduction

The presence of water and its efficient use are influential in vineyard management. Additionally, irrigation is a factor that not only stabilizes yield but also affects wine quality (Chaves et al., 2010). Signs of abiotic stress due to water deficiency in grapevines start to appear depending on drought conditions (Hirayama and Shinoza, 2010). The water status of the vine is an important factor that determines yield, grape composition, and wine quality (Roux et al., 2019). Excessive water deficit leads to yield loss and negatively affects wine quality (Zsofi et al., 2014). The differences in the land where the vineyard is established and the soil characteristics limit the efficient use of water throughout the vegetation season. In this way, if an irrigation schedule is established without considering the variations in area and soil type, there is a risk of excessive water stress in certain areas, resulting in a decrease in yield and quality (Bellvert et al., 2021). Among the measurements of plant water status, pre-dawn and midday leaf water potential and stem water potential can be mentioned (Suter et al., 2019). The effects of water stress vary depending on the vine's phenological stage, the level of water stress, and the duration of stress (Deloire and Pellegrino, 2021). Furthermore, it has been found that climate and soil conditions can modify the impact of water stress (Wenter et al., 2018; Zufferey et al., 2018). Limited irrigation strategies applied at different phenological stages have varying effects on vine growth and yield. Early-stage (pre-veraison) water restriction has been reported to negatively affect vine growth (Munitz et al., 2016; Korkutal et al., 2022). However, Intrigliolo et al. (2012) determined that early or late water restriction did not have a significant impact on vine development. Nevertheless, the climatic conditions and genotype at the experimental site also play a role

in determining the vine's response to water stress (Bota et al., 2016; Cogato et al., 2022).

Cheng et al. (2014) have shown that water deficiency and low organic matter in the soil reduce cluster density in Cabernet Sauvignon cv. Echeverria et al. (2017) have mentioned that shallow soil has limited access to water, resulting in reduced yield due to slow vegetative growth, but it improves grape quality. Munitz et al. (2016) achieved the best vegetative growth and high yield in a parcel with regular and continuous water deficit regime, ranging from easy access to water from flowering to cluster formation and low limited irrigation from berry set to harvest. Calderon-Orellana et al. (2019) reported that post-veraison water restriction did not affect cluster density, moderate stress prevented uniform color development at harvest, and high stress led to green remaining berries.

In wine grape varieties, characteristics such as berry size, color, taste, and aromas are important (Poni et al., 2018). Additionally, Kontoudakis et al. (2011) stated that the heterogeneity of grape berries has a significant impact on wine composition and quality. Especially in red grape varieties, moderate stress is desired for high quality (Ferrandino et al., 2014; Levin et al., 2020). On the other hand, Ojeda et al. (2001) reported that water stress observed at the beginning of vegetation leads to a lower number of berries per cluster, severe water stress occurring between berry set and veraison reduces berry weight and increases heterogeneity in berry size. Chen et al. (2018) divided Cabernet Sauvignon grape berries into three groups: small ($\leq 0.75\text{g}$), medium ($0.76-1.25\text{g}$), and large ($> 1.25\text{g}$), and found that medium-sized berries accounted for over 50% numerically. Melo et al. (2015) grouped Syrah grape berries based on their diameter as small ($<13\text{mm}$), medium ($13\text{mm}<$ to $<14\text{mm}$), and large ($>14\text{mm}$) using a sieve, and they found that small berries were more abundant and

their size distribution did not change over two years. Decreased berry volume (bunch closure stage to post-veraison/ripening) reduces yield but generally supports quality (reduced cluster density, increased concentration of primary and secondary metabolites), and it is important to avoid inhibiting ripening (Deloire and Pellegrino, 2021).

Soil characteristics also influence grape quality. However, Van Leeuwen et al. (2004) determined that three different soil types (gravelly, heavy clay, sandy-loam) had less influence on grape quality compared to climate. Seguin (1986) stated that grape quality originates from the physical properties of the soil. Additionally, it should be noted that in some vineyards, the capacity of a wide and deep, well-developed root system enables vines to withstand water deficiency (Zufferey et al., 2018).

In this study, grapes from vines exposed to high water stress for many years in two vineyards, one organic and one conventional, were grouped based on leaf water potentials at harvest time, and berry sizing was performed to determine the effects of berry heterogeneity on cluster characteristics. Furthermore, the effect of berry heterogeneity on clusters characteristics and how this will be reflected in quality has been investigated.

Material and Methods

Experimental area, vineyards and experimental design

Two separate vineyards were used in the study, one organic and one conventional. The organic vineyard is located at 41° 02' 20.74" N and 27° 48' 41.90" E, with an elevation of 130m. It consists of 12-year-old vines of Cabernet-Sauvignon/1103P graft combination, planted with a spacing of 2 x 2.5 m in a N-S direction on a slope of 18%. The vertical shoot positioning (VSP) trellis system was used. Cultural practices in this vineyard included fertilization (with compressed granular animal manure), soil cultivation (once with a hoe and hoeing), and weed trimming. Summer pruning involved two topping and two shoot thinning operations. In terms of pest control, Bordeaux mixture (max. 4 kg ha⁻¹), sulfur, and copper-

based preparations were used. No irrigation was applied in the organic vineyard.

The conventional vineyard is located at 40° 55' 50.23" N and 27° 25' 19.16" E, with an elevation of 200m. It is situated 5km away from the sea. The vines in this vineyard were of the Cabernet-Sauvignon/5BB graft combination. They were planted with a spacing of 1.5 x 2.5 m in a N-S direction and trained using the Double Cordon Royat trellis system. Soil cultivation involved four times of hoeing and mechanical weeding. Summer pruning included one topping and one shoot thinning. Regular applications of Bordeaux mixture and systemic preparations containing copper and sulfur were carried out every 15 days. No irrigation was applied. Additionally, it should be noted that cluster and shoot numbers were not equalized in both the organic and conventional vineyards.

The study was conducted using a Split-Plot Design, with two soil types (Dryland-Shallow soil and Bottomland-Deep soil) and three different stress levels (Control, Stress 1, and Stress 2). The experiment was replicated three times, with two vines per replication.

Sample collection

A total of 144 clusters were selected, with four clusters per vine. The berries were then grouped based on their size: berries with a diameter smaller than 12mm, berries with a diameter between 12mm-14mm, berries with a diameter between 14mm-16mm, and berries with a diameter between 16mm-18mm. Due to the characteristics of the variety, berries with a diameter larger than 18mm could not be identified. There were also some parcels where berries with a diameter between 16-18mm were not found.

Area and soil types

In both vineyards, the northern and southern sides had different soil characteristics due to the slope. The northern slopes consisted of gravel, sand, and limestone structure, with lower organic matter content. Due to the low presence of clay, the cultivation and surface soil treatments resulted in the formation of an impermeable limestone layer. This soil structure, with a very low water holding capacity,

was defined as barren. Similarly, the southern slopes in both vineyards had a soil structure with abundant clay and sand, resulting in a soil with a high water holding capacity. These slopes, rich in water and organic matter from rainfall, were defined as base. This soil was more resistant to water stress compared to the barren soil.

The trial field is divided into two different land-soil types as seen below (Table 1):

Dryland - Shallow soil (DS): Parcel with high water permeability and abundant gravel

Bottomland - Deep soil (BD): Parcel with high clay content and deep base soil

It is also divided into three groups according to stress levels as given below:

Conventional vineyard (Control): Vineyard using conventional methods

Organic vineyard (Stress 1): Low predawn leaf water potential (Ψ_{pd})

Organic vineyard (Stress 2): High predawn leaf water potential (Ψ_{pd})

Table 1. Trial design according to the area-soil type and stress levels

Area and Soil type	Stress Levels	Repetition						Total
		I		II		III		
		1.vine	2. vine	1. vine	2. vine	1. vine	2. vine	
Dryland-Shallow soil (DS)	Control	1	1	1	1	1	1	6
	S1 < -0.8 MPa	1	1	1	1	1	1	6
	S2 > -0.8 MPa	1	1	1	1	1	1	6
Baseland-Deep soil (BD)	Control	1	1	1	1	1	1	6
	S1 < -0.8 MPa	1	1	1	1	1	1	6
	S2 > -0.8 MPa	1	1	1	1	1	1	6
Total Grapevine Number								36

Data Collection

Climate data and phenological development stages

In order to determine the effects of different soil types and vineyard management techniques (organic-conventional) on the vegetative growth and yield of the Cabernet Sauvignon variety, the dates of phenological development stages were determined according to Coombe (1995) and Lorenz et al. (1995).

Leaf water potential (Ψ_{pd} , MPa)

The predawn leaf water potential (Ψ_{pd}) has been measured once at harvest time using a Scholander Pressure Chamber (Deloire et al., 2020). These measurements were taken pre-dawn between 03:00-05:00 A.M. (Cole and Pagay, 2015). The measurements were evaluated according to Table 2.

Table 2. Predawn leaf water potential and grapevine water status (Carbonneau 1998, Deloire and Rogiers 2015)

Classes	Predawn leaf water potential	Level of water stress
0	$0 \text{ MPa} \geq \Psi_{pd} \geq -0.2 \text{ MPa}$	No water deficit
1	$-0.2 \text{ MPa} \geq \Psi_{pd} \geq -0.4 \text{ MPa}$	Mild to moderate water deficit
2	$-0.4 \text{ MPa} \geq \Psi_{pd} \geq -0.6 \text{ MPa}$	Moderate to severe water deficit
3	$-0.6 \text{ MPa} > \Psi_{pd} > -0.8 \text{ MPa}$	Severe to high water deficit (= stress)
4	$< -0.8 \text{ MPa}$	High water deficit (=stress)

Cluster size groups (%)

The grape berries on the clusters were classified according to diameter groups and examined based on soil type characteristics (Table 3). The proportion of berries in each diameter group is provided as a

percentage. The evaluation of all examined criteria was conducted based on these groups. In both area and soil types, clusters with a berry size of 12mm-14mm constituted around 60% of the total. Following this group, there were clusters with a diameter

between 10mm-12mm (23.68%) and the 14mm-16mm group (13.55%). The diameter group with the

lowest proportion was the 16mm-18mm range (1.84%).

Table 3. Berry diameter group percentages according to the area and soil type

Area and Soil type	Berry diameter groups (%)			
	10-12 mm	12-14 mm	14-16 mm	16-18 mm
DS	25.89	65.85	7.29	0.97
BD	21.46	56.01	19.81	2.72
DME (Diameter Main Effect)	23.68	60.93	13.55	1.84

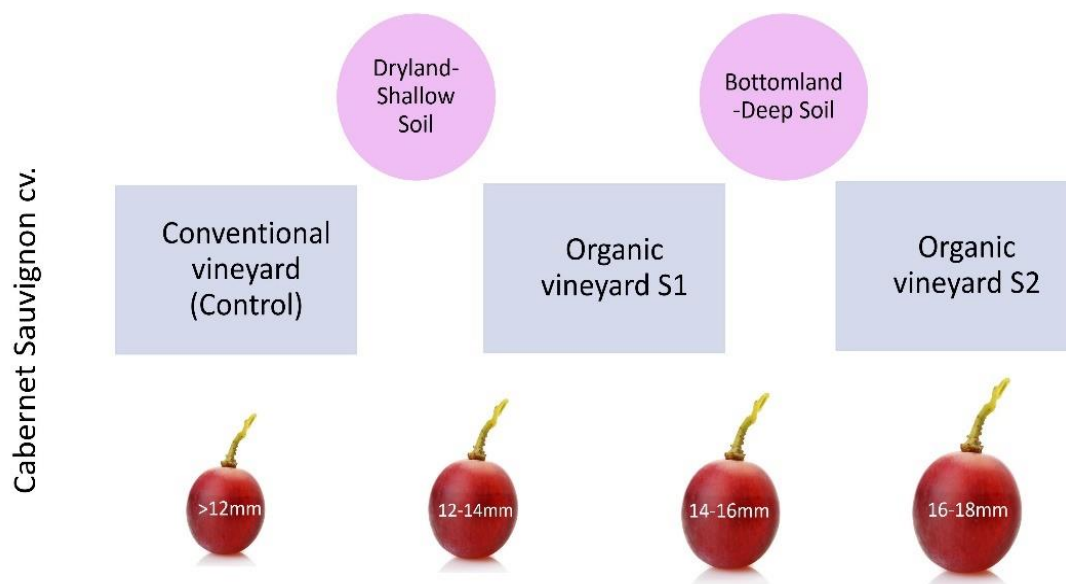


Figure 1. Area-soil type and berry size groups

Some morphological characteristics of the clusters

For determining the cluster characteristics, 144 clusters were selected and grouped according to their sizes, with 4 clusters per vine at harvest (Figure 1).

The width and length of the cluster were measured using a ruler (cm). The cluster weight (g) was calculated by dividing the yield per vine by the number of clusters. The cluster volume (cm³) was determined using the water dipping method.

Cluster density was calculated using the formula:

$$\text{Cluster Density} = \frac{\text{Number of Berries in the Cluster} \times \text{Berry Volume (cm}^3\text{)}}{\text{Cluster Volume (cm}^3\text{)}}$$

(OIV, 2009). The obtained value was evaluated as dense if it was less than 1 and sparse if it was greater than 1.

Number of berries in the cluster (number): In order to determine the number of berry per cluster, 3 replicates were conducted for each stress group. In each replicate, 2 vines were sampled, and 4 clusters were taken from each vine. Harvested clusters were brought to the laboratory as soon as possible, and the berries were separated from the clusters without

mixing. They were then classified using sieves with diameters of 10mm, 12mm, 14mm, 16mm, and 18mm. The clusters were counted and weighed according to the berry groups. Subsequently, every 4 clusters per vine were combined into 4 different size groups: 10mm-12mm, 12mm-14mm, 14mm-16mm, and 16mm-18mm. In some measurements, no berries belonging to the 16-18mm category could be found.

Additionally, the yield (kg da⁻¹) was calculated by weighing the clusters after individual harvests from each vine and multiplying it by the number of vines per decare.

Statistical analysis

The data were analyzed using the MSTAT-C statistical program, and the LSD test was used to determine significant differences at the 1% and 5% levels. In some statistical analyses, the 16mm-18mm berry size group was not used due to an insufficient number of berries.

Results and Discussion

Climate data

Throughout the entire vegetation period, there was a total of 173mm of rainfall, with 16mm of rainfall occurring from budbreak (EL 35) to harvest (EL 38).

During this period, the average temperature was 25.2°C, and the average relative humidity was 71.5%. According to the Winkler Index, the accumulated heat units were 2235 degree-days (TMM, 2018) (Figure 2).

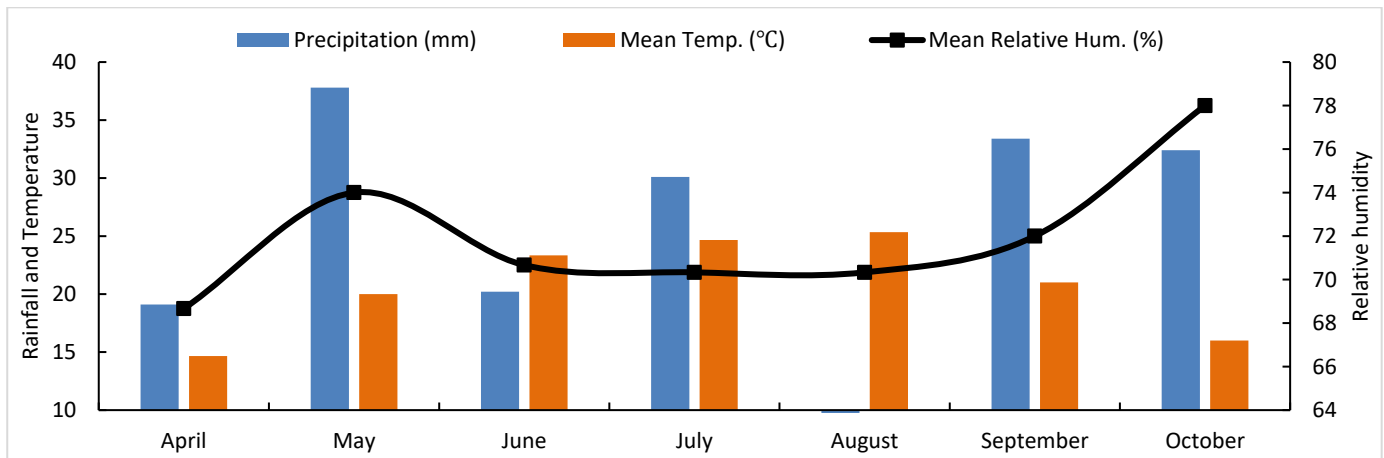


Figure 2. Precipitation, temperature, and relative humidity values in Tekirdağ province (TMM, 2018)

Phenological development stages

The phenological development dates for the organic vineyard were recorded as budbreak (EL 14) on April 15, flowering (EL 23) on May 25, veraison (EL 35) on July 24, and harvest (EL 38) on

August 31. In the conventional vineyard, budbreak (EL 14) occurred on April 15, flowering (EL 23) on May 28, veraison (EL 35) on July 26, and harvest (EL 38) on September 17, 2018, based on maturity analysis conducted after veraison (Figure 3).

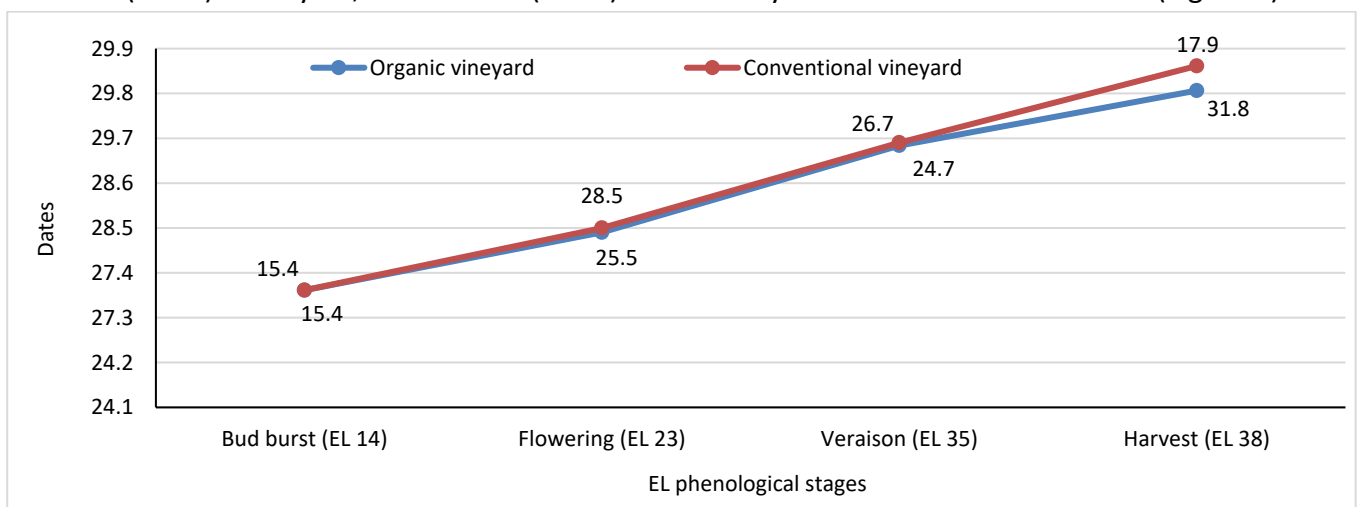


Figure 3. Phenological development stages of organic and conventional vineyards

Predawn leaf water potential (Ψ_{pd} , MPa)

The vine water status, represented by the predawn leaf water potential (Ψ_{pd}), was determined (Table 4). The vines were grouped according to area and soil type x Stress levels, and their predawn leaf water potentials (MPa) were examined. In the Dryland-Shallow soil (DS) vineyard, the average leaf water potential of vines at Stress level

1 was -0.77 MPa, at Stress level 2 it was -1.22 MPa, and for the Control group, it was -0.92 MPa, which falls between the two stress levels. In the Bottomland-Deep soil (BD) vineyard, the average leaf water potential of vines for the Control group was -0.29 MPa, for Stress level 1 it was -0.77 MPa, and for Stress level 2 it was -0.92 MPa.

Table 4. Leaf water potential (Ψ_{pd} ; MPa) values in terms of area and soil type, and stress level

Area and Soil type	Stress Levels	Replication			Mean
		I	II	III	
DS (Dryland - Shallow soil)	Conventional (Control)	-1.00	-0.90	-0.85	-0.92
	S1 >-0.8 MPa	-0.75	-0.80	-0.77	-0.77
	S2 <-0.8 MPa	-1.28	-1.15	-1.22	-1.22
BD (Bottomland – Deep soil)	Conventional (Control)	-0.25	-0.30	-0.31	-0.29
	S1 >-0.8 MPa	-0.77	-0.80	-0.72	-0.76
	S2 <-0.8 MPa	-0.95	-0.92	-0.90	-0.92

According to Table 1 (Thresholds of predawn leaf water potential and grapevine water status), the average values of Area and soil type and Stress levels indicate that the DS x Control interaction had a value of -0.92 MPa, indicating high stress. The DS x Stress level 1 interaction had a value of -0.77 MPa, indicating severe-high stress. The DS x Stress level 2 interaction had a value of -1.22 MPa, indicating high stress. In terms of the BD vineyard, the average values of Stress levels interaction were as follows: BD x Control interaction had a value of -0.29 MPa, indicating low-medium stress; BD x Stress level 1 interaction had a value of -0.76 MPa, indicating severe high stress, and BD x Stress level 2 interaction had a value of -0.92

MPa, indicating high stress.

Percentage of grape berry diameter groups in the cluster

When grape berries in the clusters were classified according to diameter groups and analyzed based on field-soil type characteristics, it was observed that clusters with a diameter of 12mm-14mm accounted for approximately 60%. This group was followed by the group with a diameter of 10mm-12mm (23.68%) and the group with a diameter of 14mm-16mm (13.55%). The lowest percentage was recorded for the 16mm-18mm diameter group (1.84%) (Table 5).

Table 5. Grape berry diameter groups according to area and soil type

Area and Soil Type	Berry diameter groups (%)			
	10mm-12mm	12mm-14mm	14mm-16mm	16mm-18mm
DS (Dryland–Shallow soil)	25.89	65.85	7.29	0.97
BD (Bottomland–Deep soil)	21.46	56.01	19.81	2.72
DME (Diameter Main Effect)	23.68	60.93	13.55	1.84

N.S.

Some morphological characteristics of the cluster

Cluster width (cm)

When examining the cluster width criteria for all berry diameter groups, the Stress Main Effect (SME),

Area and Soil Type Main Effect (ASTME), and Area and soil type x Stress Levels interactions were not found to be statistically significant (Table 6).

Table 6. Cluster width values at different stress levels based on area and soil type

Area and soil type	Stress Levels			ASTME (Area and Soil Type Main Effect)
	Control	Stress 1	Stress 2	
Dryland-Shallow soil	9.16	8.91	9.02	9.03
Bottomland-Deep soil	8.71	8.01	8.66	8.46
SME (Stress Main Effect)	8.93	8.45	8.84	

N.S.

When examining the criterion of cluster width in terms of Area and soil type Main Effect (ASTME)

values of 9.03 cm were obtained from the Dryland-Shallow soil (DS) and 8.46 cm for the Bottomland-

Deep soil (BD). When analyzing the interaction between stress level and area and soil type, it was found that cluster width values ranged from 8.01 cm (BD x Stress 1) to 9.16 cm (DS x Control). From the perspective of SME (Stress Main Effect), cluster width values were ranked from lowest to highest as follows: Stress 1: 8.45 cm, Stress 2: 8.84 cm, and Control: 8.93 cm. The cluster width of the Cabernet Sauvignon grape variety was classified as medium (~120 mm) according to OIV (2009) standards and assigned a code of 5.

Cluster length (cm)

No statistical differences were observed in terms

of the main effect and interactions for cluster length (Table 7). In terms of area and soil type, the Dryland-Shallow soil had a length of 12.91 cm, while the Bottomland-Deep soil had a length of 15.71 cm. When examining the length of clusters from a stress perspective, they were ranked as follows: Stress 2 (13.80 cm), Stress 1 (14.15 cm), and Control (14.99 cm). Regarding the interaction between area and soil type and stress level, the values ranged between 12.03 cm (DS x Stress 2) and 15.89 cm (BD x Control). The cluster length of the Cabernet-Sauvignon grape variety was classified as short-medium (120 - 160 mm) according to OIV (2009) standards and given codes 3 and 5.

Table 7. Cluster length values at different stress levels based on area and soil type

Area and soil type	Stress Levels			ASTME (Main Effect of Area and soil type)
	Control	Stress 1	Stress 2	
Dryland-Shallow soil	14.08	12.63	12.03	12.91
Bottomland-Deep soil	15.89	15.67	15.57	15.71
SME (Stress Main Effect)	14.99	14.15	13.80	

N.S.

Cluster weight (g)

The ASTME and SME had a statistically significant impact on cluster weight (LSD %1) (Table 8). It was determined that the BD (181.98 g) had a greater effect on cluster weight compared to the DS (133.98 g). When examining cluster weight from a SME perspective, the Control group (192.92 g) formed the first significant group, followed by the

Stress 2 group (135.32 g) and the Stress 1 group (145.71 g). In terms of the interaction between area and soil type and stress levels, cluster weight values ranged between 111.93 g (DS x Stress 2) and 221.09 g (BD x Control).

Table 8. Cluster weight values at different stress levels based on area and soil type

Area and soil type	Stress Levels			ASTME (Main Effect of Area and soil type)
	Control	Stress 1	Stress 2	
Dryland-Shallow soil	164.76	125.27	111.93	133.98 b
Bottomland-Deep soil	221.09	166.15	158.71	181.98 a
SME (Stress Main Effect)	192.92 A	145.71 B	135.32 B	

SME LSD %1 = 17.90629; ASTME LSD %5=15.98

According to Ojeda et al. (2001) and Zombardo et al. (2020), no significant differences were found in cluster weight between control and stressed grapevines, indicating a lack of similarity. It is believed that this difference could be attributed to the grape variety. However, a parallel result was observed between the research findings of Shellie and King (2020), which showed that stress reduced cluster weight by approximately 27%. Similarly,

Bahar et al. (2017) obtained results in line with the finding that the highest cluster weight occurred between -0.3 MPa and -0.7 MPa, while the lowest cluster weight was observed at stress levels of -0.7 MPa and above.

Cluster volume (cm³)

The SME (LSD %1) and Area and soil type x Stress (LSD %5) interactions were found to have a significant effect on cluster volume (Table 9). When examining cluster volume from a SME

perspective, the Control group (163.92 cm³) had the highest cluster volume, placing it in the first significant group, while Stress 1 (111.04 cm³) and Stress 2 (106.00 cm³) levels were

classified in the second significant group.

Table 9. Cluster volume values at different stress levels based on area and soil type

Area and soil type	Stress Levels			ASTME (Main Effect of Area and soil type)
	Control	Stress 1	Stress 2	
Dryland-Shallow soil	146.00 <i>b</i>	82.42 <i>d</i>	88.04 <i>d</i>	105.49 <i>b</i>
Bottomland-Deep soil	181.83 <i>a</i>	139.67 <i>b</i>	123.96 <i>c</i>	148.49 <i>a</i>
SME (Stress Main Effect)	163.92 <i>A</i>	111.04 <i>B</i>	106.00 <i>B</i>	

SME LSD %1 = 12.5976; Area and soil type x Stress interaction LSD %5 = 12.5214; ASTME LSD %5=11.34

Bottomland-Deep soil (148.49 cm³) increased cluster volume compared to Dryland-Shallow soil (105.49 cm³). In terms of the Area and soil type x Stress levels interaction, the BD x Control interaction (181.83 cm³) is in the first significant group. The DS x Stress 2 (88.04 cm³) and DS x Stress 1 interactions (82.42 cm³) form the last significant group.

It is found that the decrease in berry volume is due to an increase in water deficit, obtaining similar results. It should be noted that the decrease in berry volume (from the bunch closure to the post-veraison/ripening stage) reduces yield while supporting quality (Deloire and Pellegrino, 2021).

Number of berries in the cluster (number)

When examining the number of berries in the cluster based on size groups, both DME (LSD %5) and SME (LSD %5) were found to be significant (Table 10). From a DME perspective, the 12mm-14mm berry size group was in the first significant group with a value of 63.65 number. The 10mm-12mm (27.44 number) and 14mm-16mm (15.88 number) size groups formed the second significant group. In this measurement, no berries belonging to the 16-18mm category could be found. From SME perspective, it was determined that the number of berries in the cluster was lower in the Stress 1 and Stress 2 compared to the Control. The finding that the number of clusters per vine or berries per cluster decreases as the stress level increases (Deloire and Pellegrino, 2021) aligns with similar results.

Table 10. Changes in the number of berries in the cluster based on area and soil type, different stress levels, and berry sizes

Area and soil type and Stress		Berry diameter			ASTME
		10mm-12mm	12mm-14mm	14mm-16mm	
Dryland-Shallow soil		30.28	61.24	4.99	32.17 <i>b</i>
Bottomland-Deep soil		24.6	66.06	26.77	39.14 <i>a</i>
					SME
Control		39.57	67.02	29.39	45.32 <i>a</i>
Stress 1		17.82	63.8	10.67	30.88 <i>b</i>
Stress 2		24.94	60.13	7.59	30.76 <i>b</i>
					Area-soil type x Stress Int
Dryland-Shallow soil	Control	51.42	73.04	1.82	42.09
	Stress 1	18.17	59.38	7.79	28.45
	Stress 2	21.25	51.29	5.38	25.97
Bottomland-Deep soil	Control	27.71	61.01	56.96	48.56
	Stress 1	17.46	68.21	13.54	33.07
	Stress 2	28.63	68.96	9.80	35.80
DME (Diameter Main Effect)		27.44 <i>B</i>	63.65 <i>A</i>	15.88 <i>B</i>	

DME LSD %5 = 14.19287; SME LSD %5=12.03

Furthermore, when examining Table 11, it can be

seen that all main effects and interactions are significant. In terms of SME, the highest number of

berries in the cluster was obtained from the Control treatment (135.98 number). The lowest berry count values were obtained from Stress 1 (92.21 number) and Stress 2 (92.90 number). From a ASTME perspective, the number of berries in the cluster was highest in BD with 119.34 number and the lowest

value was determined to be 94.72 number in DS. The highest value in the Area and soil type x Stress interactions was obtained from the BD x Control interaction with 146.17 number. The lowest interaction values were 77.29 number and 81.09 number (DS x Stress 2 and DS x Stress 1).

Table 11. The number of berries in the cluster based on area and soil type under different stress levels

Area and soil type	Stress Levels			ASTME (Main Effect of Area and soil type)
	Control	Stress 1	Stress 2	
Dryland-Shallow soil	125.79 b	81.09 d	77.29 d	94.72 b
Bottomland-Deep soil	146.17 a	103.34 c	108.50 c	119.35 a
SME (Stress Main Effect)	135.98 A	92.21 B	92.90 B	

SME LSD %1 = 10.07909; Area-soil type x Stress Interaction LSD %1 = 14.2598; ASTME LSD %5=8.94

Cluster density

According to Bahar and Öner (2016), the reported value of 123.19 (number) for the number of berries in the cluster for Cabernet-Sauvignon grape variety in Tekirdağ is consistent with the Control value. It has been concluded, in line with Wenter et al. (2018) and Deloire and Pellegrino (2021), that the number of berries in the cluster excessively decreases in grapevines during the rainfall-free vegetative period, which negatively affects yield.

According to the formula provided by OIV (2009), if the derived number is less than 1, the cluster density is considered dense, while it is considered loose if the number is greater than 1. When evaluating the cluster density criterion statistically, SME and ASTME (LSD %1) were found to be significant. It was observed that the Control treatment had a value above 1 (1.02), while Stress 1 (0.81) and Stress 2 (0.84) had values below 1 (Table 12).

Table 12. Cluster density based on berry size classification and area and soil type

Area and soil type	Stress Levels			ASTME (Main Effect of Area and soil type)
	Control	Stress 1	Stress 2	
Dryland-Shallow soil	1.07	0.74	0.82	0.88 b
Bottomland-Deep soil	0.97	0.88	0.86	0.90 a
SME (Stress Main Effect)	1.02 A	0.81 B	0.84 B	

SME LSD %1=0.1735883; ASTME LSD %5=0.16

Furthermore, in terms of ASTME, it has been observed that BD (0.90) clusters are looser than DS (0.88) clusters. And according to OIV (2009) standards, both of them have been classified as dense clusters. Although not significant in terms of the interaction between Area and soil type x Stress levels, the DS and BD areas had the highest values for the x Control interaction. Due to their values being very close to 1, they were categorized as loose.

These findings contradict the result reported by Calderon-Orellana et al. (2019), which stated that post-veraison water restriction did not affect cluster density. It is believed that this discrepancy is due to the differences in grape variety and experimental

conditions. However, the findings are in line with Deloire and Pellegrino (2021), indicating that the decrease in cluster density (less than 1) is parallel to the decrease in berry volume (Stress 1 and Stress 2 with respective berry volumes of 111.04 cm³ and 106.00 cm³), and this contributes to an increase in quality.

Yield (kg da⁻¹)

In terms of yield, SME, ASTME, and the Area and soil type x Stress levels interaction were found to be statistically significant (LSD 1% level) according to Korkutal et al. (2023) (Data not shown).

When examined from the perspective of SME, it is

observed that the Control treatment (1187.53 kg da⁻¹) obtained the highest yield value. This value was followed by Stress 1 (657.08 kg da⁻¹). The lowest was obtained from the Stress 2 (457.36 kg da⁻¹). In terms of the interaction between Area-soil type x Stress Interaction, the BD x Control (1465.92 kg da⁻¹) interaction had the highest, while the DS x Stress 1 (526.12 kg da⁻¹) interaction had the lowest yield value. In terms of ASTME, the highest yield value per decare was recorded in the BD at 930.13 kg da⁻¹, and the lowest was in the DS at 604.52 kg da⁻¹. These findings are consistent with the observation reported by Nadal (2010) that yields are lower in hills, and they are also parallel to the finding that non-irrigated and severely stressed vines have the lowest yield, as reported by Carbonneau (1998), Deloire et al. (2004), Deloire and Heyns (2011), and Bellvert et al. (2021).

Conclusion

In this study, the high-quality and globally recognized Cabernet-Sauvignon grape variety was examined in two vineyards with different cultivation types: organic and conventional, located in Tekirdağ province. The effects of area and soil type and different levels of water stress on cluster characteristics were investigated in these two vineyards.

In terms of ASTME, the BD only reduced the cluster width, while the DS reduced the cluster length, cluster weight, cluster volume, cluster berry count, and cluster density. Regarding stress levels, Stress 1 decreased cluster width, weight, volume, berry count, cluster density, and yield (by 44% compared to Control), while Stress 2 reduced cluster length, weight, volume, cluster density, and yield (by 61% compared to Control). As expected, the clusters in the Control treatment were larger than those in Stress 1 and Stress 2.

Both in the organic and conventional vineyards, based on the pre-dawn leaf water potential (Ψ_{pd}) measurements, it was determined that the 10mm-12mm berry size group exhibited the desired characteristics when compared in two separate groups: Stress 1 with Ψ_{pd} above -0.8 MPa and Stress 2 with Ψ_{pd} below -0.8 MPa.

It was found that the cluster berry count was centered in the 12mm-14mm size group (60.93%) and, in general, 76.32% of the berries had a diameter larger than 12mm. This supports the finding that smaller berries are positively correlated with wine quality, especially in red wine grape varieties (Matthews and Anderson, 1988; Chen et al., 2018). Based on these data, it is necessary to develop cultural practices and strategies to reduce berry size in the vineyards where the study was conducted.

It can be said that better results were obtained under DS conditions in terms of all the examined cluster characteristics. Cluster width and length were less affected by area and soil type. Cluster weight, cluster volume, berry number per cluster, and cluster weight criteria were significantly influenced by stress. It was determined that there were obsolete clusters in the organic vineyard with higher stress compared to the conventional vineyard. The berry number per cluster showed significant differences depending on area and soil types, stress levels, and berry sizes. In the organic vineyard under DS conditions, the number of berries in clusters was very low (77.29 number) under the highest stress level, while in the conventional vineyard under BD conditions, the number of berries in clusters of low-stress vines was very high (146.17 number) compared to the others.

In conclusion, in order to obtain high-quality grapes from the Cabernet-Sauvignon cv. in the Tekirdağ province, it is possible to suggest the following practices:

- Cultivation should be carried out under Dryland-Shallow soil conditions where the predawn leaf water potential can drop as low as -0.8 MPa during the ripening period,

- Since grape quality is improved by the presence of smaller diameter berries, and the smallest berries will be obtained from the smallest clusters, it can be said that it is appropriate to use berries of the 10mm-12mm size, which have low cluster width-height-weight-volume, berry number per cluster and cluster density.

Acknowledgement: This research was a part of third authors MSc. Thesis (YOK Thesis No: 575261/Date: 31.05.2019).

Thanks: The authors thank ŞatoNuzun Bağcılık ve Şarapçılık Ltd. Şti. and Umurbey Vineyards Ltd. Şti. for allowing us to set up an essay in their vineyard.

Conflict of interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

Author contributions: İ.K. investigation, writing, review and editing; E.B. investigation review and editing; M.U. investigation, writing.

References

- Bahar, E., & Öner, H. (2016). Cabernet-Sauvignon üzüm çeşidinde farklı kültürel işlemlerin verim özellikleri üzerine etkileri. *Bahçe*, 45 (Özel Sayı): 591-598.
- Bahar, E., Korkutal, I., & Kabatas, I. E. (2017). Sangiovese üzüm çeşidinde dönemsel yaprak su potansiyeli (ψyaprak) değişimleri ve salkım seyreltme uygulamalarına bağlı olarak düzenlenen sulama oranlarının verim, sürgün ve gelişme özellikleri üzerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30 (2): 85-90.
- Bellvert, J., Mata, M., Vallverdú, X., Paris, C., & Marsal, J. (2021). Optimizing precision irrigation of a vineyard to improve water use efficiency and profitability by using a decision-oriented vine water consumption model. *Precision Agriculture*, 22: 319-341. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09718-2>
- Bota, J., Tomás, M., Flexas, J., Medrano, H., & Escalona, J.M., 2016. Differences among grapevine cultivars in their stomatal behavior and water use efficiency under progressive water stress. *Agricultural Water Management*, 164, 91-99. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2015.07.016>.
- Calderon-Orellana, A., Bambach, N., Aburto, F., & Calderón, M. (2019). Water deficit synchronizes berry color development in Crimson Seedless table grapes. *American Journal of Enology and Viticulture*, 1: 60-67. DOI: <http://dx.doi.org/10.5344/ajev.2018.17070>.
- Carbonneau, A. (1998). Aspects Qualitatifs. 258-276. In: Tiercelin, JR (Ed.), *Traite d'irrigation*. Tec. & Doc. Lavosier Ed., Paris, p.1011.
- Chaves, M. M., Zarrouk, O., Francisco, R., Costa, J. M., Santos, T., Regalado, A. P., Rodrigues, M. L., & Lopes, C. M., (2010). Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. *Annals of Botany*, 105, 661-676. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcq030>.
- Chen, W. K., He, F., Wang, Y. X., Liu, X., Duan, C.Q., & Wang, J. (2018). Influences of berry size on fruit composition and wine quality of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon grapes. *South African Journal for Enology and Viticulture*, 39. DOI: <http://dx.doi.org/10.21548/39-1-2439>.
- Cheng, G., Yan-Nan, H., Yue, T., Wang, J., & Zhang, Z. (2014). Effects of climatic conditions and soil properties on Cabernet Sauvignon berry growth and anthocyanin profiles. *Molecules*, 19 (9): 13683-13703. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/molecules190913683>
- Cogato, A., Jewan, S. Y. Y., Wu, L., Marinello, F., Meggio, F., Sivilotti, P., Sozzi, M., & Pagay, V. (2022). Water stress impacts on grapevines (*Vitis vinifera* L.) in hot environments: physiological and spectral responses. *Agronomy*, 12 (8): 1819. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy12081819>
- Cole, J., & Pagay, V. (2015). Usefulness of early morning stem water potential as a sensitive indicator of water status of deficit-irrigated grapevines (*Vitis vinifera* L.). *Scientia Horticulturae*, 191: 10-14. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.04.034>
- Coombe, B. G. (1995). Growth stages of the grapevine: Adoption of a system for identifying grapevine growth stages. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1: 104-110. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1755-0238.1995.tb00086.x>.
- Deloire, A., & Heyns, D. (2011). The leaf water potentials: Principles, method and thresholds. *WineLand Technical Year Book*, September 2011, 128-131.
- Deloire, A., & Rogiers, S. (2015). Monitoring vine water status Part 2: A detailed example using the pressure chamber. *Grapevine Management Guide 2014-15*. NSW DPI Management Guide. 16-19.
- Deloire A., Pellegrino A., & Rogiers S. (2020). A few words on grapevine leaf water potential. *Ives Technical Reviews Vine & Wine*. DOI: <http://dx.doi.org/10.20870/IVES-TR.2020.3620>
- Deloire, A., & Pellegrino, A. (2021). Review of vine water deficit. What levers for the vineyard in the short and medium term? *Ives Technical Reviews Vine and Wine*. DOI: <http://dx.doi.org/10.20870/IVES-TR.2021.4842>
- Echeverria, G., Ferrer, M., & Miras-Avalos, J. (2017). Effects of soil type on vineyard performance and berry composition in the Río de la Plata Coast (Uruguay). *OENO One*, 51. DOI: <http://dx.doi.org/10.20870/oeno-one.2017.51.2.1829>.
- Ferrandino, A., & Lovisolo, C. (2014). Abiotic stress effects on grapevine (*Vitis vinifera* L.): Focus on abscisic acid-mediated consequences on secondary metabolism and berry quality.

- Environmental and Experimental Botany, 103: 138-147. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.10.012>
- Hirayama, T., & Shinozaki, K. (2010). Research on plant abiotic stress responses in the post-genome era: past, present and future. *The Plant Journal*, 61: 1041-1052. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-313X.2010.04124.x>
- Intrigliolo, D.S., Pérez, D., Risco, D., Yeves, A., & Castel, J. R. (2012). Yield components and grape composition responses to seasonal water deficits in Tempranillo grapevines. *Irrigation Science*, 30: 339-349. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00271-012-0354-0>.
- Kontoudakis, N., Esteruelas, M., Fort, F., Canals, J. M., De Freitas, V., & Zamora, F. (2011). Influence of the heterogeneity of grape phenolic maturity on wine composition and quality. *Food Chemistry*, 124 (3): 767-774. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.093>.
- Korkutal, I., Bahar, E., & Carbonneau, A. (2022). How Grenache N (*Vitis vinifera* L.) physiology responses drought stress in early developmental stages? Chapters on Viticulture (pp. 25-44). In: Kunter, B. ve Keskin, N. (Ed.). İksad Publishing House, Ankara.
- Korkutal, I., Bahar, E., & Uzun, M. (2023). Effect of berry heterogeneity and water deficit in organic and conventional vineyards on grape berry characteristics. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 10 (3): 510-519.
- Levin, A. D., Deloire, A., & Gambetta, G. A. (2020). Does water deficit negatively impact wine grape yield over the long term? *IVES Technical Reviews*. DOI: <https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2019.4029>
- Lorenz, D. H., Eichhorn, K. W., 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. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1: 100-110.
- Matthews, M. A., & Anderson, M. M. (1988). Fruit ripening in *Vitis vinifera* L.: responses to seasonal water deficits. *American Journal of Enology and Viticulture*, 39: 313-320.
- Melo, M. S., Schultz, H. R., Volschenk, C., & Hunter, J. J. (2015). Berry size variation of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah: Morphological dimensions, berry composition and wine quality. *South African Journal for Enology and Viticulture*, 36: 1-10. DOI: <http://dx.doi.org/10.21548/36-1-931>
- Munitz, S., Netzer, Y., & Schwartz, A. (2016). Sustained and regulated deficit irrigation of field-grown Merlot grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 23: 87-94. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/ajgw.12241>
- Nadal, M. (2010). Phenolic Maturity in Red Grapes. In: Delrot, S., Medrano, H., Or, E., Bavaresco, L., Grando, S. (eds) *Methodologies and Results in Grapevine Research*. Springer, Dordrecht. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-90-481-9283-0_28
- OIV (2009). 2nd Edition of the OIV descriptor list for grape varieties and *Vitis* species. 178 p.
- Ojeda, H., Deloire, A., & Carbonneau, A. (2001). Influence of water deficits on grape berry growth. *Vitis*, 40: 141-145
- Poni, S., Gatti, M., Palliotti, A., Dai, Z., Duchêne, E., Truong, T. T., Ferrara, G., Matarrese, A. M. S., Gallotta, A., Bellincontro, A., Mencarelli, F., & Tombesi, S. (2018). Grapevine quality: A multiple choice issue. *Scientia Horticulturae*, 234: 445-462. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.035>
- Roux, S., Gaudin, R., & Tisseyre, B. (2019). Why does spatial extrapolation of the vine water status make sense? Insights from a modelling approach. *Agricultural Water Management*, 217: 255–264. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.013>
- Seguin, G., (1986). Terroirs and pedology of wine growing. *Experientia*, 42: 861-873. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF01941763>
- Shellie, K. C., & King, B. A. (2020). Application of a daily crop water stress index to deficit irrigate Malbec grapevine under semi-arid conditions. *Agriculture*, 10 (11): 492. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture10110492>
- Suter, B., Triolo, R., Pernet, D., Dai, Z. & Van Leeuwen, C. (2019). Modeling stem water potential by separating the effects of soil water availability and climatic conditions on water status in grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Frontiers in Plant Science*, 10: 1485. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2019.01485>
- TMM 2018. Tekirdağ Meteoroloji Müdürlüğü kayıtları.
- Van Leeuwen, C., Friant, P., Choné, X., Tregoat, O., Koundouras, S., & Dubourdieu, D. (2004). Influence of climate, soil, and cultivar on terroir. *American Journal of Enology and Viticulture*, 55 (3): 207-217. DOI: <http://dx.doi.org/10.5344/ajev.2004.55.3.207>
- Wenter, A., Zanotelli, D., Montagnani, L., Tagliavini, M., & Andreotti, C. (2018). Effect of different timings and intensities of water stress on yield and berry composition of grapevine (cv. Sauvignon blanc) in a mountain environment. *Scientia Horticulturae*, 236: 137-145. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.037>
- Zombardo, A., Mica, E., Puccioni, S., Perria, R., Valentini, P., Mattii, G.B., Cattivelli, L., & Storchi, P. (2020).

Berry quality of grapevine under water stress as affected by rootstock–scion interactions through gene expression regulation. *Agronomy*, 10 (5): 680. DOI:

<http://dx.doi.org/10.3390/agronomy10050680>

Zsofi, Zs., Sz. Villango, Z., Palfi, E., Toth, E., & Baló, B. (2014). Texture characteristics of the grape berry skin and seed (*Vitis vinifera* L. cv. Kékfrankos) under postveraison water deficit. *Scientia Horticulturae*, 172: 176–182. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2014.04.008>

Zufferey, V., Verdenal, T., Dienes, A., Belcher, S., Lorenzini, F., Koestel, C., Gindro, K., Spangenberg, J. E., Viret, O., & Spring, J. L. (2018). The impact of plant water status on the gas exchange, berry composition and wine quality of Chasselas grapes in Switzerland: Impacts of water stress on grapevine physiology. *OENO One*, 52 (4). DOI: <http://dx.doi.org/10.20870/oeno-one.2018.52.4.2181>



Functional koumiss from donkey's milk

Eşek sütünden yapılan fermente kımız

Nadira TURGANBAEVA^{1*}, Zhyldyzai OZBEKOVA², Ruslan Adil AKAI TEGIN³

¹Kyrgyz-Turkish Manas University, Faculty of Tourism, Kyrgyzstan/Bishkek, ^{2,3}Kyrgyz-Turkish Manas University, Faculty of Food Engineering, Kyrgyzstan/Bishkek

¹<https://orcid.org/000-0002-7620-9236>; ²<https://orcid.org/0000-0002-2471-5006>; ³<https://orcid.org/0000-0002-0607-6810>

To cite this article:

Turbanbaeva, N., Ozbekova, Z. & Akai Tegin, R. (2023). Functional koumiss from donkey's milk. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 27(4): 458-466

DOI: 10.29050/harranziraat.1356695

*Address for Correspondence:

Nadira TURGANBAEVA

e-mail:

nadira.turbanbaeva@manas.edu.kg

Received Date:

07.09.2024

Accepted Date:

11.12.2023

© Copyright 2018 by Harran University
Faculty of Agriculture. Available on-line at
www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ABSTRACT

The study aimed to expand the range of dairy products by developing a recipe and technology for a fermented milk drink made from donkey milk with unique properties. Additional functionality is provided by the introduced probiotic cultures and phytogetic raw materials. Two functional drinks were proposed as experimental products: Koumiss-1 - koumiss with added probiotics and peony tincture, and Koumiss-2 - probiotic koumiss with added dried burdock roots. The initial raw material, donkey milk, was collected in the farm of the Ala Too State Farm located at an altitude of 800 m above sea level, in the Chui Valley of the Kyrgyz Republic. The standard methods of physicochemical, microbiological and organoleptic analyses were used for the study. The fermentation intensity (Is) and fermentation coefficient (δ) were determined for each case based on the data on the change in active and titratable acidity during the fermentation of milk with koumiss ferment. In the sample of koumiss-1 with the addition of peony tincture δ appeared in the first 3 hours, and δ in koumiss-2 was closer to 6 hours. Based on organoleptic evaluations, the developed drinks exhibit a pleasant sour-milk aroma and taste. The consistency is liquid with a slightly foamy texture, while the drink with added burdock roots has a pleasant creamy flavor. Lactic acid bacteria and yeast are similar to the specifications found in natural koumiss made from mare's milk. Throughout the experiment, sour-milk beverages were successfully produced, and they can potentially to fill the market niche for functional products with medicinal properties.

Key Words: Donkey milk, probiotics, koumiss, functional foods

ÖZ

Bu çalışma, benzersiz özelliklere sahip eşek sütünden yapılan fermente bir süt içeceği üretimi için teknoloji geliştirerek süt ürünleri yelpazesini genişletmeyi amaçlamaktadır. Ek işlevsellik, eklenen probiyotik kültürler ve fitojenik hammaddeler tarafından sağlanmaktadır. Deneme ürünleri olarak iki farklı fonksiyonel içecek önerilmiştir: Koumiss-1 - probiyotik ve şakayık tentürü eklenmiş koumiss ve Koumiss-2 - probiyotik koumiss içine eklenmiş kurutulmuş dulavratotu kökü. İlk hammadde olan eşek sütü, Kırgız Cumhuriyeti'nin Çüy Vadisi'nde, deniz seviyesinden 800 metre yükseklikte bulunan Ala Too çiftliğinde toplanmıştır. Çalışma boyunca standart fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve organoleptik analiz yöntemleri kullanılmıştır. Fermantasyon yoğunluğu (Is) ve fermantasyon katsayısı (δ), sütün kımız mayası ile fermantasyonu sırasındaki aktif ve titre asitlik değişikliklerine dayalı olarak her bir örnek için belirlenmiştir. Şakayık tentürü eklenmiş kımız-1 örneğinde δ ilk 3 saat içinde gözlenirken, kımız-2'de δ yaklaşık olarak 6 saat sürmüştür. Organoleptik değerlendirmelere göre, fermente edilen içecekler hoş bir ekşi süt aroması ve tadı sergilemektedir. Kıvamı hafif köpüklü bir dokuya sahip olan

dulavratotu kökü eklenmiş içecek ise hoş bir kremli tada sahiptir. Laktik asit bakterileri ve maya varlığı, doğal kıımızdan üretilen kıımızın özelliklerine benzemektedir. Deney süresince, ekşi süt içecekleri başarılı bir şekilde üretilmiştir ve tıbbi özelliklere sahip fonksiyonel ürünler için pazar boşluğunu doldurma potansiyeline sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Eşek sütü, probiyotikler, kıımız, fonksiyonel gıdalar

Introduction

Functional products, known as foodstuffs, are being actively introduced into the global food markets and are widely used in classical and traditional medicine. These products include ingredients of plant origin, prebiotics, probiotics, vitamins, etc., which possess therapeutic, health-improving, preventive, and functional properties. Dairy products are a technologically advanced group for developing new functional products and can be used purposefully as preventive and therapeutic products. Popular dairy products with antimicrobial, anti-tuberculosis and immunomodulatory properties are koumiss or airag (Mongolian), kymyz (Kyrgyz), kıımız (Azerbaijani), kıımız (Turkish), qimiz (Uzbek), and gymyz (Turkmen). The therapeutic properties of koumiss were mentioned in the writings of Abu Ali ibn Sina, who cured Vizier Suhailia (Kudayarova *et al.*, 2010). Lactic acid streptococci produce an antibiotic substance called nisin, which has bactericidal and bacteriostatic properties against tubercle bacilli (Explanatory Dictionary, 2018; Afzaal *et al.*, 2021). In addition to treating the respiratory system, koumiss has beneficial effects on the digestive system, improves metabolism, increases the body's immunity, modulates gut microbiota and is known to have antioxidant activity against coronary heart disease (Giosue *et al.*, 2008; Nikkhah, 2011; Gilmutdinova *et al.*, 2018; Hou *et al.*, 2019). Traditionally, koumiss is made from mare's milk, but other variations include using cow's milk, a blend of camel's milk and cheese serum, and nontraditional milk types with anti-inflammatory, immunomodulatory, antitumor, and hypoallergenic properties. The utilization of non-traditional types of milk for producing dairy products with anti-inflammatory, immunomodulatory, antitumor, and

hypoallergenic properties is a current topic of interest. According to many scientists, donkey milk possesses all of these properties. Both donkey and mare milk are classified as albumin milk, which is low in fat and cholesterol but high in PUFAs (polyunsaturated fatty acids) compared to cow's milk. It is known that these acids are not synthesized in the body and must be obtained through dietary sources (Lobanov, 2003). The percentage ratio of saturated and unsaturated fatty acids in donkey milk is 40% to 60%, respectively, and this ratio has high health benefits for humans (WHO, 2020). The protein composition of donkey milk differs significantly from cow's milk and is the closest to that of mare's and breast milk. Donkey milk is characterized by a high content of lysozyme, lactoferrin, and immunoglobulin which have an inhibitory effect on the development of pathogenic bacteria (Angela, 2011; Salimei and Fantuz, 2012). Recent studies have shown that α -lactalbumin possesses antiviral and antitumor properties. Additionally, it forms a complex with oleic acid called GAMLET, which has been inhibited in tumorigenesis (Mao *et al.*, 2009; Fantuz *et al.*, 2001). The high lysozyme content of 21% in donkey milk indicates its antibacterial properties, while in mare's milk, the lysozyme content is 10,5%, and trace amounts have been found in cow's milk. Lysozyme interacts with a group of cytokines, helping to reduce proliferation and destroy tumors through the activation of lymphocytes and blood macrophages (Shidlovskaya, 2010). Considering the unique properties of donkey milk, it is advisable to use it as a primary ingredient for creating a koumiss-like drink. Masses of cultured strains of lactobacilli and bifidobacteria were used as probiotic material, which can contribute to the activity of beneficial intestinal microflora (Kwoji *et al.*, 2021). Dried burdock root and peony root tincture

were considered and studied as herbal supplements. Burdock root, also known as "lupan" in Asian cuisine, is popular due to its sweet taste and is used in preparing bread, soups, and casseroles. In scientific medicine, burdock roots of the first and second year of life are used, while in folk medicine, all plant parts are used (Masalova, 2018). In folk medicine, burdock roots, leaves, and petioles are used as diuretic, diaphoretic, antipyretic, antimicrobial, and antineoplastic agents. The antioxidant activity of burdock root is attributed to caffeoylquinic acid derivatives (Kolomiets, 2021; Derusheva, 2021). The root contains inulin (approximately 45%), polyacetylenes, arctic acids, volatile acids (acetic, propionic, oily, isovaleric, 3-hexene, 3-octene, etc.), fatty acids (such as lauric, myristic, stearic, palmitic, etc.), tannin, polyphenolic acids (such as caffeic and chlorogenic acids), rutin, quercetin, quercetin rhamnoside, coumarin, umbelliferon, scopoletin, esculin, esculetin, valine, leucine, tryptophan, threonine, lysine, histidine, proline, cysteine, glutamine, serine, ornithine, aspartic acid, and others (WHO, 2020; Khan, 2010; Belmer and Gasilina, 2010; Dos Santos, 2008). In England, the popular beverage Dandelion & Burdock is considered a unique product, combining burdock root and dandelion to impart a unique taste and aroma. Its special production technology and naturalness make it beneficial for health.

Peony (European peony, common peony) has been cultivated in Europe for many years. The root has been used in medicine for more than 2000 years, mainly to treat epilepsy and improve the menstrual cycle. It has been experimentally proven to have hypotensive, abortifacient, and antiulcer effects. The roots of this plant have significant therapeutic value in Unani and homeopathy. The roots contain asparagine, benzoic acid, flavonoids, paeoniflorin, peonin, peonol, protoanemonin, tannic acid, triterpenoids, and essential oil (Khan, 2010; Ahmad, 2012).

The study aims to develop a functional probiotic dairy product based on donkey milk with the introduction of phyto-genic additives that possess immunomodulatory and antioxidant properties.

Material and Methods

Fresh donkey milk was collected from a private entrepreneur residing in the Ala-Too state farm in the Chui region, Kyrgyz Republic. Milk samples were taken from two donkeys, which were mixed to obtain a representative sample. After milking, the milk was filtered through a sieve and poured into sterile bags for storage and freezing. The protein, lactose and fat content in donkey milk was $1.7\text{g } 100\text{ g}^{-1}$, $6.2\text{ g } 100\text{ g}^{-1}$ and $1,2\text{ g } 100\text{ g}^{-1}$, respectively.

Starter cultures: *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium animalis ssp. lactis*, *Streptococcus thermophiles* "Lyofast SAB 439 A" (BioChem, Italy); *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* "Lyofast SAB 438B" (BioChem, Italy) for yogurt production; yeasts *Saccharomyces cerevisiae* (Saf Moment); cut dried burdock roots, 1 cm in average size, for an herbal tea drink from the manufacturer LLC "Biolit" Russia, corresponding to ISO 22000, TU 10.83.15-191-20680882-2020, and a peony tincture from the manufacturer LLC "Hippocrates" Russia, Samara were used.

Preparing the functional drink involves heating the milk to a temperature of 75°C for 5 minutes. This temperature regime is necessary due to the sensitivity of donkey milk proteins. Additionally, the high lysozyme content in donkey milk contributes to a longer preservation of its bactericidal effect (Ljubisa et al., 2014). Organoleptic evaluations of the raw donkey milk indicated a sweet taste and smell, homogeneous consistency, white color with a bluish tint, pH of 7.2 for acidity, and a titratable acidity of 70°T .

The technological process for producing the sour milk drink was conducted as follows:

For the production of Koumiss-1, Donkey milk was heated to 75°C for 5 minutes and then cooled to 25°C . Subsequently, starter culture was introduced according to the manufacturer's recommendations Lyofast SAB 439A and Lyofast SAB 438B - 1 UC for 100 L of milk, yeasts (5 g for 1250 L milk) and peony tincture (1%) were added. The mixture underwent fermentation at 25°C until

reaching an acidity of 75 °Th. Throughout the fermentation process, the drink was aerated for 5 minutes every hour.

For the production of Koumiss-2, 2.8% of dried burdock roots were rinsed in cold running water and added to the tested milk. The mixture was then heated to 75 °C for 5 minutes, filtered, and cooled to 25 °C. Subsequently, starter culture was introduced according to the manufacturer's recommendations Lyofast SAB 439A and Lyofast SAB 438B - 1 UC for 100 l for milk, yeasts (5 g for 1250 l milk). Fermentation was carried out at 25 °C until reaching an acidity of 75 °Th. Throughout the fermentation process, the drink was aerated for 5 minutes every hour. Figure 1 and 2 display the titratable and active acidity of the investigated drinks.

Experimental studies and microbiological analysis were conducted in the Faculty of Food Engineering Laboratory, Kyrgyz-Turkish Manas University, Bishkek, Kyrgyzstan.

Standard, well-known methods of physico-chemical, microbiological and organoleptic analysis were applied for the research. The samples titratable acidity (TA) was measured every 60 min during fermentation with the titrimetric method according to AOAC method no. 947.05 (AOAC, 2005e), and pH values were measured using a digital pH meter (Model 220, Denver Instrument, USA) hourly.

Based on the data on the change pH and titratable acidity (TA) during the fermentation of milk with koumiss ferment, for each case, the values of the fermentation intensity (I_s) calculated by Eq. 1 and the fermentation coefficient (δ) are calculated by Eq. 2 (Tepel, 1979) were determined, expressing the biochemical nature of the process of mixed lactic acid fermentation. The intensity of fermentation refers to the increase in lactic acid concentration, expressed in °Th, per time unit.

$$I_s = TA_{C2} - TA_{C1} \quad (1)$$

where TA_{C1} – titratable acidity at the beginning of the observation (°Th), and TA_{C2} – titratable acidity at the end of observation (°Th).

The fermentation coefficient is defined as an increase in the concentration of lactic acid,

expressed in °Th, per unit time Δt . The fermentation coefficient is calculated by Eq. (2).

$$\delta = \frac{\Delta TA_{C2}}{\Delta TA_{C1}}, \quad (2)$$

where ΔTA_{C2} , difference between the initial acidity and the acidity measured at the end of the observation period, °Th; ΔTA_{C1} , difference between the initial acidity and the acidity measured at the beginning of the observation period, °Th. Based on the acidity data in the process of milk fermentation for samples 1 and 2, the values of fermentation intensity (I_s) and fermentation rate (δ) were determined, and the results are shown in Figure 3 and Figure 4, respectively.

Three female and one male participant took part in the organoleptic analysis of the products. The participants were aged between 40 - 50 years. The evaluation was carried out according to SS 22935- 2- 2011 (SS, 2011) organoleptic analysis of milk and milk products. Trained panelists evaluated sensory properties: color, texture, odor, taste, mouthfeel, and overall acceptance of the fermented donkey samples. Participants evaluated the samples using a five-point hedonic scale: liked very much (5), liked moderately (4), generally liked (3), neutral (2), disliked moderately (1), and disliked very much (0) (Smanalieva, Iskakova, & Fischer, 2021).

Results and Discussion

As a result of the action of the microflora present in the koumiss microflora lactose is partially digested into lactic acid, as evidenced by an increase in the acidity of the product during ripening. Lactic acid formed during fermentation plays a crucial role in the formation of a protein gel in milk. This gel has a significant effect on the viscosity of milk products and contributes to the quality of fermented milk products. During milk fermentation, pH reaches values for koumiss-1 of 4.51 and koumiss-2 of 4.61. The duration of donkey milk fermentation was 7 hours, at which the acidity reached a level for koumiss-1 of 65 °Th

and for koumiss-2 of 75 °Th. For koumiss from mare's milk, these values correspond to koumiss of weak strength (SSK, 2019). The analysis results indicate noticeable differences in the titratable

and active acidity between the Koumiss-1 and Koumiss-2 samples, which were determined simultaneously.

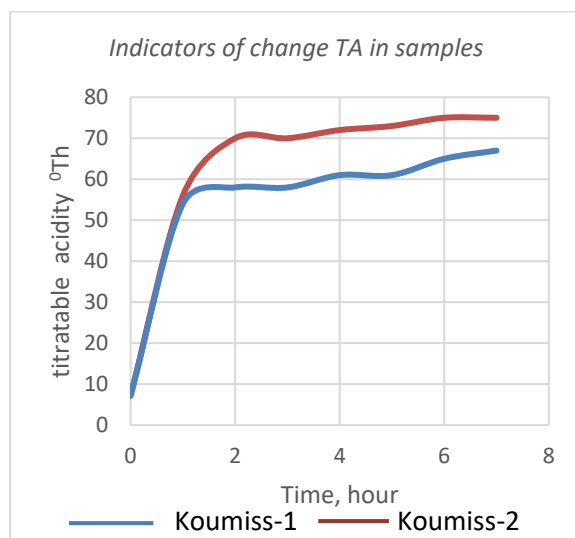


Figure 1: Indicators of change in titratable acidity (TA) in the studied samples

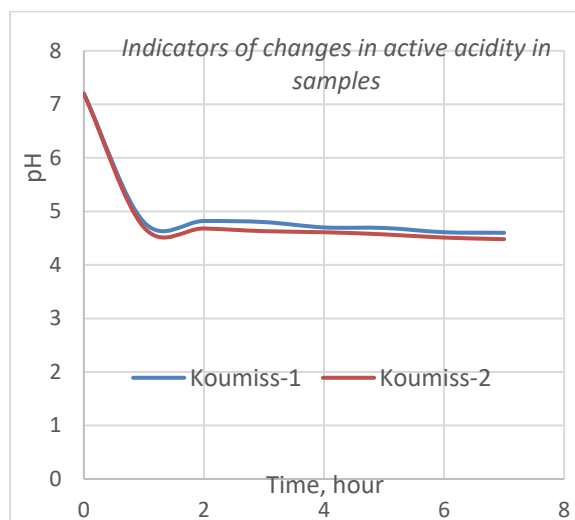


Figure 2: Indicators of changes pH in the studied samples

According to the findings depicted in Figure 1 and Figure 2, the titratable acidity in the Koumiss-2 sample is higher than that in the Koumiss-1 sample. This difference could be attributed to carbohydrates in burdock roots, which may create a favorable environment for the vigorous activity of microorganisms.

Following this, the drinks undergo further maturation at 4°C for 5 days to observe the changes in acidity levels over time. According to the results of titratable acidity, the koumiss 1 and

koumiss 2 reached values of 89-94 °Th on the fifth day, respectively, indicating a degree of acidity characteristic of medium-strength koumiss (SSK, 2019).

Based on the fermentation intensity graph of both drinks, we can observe significant activity during the first hour of fermentation, indicating a favorable environment in the milk. Subsequently, fermentation progressed steadily with a moderate increase in beverage acidity.

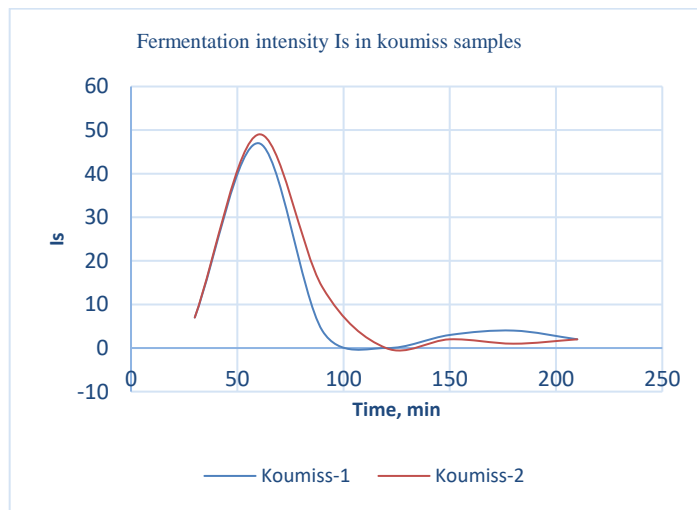


Figure 3: The dynamics of the intensity of the fermentation of the drink in the studied samples

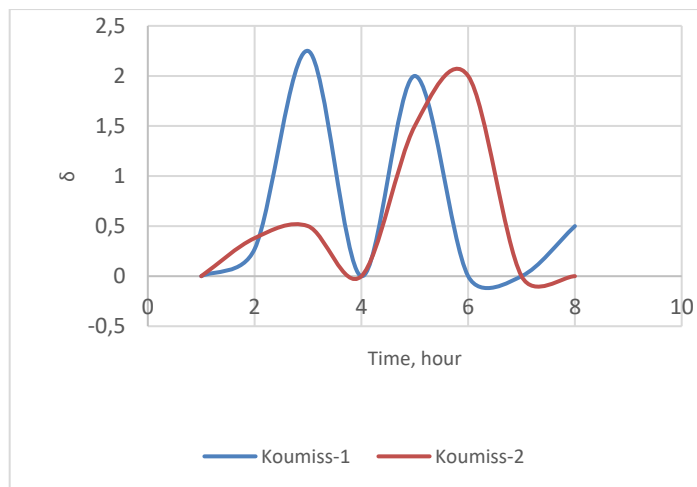


Figure 4: The dynamics of changes in the coefficient of ripening in the samples

The fermentation intensity (I_s), calculated according to Eq.1, better expresses the accumulation rate of lactic acid (Fig.3). The fermentation intensity curves indicate that the rate of lactic acid accumulation in donkey milk with propion and burdock root did not differ significantly. Already at 60 min in both samples there is an increased accumulation of lactic acid. At the same time, in koumiss-2, the accumulation of lactic acid was more significant. Perhaps this is due to the high content of carbohydrates in burdock, which favorably affects the growth of microorganisms.

As depicted in Fig 4, the maximum fermentation coefficients were observed at different time intervals in the tested samples. In the case of Koumiss-1, with the addition of peony tincture, the fermentation coefficient reached its peak within the first 3 hours. On the other hand, in Koumiss-2, the peak fermentation coefficient was

observed closer to the 6-hour mark.

The sensory properties of fermented samples Koumiss 1 and Koumiss 2 were evaluated by reaching 75 °Th at storage 4 °C. Organoleptic evaluation of experimental samples of milk product are represented in Figure 5.

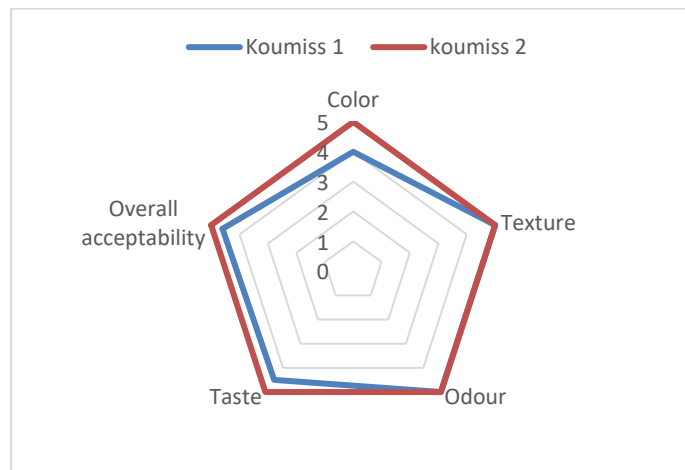


Figure 5: Sensory properties of fermented samples Koumiss 1 and Koumiss 2

The organoleptic evaluation of koumiss-1 reveals it an opaque liquid with a pure sour-milk taste, devoid of any extraneous flavors and odors. The consistency is liquid, homogeneous, slightly foamy, and free from flakes or clumped lumps of fat. The color is milky-white and uniform throughout the mass. The participants of the organoleptic analysis gave high marks and noted that the sour-milk product made from donkey milk

with burdock roots had a pleasant creamy color, differed from the drink with peony tincture by a sweeter taste. It is an opaque liquid with a clear sour-milk taste, without extraneous taste and odor. The consistency is liquid, homogeneous, slightly frothy, without flakes and clumped lumps of fat.

Microbiological analysis of experimental donkey milk product samples results were shown in Table 1.

Table 1. Microbiological analysis of experimental donkey milk product samples

Significative	Koumiss-1		Koumiss-2	
	1 day	2 day	1 day	2 day
Total microbial count	1.1x10 ⁷ CFU/cm ³	2.8x10 ⁷ CFU/cm ³	1.5x10 ⁷ CFU/cm ³	3.9x10 ⁷ CFU/cm ³
Lactic acid bacteria	1.0x10 ⁷ CFU/cm ³	1.4x10 ⁷ CFU/cm ³	1.2x10 ⁷ CFU/cm ³	1.5x10 ⁷ CFU/cm ³
Yeast	<1.0x10 ⁶ CFU/cm ³	1.0x10 ⁶ CFU/cm ³	1.0x10 ⁷ CFU/cm ³	<1.0x10 ⁶ CFU/cm ³

It is known that the composition of donkey milk is closest to mare's milk. Therefore, the standards for mare's milk koumiss can be used as a basis for compliance. In accordance with SS 52974-2008 (SS, 2008), the number of lactic acid microorganisms in koumiss from mare's milk at the end of shelf life should be at least 1×10^7 CFU/cm³, and yeast - at least 1×10^5 CFU/cm³. Microbiological parameters of koumiss from donkey milk during the 48-hour maturation period indicate that the composition of donkey milk is favorable for microflora growth. The total number of microorganisms in koumiss-2 on the second day is significantly higher than in koumiss with peony tincture. When conducting microbiological analysis of the product under study, it was found that the number of microorganisms corresponds to the indicators of

SSK 720:2019 (State Standard of the Kyrgyz Republic) technical conditions for koumiss natural from mare's milk (SSK, 2019). According to the standard, the recommended shelf life for koumiss made from mare's milk is not exceeding 5 days when stored at a temperature of 4°C. Given the absence of specific state standards for donkey milk koumiss, it is advisable to adhere to these established standards. This approach is recommended due to the close similarity in composition and properties between mare's milk and donkey milk, providing a reliable reference for ensuring the quality and safety of the product (SS, 2008).

Conclusion

Drawing from both theoretical insights and experimental findings, it becomes apparent that donkey milk boasts a remarkable composition of biologically active substances. This revelation undeniably prompts the consideration of its potential utilization in the creation of a functional koumiss-like beverage. By introducing bifidobacteria and lactobacilli, known for their antagonistic activity against intestinal diseases and their capacity to enhance the biological activity of the drink, and incorporating dried burdock root and peony tincture, we have successfully enriched the beverage. The active growth of bifidobacteria is known to benefit from the presence of prebiotic cultures, such as inulin, in products. Burdock roots, with an inulin content of 45%, inherently contribute to the functionality of the experimental drink. The organoleptic assessment of Koumiss-1 revealed it to be a cloudy liquid with a distinct sour-milk flavor, devoid of any unwanted tastes or aromas. The texture is fluid, uniform, with a slight frothiness and an absence of clumps or fatty deposits. The color is a consistent milky-white throughout the entirety of the beverage. Evaluators in the organoleptic analysis bestowed high ratings, emphasizing that the sour-milk product derived from donkey milk infused with burdock roots possesses an appealing creamy hue. Notably, they observed that this variant, when compared to the version containing peony tincture, exhibits a sweeter and milder taste. The liquid maintains its opacity, delivering a clear sour-milk taste without any unwanted sensory elements. The overall consistency remains liquid, uniform, and mildly frothy, with no presence of flakes or clustered fat particles.

Employing gentle temperature regimes during the processing of donkey milk has been instrumental in safeguarding its inherent biologically active substances. The results of thorough organoleptic evaluations have consistently reflected positive outcomes. Through our experimentation, we have positioned the resulting sour-milk beverages to occupy a unique

niche among functional products endowed with therapeutic properties.

In conclusion, our findings strongly suggest that sour-milk beverages based on donkey milk hold substantial promise as functional products, offering therapeutic benefits. This exploration opens avenues for innovative and health-enhancing dairy products, showing the potential of donkey milk in the realm of functional beverages.

Acknowledgements: The study was carried out as part of a project funded by the Ministry of Education and Science of the Kyrgyz Republic (grant number 007652).

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Authors' Contribution: Nadira T. writing, editing, and submitting the manuscript; Zhyldyzai O. and Ruslan Adil A.T. data collection and analysis.

References

- Afzaal, M., Saeed, F., Anjum, F., Waris, N., Husaain M., Ikram, A., Ateeq, H., Muhammad, A.F., Suleria, H. (2021). Nutritional and ethnomedicinal scenario of koumiss: A Concurrent Review. *Journal of Food Science Nutrition*, 9, 6421–6428. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2595>
- Ahmad, F., Tabassum, N., Rassol, S. (2012). Medicinal uses and Phytoconstituents of *Paeonia officinalis*. *International Research Journal of Pharmacy*, 3(4), 85–87.
- Angela, G., Martemucci, G., Jirillo, E., De Leo, V. (2011). Major whey proteins in donkey milk: effects of season and lactation stage. Implications for potential dietary interventions in human diseases. *Immunopharmacology and immunotoxicology*, 33, 259–265. <https://doi.org/10.3109/08923973.2010.499365>
- AOAC. (2005e). Acidity of milk. Titrimetric method, method no. 947.05. In W. Horowitz (Ed.), *Official methods of analysis of AOAC International* (18th ed.). Gaithersburg, MD, USA: AOAC International
- Belmer, S.V., Gasilina, T.V., (2010). Prebiotics, inulin and baby food. *Questions of modern Pediatrics*, 9(3), 121–125
- Derusheva, O. (2021). Investigation of Safety and Mineral Composition of Fresh Petioles of *Arctium lappa* L. *E3S Web of Conferences*, 296, 1–7. (In Russ.). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202129607010>
- Dos Santos, A.C., Baggio, C., Freitas, C.S., Lepiesynski, J., & Marques, M. (2008). Gastroprotective activity of the

- chloroform extract of the roots from *Arctium Lappa* L. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 6(6), 795-801. <https://doi.org/10.1211/jpp.60.6.0016>
- Explanatory Dictionary of Molecular and Cellular Biotechnology (2018) Russian-English. Volume 2, Vyacheslav Tarantul, Publisher.Liter: ISBN 5040994184, 9785040994182. (In Russ.).
- Fantuz, F., Vincenzetti, S., Polidori, P., Salimei, E. (2001). Study on the Protein Fractions of Donkey Milk. *Proceeding of the ASPA Congress – Recent progress in Animal Production Science*.
- Gilmutdinova, L., Yanturina N., Kudayarova R., Kamaletdinov S. (2018). The use of Mare's Milk in the Rehabilitation of Patients with Coronary Heart Disease. *Bulletin of Siberian Medicine*, 9(3),121-124. (In Russ.).
- Giosue, C., Alabiso, M., Russo, G. (2008). Jennet milk production during the lactation in a Sicilian Farming System. *Animal*, 2(10), 1491-1495. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002231>
- Hou, Q.C., Li, C.K., Liu, Y.H., Li, W.C., Chen, Y.F., Siqinbateer, Y.B., ...& Sun, Zh. (2019). Koumiss consumption modulates gut microbiota, increases plasma high density cholesterol, decreases immunoglobulin G and albumin. *Journal of Functional Foods*, 52: 469–478. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.11.023>
- Khan Ikhlas, A. (2010). Leung's Encyclopedia of Common Natural Ingredients Used in Food, Drugs, and Cosmetics Abourashed, 3rd ed. – USA: Wiley, 120p.
- Kolomiets, N. (2021). Chemical Composition and Biological Activity of Metabolites of Species of the Genus *Arctium* L. *Chemistry of Plant Raw Materials*, 2, 29-57. (In Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021028315>
- Kudayarova, R.R., Gilmutdinova L.T., Yamaletdinov, K.S., Gilmutdinov, A.R. (2010). Historical aspects of the use of kumis in medicine. *Bulletin of Siberian Medicine*, 5, 186-189. (In Russ.).
- Kwoji, L.D., Aiyegoro O.A., Okpeku M., Adeleke M. A. (2021). Multi-strain probiotics: synergy among isolates enhances biological activities. *Biology*, 10(322): 1-20, <https://doi.org/10.3390/biology1004032>
- Ljubisa, S., Bojana, M.S., Snetana, T.K., Dragana, V.P., Ivan, Lj. M. (2014). Antibacterial activity of domestic Balkan donkey milk Toward *Listeria Monocytogenes* and *Staphylococcus Aureus*. *Food and Feed Research*, 41(1), 47-54. <https://doi:10.5937/FFR1401047S>
- Lobanov, V. (2003). Optimal fatty acid composition of edible vegetable oils. *Izvestiya VUZov. Food technology*, 4
- Mao, X., Gu, J., Sun, Y. (2009). Anti-proliferative and antitumor effect of active components in donkey milk on A549 human lung cancer cells. *Journal Dairy Science*, 19(19): 703-709. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.05.007>
- Masalova, N.T. (2018). Justification and development of the technology of dairy desserts using the root of the great burdock *Arctium Lappa*.Dr. Eng. Sci. Diss., Valdivostok (In Russ.).
- Nikkhah, A. (2011). Equidae, camel, and yak milks as functional foods: A Review. *Journal Nutrition Food Science*,1(116), <https://doi:10.4172/2155-9600.1000116>
- Official Methods of Analysis of AOAC International (2000) 17th Ed., AOAC International, Gaithersburg, MD, USA Official Method 999.11
- Salimei, E., Fantuz, F. (2012). Equid milk for human consumption. *International Dairy Journal*, 24, 30-142. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.11.008>
- Shidlovskaya, V. (2010). Milk antioxidants and their role in quality assessment. *Dairy Industry*, 2: 24-26. (In Russ.).
- Smanalieva J., Iskakova J., Fischer P. (2021). Investigation of the prebiotic potential of rice varieties for *Lactobacillus acidophilus* bacteria. *European Food Research and Technology* 247, 1815-1824
- SSK 720:2019 Koumiss natural of mare's milk. Technical specifications 02-08-2019 № 42 (In Russ.).
- SS 52974—2008 Koumiss. Specifications (In Russ.).
- SS 22935-2-2011. Milk and milk products - Sensory analysis. Recommended methods for sensory evaluation (IDT). ISO 22935-2:2009 (In Russ.).
- Tepel, A. (1979). Chemistry and Physics of Milk. Food industry, Moskva
- WHO, World Health Organization (2020) Trans fat: an action package to eliminate industrially produced trans-fatty acids. Module 2: Promote. How-to guide for determining the best replacement oils and interventions to promote their use]. Geneva: License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.



Impact of low-dose gamma irradiation treatment on microbial and chemical properties of raw milk white cheese

Düşük doz gama ışınlama işleminin çiğ süttten üretilen beyaz peynirin mikrobiyal ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi

Çağım AKBULUT ÇAKIR^{1*} , Kevser VURAL YILDIZ² , M. Buket AKIN³ , M. Serdar AKIN⁴ 

^{1,2,3,4}Department of Food Science, Harran University, Şanlıurfa, Turkey, Şanlıurfa/TÜRKİYE

¹<https://orcid.org/0000-0002-2754-0133>; ²<https://orcid.org/0009-0003-9588-3335>; ³<https://orcid.org/0000-0001-8307-8521>; ⁴<https://orcid.org/0000-0001-7569-1983>

To cite this article:

Akbulut Çakır, Ç., Vural Yıldız, K., Akın, M. B. & Akın, M. S (2023). Impact of low-dose gamma irradiation treatment on microbial and chemical properties of raw milk white cheese. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 27(4): 467-476
DOI: 10.29050/harranziraat.1381189

*Address for Correspondence:

Çağım AKBULUT ÇAKIR
e-mail:
cagim@harran.edu.tr

Received Date:

25.10. 2023

Accepted Date:

4.12. 2023

© Copyright 2018 by Harran University
Faculty of Agriculture. Available on-line
at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ABSTRACT

Using raw milk in cheese-making has microbiological risks, however a considerable number of artisan cheese makers around the world prefer raw milk, as heat treatment damages natural microbiota and alters the characteristic taste and flavor of the cheese. The potential of the gamma irradiation process to make the raw milk cheese microbiologically safe was investigated in this study. A total of 5 groups of cheese were produced, including control groups (control pasteurized milk cheese and control non-irradiated raw milk cheese). After the white cheese samples were kept in brine for 1 night, they were vacuum-packaged and each group was subjected to gamma irradiation at doses of 1, 2, and 3 kGy, respectively. Chemical composition, pH, acidity, Urea-PAGE images, total aerobic mesophilic bacteria (TAMB), coliform group bacteria, *E. coli*, yeasts and molds, *Lactobacillus* and *Lactococcus* counts of cheese samples were determined during 60 days of storage at 4°C. All analyzes were performed on days 1, 30, and 60 of production. We found that irradiation reduced the microbiological load of the cheeses and slowed down the degradation of α_{s1} -CN and β -CN especially at 3 kGy. Irradiation at 3 kGy successfully inhibited the coliforms and *E. coli*, however yeast and mold counts were still high due to initial high levels. Our study showed that irradiation of the raw milk cheese is a promising method to reduce the microbial counts to acceptable limits which could reduce the required ripening periods for the microbial safety of raw milk cheeses.

Key Words: Food irradiation, irradiation dose, white cheese, low-fat

Öz

Peynir yapımında çiğ süttün kullanılması mikrobiyolojik riskler taşımaya rağmen, ısı işlemin doğal mikrobiyotayı bozması ve ürünün tipik tat ve aromasını değiştirmesi nedeniyle dünya çapında önemli sayıda artizan peynir üreticisi çiğ süt kullanımını tercih etmektedir. Bu çalışmada çiğ süt peynirinin ışınlama işlemi ile mikrobiyolojik açıdan güvenli hale getirilme potansiyeli araştırıldı. Kontrol grupları (kontrol pastörize süt peyniri ve kontrol ışınlanmamış çiğ süt peyniri) dahil toplam 5 grup peynir üretildi. Beyaz peynir örnekleri salamura 1 gece bekletildikten sonra vakumla paketlenerek 3 gruba ayrıldı ve her gruba sırasıyla 1, 2, ve 3 kGy dozlarında gama ışınlaması uygulandı. Peynir örneklerinin kimyasal kompozisyonu, pH, asitlik, Urea-PAGE görüntüleri, total aerobik mezofilik bakteri (TAMB), koliform grup bakteri, *E. coli*, maya - küf, Laktobasil ve Laktokok sayıları 4°C'de 60 günlük depolama süresince analiz edildi. Analizler üretimin 1, 30, ve 60. günlerinde yapıldı. Işınlamanın peynirlerin mikrobiyolojik yükünü azalttığını ve özellikle 3 kGy'de α_{s1} -CN ve β -CN'nin bozunmasını yavaşlattığını bulduk. 3 kGy'deki ışınlama, koliformları ve *E. coli*'yi başarılı bir şekilde inhibe etti, ancak maya ve küf sayıları, başlangıçtaki yüksek seviyeler nedeniyle hala yüksekti. Çalışmamız, çiğ süt peynirinin ışınlanmasının, mikrobiyal yükü kabul edilebilir sınırlara düşürmek ve çiğ süt peynirleri için gerekli olgunlaşma sürelerini kısaltabilecek umut verici bir yöntem olduğunu gösterdi.

Anahtar Kelimeler: Gıda ışınlaması, ışınlama dozu, beyaz peynir, az yağlı

Introduction

Raw milk had been used for cheese making over centuries. Artisan and farmstead raw milk cheese makers still exist in many countries around the world. Today about 10% of the total cheese production in most European countries is made from raw milk (Beuvier et al., 2004). Some traditional raw milk cheeses in Europe have a protected designation of origin (PDO). Food and Drug Administration (FDA) legally permitted using raw milk for about 30 of the 72 defined cheeses (FDA, 2012). Artisan cheese makers prefer to use raw milk for its native microbiota and enzymes that help develop their signature aroma and texture (Beuvier et al., 2004). Especially in Turkey, lack of the starter cultures for most traditional cheese types drives local dairy farms and family-owned dairies to use raw milk for cheese making. They do not prefer pasteurization as it impairs natural microbiota and alters the original taste and flavor of the cheese. However, raw milk cheeses carry microbiological safety risks, as they might be contaminated with pathogens and have a high microbial load (Beuvier et al., 2004). The Centers for Disease Control (CDC, 2012) advises that risk groups, such as children below 5 years old, pregnant, and people with chronic diseases should not consume raw milk products. There are legislations made for raw milk cheeses in many countries. It is prohibited to sell raw milk cheese before 4 months of ripening in Turkey (Turkish Food Codex Cheese Bulletin, 2015). FDA stated that, raw milk cheese must be aged before consumption for at least 60 days (FDA, 2012). Irradiation of the raw milk cheese could reduce microbial counts to acceptable levels eliminating the costly ripening period for microbial safety. Gamma irradiation comprises the exposure of the food to ionizing radiations obtained by gamma rays from radioactive isotopes of Co-60 or Cs-137. This exposure excites the atoms in the treated food. While the energy is not sufficient to create radioactivity, it is detrimental for microorganisms in the food at certain doses. Irradiation inactivates microorganisms by damaging the cell, mainly by

damaging the chromosomal DNA and the damage either suppresses multiplication or cause death by terminating most cell functions (Odueke et al., 2016). Food irradiation has been used for extending the shelf life of the certain food products by many countries and it has the potential to preserve and extend the cheese shelf life without impairing nutritional and sensory characteristics. If applied properly, food irradiation is safe and doesn't cause unwanted organoleptic changes. However, it has been demonstrated by several researchers that higher doses impair organoleptic and nutritional properties of the food. Irradiation of the dairy products is not as widely accepted as other products such as meat and poultry, fruits, vegetables, and spices. The main reason for that is the sensitivity of the lipids to irradiation even at low doses. Polyunsaturated fatty acids are prone to oxidation by free radicals produced by ionizing energy. Irradiation can oxidize the casein and form methyl radicals. Unwanted off-flavors can occur through oxidation, polymerization, de carboxylation, and dehydration reactions caused by irradiation (Arvanitoyannis and Tserkezou, 2010). However, use of irradiation for reducing the microbial load of the cheese is still promising with a careful adjustment of the irradiation dose. In previous studies, irradiation have been applied successfully at doses under 5 kGy to improve the safety and shelf-life of various cheese types including Queso Blanco (Ham et al., 2009), Mozzarella (Huo et al., 2013), Karish (Aly et al., 2012), Ras (Shalaby et al., 2016), Cheddar (Seisa et al., 2004) and Feta (Konteles et al., 2009). There is no previous study on irradiation of raw-milk Turkish White cheese to the authors knowledge. Effectiveness of irradiation on different microorganisms found to be different between studies on different types of cheeses (Arvanitoyannis and Tserkezou, 2010). Irradiation of Artisan Hard cheese at 5 kGy effectively reduced *E. coli*, coliforms, ACC and *Listeria* spp. monocytogenes counts below the recommended limit (Nyamakwere et al., 2022). Irradiation of post-process contaminated feta cheese at 2.5 and 4.7 kGy was effective to inhibit *Listeria*

monocytogenes, while pre-process contaminated cheeses still had high load (Konteles et al., 2009). Irradiation resistance among microorganisms varies depending on several factors such as population size, properties of the substrate and microorganisms (Blank et al., 1992). Proteins and lipids in cheese can provide irradiation protection for microorganisms. Therefore, effectiveness of irradiation on reducing the microbial load below acceptable limits is dependent on not only the irradiation dose, but also the type of the cheese and its initial microbial load. In order to determine the effective irradiation doses and conditions, each cheese type should be investigated individually. In this study, we aimed to examine the impact of irradiation at doses up to 3 kGy on chemical and microbiological properties of raw milk cheese samples during 60 days of storage.

Material and Methods

Cheese manufacture

Cheese samples were produced at the pilot dairy plant of the Harran University Department of Food Engineering. A total of 200 L milk was used for cheese production provided by Harran University animal farm. After preheating to 35-40 °C, fat was removed using separator (Alfa Laval, Sweden). Milk used for cheese making had 9.45% total solids, 1.7% fat and its pH was 6.72. One part of the milk was separated for control cheese and low pasteurized at 63 °C for 30 minutes, while rest of the raw milk was used for cheese making without any heat treatment. No starter culture was used in cheese manufacture. When the milk temperature reached to 30±1 °C, 0.02% CaCl₂ and rennet (CHY-MAX™ M, 600 international milk-clotting units (IMCU) per mL; Chr-Hansen A/S, Hoersholm, Denmark) that is sufficient to curdle the milk in 1 h, were added. Curd was cut into 1 cm³ cubes and allowed to sit for 15 min before collecting into cheese cloth. After all cheese curd was transferred into cheese cloth, whey was drained for 30 min on its own weight and then pressed under added weight for about 3.5 h. Cheese was then cut into 7x7x7 cm³ blocks, brine

salted at 16% salt (NaCl) concentration for 12 h. After draining the brine, cheese blocks were vacuum-sealed in 20x30 cm 80 μ vacuum-sealer bags. Cheese making was replicated twice, and all analysis were performed at least in duplicate.

Irradiation treatment

Vacuum packed cheese samples were irradiated on the first day of the production in a cobalt-60 gamma irradiator cell (Izotop, Ob-Servo Sanguis Co-60 Research Irradiator) at the Turkey Atomic Energy Research Institute, Ankara. Irradiation was applied only to raw milk cheese samples and the applied doses were 1, 2, and 3 kGy with a dose rate of 1.5 kGy/h. No irradiation was applied to control pasteurized milk cheese (Cp) and control raw milk cheese (Cr) samples. Cheese samples stored at 4°C for 60 days and all analysis was done at day 1, day 30, and day 60.

Chemical analysis

Prior to chemical analysis, each cheese sample (whole package) was ground for homogeneity after sterile sampling for the microbiological analysis. Moisture content was determined by the standard drying method at 105±2 °C (IDF, 1982), fat content was determined according to the method of Van Gulik (ISO 3433 | IDF 222, 2008), nitrogen content by the Kjeldahl method (AOAC, 1998) and NaCl content by the Mohr titration method (IDF, 1988). The pH was measured by a pH meter (Testo 230, Germany).

Moisture in non-fat solids (MNFS) were calculated based on these parameters and expressed as mass fraction in %. All measurements were carried out in duplicates and results were expressed as mean value ± standard error (SE).

Urea-page gel electrophoresis was conducted to assess proteolysis (Andrews and Alichanidis, 1983). A separating gel with 12.5% total acrylamide, 4% cross-linking agent at pH 8.9 was used. Final gels were monitored with Bio-imaging systems (mini BIS PRO, Israel) and photographed.

Microbiological analysis

Enumeration of total aerobic mesophilic

bacteria (TAMB), coliforms, *E. coli*, yeasts and moulds, *Lactobacillus* and *Lactococcus* were done during storage on day 1, day 30 and day 60, as colony-forming units (cfu)/mL. Cheese samples (10 g) were weighed inside a sterile cabin into a sterile stomacher bag containing 90 mL of sterile peptone solution (0.1 % m/V) and homogenized for 2 min in the stomacher. Prepared homogenate was then immediately used for preparing the successive dilutions. TAMB counts were determined on Plate Count Agar (PCA, Merck) at 30 °C for 24-48 h (Messer et al., 1985); yeast and molds counts were determined on Potato Dextrose Agar (PDA, Merck) at 25 °C for 5 days (Frank et al., 1985). Coliform group bacteria were determined on Violet Red Bile Agar (VRBA, Merck) at 37 °C for 24 h; *Lactobacillus* count was determined on MRS agar under anaerobic conditions at 30±1 °C for 72 h (Harrigan., 1998). *Lactococcus* counts were determined on M17 agar at 30±1 °C for 48 h (Cabezas et al., 2007). *E. coli* count was determined using two layers of agar, first incubated for 2 h with Tryptic Soy Agar (TSA) and after adding a layer of VRBA, incubated 24 h at 44±1 °C (Harrigan., 1998).

Statistical analysis

SPSS version 18 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) was used for analyzing the results. All the experiments were carried out in duplicate. One way ANOVA was used to find the statistical differences between the chemical and microbial properties of the samples. Differences between means were determined by Duncan's multiple range test. Mean values and the standard deviations (SD) were reported.

Results and Discussion

Chemical analysis results

Chemical composition, pH and acidity of the cheese samples are presented in Table 1. Pasteurized control cheese (Cp) had higher dry matter than other cheese samples. Irradiation had no impact on moisture, fat, MNFS and salt levels. Most other studies also showed that macro

components such as fat were not influenced by irradiation doses below 10 kGy (Nyamakwere et al., 2022, Lalaguna, 2003, Olson, 1998). There was a decrease in the protein content of 3 kGy cheese samples. Some previous studies have also found a reduction in protein content due to gamma irradiation (Nyamakwere et al., 2022, Shalaby et al., 2016, Omer and Elshirbiny, 2005) and they attributed this to the destruction of natural microbiota and milk enzymes by irradiation resulting in a decrease in total nitrogen content. It was stated that gamma-irradiation could destroy biogenic amine molecules (Kim et al., 2004) that can reduce the total nitrogen content of the cheese. Although biogenic amines appear at low concentrations in cheese, raw milk cheese might have higher amounts of biogenic amines due to microbial decarboxylase activity on free amino acids (Rabie et al., 2011). Cp had higher pH and lower acidity than other cheese samples which could be due to the limited microbial growth and acid development in pasteurized milk during the cheese making steps. Irradiation did not influence the pH of the cheese samples significantly ($p>0.05$) in accordance with the previous studies (Nyamakwere et al., 2022, Lalaguna, 2003). However, acidity of the 3 kGy cheese on day 1 was lower than the Cr and 1 kGy. During the storage, pH of the cheese samples was stable except for the Cr. There was an increase in the acidity of Cp and 3 kGy cheese samples during the 60 days of storage. We did not see any significant difference at composition throughout the storage ($p>0.05$).

Table 1. Composition and pH of White cheeses (Cp: Control pasteurized cheese, Cr: Control raw milk cheese) at day 1, day 30 and day 60

Parameters	Day	Irradiation dose (kGy)				
		0 (Cp)	0 (Cr)	1	2	3
w(Moisture)/%	1	57.97±0.27 ^{aA}	59.54±0.71 ^{bA}	60.71±0.35 ^{bA}	61.91±0.00 ^{bA}	60.33±0.00 ^{bA}
	30	56.44±0.00 ^{aA}	58.95±0.00 ^{bA}	61.17±0.00 ^{bA}	60.74±0.00 ^{bA}	61.34±0.00 ^{bA}
	60	56.69±0.09 ^{aA}	59.09±0.35 ^{bA}	58.83±0.35 ^{bA}	60.01±0.35 ^{bA}	59.43±0.00 ^{bA}
w(Fat)/%	1	7.8±0.2 ^{aA}	7.5±0.7	8.7±0.3 ^{aA}	7.0±0.0 ^{aA}	8.0±0.0 ^{aA}
	30	8.0±0.0 ^{aA}	8.0±0.0 ^{aA}	8.0±0.0 ^{aA}	8.5±0.0 ^{aA}	7.5±0.0 ^{aA}
	60	8.5±0.1 ^{aA}	8.2±0.3 ^{aA}	8.2±0.3 ^{aA}	8.7±0.3 ^{aA}	9.0±0.0 ^{aA}
w(Protein)/%	1	27.72±1.35 ^a	27.35±2.30 ^a	27.91±3.47 ^a	25.12±1.62 ^a	23.45±0.78 ^b
	30	27.37±0.14 ^a	26.46±1.62 ^a	26.46±1.21 ^a	24.56±0.23 ^a	22.33±4.39 ^b
	60	27.36±3.75 ^a	26.24±2.76 ^a	26.94±1.28 ^a	25.58±0.97 ^a	22.33±0.56 ^b
w(Salt)/%	1	6.20±0.25 ^{aA}	5.87±0.02 ^{aA}	5.40±1.66 ^{aA}	5.70±1.17 ^{aA}	5.45±0.24 ^{aA}
	30	6.01±0.54 ^{aA}	5.75±0.91 ^{aA}	5.02±0.01 ^{aA}	5.40±0.07 ^{aA}	5.21±0.01 ^{aA}
	60	5.34±0.00 ^{aA}	5.20±0.23 ^{aA}	5.03±0.46 ^{aA}	6.03±1.44 ^{aA}	6.09±0.23 ^{aA}
w(MNFS)/%	1	62.88±1.02 ^{aA}	64.36±2.54 ^{aA}	66.54±3.22 ^{aA}	66.57±1.69 ^{aA}	66.57±0.52 ^{aA}
	30	61.35±0.58 ^{aA}	64.08±1.54 ^{aA}	66.49±1.35 ^{aA}	66.38±0.07 ^{aA}	66.31±4.70 ^{aA}
	60	62.00±4.15 ^{aA}	64.41±2.90 ^{aA}	64.11±1.52 ^{aA}	65.77±0.79 ^{aA}	65.31±0.33 ^{aA}
pH	1	6.38±0.04 ^{aA}	5.20±0.01 ^{bA}	5.19±0.07 ^{bA}	5.25±0.01 ^{bA}	5.23±0.08 ^{bA}
	30	6.43±0.00 ^{aA}	5.36±0.00 ^{bB}	5.28±0.01 ^{bA}	5.27±0.00 ^{bA}	5.30±0.06 ^{bA}
	60	6.53±0.01 ^{aA}	5.37±0.01 ^{bB}	5.33±0.01 ^{bA}	5.35±0.02 ^{bA}	5.35±0.01 ^{bA}
w(Acidity)/% lactic acid	1	0.05±0.00 ^{aA}	0.24±0.01 ^{cA}	0.23±0.01 ^{cA}	0.21±0.01 ^{bcA}	0.18±0.00 ^{bA}
	30	0.07±0.01 ^{aB}	0.23±0.01 ^{bA}	0.23±0.00 ^{bA}	0.22±0.00 ^{bA}	0.22±0.00 ^{bB}
	60	0.08±0.00 ^{aB}	0.23±0.00 ^{bA}	0.24±0.01 ^{bA}	0.23±0.01 ^{bA}	0.26±0.00 ^{bC}

Values are means ± standard deviations. Means within the same row marked with different lowercase letters are significantly different and means within the same column marked with different uppercase letters are significantly different ($p < 0.05$).

MNFS: moisture in non-fat substance

Urea PAGE results

Urea-PAGE results are given at Fig 1. We observed differences between α_{s1} and β -CN bands and their degradation products of irradiated, non-irradiated and control pasteurized cheese samples. The cheese sample Cp had the highest amount of α_{s1} -CN band through the storage which could be due to the fact that pasteurization inactivates native milk proteases and microbiota to some extent. Proteolysis of the α_{s1} -CN occurs first by the coagulants with the cleavage of Phe23-Phe24 bond, forming α_{s1} -CN (f1-23) and α_{s1} -CN I (f24-199). Then residual coagulant, native milk enzymes and other microbial enzymes hydrolyze the α_{s1} -CN I (f24-199) into smaller fragments (Dave et al., 2003). The α_{s1} -CN band was almost invisible in Cr and became more distinct as the irradiation dose increased. This indicates that irradiation could be effective in inactivating some of the proteolytic enzymes and microbiota that would act on α_{s1} -CN. While the intensity of the α_{s1} -CN band

of 2 and 3 kGy cheese samples didn't change much during the storage, a decrease observed with the others. The α_{s1} -CN I (f24-199) band of irradiated samples were similar on day 1. However, Cp had a slighter α_{s1} -CN I (f24-199) band, which could be due to other factors that limit rennet action on α_{s1} -CN, such as high pH. The intensity of the α_{s1} -CN I (f24-199) band of Cp and irradiated cheese samples increased during the storage. There was a decrease in the amount of α_{s1} -CN I (f24-199) band in Cr on day 30, while it increased in irradiated cheese samples with increasing irradiation doses. The non-irradiated raw milk cheese appeared to have high proteolytic activity due to native milk enzymes and microbial enzymes that consumed both α_{s1} -CN and α_{s1} -CN I (f24-199) rapidly. Irradiation could have inactivated some of the proteolytic enzymes and microbiota that could further degrade α_{s1} -CN I (f24-199). The increase in the α_{s1} -CN I (f24-199) band intensity also indicates that irradiation didn't inhibit residual rennet

activity. The β -CN band of all cheese samples appears to be similar on day 1. However, its degradation products differed between cheeses. Plasmin and neutral proteases degrade β -CN into γ -caseins (Fox, 1989). The sample Cp appear to have higher number of γ -CN fractions. When we look at the 30th and 60th day results, the intensity of the β -CN was higher at higher irradiation doses. A slight β -CN-I band was visible at 3 kGy sample after 30 days of storage. β -CN-I (f189-192) is correlated with bitterness. Thus, it is possible that irradiation may have inactivated some microorganisms that break down bitter peptides, leading to bitter β -CN-I (f189-192) fraction in 3 kGy cheeses (Öztürk et al., 2013). In the end of the 60 days of storage, irradiated cheese samples exhibited smaller amounts of α_{s1} - and β -CN degradation products as compared to both Cr and Cp. Seisa et al. also reported that irradiation

slowed down the enzymatic hydrolysis of the β -CN and α_{s1} -CN during ripening of Cheddar cheese at 16°C (Seisa et al., 2004). They claimed that irradiation can cause protein degradation resulting in differences in the development of the peptide profile of Cheddar cheese. Ham et al. reported a dose dependent decrease in α_{s1} -CN and β A1-CN in both milk and Queso Blanco cheese after irradiation (Ham et al., 2009). They did not see difference at β B-CN levels at 5 kGy and below. They found an increase in α s0-CN and β A3-CN due to irradiation and they postulated that β A3-CN was formed by the breakdown of β A1-CN during irradiation. Nyamakwere et al. did not report any difference in the amount of whey proteins and caseins after irradiation at 5 kGy, except for β -CN which was reduced dramatically (Nyamakwere et al., 2022).

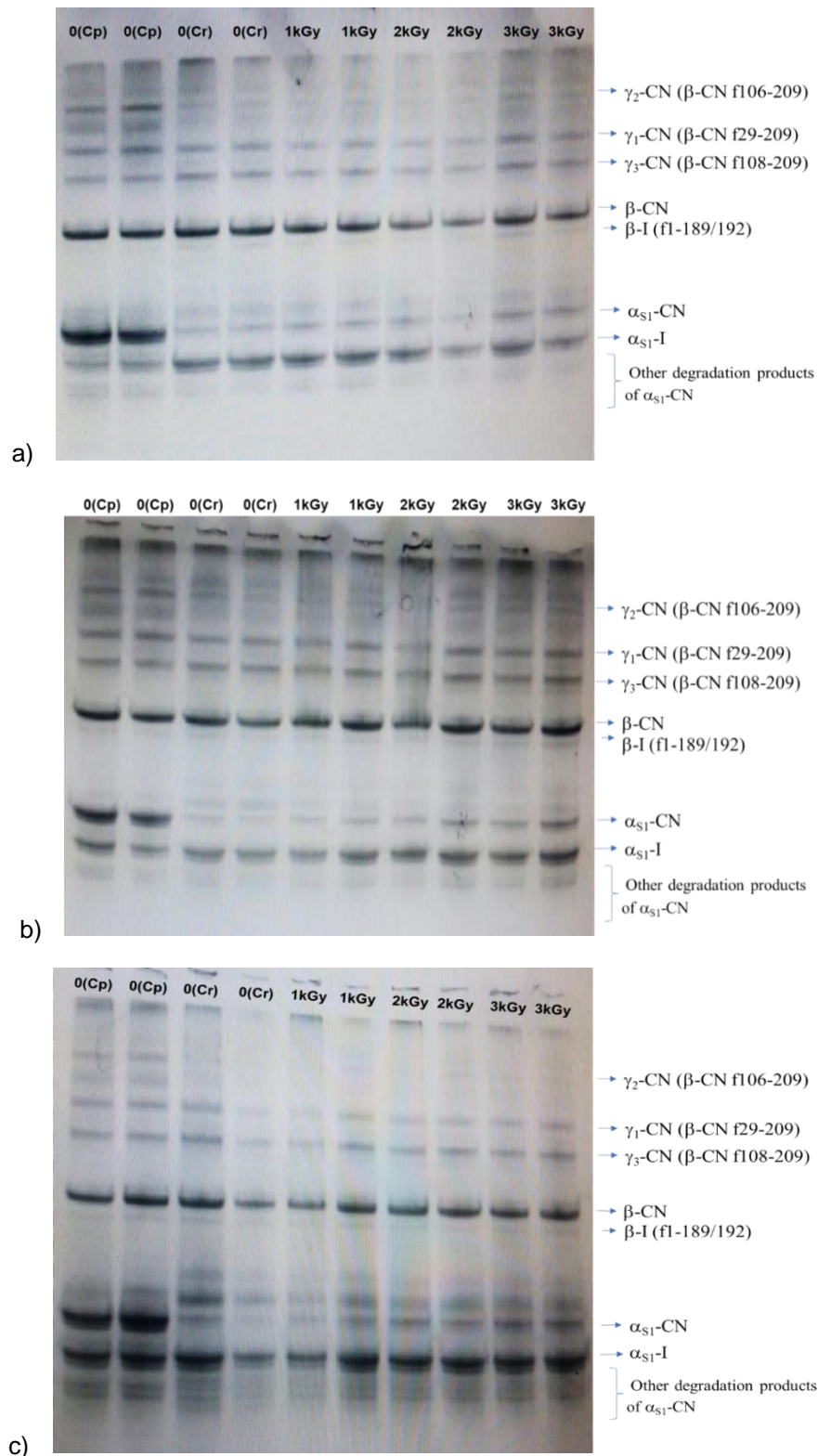


Figure 1. Urea-PAGE results of the non-irradiated (0(Cp): Control pasteurized cheese, 0(Cr): Control raw milk cheese) and irradiated (1 kGy, 2 kGy, 3 kGy) cheese samples a) on day 1, b) on day 30 and c) on day 60.

Microbiological analysis results

Changes of microbial populations of irradiated and non-irradiated White cheeses during storage are given in Fig 2. Impact of the irradiation on microbial counts was dose dependent and 3 kGy irradiation was more effective. Irradiation of the raw milk cheese at 2 and 3 kGy dose reduced the

TMAB counts to the levels achieved by pasteurization (Cp). Other studies have also reported a decrease in total aerobic bacteria counts due to irradiation (Nyamakwere et al., 2022, Konteles et al., 2009). There was an increase in TAMB count of the Cp at day 30 with a higher rate than Cr, and a decrease was observed at day

60. Irradiated cheese TAMB counts were rather stable during the storage except for 3 kGy, which

decreased at day 60.

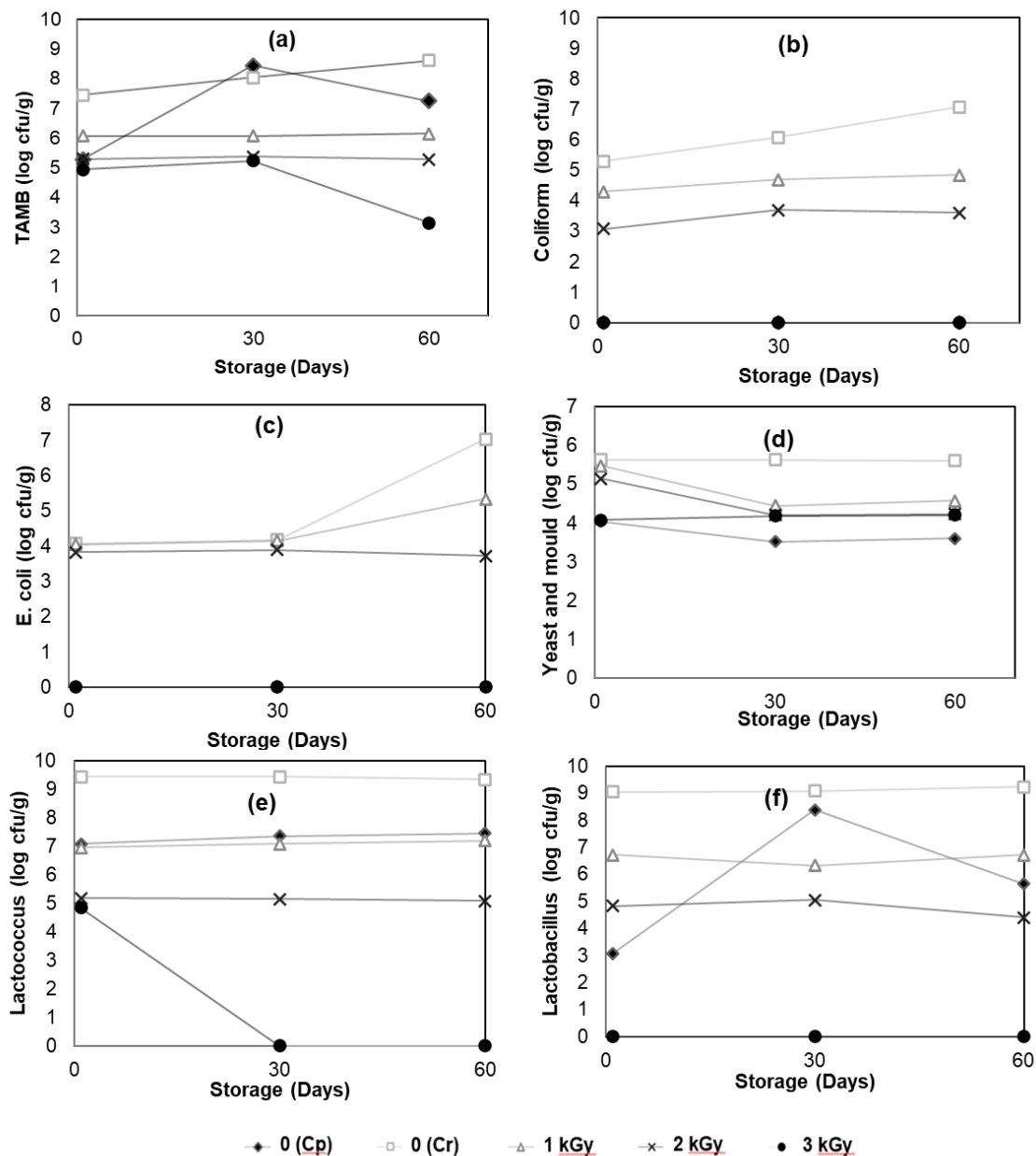


Figure 2. Changes of microbial populations of irradiated (1 kGy, 2 kGy, 3 kGy) and non-irradiated (0(Cp): Control pasteurized cheese, (0)Cr: Control raw milk cheese) White cheeses during storage: (a) TAMB (total aerobic mesophilic bacteria), (b) coliform bacteria, (c) *E. coli*, (d) yeasts and molds, (e) *Lactococcus* and (f) *Lactobacillus*

Coliform group bacteria and *E. coli* were not detected at Cp and 3 kGy cheese samples at any storage point. On the other hand, Cr had about 5 log cfu/g coliforms at day 1, and counts increased about 2 logs by 60 days (Fig 2b). Irradiation reduced the coliforms 1 log at 1 kGy dose, and 2 logs at 2 kGy on day 1. Irradiation doses below 3 kGy was not effective on *E. coli* counts (Fig 2c). While there was an increase in *E. coli* counts of Cr and 1 kGy on day 60, 2 kGy sample counts didn't change. Previous studies have also reported a dose dependent reduction in coliform counts,

where a complete inhibition was achieved at high irradiation doses (Nyamakwere et al., 2022, Shalaby et al., 2016, Konteles et al., 2009). It is claimed that irradiation can cause death of the pathogens or sublethal injury preventing their multiplication by damaging their cellular membrane or DNA (Wang et al., 2018). Irradiation at 3 kGy reduced the yeast and mold counts to a similar level with Cp, however that was still high probably due to the initial high load of the raw milk.

The Cr cheese had the highest *Lactococcus*

counts (Fig 2e). Irradiation at 1 kGy was effective to reduce the *Lactococcus* counts to a level achieved by pasteurization, and a higher reduction was observed at 2 and 3 kGy doses on day 1. *Lactococcus* counts were stable during the storage except for the 3 kGy samples, where a complete reduction occurred at day 30. No *Lactobacillus* colonies were detected at 3 kGy sample throughout the storage (Fig 2f). The highest *Lactococcus* counts were observed at Cr and irradiation reduced the counts in a dose dependent manner. Seisa et al. reported that irradiation greatly reduced the number of non-starter lactic acid bacteria of the Cheddar cheese (Seisa et al., 2004).

Conclusion

Irradiation treatment effectively inhibited *E. coli* and coliforms at 3 kGy dose. All microbial group counts were reduced by irradiation application in a dose dependent manner. We determined that microbial safety of the irradiated cheese at 3 kGy dose was similar to pasteurized milk cheese for the analyzed microbial groups. It should be considered that irradiation would influence the ripening and flavor development in cheese since it has a detrimental effect on most microbial groups and slowed down the degradation of α_{s1} -CN and β -CN especially at 3 kGy. Irradiation treatment could be applied after some aging period to prevent any undesirable effects on ripening. Safety of raw milk artisan cheeses are concerned, and irradiation could be a good option to avoid pasteurization which impairs native flora and the desired flavor development during initial cheese making process. Irradiation appears to have an influence on proteins and degradation of caseins. More study is required to investigate the possible radiolytic products that could form after irradiation of the cheese.

Acknowledgement

This study was financially supported by the Research Fund of Harran University (Project no: 16158).

REFERENCES

- Aly S A, Farag D E and Galal E (2012) Effect of Gamma Irradiation on the Quality and Safety of Egyptian Karish Cheese. *Journal of Animal Science* **8** 761–766.
- Andrews A T and Alichanidis E (1983) Proteolysis of caseins and the proteose-peptone fraction of milk. *Journal of Dairy Research* **50** 275-290.
- AOAC Official Method 972.43. (1998) Microchemical determination of carbon, hydrogen and nitrogen, automated method. Rockville, MD, USA: AOAC International.
- Arvanitoyannis I S and Tserkezou P (2010) Application of Irradiation on Milk and Dairy Products. In *Irradiation of Food Commodities: Techniques, Applications, Detection, Legislation, Safety and Consumer Opinion*, pp 265-285. Arvanitoyannis I S ed. USA: Elsevier Inc.
- Beuquier E and Buchin S (2004) Raw milk cheeses. In *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology 3rd Ed Vol. 1: General Aspects*, pp 319-345. Fox P F, McSweeney P L H, Cogan T M, Guinee T P ed. Amsterdam: Elsevier Ltd.
- Blank G, Shamsuzzaman K and Sohal S (1992) Use of electron beam irradiation for mold decontamination. on Cheddar Cheese. *Journal of Dairy Science* **75** 13–18.
- Cabezas L, Sanchez I, Poveda J M, Sesena S and Palop M L (2007) Comparison of microflora, chemical and sensory characteristics of artisanal Manchego cheeses from two dairies. *Food Control* **18** 11-17.
- Centers for Disease Control (CDC) Prevention (2012) [Internet document] URL www.cdc.gov/listeria/prevention.html. Accessed 1/9/2023.
- Dave R I, McMahon D J, Oberg C J, Broadbent J R (2003) Influence of coagulant level on proteolysis and functionality of mozzarella cheeses made using direct acidification. *Journal of Dairy Science* **86** 114-126.
- Fox P F (1989) Proteolysis during cheese manufacture and ripening. *Journal of Dairy Science* **72** 1379-1400.
- Food and Drug Administration (FDA) (2012) Title 21 Code of Federal Regulations Part 133. Cheeses and related cheese products.
- Frank J F, Hankin L, Koburger J A and Marth E H (1985) Test for groups of microorganisms. In *Standart Methods for the examination of Dairy Products. 15th edition*, pp 189-201. Richardson G H ed. Washington DC: APHA.
- Odueke O B, Farag K W, Baines R N and Chadd S A (2016) Irradiation Applications in Dairy Products: A Review. *Food Bioprocess Technology* **9** 751–767.
- Lalaguna F (2003) Physicochemical Response of Palmita-Type Cheese to Low-Dose Irradiation. *Journal of Food Science* **68** 26–30.
- Ham J S, Jeong S G, Lee S G, Han G S, Chae H S, Yoo Y M, Kim D H, Lee W K and Jo C (2009) Irradiation Effect on α - and β -Caseins of Milk and Queso Blanco Cheese Determined by Capillary Electrophoresis. *Radiation*

- Physics and Chemistry* **78** 158–163.
- Harrigan W F (1998) *Laboratory methods in Microbiology*, pp 348 California: Academics Press.
- Huo J-X, Bai C-Y, Guo L-H and Zhao Z (2013) Effect of electron beam irradiation on the shelf life of mozzarella cheese. *International Journal of Dairy Technology* **66** 352-358.
- IDF Standard 4A. (1982) Cheese and processed cheese - Determination of the total solids content. Brussels, Belgium: International Dairy Federation.
- IDF Standard 88A (1988) Cheese and processed cheese products – Determination of chloride content. Brussels, Belgium: International Dairy Federation.
- ISO 3433 | IDF 222 (2008) Cheese - Determination of fat content - Van Gulik method. Brussels, Belgium: International Dairy Federation.
- Kim J H, Ahn H J, Jo C, Park H J, Chung Y J and Byun M W (2004) Radiolysis of biogenic amines in model system by gamma irradiation. *Food Control* **15** 405–408.
- Konteles S, Sinanoglou V J, Batrinou A and Sflomos K (2009) Effects of γ -Irradiation on *Listeria Monocytogenes* Population, Colour, Texture and Sensory Properties of Feta Cheese during Cold Storage. *Food Microbiology* **26** 157–165.
- Messer I W, Behney H M and Luedecke L O (1985) Microbial Count Method. In *Standart Methods for the examination of Dairy Products 15th edition*, pp 133-150. Richardson G H ed. Washington DC: APHA.
- Nyamakwere F, Esposito G, Dzama K, Gouws P, Rapisarda T, Belvedere G, Masucci F and Raffrenato E (2022) Application of Gamma Irradiation Treatment on the Physicochemical and Microbiological Quality of an Artisanal Hard Cheese. *Applied Sciences* **12** 3142.
- Olson D G (1998) Irradiation of Food. *Food Technology* **52** 56–62.
- Omer M and Elshirbiny S (2005) Composition and Microstructure of Cheese as Affected by Irradiation. *Egypt Journal of Dairy Science* **13** 33–39.
- Ozturk, M., S. Govindasamy-Lucey, J. J. Jaeggi, M. E. Johnson, and J. A. Lucey. 2013. The influence of high hydrostatic pressure on regular, reduced, low and no salt added Cheddar cheese. *Int. Dairy J.* **33** 175–183.
- Rabie M A, Siliha H I, El-Saidy S M, El-Badawy A A and Malcata F X (2011) Effect of c-irradiation upon biogenic amine formation in blue cheese during storage. *Intertational Dairy Journal* **21** 373–376.
- Seisa D, Osthoff G, Hugo C, Hugo A, Bothma C and Van Der Merwe J (2004) The Effect of Low-Dose Gamma Irradiation and Temperature on the Microbiological and Chemical Changes during Ripening of Cheddar Cheese. *Radiation Physics and Chemistry* **69** 419–431.
- Shalaby A R, Anwar M M, Sallam E M and Emam W H (2016) Quality and safety of irradiated food regarding biogenic amines: Ras cheese. *International Journal of Food Science and Technology* **51** 1048-1054.
- TGK (2015) Turkish Food Codex Cheese Bulletin. No 2015/6. Resmî Gazete. Sayı: 29261.
- Wang X B, Wang C N, Zhang Y C, Liu T T, Shen X and Guo M R (2018) Effects of Gamma Radiation on Microbial, Physicochemical, and Structural Properties of Whey Protein Model System. *Journal of Dairy Science* **101** 4879–4890.



Investigation of the effects of red, green and black lentil flours on the physicochemical and technological quality of pasta

Kırmızı, yeşil ve siyah mercimek unlarının makarnanın fizikokimyasal ve teknolojik özellikleri üzerine etkilerinin araştırılması

Hacer LEVENT¹ , Elif KURT² , Betül ŞEREF^{3*} 

^{1,3}Karamanoğlu Mehmetbey University, Department of Nutrition and Dietetics, Karaman, Turkey

²Karamanoğlu Mehmetbey University, Department of Gastronomy and Culinary Arts, Karaman, Turkey.

¹<https://orcid.org/0000-0002-7321-5577>; ²<https://orcid.org/0000-0003-1342-4630>; ³<https://orcid.org/0000-0002-6920-0217>

To cite this article:

Levent, H., Kurt, E. & Şeref, B. (2023). Investigation of the Effects of Red, Green and Black Lentil Flours on the Physicochemical and Technological Quality of Pasta. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 27(4): 477-488
DOI: 10.29050/harranziraat.1318769

*Address for Correspondence:

Betül ŞEREF

e-mail:

betul.seref.96@hotmail.com

Received Date:

23.06.2023

Accepted Date:

23.11.2023

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ABSTRACT

In this study, red lentil flour (RLF), green lentil flour (GLF) and black lentil flour (BLF) replaced wheat semolina at different (0-10%) ratios in pasta formulation. The effect of lentil types and levels of lentil flour supplementation on the physicochemical, textural characteristics and cooking quality of pasta were investigated. It was determined that BLF had the highest ash, crude fat and phytic acid contents, whereas GLF had the highest antioxidant activity (AA) and total phenolic content (TPC) among lentil varieties. The use of GLF in pasta production resulted in higher brightness (L^*) and RLF resulted in higher redness (a^*) and yellowness (b^*) values. The increase in lentil flour ratio in the formulation caused the weight increase and volume increase values to decrease from 200.04% and 238.59% to 174.92% and 222.28%, respectively. Pasta samples containing GLF revealed a higher firmness value than those containing RLF and BLF. It was determined that the cooking loss value was higher in the samples containing 10% lentil flour compared to the control. The use of lentil flour in the formulation improved the pasta samples in terms of protein, ash, TPC, AA, Ca, Mg, Zn and Fe. The results show that nutritionally enriched pasta can be produced with acceptable technological quality by adding up to 10% of GLF and BLF. The successful results show that RLF can be used at rates higher than 10% in pasta production.

Key Words: Pasta, red lentil, green lentil, black lentil

ÖZ

Bu çalışmada, makarna formülasyonunda buğday irmiği ile kırmızı mercimek unu (RLF), yeşil mercimek unu (GLF) ve siyah mercimek unu (BLF) farklı oranlarda (0-10%) ikame edilmiştir. Mercimek çeşitlerinin ve mercimek unu katkı oranlarının makarnanın fizikokimyasal, tekstürel özellikleri ve pişme kalitesine etkisi araştırılmıştır. Mercimek çeşitleri arasında en yüksek kül, ham yağ ve fitik asit içeriğine BLF'nin, en yüksek antioksidan aktiviteye (AA) ve toplam fenolik madde içeriğine (TPC) ise GLF'nin sahip olduğu belirlenmiştir. Makarna üretiminde GLF kullanımı daha yüksek parlaklık (L^*) ve RLF ise daha yüksek kırmızılık (a^*) ve sarılık (b^*) değerleri vermiştir. Formülasyondaki mercimek unu oranının artması ağırlık artışı ve hacim artışı değerlerinin sırasıyla %200.04 ve %238.59'dan %174.92 ve %222.28'e düşmesine neden olmuştur. GLF içeren makarna örnekleri, RLF ve BLF içeren makarnalara göre daha yüksek sertlik değeri ortaya koymuştur. %10 mercimek unu içeren örneklerde pişme kaybı değerinin kontrole göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Formülasyonda mercimek unu kullanılması makarna örneklerini protein, kül, TPC, AA, Ca, Mg, Zn ve Fe açısından iyileştirmiştir. Sonuçlar, besinsel açıdan zenginleştirilmiş makarnanın, %10'a kadar GLF ve BLF eklenerek kabul edilebilir teknolojik kalitede üretilebileceğini göstermektedir. Elde edilen başarılı sonuçlar RLF'nin makarna üretiminde %10'dan daha yüksek oranlarda kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Makarna, kırmızı mercimek, yeşil mercimek, siyah mercimek

Introduction

Pasta is frequently preferred by people of all ages and walks of life due to its long shelf life, low cost, and ease of preparation (Melini et al., 2020). It also contributes to long-term satiety due to its lower glycemic index than bread (Atkinson et al., 2008), its compact structure, and slower digestion than other starchy foods. Wheat pasta is usually produced from refined flour/semolina, which is rich in carbohydrates and low in micronutrients, phytochemicals, and dietary fiber (Dziki, 2021). It has been recognized as a good vehicle for fortification by the FDA (Food and Drug Administration) and the WHO (World Health Organization) (Chillo et al., 2008). Recently, pasta has been the subject of many food fortification strategies to improve its functional properties and nutritional value (Dziki, 2021).

Nowadays, consumers are making changes in their eating habits due to the increase in health awareness, and the advantages of a diet rich in plant-based foods and low in animal foods, both to the body and to the environment (Messia et al., 2021). Legumes have an important place in human nutrition with low fat, high protein, dietary fiber, and micronutrient content (Sánchez-Chino et al., 2015). Legume proteins provide integrity in terms of essential amino acid balance when used with cereals (Singh and Singh, 1992). Also, legumes and products are good vitamin and mineral sources. Recently, the demand for legumes has increased, because more people, such as vegans, vegetarians or flexitarians, are looking for alternative animal protein sources (Dogan et al. 2013; Pedrosa et al. 2021). Legumes represent a component in the development of healthy diets for humans and sustainable for the environment, because they are friendly to the planet with their low water and carbon footprint (Boukid et al. 2019; Messia et al. 2021).

Lentils, peas, chickpeas, and beans are among the most consumed legumes worldwide (Boukid et al. 2019). Among legumes, the relatively short cooking times of lentils provide an additional

advantage. Lentil has advantages for producers such as having high tolerance to extreme environmental conditions such as drought and high temperatures and being able to be grown without irrigation in semi-arid regions (Yadav et al. 2007). Lentils can be found in yellow, orange, green, red, brown, or black colors according to their type, seed coat, and cotyledon composition (Xu et al., 2010). It has the highest protein content after soybeans (Kamboj and Nanda, 2018). Lentils contain phytochemicals and various bioactive compounds along with protein, carbohydrates, dietary fiber, minerals, and vitamins (Rebello et al., 2014). Studies show that lentils contain much higher concentrations of phenolics (760 mg GAE/100 g) compared to other legumes, and this high polyphenolic content of lentils and excellent nutritional composition may contribute to their high antioxidant, anti-obesity, antidiabetic, anticancer and anti-inflammatory properties (Mo'ez Al-Islam, 2020; Romano et al., 2021). These nutrient contents positively affect the quality of the foods to which it is added (Migliozzi et al., 2015).

There is no report in the literature comparing the use of red lentil, green lentil, and black lentil flour in pasta quality. The aim of this research is 1) to assess the effect of three lentil species on the physicochemical, textural characteristics, and cooking quality of pasta 2) to determine the effects of lentil type and lentil flour ratio on pasta quality 3) to develop a new functional pasta formulation with improved nutritional quality.

Material and Method

Materials

Wheat semolina was kindly supplied by Golda A.Ş., Karaman, Turkiye. Red lentils and green lentils were procured from local supermarkets in Karaman, Turkiye. Red lentils and green lentils were milled with a lab grinder (MKM600, Bosch, <500 µm) and used as whole flour. Black lentil flour was obtained from Ingro Gıda Bilişim Pazarlama, Karaman, Turkiye.

Preparation of pasta samples

Pasta preparation was done according to the method stated by Ajila et al., (2010). A control sample was prepared with wheat semolina (100%) and for pasta samples containing lentil flour, red, green and black lentil flour replaced wheat semolina by 5 and 10%, separately. While preparing the pasta, the ratio of wheat semolina to water was adjusted to be approximately semolina (1000 g): water (300 ml). The moisture content of the wheat semolina+lentil flour mixture was determined by preliminary trials to produce a visually optimal dough before extrusion. A pasta machine (La Monferrina, Dolly, Italy) was used for production. To prepare the pasta, 1500 g wheat semolina was mixed with 500 ml of warm water in the rotary shaft mixer of the pilot pasta machine for 10 min until the semolina was hydrated with water. Then the mixture was extruded and cut using a pasta mold (penne). The dried samples were packaged in polypropylene bags and stored at room temperature (approximately 25-27°C) for further analysis.

Color measurements

Minolta CR-400 (Konica Minolta, Japan) device was used to determine the color values. Color readings are expressed as L^* (brightness/whiteness), a^* (redness/greenness), and b^* (yellowness/blueness). The saturation index (SI , vividness of color) and *hue angle* were calculated using the equations below (Francis, 1998).

$$SI = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\text{Hue} = \text{Arctan} [b^* a^{*-1}] + 180 \text{ where } a < 0 \text{ and } b > 0 \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\text{Hue} = \text{Arctan} [b^* a^{*-1}] \text{ where } a > 0 \text{ and } b > 0 \quad (\text{Eq. 3})$$

Chemical analysis

The moisture (method 44-19), ash (method 08-01), crude protein (method 46-12) and crude fat (method 30-25) contents of the wheat semolina, flours and pastas containing lentil flours (0%, 5% and 10) were quantified according to AACC (1990).

Mineral content was assessed with ICP-OES (Agilent 720, USA) using the method used by Levent et al., (2020). The colorimetric method was used for phytic acid analysis. In this method, the sample extraction was performed by using 0.2 N HCL, and then the extract was precipitated with a ferric solution in a test tube. After heating in a boiling water bath for 30 min, and cooling in ice water for 15 min, 2.2' bipyridine solution was added and the absorbance was read at 519 nm (Haug et al., 1983).

The colorimetric method and Folin-Ciocalteu reagent were used for TPC determination. The samples were extracted with 10 ml of solution consisting of a mixture of hydrochloric acid, methanol, and distilled water at a ratio of 1/8/1 (v/v), respectively, for 2 hours at room temperature (Beta et al., 2005; Gao et al., 2002). After centrifugation at 3000 rpm for 10 minutes, the extract (0.1 ml) was mixed with Folin-Ciocalteu reagent (0.5 ml, 10% diluted, v/v, water) and sodium carbonate solution (1.5 ml, 20%, w/v) and distilled water (to make up to 10 ml) in a test tube. After 2 hours in a dark place, the absorbance was read at 760 nm with a spectrophotometer (Shimadzu UV1800, Japan).

The antioxidant activities (AA) of the wheat semolina, lentil flours, and pasta were assayed as described previously by Beta et al., (2005) and Gyamfi et al., (1999). For analysis, samples were extracted according to the method used in TPC analysis. Absorbance values at 517 nm in the spectrophotometer were read at the beginning of the treatment with DPPH and after 30 minutes. AA was determined as percent inhibition according to the following equation.

$$\text{Inhibition \%} = (1 - [(A \text{ of sample} = 30) / (A \text{ of control} = 0)^{-1}]) \times 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

Cooking properties of pasta samples

Twenty grams of pasta samples were cooked in 250 ml of boiling distilled water for the optimum cooking time. The optimum cooking time was determined by squeezing the pasta samples taken from boiling water at different times between two

glass slides until the white central core disappeared (Özkaya and Kahveci, 1990; Sobota et al., 2015). After cooking, the samples were drained for 2 min. Weight increase % (WI) was calculated based on the pre -and post-cooking weights of the samples. For the volume increase (VI) values, the dry and cooked samples were placed in a graduated cylinder filled with water and the amount of overflowing water was determined and the VI values were obtained from the volume of dry and cooked pasta samples. To determine the cooking loss (CL) value, the cooking waters were evaporated to a constant weight in the oven (KD-200, Nüve, Ankara, Turkey) at 135°C and the residue was weighed to determine the CL value as a percentage of the pasta weight before cooking.

Statistical analysis

The results obtained were statistically analyzed with a computer package program (SPSS, Version 22.0). Data were subjected to analysis of variance and means were compared using the Duncan multiple range test. $P < 0.05$ was considered as statistically significant.

Results and Discussion

Raw material properties

The physical and chemical analysis results of wheat semolina, RLF, GLF, and BLF used in pasta formulation are given in Table 1. Wheat semolina presented higher L^* and lower a^* values than lentil types. RLF has higher a^* , b^* , and SI values than GLF and BLF. The moisture content of the raw materials varied between 86.0 g kg⁻¹ and 127.7 g kg⁻¹, and the highest value was observed in wheat semolina. Ash contents of raw materials ranged between 7.5-42.6 g kg⁻¹. Among the lentil varieties, BLF had the highest ash content. Crude protein and fat contents of raw materials were found in the range

of 124.8-267.9 g kg⁻¹ and 6.8-13.8 g kg⁻¹, respectively. The chemical analysis results of raw materials are generally in agreement with previous studies reported by Rizzello et al. (2014), Piergiovanni (2021), and Yaghtini et al., (2021). RLF and BLF had significantly higher amounts of crude fat than wheat semolina. Lentil varieties had 1.89-2.15 times more crude protein content than wheat semolina. Bhatti (1988) reported that lentils are an excellent source of protein and amino acids that complement the amino acid pattern of cereal proteins. Due to its high protein content and reasonable price, lentils are defined as “poor man’s meat” (Samaranayaka, 2017). Lentil varieties revealed significantly higher TPC and AA values (1.54-3.03 g GAE kg⁻¹, 21.27-45.80%) than wheat semolina (0.5978 g GAE kg⁻¹, 12.80%) and GLF had the highest TPC and AA values among the raw materials. Xu and Chang (2008) reported that lentils had the highest total phenolic content and antioxidant capacity compared to chickpeas, yellow peas and green peas. Lentils contain phenolic compounds such as phenolic acids, flavonols, stilbenes, flavones, flavanones anthocyanidins and proanthocyanidins (Alshikh et al. 2015; Parnavitana et al., 2021). They have been reported to have many biological effects, including antioxidant activity (Kähkönen et al. 1999). The phytic acid content of wheat semolina, RLF, GLF, and BLF was found as 1.87 g kg⁻¹, 13.70 g kg⁻¹, 14.65 g kg⁻¹ and 14.87 g kg⁻¹, respectively. Reddy et al., (1982) reported that the amount of phytic acid in cereals excluding polished rice ranged from 0.50 to 1.89 % (w/w), from 0.40 to 2.06% (w/w) in legumes, from 2.00 to 5.20% (w/w) in oilseeds excluding peanuts and soybeans evaluated in legumes.

Table 1. Color values and chemical properties of raw materials¹

	Wheat semolina	Red lentil flour	Green lentil flour	Black lentil flour
Color				
<i>L</i> *	88.76±0.28 ^a	79.11±0.34 ^b	80.23±0.30 ^b	72.10±0.42 ^c
<i>a</i> *	-1.71±0.08 ^c	16.03±0.11 ^a	-0.50±0.06 ^b	-2.24±0.08 ^d
<i>b</i> *	23.56±0.16 ^c	34.44±0.27 ^a	24.77±0.30 ^c	19.03±0.35 ^d
<i>SI</i>	23.62±0.40 ^b	37.99±0.17 ^a	24.78±0.30 ^b	19.16±0.35 ^c
Hue	94.15±0.28 ^b	65.04±0.40 ^d	91.16±0.21 ^c	96.71±0.14 ^a
Moisture (g kg ⁻¹)	127.7±2.5 ^a	86.0±1.6 ^c	99.8±1.0 ^b	94.6±1.8 ^b
Ash (g kg ⁻¹)	7.5±0.7 ^c	19.4±0.6 ^b	21.1±0.4 ^b	42.6±0.8 ^a
Crude protein (g kg ⁻¹)	124.8±2.1 ^c	264.2±1.0 ^a	236.0±2.8 ^b	267.9±2.7 ^a
Crude fat (g kg ⁻¹)	6.8±0.8 ^c	10.4±0.6 ^b	7.3±1.0 ^c	13.8±0.4 ^a
TPC (g GAE kg ⁻¹) ²	0.598±0.01 ^d	1.54±0.01 ^c	3.03±0.01 ^a	2.53±0.01 ^b
AA (Inhibition%) ³	12.80±0.28 ^d	21.27±0.30 ^c	45.80±0.65 ^a	38.55±0.21 ^b
Phytic acid (g kg ⁻¹)	1.87±0.03 ^d	13.70±0.07 ^c	14.65±0.04 ^b	14.87±0.07 ^a
Minerals (g kg ⁻¹)				
Ca	0.26±0.006 ^d	1.35±0.003 ^a	1.28±0.003 ^b	1.20±0.002 ^c
Fe	0.016±0.0008 ^c	0.066±0.001 ^b	0.064±0.001 ^b	0.081±0.001 ^a
Mg	0.29±0.002 ^d	0.95±0.002 ^b	0.88±0.001 ^c	1.05±0.001 ^a
Mn	0.015±0.0006 ^{ab}	0.016±0.0004 ^{ab}	0.014±0.001 ^b	0.0175±0.0007 ^a
Zn	0.017±0.0008 ^c	0.034±0.0003 ^b	0.0311±0.001 ^b	0.053±0.0006 ^a

¹Means followed by the different letters within a row are significantly different ($P<0.05$). Based on dry matter (except moisture).

²TPC: Total phenolic content. ³AA: Antioxidant activity.

As expected all lentil varieties had higher Fe, Ca, Zn, and Mg content than wheat semolina. Among the raw materials, Mg, Fe, and Zn content of BLF were found to be richer. Iqbal et al., (2006) studied the composition of chickpeas, lentils, cowpeas and peas and reported that all four legumes were better suppliers of mineral substances, particularly K, P, Ca, Cu, Fe, and Zn. The accumulation of mineral elements in plants varies depending on soil characteristics, cultivation and fertilization system, climate, as well as plant characteristics (Juknevičius and Sabiene, 2007).

Color measurement results of pasta

Color values of pasta samples were discussed according to two main factors (lentil type and lentil flour ratio) (Table 2). According to the lentil type factor, the highest *L** value was obtained in the pasta samples containing GLF. The lowest *L**, *b**, and *SI* values were determined in pasta containing BLF, while pasta samples containing RLF had the highest *a**, *b** and *SI* values. According to the raw

material analysis results, RLF had the highest *a**, *b** and *SI* values among the raw materials (Table 1). The color characteristics of the raw material may affect the color of the pasta. Bae et al., (2016) reported that in noodles enriched with red lentil flour, as the amount of red lentil powder increased, the *L* value of the noodles decreased and the *a* and *b* values increased. In the study conducted by Teterycz et al., (2020) green pea, red lentil and grass pea flours were included in the pasta formulation and it was reported that all legume flours affected the color of the pasta and the most intense color was obtained with red lentil flour. It was determined that the most suitable coloring component in all examined legume flours was red lentil flour (Figure 1).

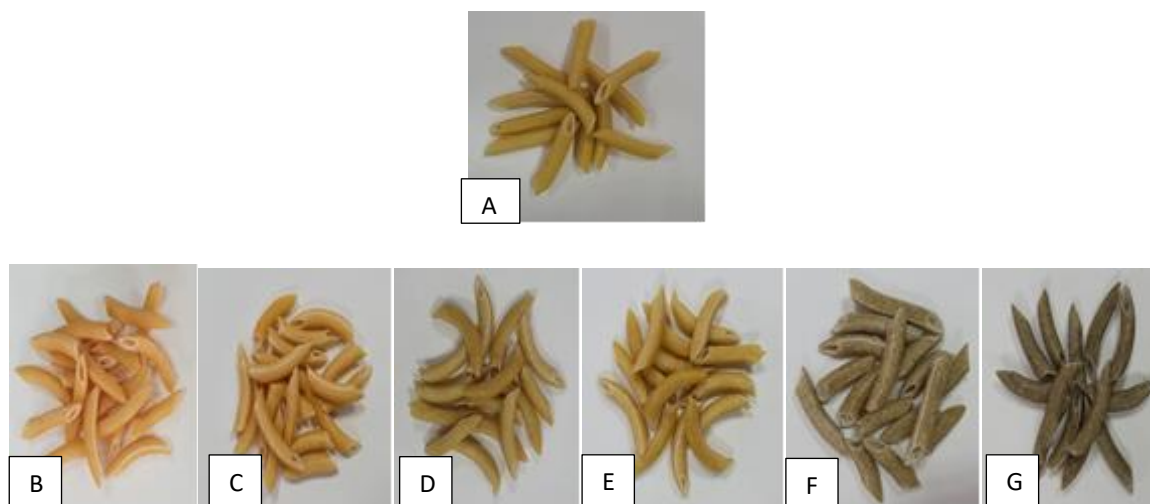


Figure 1: Pasta samples prepared with red lentil flour (RLF), green lentil flour (GLF), and black lentil flour (BLF) (A:Control, B: 5% RLF, C: 10% RLF, D: 5% GLF, E: 10% GLF, F: 5% BLF, G: 10% BLF)

Table 2. Color values of pasta samples¹

	n	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	<i>SI</i>	<i>Hue</i>
Lentil type						
RLF	6	82.55±1.76 ^b	2.94±3.39 ^a	22.41±1.76 ^a	22.82±1.61 ^a	82.21±8.52 ^b
GLF	6	83.75±0.61 ^a	-0.41±0.60 ^b	21.67±2.28 ^b	21.60±2.20 ^b	90.92±1.35 ^a
BLF	6	79.24±5.21 ^c	-0.37±0.74 ^b	18.68±4.52 ^c	18.65±4.47 ^c	90.79±2.08 ^a
Lentil flour ratio (%)						
0	6	84.47±0.31 ^a	-1.17±0.06 ^a	24.47±0.28 ^a	24.40±0.17 ^a	92.68±0.26 ^a
5	6	82.09±1.65 ^b	1.03±2.11 ^b	19.32±2.0 ^b	19.44±2.09 ^b	87.24±5.89 ^b
10	6	78.97±4.75 ^c	2.29±3.08 ^a	18.95±3.34 ^b	19.24±3.67 ^b	84.00±7.59 ^c

¹Means followed by the different letter within a column are significantly different ($P < 0.05$). RLF: Red lentil flour, GLF: Green lentil flour, BLF: Black lentil flour.

The increased lentil flour ratio in the formulation significantly decreased the L^* and Hue values and increased the a^* values of pasta samples ($p < 0.05$). The b^* and SI values of pasta samples containing lentil flour (5 and 10%) were lower than the control, but they were not significantly different from each other. For good pasta quality, a translucent bright yellow colored smooth surface is preferred. Carotenoid pigments in durum wheat semolina give the desired yellow color intensity on the pasta surface (Demir and Bilgiçli, 2020). The use of the increasing ratio of lentil flour in the formulation caused dilution of yellow pigment from semolina and loss of yellow color in pasta samples.

Cooking quality of pasta samples

The cooking properties of pasta samples are shown in Table 3. According to the lentil type

factor, WI, VI, and CL values of pasta samples varied in the range of 181.60-190.94%, 218.72-246.06%, and 6.58-6.60%, respectively. Control pasta had the highest WI values (200.04%) followed by pasta containing 5% lentil flour (186.72%) and pasta containing 10% lentil flour (174.92%), respectively. In a study conducted by Bhansey and Khan, (1986) pasta samples were prepared by supplementing semolina with navy, pinto, and lentil flours and their protein concentrates, and a decrease was observed in the cooked weights of fortified samples as the fortification level increased. Similar results were also reported by Doxastakis et. Al., (2007). This effect may be due to the weakening of the gluten matrix by the addition of gluten-free legume flours (Tetrycz et al., 2020).

Table 3. Cooking properties and firmness values of pasta samples¹

	n	Weight increase (%)	Volume increase (%)	Cooking loss (%)	Firmness (g)
<i>Lentil type</i>					
RLF	6	181.60±15.97 ^b	243.71±10.44 ^a	6.58±0.19 ^a	248.71±19.99 ^b
GLF	6	189.13±9.40 ^a	218.72±24.75 ^b	6.60±0.26 ^a	303.17±96.72 ^a
BLF	6	190.94±8.96 ^a	246.06±8.99 ^a	6.58±0.24 ^a	257.78±21.26 ^b
<i>Lentil flour ratio (%)</i>					
0	6	200.04±1.72 ^a	238.59±2.05 ^b	6.41±0.12 ^b	236.79±12.62 ^b
5	6	186.72±6.51 ^b	247.62±14.77 ^a	6.57±0.15 ^{ab}	247.94±12.10 ^b
10	6	174.92±7.61 ^c	222.28±27.12 ^c	6.78±0.20 ^a	324.94±80.09 ^a

¹Means followed by the different letters within a column are significantly different (P<0.05). RLF: Red lentil flour, GLF: Green lentil flour, BLF: Black lentil flour.

The use of different lentil varieties in pasta production did not cause a significant difference between CL values (p>0.05). The lowest WI and VI values were obtained at a 10% lentil ratio. CL value was determined as 6.41% in the control sample that did not contain any type of lentil flour. This result is in agreement with Manthey and Schorno (2002) who reported that the CL value in pasta made from semolina was around 6.5%. Increasing the lentil flour ratio in the pasta formulation increased the CL value and a higher CL value (6.78%) was obtained in the highest lentil flour ratio (10%) compared to the control. A similar trend was also observed by Zhao et al., (2005) who used milled flours of lentil, chickpea, yellow pea, and green pea (5-30%) in spaghetti production. They reported that CL increased with the increase in the legume flour ratio in the formulation.

Gluten can form a protein network, which is responsible for the low CL value and good textural properties in wheat pasta (Laleg et al., 2017; Matsuo and Irvine, 1970). The use of non-gluten flours in pasta formulation diluted the gluten strength and weakened the structure of the product. This may cause more solids from the pasta samples to seep into the cooking water, resulting in higher cooking loss (Rayas-Duarte et al., 1996). Legume proteins (albumins and globulins) do not form an elastic network like durum wheat proteins (gliadins and glutenins) (Rosa-Sibakov et al., 2016). Pasta cooking quality is determined by the physical competition between protein coagulation into continuous network (I) and starch swelling (II) during cooking. If the first

(I) predominates, starch particles are retained in the network causing the cooked pasta to increase in firmness, while if the second (II) predominates, the protein coagulates into discrete masses devoid of a continuous framework, starch granules swell easily and some of the starchy material passes into the cooking water and the pasta exhibits softness and often stickiness (Marti and Pagani, 2013; Resmini and Pagani, 1983). In addition, the use of legume flour in the form of whole flour and its higher ash content than semolina may weaken the gluten network and increase dry matter losses (Table 1) (Tetrycz et al., 2020).

The firmness values of the pasta samples containing red, green, and black lentil flour were determined as 248.71 g, 303.17 g, and 257.78 g, respectively (Table 3). As the lentil flour ratio increased in the pasta formulation, the firmness values increased partially, and a higher firmness value was obtained at the 10% lentil flour ratio. Bahnassey and Khan (1986) and Zhao et al. (2005) found similar results. They reported that the use of legume flours (navy, pinto, green pea, yellow pea, chickpea, and lentil) and protein concentrates in pasta formulation caused an increase in firmness values. Also, it was reported that firmness values of fortified pasta samples increased with the level of fortification. Similarly, in a study by Tetrycz et al. (2020), it was determined that preparation of the pasta with 15-20% red lentil flour and 5-15% green pea flour increased the firmness values, significantly.

Chemical characteristics of pasta samples

Moisture, ash, crude protein and crude fat and crude protein contents of pasta samples containing red, green, and black lentil flours were found in the range of 8.0-9.3 g kg⁻¹, 8.1-9.6 g kg⁻¹, 132.8-133.4 g kg⁻¹ and 8.2-9.1 g kg⁻¹, respectively (Table, 4). In the samples containing 10% lentil flour in the formulation, there was an increase of 21.5%, 8.4%, 10.9%, 39.3%, and 24.8% in ash, fat, protein, TPC, and AA values, respectively, compared to the samples without lentil flour in the formulation. Bayomy and Alamri (2022) reported that fortification of durum wheat flour with yellow lentil flour (25%) increased the protein, crude fat, and ash content of the control sample from 12.79%, 2.62%, and 1.47% to 15.84%, 3.21%, and 1.93%, respectively. In a study by Bae et al., (2016)

red lentil powder was used (15-45%) in the noodle formulation and it was reported that the antioxidative activities of the noodles increased significantly as the red lentil powder ratio increased ($p < 0.05$).

There was no significant difference between moisture, crude protein, and crude fat contents of pasta samples according to lentil type ($p > 0.05$). Higher ash and phytic acid values were determined in pasta samples prepared using BLF compared to those containing RLF and GLF. According to the raw material analysis results, it was determined that the ash and phytic acid content of BLF was more remarkable than other lentil varieties (Table 1). From these results, it can be said that raw material properties are reflected in the final product.

Table 4. Chemical properties of pasta samples¹

	n	Moisture (g kg ⁻¹)	Ash (g kg ⁻¹)	Crude protein (g kg ⁻¹)	Crude fat (g kg ⁻¹)	Phytic acid (g kg ⁻¹)	TPC ² (g GAE kg ⁻¹)	AA Inhibition(%) ³
<i>Lentil type</i>								
RLF	6	8.0±1.2 ^a	8.1±0.5 ^b	132.8±5.8 ^a	8.6±0.7 ^a	1.92±0.54 ^b	0.689±0.007 ^c	15.59±1.10 ^c
GLF	6	8.2±1.3 ^a	8.3±0.5 ^b	133.4±6.6 ^a	8.2±0.5 ^a	2.02±0.65 ^b	0.800±0.166 ^a	17.23±2.37 ^a
BLF	6	9.3±2.3 ^a	9.6±1.6 ^a	133.0±7.7 ^a	9.1±0.8 ^a	2.16±0.74 ^a	0.705±0.082 ^b	16.41±1.56 ^b
<i>Lentil flour ratio (%)</i>								
0	6	7.5±1.1 ^a	7.9±0.3 ^b	126.2±2.9 ^c	8.3±0.5 ^a	1.34±0.06 ^c	0.608±0.007 ^c	14.38±0.27 ^c
5	6	8.4±1.6 ^a	8.4±0.7 ^b	133.0±2.2 ^b	8.6±0.7 ^a	1.97±0.11 ^b	0.739±0.065 ^b	16.90±1.11 ^b
10	6	9.6±1.8 ^a	9.6±1.6 ^a	140.0±3.0 ^a	9.0±1.0 ^a	2.78±0.22 ^a	0.847±0.099 ^a	17.95±1.21 ^a

¹Means followed by the different letters within a column are significantly different ($P < 0.05$). Chemical properties except moisture are based on dry matter. RLF: Red lentil flour, GLF: Green lentil flour, BLF: Black lentil flour, ²TPC: Total phenolic content, ³AA: Antioxidant activity.

Phytic acid forms a complex with minerals such as Ca, Cu, Fe, Mg, and Zn, which are necessary for human nutrition and reduces their bioavailability (Bilgiçli, 2002). Therefore, phytic acid is considered as an antinutrient. For all that, phytic acid has positive effects on health such as having an antioxidant, and anti-cancerous effect, lowering serum cholesterol and triglyceride, reduction of apoptosis, and preventing foodborne pathogens (Kumar et al., 2021). With the use of lentil flours in pasta formulation, it was determined that the amounts of all minerals (except Mn) examined in pasta samples increased significantly ($p < 0.05$). It can be said that the increase in the amount of minerals with the use of lentil flour can

compensate for the undesirable effects of phytic acid.

The AA and TPC values of pasta samples varied from 15.59% to 17.23% and from 0.689 g GAE kg⁻¹ to 0.800 g GAE kg⁻¹, respectively. Pasta samples containing GLF presented the highest TPC and AA, followed by pasta samples containing BLF and RLF. In legumes, total phenolic compounds are mostly found in the seed coats, so seeds with more color pigments within each species have higher contents than their pale or white-coated counterparts (Piergiovanni, 2021). In a study by Durazzo et al. (2013), the highest TPC and antioxidant capacities measured by means of FRAP were obtained with green lentils in both aqueous-organic extract and

residue when compared to red lentils, chickpeas and sweet chestnuts. A recent study by Parnavitana et al. (2021) found that both black and green lentils were found to have potent antioxidant properties, as determined by in vitro antioxidant activity and radical scavenging capacity assays. Xu et al. (2007) studied the phenolic compounds and antioxidant activities of legumes (peas, lentils, beans, soybeans, and chickpea) produced in the USA and reported that lentils had the highest phenolic compounds concentrations and antioxidant activities. In addition, antioxidant activities measured with DPPH, FRAP and ORAC methods were highly correlated ($r = 0.94, 0.96, \text{ and } 0.89$, respectively) with TPC ($p < 0.01$).

Table 5 represents the mineral contents of pasta containing lentil flour. Pasta prepared with RLF

revealed higher Ca content than BLF, while those containing BLF revealed higher Fe content. The substitution of lentil flour in the pasta formulation at a 10% ratio, resulted in 1.26-, 1.29-, 1.29-, and 1.15-fold increases in the amounts of Ca, Fe, Mg, and Zn, respectively. According to the lentil flour ratio, the increase in the amount of Mn was not found significant ($p > 0.05$). Kaya et al. (2018) used pea, lentil, and faba bean hulls in noodle formulation. It was reported that a general trend of increasing Mg and Ca contents of noodles was observed with legume hull substitution. Göncü and Çelik (2020) used red, green and yellow lentil whole flour in tarhana formulation and reported that the K, Zn and Cu content of samples increased significantly ($p < 0.05$) compared to control tarhana prepared with wheat flour.

Table 5. Mineral contents of pasta samples (g kg^{-1})¹

	n	Ca	Fe	Mg	Mn	Zn
<i>Lentil type</i>						
RLF	6	0.41±0.05 ^a	0.018±0.002 ^b	0.0028±0.00032 ^a	0.0114±0.0003 ^a	0.0155±0.0008 ^a
GLF	6	0.40±0.04 ^{ab}	0.019±0.002 ^{ab}	0.0027±0.00025 ^a	0.0110±0.0003 ^a	0.0152±0.0010 ^a
BLF	6	0.40±0.04 ^b	0.021±0.003 ^a	0.0028±0.00034 ^a	0.0113±0.0006 ^a	0.0166±0.0018 ^a
<i>Lentil flour ratio (%)</i>						
0	6	35.83±0.24 ^c	0.017±0.0008 ^b	0.0024±0.0007 ^c	0.0111±0.0004 ^a	0.0147±0.0005 ^b
5	6	40.37±0.61 ^b	0.019±0.0011 ^b	0.0027±0.007 ^b	0.0112±0.0004 ^a	0.0158±0.0012 ^{ab}
10	6	45.06±1.0 ^a	0.022±0.0024 ^a	0.0031±0.01 ^a	0.0114±0.0005 ^a	0.0169±0.0013 ^a

¹Means followed by the different letters within a column are significantly different ($P < 0.05$). RLF: Red lentil flour, GLF: Green lentil flour, BLF: Black lentil flour.

Conclusion

In this study, lentil flours (red, green, and black) were used at different ratios (0-10%) in pasta formulation. While the highest L^* value was obtained in the pasta containing GLF, the L^* and Hue values of the pasta samples decreased as the lentil flour ratio increased. The use of GLF in the pasta formulation revealed a lower volume increase and higher firmness values compared to other pasta samples. The highest firmness value was obtained at the highest usage ratio of lentil flour. Lentil flours (10%) significantly increased crude protein, ash, AA, TPC, Ca, Fe, Mg, and Zn content of pasta samples ($p < 0.05$). Pasta

containing GLF had the highest AA and TPC values among pasta samples. When the physicochemical, textural properties and cooking quality of uncooked and cooked pasta samples were evaluated together, it was concluded that GLF and BLF could be used up to 10% in pasta production and that usage ratios higher than 10% of RLF should be investigated. The results showed that the use of lentil flour in pasta production will be of great importance as it meets our nutritional needs more without significantly affecting its technological properties.

Acknowledgements

The authors are grateful to the Scientific and Technological Researches Application and Research Center (BİLTEM), Karamanoğlu Mehmetbey University for providing facilities regarding the research.

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Authors' Contribution: **H.L.** : Investigation, resources, methodology, formal analysis, writing-original draft and review-editing, supervision, project administration. **E.K.** : Investigation, methodology, analysis. **B.Ş.** : Writing, review and editing, visualization, resources.

References

AACC. (1990). Approved methods of the American association of cereal chemists, 8th ed. St. Paul/Minnesota, USA.

Ajila, C.M., Aalami, M., Leelavathi, K., & Rao, U.P. (2010). Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11(1), 219–224.

Alshikh, N., de Camargo, A.C., & Shahidi, F. (2015). Phenolics of selected lentil cultivars: Antioxidant activities and inhibition of low-density lipoprotein and DNA damage. *Journal of Functional Foods*, 18, 1022-1038.

Atkinson, F.S., Foster-Powell, K., & Brand-Miller, J.C. (2008). International tables of glycemic index and glycemic load values. *Diabetes Care*, 31(12), 2281-2283.

Bae, D.B., Kim, K.H., & Yook, H.S. (2016). Quality characteristics of noodles added with red lentil powder. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 45(9), 1338-1343.

Bahnassey, Y., & Khan, K. (1986). Fortification of spaghetti with edible legumes. II. Rheological, processing, and quality evaluation studies. *Cereal Chemistry*, 63(3), 216-219.

Bayomy, H., & Alamri, E. (2022). Technological and nutritional properties of instant noodles enriched with chickpea or lentil flour. *Journal of King Saud University – Science*, 34(3), 101833.

Beta, T., Nam, S., Dexter, J.E., & Sapirstein, H.D. (2005). Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions. *Cereal Chemistry*, 82(4), 390-393.

Bhatty, R.S. (1988). Composition and quality of lentil (*Lens culinaris Medik*): A review. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 21(2), 144-160.

Bilgiçli, N. (2002). The importance of phytic acid from the point of nutrition and the production methods of the food with reduced phytic acid content. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 16(30), 79-83.

Boukid, F., Vittadini, E., Lusuardi, F., Ganino, T., Carini, E., Morreale, F., & Pellegrini, N. (2019). Does cell wall integrity in legumes flours modulate physiochemical quality and in vitro starch hydrolysis of gluten-free bread?. *Journal of Functional Foods*, 59, 110-118.

Chillo, S., Laverse, J., Falcone, P.M., & Del Nobile, M.A. (2008). Quality of spaghetti in base amaranthus wholemeal flour added with quinoa, broad bean and chick pea. *Journal of Food Engineering*, 84(1), 101-107.

Demir, B., & Bilgiçli, N. (2020). Changes in chemical and anti-nutritional properties of pasta enriched with raw and germinated quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) flours. *Journal of Food Science and Technology*, 57(10), 3884-3892.

Dogan, H., Gueven, A., & Hicsasmaz, Z. (2013). Extrusion cooking of lentil flour (*Lens culinaris-Red*)–corn starch–corn oil mixtures. *International Journal of Food Properties*, 16(2), 341-358.

Doxastakis, G., Papageorgiou, M., Mandalou, D., Irakli, M., Papalamprou, E., D'Agostina, A., ... & Arnoldi, A. (2007). Technological properties and non-enzymatic browning of white lupin protein enriched spaghetti. *Food Chemistry*, 101(1), 57-64.

Durazzo, A., Turfani, V., Azzini, E., Maiani, G., & Carcea, M. (2013). Phenols, lignans and antioxidant properties of legume and sweet chestnut flours. *Food Chemistry*, 140(4), 666-671.

Dziki, D. (2021). Current trends in enrichment of wheat pasta: Quality, nutritional value and antioxidant properties. *Processes*, 9(8), 1280.

Francis, F.J. (1998). Colour analysis. In S. S. Nielsen (Ed.), *Food Analysis*. (pp. 599-612). USA: An Aspen Publishers.

Gao, L., Wang, S., Oomah, B.D., & Mazza, G. (2002). Wheat Quality: Antioxidant activity of wheat millstreams. In P. Ng, C. W. Wrigley (Eds.), *Wheat Quality Elucidation*. (pp. 219-233). St. Paul, MN: AACC International.

Göncü, A., & Çelik, I. (2020). Investigation of some properties of gluten-free tarhanas produced by red, green and yellow lentil whole flour. *Journal of Food Science and Technology*, 40, 574-581.

Gyamfi, M.A., Yonamine, M., & Aniya, Y. (1999). Free-radical scavenging action of medicinal herbs from Ghana: *Thonningia sanguinea* on experimentally-induced liver injuries. *General Pharmacology*, 32(6), 661–667.

Haug, W., & Lantzsch, H.J. (1983). Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34(12), 1423–1426.

Iqbal, A., Khalil, I.A., Ateeq, N., & Khan, M.S. (2006). Nutritional quality of important food legumes. *Food*

- Chemistry, 97(2):331-335.
- Juknevičius, S., & Sabienė, N. (2007). The content of mineral elements in some grasses and legumes. *Ekologija*, 53(1), 44-52.
- Kähkönen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, H.J., Rauha, J.P., Pihlaja, K., Kujala, T.S., & Heinonen, M. (1999). Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(10), 3954-3962.
- Kamboj, R., & Nanda, V. (2018). Proximate composition, nutritional profile and health benefits of legumes-a review. *Legume Research*, 41(3), 325-332.
- Kaya, E., Tuncel, N.Y., & Tuncel, N.B. (2018). Utilization of lentil, pea, and faba bean hulls in Turkish noodle production. *Journal of Food Science and Technology*, 55, 1734-1745.
- Kumar, A., Singh, B., Raigond, P., Sahu, C., Mishra, U. N., Sharma, S., & Lal, M. K. (2021). Phytic acid: Blessing in disguise, a prime compound required for both plant and human nutrition. *Food Research International*, 142, 110193.
- Laleg, K., Barron, C., Cordelle, S., Schlich, P., Walrand, S., & Micard, V. (2017). How the structure, nutritional and sensory attributes of pasta made from legume flour is affected by the proportion of legume protein. *LWT-Food Science Technology*, 79, 471-478.
- Levent, H., Koyuncu, M., Bilgicli, N., Adigüzel, E., & Dedeoğlu, M. (2020). Improvement of chemical properties of noodle and pasta using dephytinized cereal brans. *LWT-Food Science Technology*, 128, 109470.
- Manthey, F.A., & Schorno, A.L. (2002). Physical and cooking quality of spaghetti made from whole wheat durum. *Cereal Chemistry*, 79(4), 504-510.
- Marti, A., & Pagani, M.A. (2013). What can play the role of gluten in gluten free pasta? *Trends Food Science Technology*, 31(1), 63-71.
- Matsuo, R.R., & Irvine, G.N. (1970). Effect of gluten on cooking quality of spaghetti. *Cereal Chemistry*, 47(2), 173-180.
- Melini, V., Melini, F., & Acquistucci, R. (2020). Phenolic compounds and bioaccessibility thereof in functional pasta. *Antioxidants*, 9(4), 343.
- Messia, M.C., Cuomo, F., Falasca, L., Trivisonno, M.C., De Arcangelis, E., & Marconi, E. (2021). Nutritional and technological quality of high protein pasta. *Foods*, 10(3), 589.
- Migliozzi, M., Thavarajah, D., Thavarajah, P., & Smith, P. (2015). Lentil and kale: Complementary nutrient-rich whole food sources to combat micronutrient and calorie malnutrition. *Nutrition*, 7(11), 9285-9298.
- Mo'ez Al-Islam, E.F., Mohammad, M.G., & Soliman, S. (2020). Lentils (*Lens culinaris* L.): A candidate chemopreventive and antitumor functional food. *Functional Foods in Cancer Prevention and Therapy*, 99-120.
- Özkaya, H., & Kahveci, B. (1990). *Analyses Methods of Cereals and Cereal Products*. Ankara: Association of Food Technology, No:14. (In Turkish).
- Paranavitana, L., Oh, W.Y., Yeo, J., & Shahidi, F. (2021). Determination of soluble and insoluble-bound phenolic compounds in dehulled, whole, and hulls of green and black lentils using electrospray ionization (ESI)-MS/MS and their inhibition in DNA strand scission. *Food Chemistry*, 361, 130083.
- Pedrosa, M.M., Guillamón, E., & Arribas, C. (2021). Autoclaved and extruded legumes as a source of bioactive phytochemicals: A review. *Foods*, 10(2), 379.
- Piergiovanni, A.R. (2021). Nutritional characteristics of black lentil from soletto: A single-flower vetch landrace of apulia region (Southern Italy). *Foods*, 10(11), 2863.
- Rayas-Duarte, P., Mock, C.M., & Satterlee, L.D. (1996). Quality of spaghetti containing buckwheat, amaranth, and lupin flours. *Cereal Chemistry*, 73(3), 381-387.
- Rebello, C.J., Greenway, F.L., & Finley, J.W. (2014). A review of the nutritional value of legumes and their effects on obesity and its related co-morbidities. *Obesity Reviews*, 15(5), 392-407.
- Reddy, N.R., Sathe, S.K., & Salunkhe, D.K. (1982). Phytates in legumes and cereals. *Advances in Food Research*, 28, 1-92.
- Resmini, P., & Pagani, M.A. (1983). Ultrastructure studies of pasta: a review. *Food Microstructure*, 2:1e12.
- Rizzello, C.G., Calasso, M., Campanella, D., De Angelis, M., & Gobbetti, M. (2014). Use of sourdough fermentation and mixture of wheat, chickpea, lentil and bean flours for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of white bread. *International Journal of Food Microbiology*, 180, 78-87.
- Romano, A., Gallo, V., Ferranti, P., & Masi, P. (2021). Lentil flour: Nutritional and technological properties, in vitro digestibility and perspectives for use in the food industry. *Current Opinion in Food Science*, 40, 157-167.
- Rosa-Sibakov, N., Heiniö, R.L., Cassan, D., Holopainen-Mantila, U., Micard, V., Lantto, R., & Sozer, N. (2016). Effect of bioprocessing and fractionation on the structural, textural and sensory properties of gluten-free faba bean pasta. *LWT-Food Science and Technology*, 67, 27-36.
- Samaranayaka, A. (2017). Lentil: Revival of poor man's meat. In S. R. Nadathur, L. Scanlin, J.P.D. Wanasundara (Eds.), *Sustainable protein sources* (pp. 185-196). London, UK: Academic Press.
- Sánchez-Chino, X., Jiménez-Martínez, C., DávilaOrtiz, G., Álvarez-González, I., & Madrigal-Bujaida, E. (2015). Nutrient and nonnutrient components of legumes, and its chemopreventive activity: A review. *Nutrition and Cancer*, 67(3), 401-410.
- Singh, U., & Singh, B. (1992). Tropical grain legumes as

- important human foods. *Economic Botany*, 46, 310-321.
- Sobota, A., Rzedzicki, Z., Zarzycki, P., & Kuzawińska, E. (2015). Application of common wheat bran for the industrial production of high-fibre pasta. *International Journal of Food Science and Technology*, 50(1), 111-119.
- Teterycz, D., Sobota, A., Zarzycki, P., & Latoch, A. (2020). Legume flour as a natural coloring component in pasta production. *Journal of Food Science and Technology*, 57(1), 301-309.
- Xu, B.J., Yuan, S.H., & Chang, S.K.C. (2007). Comparative analyses of phenolic composition, antioxidant capacity, and color of cool season legumes and other selected food legumes. *Journal of Food Science*, 72(2), 167-177.
- Xu, B.J., & Chang, S.K.C. (2008). Effect of soaking, boiling, and steaming on total phenolic content and antioxidant activities of cool season food legumes. *Food Chemistry*, 110, 1–13.
- Xu, B., & Chang, S.K.C. (2010). Phenolic substance characterization and chemical and cell-based antioxidant activities of 11 lentils grown in the northern united states. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(3), 1509–1517.
- Yadav, S.S., McNeil, D., & Stevenson, P.C. (Eds.) (2007). *Lentil: An ancient crop for modern times*. Springer Science & Business Media.
- Yaghtini, M., Feizy, J., Hoseini Taheri, S.E., & Jahani, M. (2021). Survey of physicochemical, nutritional and antioxidant properties of two cultivars of Iranian black and green lentil. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 17(109), 55-64.
- Zhao, Y.H., Manthey, F.A., Chang, S.K., Hou, H.J., & Yuan, S.H. (2005). Quality characteristics of spaghetti as affected by green and yellow pea, lentil, and chickpea flours. *Journal of Food Science*, 70(6), 371-376.

Influence of buckwheat flour on the quality characteristics of Fatayer (pastry with zahter mixture)

Karabuğday ununun Fatayer'in (zahter karışımı börek) kalite özelliklerine etkisi

Ali YILDIRIM ^{1*}, Zana KARABOĞA ², Firuze AMASYALI ³

^{1,2,3}Harran University, Engineering Faculty, Food Engineering Department, 63000 Şanlıurfa, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0001-7226-1902>; ²<https://orcid.org/0000-0002-1836-588X>; ³<https://orcid.org/0009-0008-6186-9128>

To cite this article:

Yıldırım, A., Karaboğa, Z. & Akın, S. (2023). Influence of buckwheat flour on the quality characteristics of Fatayer (pastry with zahter mixture). Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 27(4): 489-498
DOI: 10.29050/harranziraat.1338053

*Address for Correspondence:

Ali YILDIRIM

e-mail:

ayildirim@gmail.com

Received Date:

07.08.2023

Accepted Date:

14.11.2023

© Copyright 2018 by Harran University
Faculty of Agriculture. Available on-line
at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ABSTRACT

In this study, the effect of the use of buckwheat flour on some quality characteristics of Fatayer which is a bakery product containing breakfast Zahter mixture as a top filling material and traditionally produced in Syria was investigated. The effect of buckwheat flour in different proportions on the physicochemical, textural, and sensory quality characteristics of Fatayer was investigated. In the study, 5 different types of Fatayers were produced with buckwheat flour ratios of 0, 30, 50, 70 and 100 % (g/g). The Fatayer produced with 100 % (g/g) wheat flour was used as a control. As the buckwheat content of Fatayers increased, the moisture content decreased from 26.61 to 14.92 % (w.b.), the fat content increased from 18.66 to 20.17 % (d.b.), and the weight loss decreased from 17.16 to 14.74 % (g/g). The increase in the buckwheat flour ratio decreased the diameter (mm) and thickness (mm) of the Fatayers. It was observed that the increase in the buckwheat flour ratio causes an increase in hardness, flexibility, gumminess, chewiness and elasticity values, and a decrease in stickiness values. The sensory appearance, shape, color, hardness/softness, taste, smell, fragility, internal structure, chewiness and general acceptability scores of the pastries were detected in the ranges of 2.50-7.50, 2.30-7.70, 2.5-7.70, 2.30-8.40, 2.40-7.80, 4.30-7.30, 4.00-6.80, 3.40-7.60, 3.30-8.40 and 3.00-7.66, respectively. Considering the sensory properties of the samples, it was seen that the addition of 30% buckwheat flour was close to the control sample in terms of general acceptability. Considering the optimum chemical, physical, textural and sensory properties, it has been revealed that up to 50 % (g/g) Buckwheat flour can be used in the Fatayer formula.

Key Words: Buckwheat, Fatayer, Zahter pastry, quality

Öz

Bu çalışmada, Suriye'de geleneksel olarak üretilen ve üst dolgu malzemesi olarak kahvaltılık Zahter karışımını içeren bir fırın ürünü olan Fatayer'in karabuğday unu kullanımının bazı kalite özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Fatayer fizikokimyasal, tekstürel ve duysal kalite özellikleri üzerine farklı oranlarda karabuğday ununun etkisi incelenmiştir. Çalışmada karabuğday unu oranları % (g/g) 0, 30, 50, 70 ve 100 5 farklı Fatayer çeşidi üretilmiştir. Kontrol olarak % 100 (g/g) buğday unu ile üretilen Fatayer hamuru kullanılmıştır. Fatayerlerde karabuğday oranı arttıkça nem oranı ve ağırlık kaybı sırasıyla 17.16'dan % (k.m.) 14.74'e ve % (g/g) 26.61'den 14.92'ye düşerken, yağ oranı ise % (k.m.) 18.66'dan 20.17'ye artmıştır. Karabuğday unu oranının artması Fatayerlerde çap (mm) ve kalınlık (mm) değerlerini düşürmüştür. Karabuğday unu oranının artmasının sertlik, esneklik, sakımsızlık, çignenebilirlik ve elastikiyet gibi yapısal değerlerinde artışa, yapışkanlık değerlerinde ise azalmaya neden olduğu gözlemlenmiştir. Fatayerlerin görünüş, şekil, renk, sertlik/yumuşaklık, tat, koku, kırılgnalık, iç yapı, çignenebilirlik ve genel kabul edilebilirlik gibi duysal puanları sırasıyla 2.50-7.50, 2.30-7.70, 2.5-7.70, 2.30-8.40, 2.40-7.80, 4.30-7.30, 4.00-6.80, 40-7.60, 3.30-8.40 ve 3.00-7.66 aralıklarında tespit edilmiştir. Örneklerin

duyusal özellikleri incelendiğinde % (g/g) 30 karabuğday unu ilavesinin genel kabul edilebilirlik açısından kontrol örneğine yakın olduğu görülmüştür. Optimum kimyasal, fiziksel, dokusal ve duyusal özellikler dikkate alındığında Fatayer formülünde % 50 (g/g) oranına kadar Karabuğday unu kullanılabilceği ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karabuğday, Fatayer, Zahterli börek, kalite

Introduction

Powdered Zahter is a traditional spice mix consumed with olive oil for breakfast in North Africa, the Middle East and the Eastern Mediterranean regions (Syria, Türkiye). The use of Zahter, which consists of spice mixtures, as a breakfast dates to ancient times. Its composition is very rich and varies from country to country. It consists of many different raw materials, such as menengiç, sesame, chickpea powder, watermelon seeds, melon seeds, sumac, salt, cumin, red pepper, black cumin, lemon salt, coriander, fennel, thyme (zahter), and peanuts. Zahter-mixture is usually not eaten alone, it is consumed with olive oil by dipping with bread. Zahter mixture is also used as a medicinal ingredient in addition to its cholesterol-lowering effect (Hayoğlu et al., 2016; Dalkılıç et al., 2020). Fatayer is a traditional pastry filled with various flavors such as cheese, zahter, and spinach in Arab countries (Hassan et al, 1991). Fatayer is known as a bread with Zahter-mixture in the Hatay region of Türkiye (Iflazoglu and Sarper, 2021).

In recent years, there is an increasing interest in pseudocereals as substitutes for cereals or as a complete replacement. The use of pseudocereals with food products increased because they are rich in nutrients (vitamins, minerals, balanced amino acid and protein content, bioactive components such as lipids, dietary fibers and polyphenols) and because they do not contain the gluten protein that most cereals contain. Buckwheat belonging to the Polygonaceae family, which is in the pseudo-cereal group, is a product rich in antioxidants such as protein, dietary fiber, vitamins, mineral substances, basic polyunsaturated fatty acids, rutin, orientin, vitexin, quercetin, isovitexin, catechin (Dizlek et al. 2009; Sedej et al. 2011; Hayit and Gül, 2017). Buckwheat is a gluten-free product with great potential in the functional and clinical food industry, is used to enrich gluten-free foods produced for

celiac patients (Mariotti et al. 2013; Hayit and Gül, 2015).

In the literature review, it was seen that scientific studies on Breakfast Zahter and Fatayer were not sufficient. In this study, the effect of using different ratios of buckwheat flour on the physicochemical, textural and sensory quality of Fatayer was investigated.

Material and Method

Materials

Wheat flour (WF) was supplied from Dayioğlu flour factory (Gaziantep, Türkiye). Buckwheat flour (BWF) was purchased from Smart Kimya (İzmir, Türkiye). Zahter-mixture, yeast, salt, milk, sugar, sunflower oil and olive oil used for Zahter-pastry (Fatayer) were obtained from local markets in Şanlıurfa. Zahter mixture contains sesame, coriander, wheat, thyme, fennel, anise, citric acid, salt, pistachio, soy and mustard.

Methods

Fatayer production

The dough for Fatayer production contained 330 g flour, 15 g sugar, 10 g salt, 10 g dry yeast, 100 ml milk, 185 ml water and 27 ml sunflower oil. Fatayer contained 100 % (g/g) wheat flour (A) was chosen as the control Fatayer. The production of Fatayer was made with the modification of method of Hassan et al. (1991). In the study, "Kitchen Aid" brand, "Model 5KSM150 model Inc., St. Joseph, Michigan, USA" mixer with 2 kg of batter capacity and 10 different mixing speeds was used for batter preparation. Ten dough balls of approximately 50 g each were formed from the prepared dough. After the dough was shaped, 27 g Zahter-mix and 27 ml olive oil was used for top filling of each loaf of dough. The dough lined on baking paper then was baked at 180 °C for 30 minutes. Baked samples were stored to room temperature for analysis. Wheat flour-buckwheat

flour mixture ratios determined by preliminary trials are given in Table 1. The production flowchart of Fatayer was shown in Figure 1.

Table 1. Percentages of wheat and buckwheat flours for Fatayer samples

Sample	Wheat Flour (% g/g)	Buckwheat Flour (% g/g)
A	100	-
B	70	30
C	50	50
D	30	70
E	-	100

Chemical and energy analysis of samples

Standard methods of analysis (AACC, 2000) were used to determine moisture (AACC 44-16.01), ash (AACC 08-01), crude protein (AACC 46-10) and crude fat (AACC 30-10.01) contents. The nitrogen-to-protein conversion factor of 5.80 and 6.25 were used for wheat and buckwheat flours, respectively. The total carbohydrate was calculated using the standard equation: $100\% - (\% \text{protein} + \% \text{fat} + \% \text{ash} + \% \text{moisture})$ (FAO, 2003). The energy calculation was done by multiplying the protein, fat and carbohydrate by the factors 4, 9 and 4, respectively (FAO, 2003).

Measurement of color

The color (L^* , a^* and b^*) of raw materials and Fatayer samples were measured using a Hunter's Lab color analyzer (Hunter lab scan XE, Reston VA, USA)

Dimension analysis

The diameter (D, mm) and thickness (T, mm) of 10 Fatayer samples were measured with a digital caliper with an accuracy of 0.02 mm (Model: 505-633, Mitutoyo, Tokyo, Japan), respectively, and the average of 10 measurements was obtained.

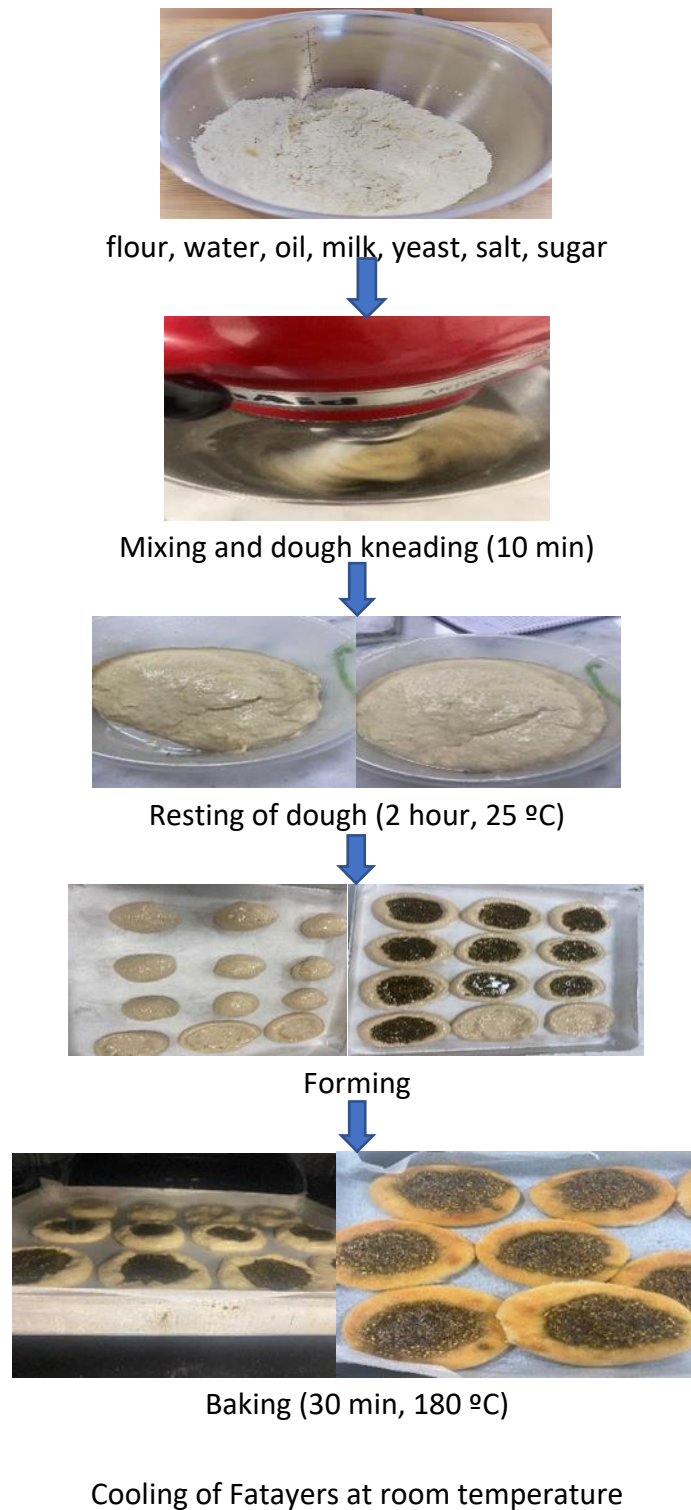


Figure 1. Production flow chart of Fatayer

sample before and after baking (g), respectively.

Weight loss

In order to calculate the weight loss, the average of 10 dough of the samples was weighed before and after the baking process and the weight loss was calculated by using Eq. (1) (Turabi et al., 2010).

$$Weight\ loss(\%) = \left[\frac{W_i - W_f}{W_i} \right] * 100 \quad (1)$$

Where, W_i and W_f are the weight of the

Texture profile analysis (TPA)

Texture profile analysis (TPA) tests of Fatayer samples were performed using a Texture Analyzer (TA-XT Plus Stable Micro Systems, UK) with a 36 mm diameter cylindrical probe (P/36) to determine the textural properties of the pastries. Hardness, springiness, cohesiveness, gumminess, chewiness, and elasticity values were calculated from the TPA

curve (Karaoğlu et al., 2008).

Sensory evaluation

Sensory evaluation of Fatayer samples in different formulations were carried out by 10 semi-trained panelists at Harran University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering. The panelists were asked to evaluate each sample attribute applying a Hedonic scale of 9-points (1 - dislike extremely, 9- like extremely). Test was applied to the panelists in terms of appearance, shape, color, hardness/softness, taste, smell, fracturability, internal structure, chewiness and general acceptability of the pastry samples (Volpini-Rapina et al., 2012; Emmanuel and Sackle, 2013).

Statistical analysis

For the statistical analysis of data, the SPSS version 26.0 (IBM, Statistical Package software for Windows, SPSS Inc., USA) was used. Mean and standard deviation were computed for all the attributes. Significant differences were determined by Duncan

Multiple Range Test. Differences were considered significant at $P \leq 0.05$ to know the accuracy. All analyses were performed in triplicate.

Results and Discussion

Chemical, energy and color values of raw materials used in Fatayer samples

Chemical and color properties of composite flours and Zahter mixture were given in Table 2. Moisture, ash, fat, protein, total carbohydrate, energy, L^* , a^* and b^* values of Zahter mixture were found as 2.19%, 7.36%, 6.73%, 17.96%, 67.95%, 404.21 Kcal/g, 48.58, 3.34 and 16.80, respectively. The chemical composition of breakfast zahter is varied from the origin of ingredients used in production. Its composition varies according to different cultures and countries. Similar results were reported by Hayoğlu et al. (2016), Uçan et al. (2014) and Köten and Satouf (2019).

Table 2. Chemical composition and color (L^* , a^* and b^*) of raw materials

Property	A	B	C	D	E	Zahter
Moisture content (% w.b.)	10.97 ^c ±0.03	11.30 ^b ±0.01	11.65 ^a ±0.02	11.63 ^a ±0.01	11.76 ^a ±0.04	2.19±0.02
Ash content (% d.b)	0.71 ^d ±0.03	1.21 ^c ±0.02	1.30 ^c ±0.03	1.65 ^b ±0.01	1.93 ^a ±0.02	7.36±0.03
Fat content (% d.b)	1.40 ^d ±0.02	1.71 ^{cd} ±0.03	1.92 ^{bc} ±0.01	2.12 ^{ab} ±0.04	2.43 ^a ±0.02	6.73±0.04
Protein content (% d.b)	11.94 ^e ±0.01	12.26 ^d ±0.02	12.47 ^c ±0.02	12.69 ^b ±0.03	13.01 ^a ±0.02	17.96±0.03
Carbohydrate content (% d.b)	85.95 ^e ±0.02	84.82 ^d ±0.03	84.31 ^c ±0.02	83.54 ^b ±0.04	82.63 ^a ±0.01	67.95±0.01
Energy (Kcal/100 g)	404.16 ^c ±0.03	403.71 ^e ±0.01	404.31 ^b ±0.02	404.00 ^d ±0.03	404.43 ^a ±0.01	404.21±0.02
L^*	92.76 ^a ±0.02	90.87 ^b ±0.04	89.00 ^c ±0.03	88.61 ^c ±0.06	92.76 ^d ±0.02	48.58±0.03
a^*	0.53 ^d ±0.01	0.81 ^c ±0.02	0.89 ^c ±0.02	1.23 ^b ±0.03	1.57 ^a ±0.02	3.34±0.04
b^*	8.95 ^a ±0.05	8.22 ^a ±0.02	8.17 ^a ±0.03	8.06 ^a ±0.06	8.05 ^a ±0.04	16.80±0.02

A:100%(g/g) Wheat flour, B: 70%(g/g) wheat flour+30%(g/g) Buckwheat flour, C: 50%(g/g) wheat flour +50%(g/g) Buckwheat flour , D: 30%(g/g) wheat flour + 70%(g/g) Buckwheat flour and E: 100%(g/g) Buckwheat flour. Results are Mean ± SD; Means having the same superscript do not differ significantly at $P \leq 0.05$.

The chemical composition of composite flours was shown in Table 2. As the buckwheat flour addition

increased, the moisture, ash, fat, protein contents of flour samples increased from 10.97 to 11.76%(w.b.), 71 to 1.93%(d.b.), 1.40 to 2.43%(d.b.), 11.94 to

13.01%(d.b.), while the carbohydrate content decreased from 85.95 to 82.63%(d.b.), respectively. Energy value also increased with buckwheat flour addition. In a study, it was reported that ash (0.49-2.4%), fat (1.03-2.05%) and protein content (11.69-12.04%) increased in a mixture of wheat flour and buckwheat flour as the buckwheat flour ratio increased (Selimovic et al., 2014). Yıldız and Bilgiçli (2012) reported that moisture, ash and protein contents of wheat flour were found to be 0.70%, 0.47% and 11.60%, and those of buckwheat flour 11.10%, 1.73% and 12.10%, respectively. The study is compatible with the literature studies.

Color changes of composite flours were given Table 2. As the buckwheat flour addition increased, L* (92.76-92.76.0) and b* (8.95-8.05) values decreased, while a* (0.53-1.57) values increased. While the decrease in L* value and the increase in a* value were significant ($P \leq 0.05$), the decrease in b* value was not significant ($P > 0.05$). Similar results were reported in the study of Bilgiçli and İbanoğlu (2015).

Chemical and physical properties of Fatayer samples

This work deals with the use of buckwheat and wheat flour to produce gluten-free pastry with zahter mixtures. A gluten-free cereal can be widely used for producing gluten free products (Wronkowska et al., 2010; Sedej et al., 2011).

Visual appearance of Fatayer samples produced from wheat and buckwheat flours were shown in Figure 2. Table 3 shows chemical, energy and physical

characteristics of Fatayer samples. As the buckwheat addition increased in formulation of Fatayer samples, the moisture, carbohydrate contents and weight loss decreased, while the ash, fat and protein contents increased (Table 3). The decrease in moisture, carbohydrate contents and weight loss and the increase in fat, ash and protein contents were found to be significant ($P \leq 0.05$). This is in consistent with the levels of these components observed in the raw materials (zahter mixture and buckwheat flour). Mohajan et al. (2019) reported in a study that as the buckwheat flour rate increased, the moisture content of the bread decreased (29.91-25.41%), while the fat content increased (4.88-5.85%). In another study, related bread production (Selimovic et al. (2014), it was reported that the weight loss decreased as the buckwheat ratio increased. The results of previous studies were found to be compatible with this study. The decrease in the moisture content and weight loss samples is a result of the decrease in the water absorption capacity of the dough due to the addition of buckwheat flour. The lower water absorption capacity of buckwheat flour could be attributed to the presence of lower amount of hydrophilic constituents in buckwheat flour (Akubor and Badifu, 2001). Also, oil in the zahter mixture would be the reason of decrease of hydrophilic property. Isolated buckwheat starch was reported to have higher water-binding capacity than wheat and corn starch (Wijngaard & Arendt, 2006).



Figure 2. Pictures of different Fatayer (A:100%(g/g) Wheat flour, B: 70%(g/g) wheat flour+30%(g/g) Buckwheat flour, C: 50%(g/g) wheat flour +50%(g/g) Buckwheat flour, D: 30%(g/g) wheat flour + 70%(g/g) Buckwheat flour and E: 100%(g/g) Buckwheat flour)

Table 3. Chemical, energy, and physical characteristics of Fatayer samples.

Property	A	B	C	D	E
Moisture content (% w.b.)	26.61 ^a ±0.20	21.46 ^b ±2.1	21.04 ^{bc} ±0.06	18.35 ^c ±0.22	14.92 ^d ±1.31
Ash content (% d.b)	8.07 ^d ±0.00	8.57 ^c ±0.10	8.66 ^c ±0.06	9.01 ^b ±0.01	9.29 ^a ±0.07
Fat content (% d.b)	8.13 ^d ±0.12	8.44 ^{cd} ±0.06	8.65 ^{bc} ±0.08	8.85 ^{ab} ±0.14	9.16 ^a ±0.23
Protein content (% d.b)	29.90 ^e ±0.04	30.22 ^d ±0.02	30.43 ^c ±0.02	30.65 ^b ±0.03	30.97 ^a ±0.05
Carbohydrate content (% d.b)	53.90 ^e ±0.16	52.77 ^d ±0.09	52.26 ^c ±0.05	51.49 ^b ±0.14	50.58 ^a ±0.31
Energy (Kcal/100 g)	408.37 ^b ±0.02	407.92 ^a ±0.03	408.61 ^{cd} ±0.04	408.21 ^c ±0.04	408.64 ^{cd} ±0.06
Weight loss (% g/g)	17.16 ^a ±0.33	16.58 ^a ±0.46	16.26 ^{ab} ±0.57	15.06 ^{bc} ±0.91	14.74 ^c ±0.11
Diameter(mm)	82.01 ^c ±2.80	70.76 ^b ±8.22	79.43 ^a ±2.04	64.74 ^c ±4.97	68.12 ^{bc} ±2.79
Thickness (mm)	18.74 ^a ±1.42	19.36 ^a ±2.16	13.70 ^b ±1.04	14.56 ^b ±1.46	15.25 ^b ±0.65
L*	26.16 ^e ±0.05	27.80 ^d ±0.04	29.89 ^c ±0.02	34.39 ^a ±0.06	32.38 ^b ±0.03
a*	5.80 ^c ±0.04	5.66 ^d ±0.02	6.50 ^a ±0.03 ^a	5.89 ^b ±0.02	5.83 ^{bc} ±0.02
b*	11.03 ^e ±0.02	12.62 ^d ±0.07	14.66 ^b ±0.19	15.85 ^a ±0.03	13.73 ^c ±0.01

A:100%(g/g) Wheat flour, B: 70%(g/g) wheat flour+30%(g/g) Buckwheat flour, C: 50%(g/g) wheat flour +50%(g/g) Buckwheat flour , D: 30%(g/g) wheat flour + 70%(g/g) Buckwheat flour and E: 100%(g/g) Buckwheat flour. Results are Mean ± SD; Means having the same superscript do not differ significantly at P≤0.05.

The size (diameter and thickness) variation of Fatayer samples was presented in Table 3. Addition of buckwheat flour decreased the diameter and thickness values of Fatayer samples. These decrease values were found to be significant (P≤0.05). The results indicated that an increase in the proportion of buckwheat flour resulted in a decrease in the size of the samples due to the lower water absorption capacity of buckwheat flour and buckwheat flour does not contain gluten. Buckwheat-supplemented samples exhibited a decreased spread (Figure 2). Similar results were found in the studies of Baljeet

et al. (2010), Mahmood et al. (2019) and Makpoul et al. (2015) for biscuits.

Color is an important quality characteristic that can animate individual's appetite. It is a considerable factor used for process control during baking and roasting because of brown pigments appearing due to browning and caramelization reactions (Pereira et al., 2013). The surface color changes of Fatayer were shown in Table 3. The surface L*, and a* color values increased but b* values of Fatayer samples decreased with buckwheat flour addition and the colors changed to dark brown from creamy yellow (Figure 2 and Table 3). The positive values of a* and b* values represented the superiority of redness and yellowness of Fatayer samples. The change of color of fatayer samples from yellow to dark brown may be due to the ingredient composition such as buckwheat flour, zahter mixture, and red pigment formation

resulting from the Maillard reaction or nonenzymatic browning which depends on the amount of reducing sugars and amino acids on the surface, baking temperature and time. The results of color values of the present study were found compatible with the findings of other previous researchers (Pereira et al., 2013).

Texture profile analysis (TPA) of Fatayer samples

The hardness is the main determinant of the quality of the bread and similar bakery products and is closely related to the perception of fresh bread by consumers. The textural properties of Fatayer samples were given in Table 4. As the buckwheat flour content of samples increased, it was seen that

cohesiveness decreased while hardness, springiness, chewiness, gumminess, and elasticity increased. The hardness value of bread increased as the ratio of pseudocereals addition increased breads (Yeşil and Levent, 2022) Similar results were reported by Sanz-Penella et al. (2013), Bilgiçli & İbanoglu (2015) and Azizi et al. (2020). Lower hardness reached the control sample without buckwheat (1506.30 g) in comparison with sample 100% buckwheat (3487.47 g), but the increasing trend of hardness was observed with higher portion of buckwheat flour in the mixture. Similar results were observed in the study of Dvorakova et al. (2013).

Table 4. Textural properties of Fatayer samples

Property	A	B	C	D	E
Hardness	1506.30 ^c ±139.95	2149.29 ^{bc} ±447.13	2871.61 ^{ab} ±504.13	3459.57 ^a ±584.04	3487.47 ^a ±354.55
Springiness	0.95 ^c ±0.08	1.08 ^b ±0.02	1.15 ^{ab} ±0.01	1.18 ^{ab} ±0.03	1.21 ^b ±0.03
Cohesiveness	0.52 ^a ±0.01	0.51 ^{ab} ±0.01	0.51 ^{ab} ±0.02	0.49 ^{ab} ±0.01	0.46 ^b ±0.04
Chewiness	785.74 ^c ±85.22	1087.03 ^{bc} ±241.18	1514.43 ^{ab} ±257.26	1703.00 ^a ±313.59	1845.62 ^a ±87.81
Gumminess	783.30 ^c ±84.47	1118.99 ^{bc} ±219.02	1541.58 ^{ab} ±293.97	1691.47 ^a ±352.24	1704.05 ^a ±90.31
Elasticity	0.44 ^c ±0.02	0.45 ^c ±0.02	0.48 ^{bc} ±0.01	0.51 ^{ab} ±0.02	0.56 ^a ±0.04

A:100%(g/g) Wheat flour, B: 70%(g/g) wheat flour+30%(g/g) Buckwheat flour, C: 50%(g/g) wheat flour +50%(g/g) Buckwheat flour, D: 30%(g/g) wheat flour + 70%(g/g) Buckwheat flour and E: 100%(g/g) Buckwheat flour. Results are Mean ± SD; Means having the same superscript do not differ significantly at P≤0.05.

Sensory properties of Fatayer samples

Table 5 shows the sensory properties of Fatayer samples were evaluated between 1-9 points. Accordingly, appearance, shape, color, hardness/softness, taste, smell, fragility, internal structure, chewiness and general acceptability scores are found as in the range of 7.50-2.50, 7.70-2.30, 7.70-2.50, 8.40-2.30, 7.80-2.40, 7.30-4.30, 6.80-4.00, 7.60 -3.40, 8.40-3.30 and 7.66-3.00, respectively. Considering the sensory properties of the samples, it was observed that

30% buckwheat flour addition was close to the control sample in terms of general acceptability. Sensory evaluation indicated that successful Fatayer could be manufactured with the addition of buckwheat flour up to 50%. In particular, similar sensory scores were found with the control Fatayer samples, and 30% buckwheat added samples Similar results have also been reported by Lorenz and Coulter (1991), Bojnanska et al. 2009) and Bilgiçli & İbanoglu (2015).

Table 5. Sensory score of Fatayer samples

Property	A	B	C	D	E
Appearance	7.50 ^a ±1.65	7.40 ^a ±1.65	6.30 ^{ab} ±2.00	4.80 ^b ±1.69	2.50 ^c ±1.08
Shape	7.70 ^a ±1.25	7.60 ^a ±1.51	6.90 ^{ab} ±1.79	5.20 ^b ±1.75	2.30 ^c ±2.06
Color	7.70 ^a ±1.49	7.50 ^a ±1.72	6.70 ^{ab} ±2.36	5.00 ^b ±2.11	2.50 ^c ±1.58
Hardness	8.40 ^a ±0.70	7.80 ^{ab} ±0.79	6.40 ^b ±1.27	4.20 ^c ±1.62	2.30 ^d ±0.95
Taste	7.80 ^a ±1.40	7.50 ^a ±1.43	6.40 ^{ab} ±1.65	5.10 ^b ±1.10	2.40 ^c ±1.35
Smell	7.30 ^a ±1.77	7.10 ^a ±1.52	5.90 ^{ab} ±2.13	5.20 ^{ab} ±1.93	4.30 ^b ±2.45
Fracturability	6.80 ^a ±2.57	6.60 ^a ±2.32	6.00 ^a ±1.33	5.10 ^a ±1.52	4.00 ^a ±2.91
Internal structure	7.60 ^a ±1.90	7.70 ^a ±1.06	7.20 ^{ab} ±1.32	5.50 ^b ±1.08	3.40 ^c ±1.51
Chewiness	8.40 ^a ±0.84	7.90 ^a ±0.88	7.00 ^a ±1.16	5.20 ^b ±1.87	3.30 ^c ±1.34
General acceptability	7.66 ^a ±1.02	7.46 ^a ±0.96	6.53 ^a ±1.33	5.03 ^b ±1.13	3.00 ^c ±1.16

A:100%(g/g) Wheat flour, B: 70%(g/g) wheat flour+30%(g/g) Buckwheat flour, C: 50%(g/g) wheat flour +50%(g/g) Buckwheat flour , D: 30%(g/g) wheat flour + 70%(g/g) Buckwheat flour and E: 100%(g/g) Buckwheat flour. Results are Mean ± SD; Means having the same superscript do not differ significantly at P≤0.05.

Conclusion

This research shows that Fatayer produced by substituting Buckwheat flour at a 50% (g/g) level with wheat flour can successfully be produced. At 70 and 100 % (g/g) levels of buckwheat flour however, has been less acceptable in their sensory characteristics and physical properties. The nutritional content of the Fatayer pastries were improved with buckwheat flour. Since buckwheat contain higher levels of nutrients than many cereals, Fatayer pastries improve the diets of consumers. Buckwheat provided the Fatayers darker crust as a result of natural pigmentation. Considering the optimum chemical, physical, textural and sensory properties, it has been revealed that up to 50 % (g/g) Buckwheat flour can be used in the Fatayer formula.

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Authors' Contribution: A.YILDIRIM, Z.KARABOĞA and Firuze AMASYALI were responsible for selection of the research topic, conducting experiments, data collection and analysis, writing and submitting the manuscript.

References

- AACC, (2000). *Approved Methods of American of Cereal Chemists* (10th ed.). (44-16.01, 08-01, 46-10,30-10.01). Published by American Association of Cereal Chemists, Ins. Saint Paul, Minnesota, US.
- Akubor, P.I. & Badifu, G.I.O. (2001). Chemical composition, functional properties and baking potential of African bread fruit kernel and wheat flour blends. *International Journal of Food Science and Technology*, 39, 223-229.
- Azizi, S., Azizi, M. H., Moogouei, R., & Rajaei, P. (2020). The effect of Quinoa flour and enzymes on the quality of gluten-free bread. *Food science & nutrition*, 8(5), 2373-2382.
- Baljeet, S. Y., Ritika, B. Y., & Roshan, L. Y. (2010). Studies on functional properties and incorporation of buckwheat flour for biscuit making. *International Food Research Journal*, 17(4).
- Bilgiçli, N., & İbanoğlu, Ş. (2015). Effect of pseudo cereal flours on some physical, chemical and sensory properties of bread. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 7525-7529.
- Bojnanska, T., Francakova, H., & Gazar, R. (2009). Influence of buckwheat addition on technological and nutrition quality of bread. *Acta Fytotechnica et Zootechnica-Mimoriadne Císlo*, 12, 57-63.
- Dalkılıç, S., Dalkılıç, L. K., & Korkmaz, İ. (2020). Geleneksel Khalilah Zahterin Antimikrobiyal Etkisi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(1), 128-133.
- Dizlek, H., Özer, M.S., İnaç, E., & Gül, H. (2009). Karabuğday'ın (*Fagopyrum esculentum moench*) bileşimi ve gıda sanayinde kullanım olanakları. *Gıda*, 34(5), 317-324.
- Dvorakova, P., Buresova, I., & Kracmar, S. (2013). Quality of gluten-free buckwheat-rice bread. *Journal of Microbiology Biotechnology and Food Sciences*, 2(Special issue 1), 1758-1768.
- Emmanuel, K., & Sackle, A. (2013). Nutritional and sensory

- analysis of millet based sponge cake. *International Journal of Nutrition and Food Science*, 2 (6), 287-293.
- FAO. (2003), "Food energy – methods of analysis and conversion factors", *FAO Food and Nutrition Paper 77*, FAO, Rome, available at: www.fao.org/DOCREP/006/Y5022E/y5022e00.htm#Contents
- Hassan, A. S., Kashlan, N. B., Al-mousa, Z. A., Shubber, K. M., Srivastava, V. P., Nawaz, S. P., & Mohana, N. E. A. (1991). Proximate and mineral compositions of local Kuwaiti fast foods. *Ecology of food and nutrition*, 26(1), 37-45.
- Hayıt, F., & Hülya, G. Ü. L. (2015). Karabuğday'ın Sağlık Açısından Önemi ve Unlu Mamüllerde Kullanımı. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(1), 123-132.
- Hayıt, F., & Hülya, G. Ü. L. (2017). Tam karabuğday unu ve transglutaminaz ilavesinin kısmi pişirilerek dondurulmuş ekşi mayalı ekmeklerin fiziksel ve tekstürel özellikleri üzerine etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30(2), 113-119.
- Hayoğlu, I., Basyigit, B., Hayoglu, G., & Atasoy, A. F. (2016). Cream zahter: a functional food some chemical and sensory properties. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 4(Special Issue), 32-36.
- Iflazoglu, N., & Sarper, F. (2021). Zahtar and its place in culinary culture: Sample of Hatay Cuisine. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 23, 100302.
- Karaoğlu, M. M., Kotancilar, H. G., & Gerçekaslan, K. E. (2008). The Effect of Parbaking and Frozen Storage Time on the Quality of Cup Cake. *International Journal of Food Science and Technology*, 43 (10), 1778-1785.
- Köten, M., & Satouf, M. (2019). Farklı Formülasyonlarda Kahvaltılık Zahter Üretimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Gıda*, 44 (3), 513-522.
- Lorenz, K., & Coulter, L. (1991). Quinoa flour in baked products. *Plant Foods for Human Nutrition*, 41, 213-223.
- Mahmood, S., Pasha, I., Iqbal, M. W., Riaz, T., Adnan, M., Chitrakar, B., & Azam, M. (2019). Rheological and sensory attributes of wheat, quinoa and buckwheat composite flour and their use in bakery products. *Journal of Food Science and Technology Nepal*, 11, 25-31.
- Makpoul, K. R., & Ibrahim, A. A. (2015). Improving biscuit nutritional value using quinoa flour. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 6(12), 771-780.
- Mariotti, M., Pagani, M. A., & Lucisano, M. (2013). The role of buckwheat and HPMC on the breadmaking properties of some commercial gluten-free bread mixtures. *Food Hydrocolloids*, 30, 393-400.
- Mohajan, S., Munna, M. M., Orchy, T. N., Hoque, M. M., & Farzana, T. (2019). Buckwheat flour fortified bread. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 54(4), 347-356.
- Pereira, B. L. C., Carneiro, A. D. C. O., Carvalho, A. M. M. L., Colodette, J. L., Oliveira, A. C., & Fontes, M. P. F. (2013). Influence of chemical composition of Eucalyptus wood on gravimetric yield and charcoal properties. *BioResources*, 8(3), 4574-4592.
- Sanz-Penella, J. M., Wronkowska, M., Soral-Smietana, M., & Haros, M. (2013). Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. *LWT-Food science and technology*, 50(2), 679-685.
- Sedej, Q., Sakac, M., Mandic, A., Misan, A., Pestoric, M., Simurina, O., & Brunet, C. (2011). Quality assessment of gluten-free crackers based on buckwheat flour. *LWT – FoodScience and Technology*, 44, 694-699.
- Selimovic, A., Milicevic, D., Jasic, M., Selimovic, A., Ackar, D., & Pesic, T. (2014). The effect of baking temperature and buckwheat flour addition on the selected properties of wheat bread. *Croatian journal of food science and technology*, 6(1), 43-50.
- Turabi, E., Sumnu, G., & Sahin, S. (2010). Quantitative analysis of macro and micro- structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in different ovens. *Food Hydrocolloids*, 24, 755-762.
- Turkmen, F. U., Takçı, H. A. M., & Sekeroglu, N. (2016). Total phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of homemade and industrial samples of breakfast zahter, herbal mixture. *Akademik Gıda*, 14(3), 242-246.
- Uçan, F., Kulak, M., Çimen, G., & Şekeroğlu, N. (2014). Kahvaltılık Zahterin Besin değeri Açısından Değerlendirilmesi. *4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu*, 17-19.
- Volpini-Rapina, L. F., Sokei, F. R., & Conti-Silva, A. C. (2012). Sensory Profile and Preference Mapping of Orange Cakes with Addition Of Prebiotics İnulin and Oligofructose. *LWT-Food Science and Technology*, 48 (1), 37-42.
- Wijngaard, H. H., & Arendt, E. K. (2006). Buckwheat. *Cereal chemistry*, 83(4), 391-401.
- Wronkowska, M., Zielińska, D., Szawara-Nowak, D., Troszyńska, A., & Soral-Smietana, M. (2010). Antioxidative and reducing capacity, macroelements content and sensorial properties of buckwheat-enhanced gluten-free bread. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(10), 1993-2000.
- Yeşil, S., & Levent, H. (2022). The influence of fermented buckwheat, quinoa and amaranth flour on gluten-free bread quality. *LWT-Food Science and Technology*, 160, 113301.
- Yıldız, G. & Bilgiçli, N., 2012. Effects of whole buckwheat flour on physical, chemical and sensory properties of flat bread, lavaş. *Czech Journal of Food Science*, 30, 534-540.



Sıcak havayla kurutulan bademin kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi

Determination of drying characteristics of almond dried by hot air drying

Gizem HET BATTAL^{1*}, Kamil SAÇILIK²

^{1,2} Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölüm, 06130, Ankara, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-2822-9379>; ²<https://orcid.org/0000-0001-5353-7328>

To cite this article:

Het Battal, G. & Saçılık, K. (2023). Sıcak havayla kurutulan bademin kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 27(4): 499-514
DOI: 10.29050/harranziraat.1297716

***Address for Correspondence:**

Gizem HET BATTAL
e-mail:
gizemhet@gmail.com

Received Date:

16.05.2023

Accepted Date:

21.09.2023

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Öz

Yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örneklerinin konvektif sıcak hava kurutucuda 1 m s⁻¹ hava hızında ve 45-60°C hava sıcaklığında kurutma özelliklerinin belirlenmesi amacıyla deneysel bir çalışma yapılmıştır. Azalan hız periyodunda yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örneklerinden nem transferi, Fick difüzyon modeli uygulanarak tanımlanmış ve efektif difüzyon katsayıları hesaplanmıştır. Efektif difüzyon katsayısının sıcaklığa olan bağımlılığı Arrhenius tip ilişki ile tanımlanmıştır. Yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örneklerinin aktivasyon enerjisi sırasıyla 30.87 ve 28.05 kJ mol⁻¹ olarak bulunmuştur. Örneklerin deneysel kurutma verileri için Page, Logarithmic, Two-term, Approximation of diffusion ve Midilli ve ark. modelleri kullanılmıştır. Test edilen modellerin kuruma hızı sabitleri ve katsayıları doğrusal olmayan regresyon analizi ile belirlenmiştir. Yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örneklerinin kuruma karakteristiklerini belirlemek için test edilen beş model arasından Midilli ve ark. kurutma modeli, elde edilen deneysel verilere en iyi uyumu sağlamıştır. Taze ve kurutulmuş badem örneklerinin su aktivitesi (aw) değerleri, raf ömrü kriteri olarak farklı ortam hava sıcaklıklarında değerlendirilmiştir. Yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örneklerinin kurutma entalpisi (ΔH) ve entropisi (ΔS) değerleri, hava sıcaklığının artmasıyla azalırken, Gibbs serbest enerjisi (ΔG) hava sıcaklığındaki artışla artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Konvektif hava kurutma, Badem, Nem içeriği, Efektif difüzyon katsayısı, Termodinamik özellikler

Abstract

The drying properties of almond samples were studied experimentally in a hot air drier at air temperature range of 45–60°C in a convective hot-air dryer at an air velocity of 1 m/s⁻¹. The Fick's diffusion model was used to characterize moisture transport from in-shell and in-hull almond samples during the decreasing rate phase, and the effective diffusivity was estimated. The relationship of Arrhenius-type equation was employed to illustrate the temperature-dependent changes in effective diffusion coefficient. In-shell and in-hull almond were found to have activation energies of 30.87 and 28.05 kJ mol⁻¹, respectively. The five models commonly used in the literature were fitted to the experimentally collected almond drying data, and non-linear regression analysis was performed to estimate the constants of the five models. The drying model developed by Midilli et al. had the greatest agreement with the experimental data of all the models examined to explain the drying behavior of the almond. The water activity (aw) values of fresh and dried almond samples were evaluated at different ambient air temperatures as shelf life criteria. While the Gibbs free energy (ΔG) rose with an increase in air temperature, the enthalpy (ΔH) and entropy (ΔS) of drying the almond samples decreased with an increase in temperature.

Key Words: Convective air-drying, Almond, Moisture content, Thermodynamic properties

Giriş

Badem (*Prunus amygdalus* L.), dünyadaki en önemli ve en büyük sert kabuklu yemişlerden biridir (Kester ve Gradziel, 1991; Yıldırım ve ark., 2008). Türkiye, badem üretimi açısından dünyanın önemli ülkelerindedir. Dünya çapında 2021 yılında küresel badem üretimi 4 milyon tonun üzerindedir. Dünyanın en büyük dört badem üreticisi sırasıyla Amerika Birleşik Devletleri 2189040 ton, İspanya 365210 ton, Avustralya 285605 ton ve 178000 ton ile Türkiye yer almaktadır (FAO, 2021). Ayrıca, Türkiye Cumhuriyeti İstatistik Kurumu (TÜİK) Aralık 2022 yılında meyve, içecek ve baharat bitkilerini içeren en son raporuna göre; Türkiye 2021 yılında 178000 ton badem üretimine sahipken 2022 yılında 190000 ton badem üretimi gerçekleştirmiştir. Böylece bir önceki sezona göre toplam badem üretiminde yaklaşık %6.7 oranında artış meydana gelmiştir (TÜİK, 2021; TÜİK, 2022).

Badem E vitamini, K vitamini, bakır, fosfor, manganez ve magnezyum açısından zengindir (Khalid ve ark., 2021). Bunun yanısıra; badem çekirdeği, son derece düşük su içeriği (%4-6), yüksek düzeyde protein (%18), yağ (%54) ve karbonhidrat (%20) ile çok besleyicidir ve antioksidan içeriği açısından da değerli bir tohumdur (Wareing ve ark., 2000; Safary ve Chayjan, 2016). Badem, yenilebilir ve çiğ veya işlenmiş olarak tüketilebilirken, şekerleme sanayinde, şekerleme, kek ve şeker kaplı badem üretiminde değerlendirilmektedir (Yıldırım ve ark., 2008).

Diğer birçok tarım ürünü gibi badem de hasat edildikten sonra önemli miktarda hasat sonrası işlemeye ihtiyaç duymaktadır. Türkiye'de badem hasat sonrası uygulanan mekanizasyon işlemleri genellikle yıkama, ayırma, kurutma, ayırma, kırma, kavurma ve paketlemedir (Bilim ve Polat, 2008). Farklı işleme aşamaları arasında kurutma, badem endüstrisindeki en önemli süreçtir (Mokhtarian ve ark., 2017). Badem, ekşimeyi önlemek ve kaliteyi korumak için hızlı bir şekilde hasat edilmeli ve 24 saat içinde kurumaya hazırlanmalıdır (Gazor ve ark., 2009).

Kurutma, ürün kalite kontrolü ve tarım

ürünlerinin muhafazası için hayati önem taşımaktadır. Kurutma işlemi, ürünlerin nem içeriğini ve su aktivitesini belirli bir düzeye kadar düşürebilmektedir (Oliveira ve ark., 2010). Çok yüksek nem içeriği ve su aktivitesi mikroorganizmaların üremesine ve üründe fermantasyona neden olarak ürünün kalitesini bozabilirken, çok düşük nem içeriği ve su aktivitesi ise aşırı enerji tüketimine ve ürün kalitesinde bozulmalara neden olabilmektedir (Correa, 2010; Oliveira ve ark., 2011).

Hasattan sonra bademler, %6'dan (y.b.) daha az su içeriğine ulaşana kadar birkaç hafta veya ay boyunca kurutulur (Monteiro ve ark., 2003), bu da 0.7'den düşük a_w 'ye karşılık gelmektedir. Bu şekilde, bademler, yeterli çevre koşulları (esas olarak nem) korunursa, gözle görülür bir değer kaybı olmadan en uzun depolama sürelerine dayanan meyveler olarak kabul edilmektedir (Campbell ve ark., 2003; Schade ve ark., 1975; Schatzki ve Ong, 2001).

Termodinamik parametreler, biyolojik sistemlerde suyun özelliklerinin anlaşılması ile ısı ve kütle transferi için gerekli olan enerjinin belirlenmesi açısından önem taşımaktadır (Iglesias ve ark., 1976; Dalgıç ve ark., 2012). Kurutma işlemleri sırasında tarım ürünlerinin termodinamik özelliklerini anlamak, bu süreçte gerekli enerjiyi hesaplamak, adsorbe edilen suyun özelliklerini incelemek ve gıdanın mikro yapısını ve yüzeyinde meydana gelen fiziksel olayları değerlendirmek için de önemlidir (Corrêa ve ark., 2010; Silva ve ark., 2019). Ayrıca, entalpi, entropi ve Gibbs serbest enerjisi gibi termodinamik özelliklerin iyi anlaşılması, nem içeriğini güvenli depolama seviyelerine indirmek için mümkün olan en az enerjiyle sağlarken, uzun süre saklanabilen bir ürün elde etmek için tarımsal ürünlerin kurutulması gereken son noktayı tahmin etmede gerekli olmaktadır (Resende ve ark., 2017). Entalpi, entropi ve Gibbs serbest enerjisi, sırasıyla suyun bileşenlerle etkileşiminin, su-kuru madde ilişkisinin mekansal düzenlenmesinin ve ürünün bileşenleriyle suya olan ilgisini yansıtmaktadır (Junior ve ark., 2021).

Sert kabuklu yemişlerin kalite özellikleri genellikle kurutma koşullarına duyarlıdır. Önceki çalışmalar

incelendiğinde, badem (Nakariyakul ve Casasent, 2011; Rogel-Castillo ve ark., 2016) ve macadamia fındıklarının (Nakariyakul ve Casasent, 2011; Le Lagadec, 2009; Walton ve ark., 2013) kurutma sırasında bazı sorunları ortaya çıkmıştır. Kalite kusurları, kurutma sıcaklığı ve kurutma hızları ile ilgili olabilmektedir. Daha düşük kurutma sıcaklığının üründe meydana gelen kusurları azaltabileceğini öne sürmüştür (Pearson, 1998). 55°C'nin altında kurutulan yüksek nemli bademlerin, daha yüksek sıcaklıklarda kurutulanlara göre daha kusurlu olduğunu ifade etmiştir (Rogel-Castillo ve ark., 2017). Kotiledonların (çenek) bölünmesini önlemek için bademler 40°C'nin üzerinde ısıtılmamalı ve kurutulmaması gerektiğinden bahsetmiştir (Coates, 2018). Bununla birlikte, kurutulmuş bademlerin kalite kusurları ile sıcak hava kurutma koşulları arasındaki ilişki henüz net olarak belirlenmemiştir.

Ceviz, badem ve antep fıstığı gibi kuruyemişler için sıcak hava (Chen ve ark., 2020), kızılötesi (Venkitasamy ve ark., 2018; Yang ve ark., 2010), radyo frekansı (Li ve ark., 2018) ve fırın ısıtması (Fu ve ark., 2016) gibi farklı kurutma teknolojileri çalışılmıştır. Bu yöntemler arasında, yüksek kurutma kapasitesi ve nispeten düşük işletme maliyeti nedeniyle (Chen ve ark., 2020), sıcak hava ile derin yataklı silo kurutma, ceviz ve tahıllar için yaygın olarak uygulanmaktadır (Jia ve ark., 2016). Bademlerin tek tabaka kurutma özellikleri literatürde konveksiyonlu fırın tipi kurutucularda çalışılmış olmasına rağmen (Rogel-Castillo ve ark., 2017), kurutma sistemlerinin tasarımı ve kurutma koşullarının seçimi ve güvenli depolanması için termodinamik özellikler ile su aktivitesi (a_w) değerleri hakkında az bilgi mevcuttur. Bu çalışmada, yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu bademlerin konvektif bir sıcak hava kurutucusunda kuruma karakteristikleri araştırılmış ve farklı ortam hava sıcaklıklarında

kurutulmuş badem örneklerinin kuruma kinetikleri ile su aktivitesi değerleri belirlenmiştir. Ayrıca, kızılötesi kurutucu ile hurma örneklerinin kurutulmasında Henderson ve Pabis, Newton, Page, Logarithmic, Two-term, Two-term exponential, Wang ve Singh, Approximation of diffusion, Midilli ve ark. ince tabaka matematiksel kurutma modelleri kullanılarak en uygun model araştırılmış (Taşkın ve İzli, 2017), kiraz domatesi iki farklı yöntem kurutucu ve mikrodalga kullanılarak elde edilen deneysel veriler, literatürde yer alan 13 farklı modele uyarlanmış olup Logarithmic, Wang ve Singh ve Midilli ve ark modelleri en iyi uyum göstermiştir (Kutlu ve Aslı, 2016). Çalışmamızda deneysel nem oranı verileri, yaygın olarak kullanılan beş matematiksel eşitlikle modellenmiş ve bademlerin efektif difüzyon katsayısı, aktivasyon enerjisi ile entalpi, entropi ve Gibbs serbest enerjisi gibi termodinamik parametreleri bu çalışmada belirlenmiştir.

Material and Method

Materyal

Yeşil dış kabuklu badem örnekleri Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ayaş Bahçe Kùltürleri Araştırma Uygulama temin edilmiştir. Yeşil dış kabukları henüz açılmaya başlamış badem örnekleri ağaçtan elle hasat edilmiştir. Daha sonra nemlerini kaybetmemeleri için özel bir kutu içerisinde hemen laboratuvara taşınmış ve kurutma deneylerine kadar 4°C'de buzdolabında saklanmıştır. Kurutma deneylerinden en az 12 saat önce buzdolabından çıkarılarak ortam sıcaklığına gelmesi sağlanmıştır. Kurutma denemeleri hem yeşil dış kabuklu hem de yeşil dış kabukları elle soyularak elde edilen sert kabuklu badem ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).



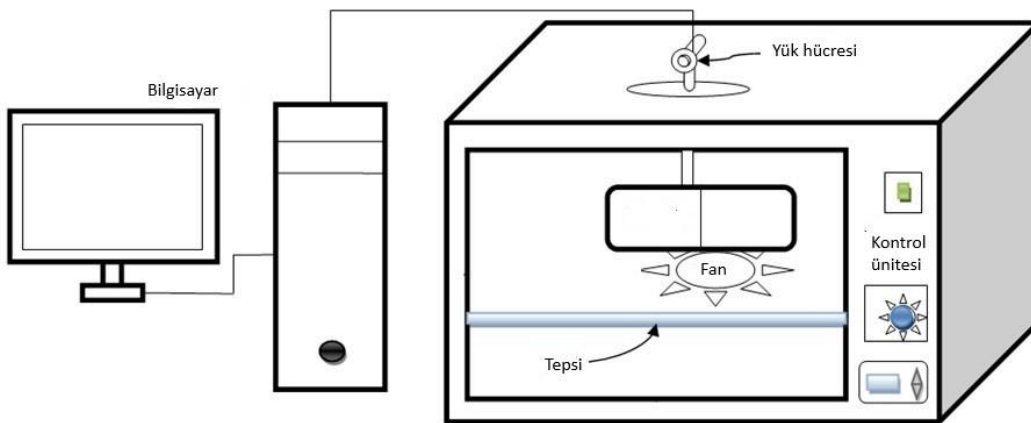
Şekil 1. Yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem
Figure 1. In-hull and in-shell almond

Örneklerin başlangıç nem içeriği, 105°C'ye ayarlanmış Halojen Nem Tayin Cihazı HB43-S (Mettler Toledo-AG, Zürih, İsviçre) kullanılarak belirlenmiştir. Bu deneyler, kabul edilebilir bir ortalama elde etmek için en az üç kez tekrarlanmıştır. Kurutmadan sonra, yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örneklerin yaş baza (y.b.) göre başlangıç nem içerikleri ortalaması sırasıyla %40.48 ve %22.48 olarak bulunmuştur.

Deney düzeneği

Kurutma deneyleri, daha önce detayları Sacilik ve ark., 2010 verilen sıcak hava akışlı konvektif bir kurutucuda gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar ölçekli konvektif sıcak hava kurutucu, 57 cm

yükseğinde, 68 cm genişliğinde ve 57 cm derinliğindedir (Şekil 2). Bu kurutucu, hava akışını sağlayan fan, elektrikli ısıtıcı, sıcaklık ve bağıl nem ölçüm sistemi ile tartı sisteminden oluşmaktadır. Fan hızı bir hız değiştirici ile ayarlanarak hava akış hızı değiştirilmiştir. Tüm kurutma deneyleri için hava hızı 1 ms⁻¹de sabit tutulmuştur. Örnekler 12 cm yüksekliğinde 576 cm²'lik delikli bir sepet içinde kurutulmuştur. Kurutma sepetindeki örneklerden nem kaybı, bir yük hücresi kullanılarak ölçülmüştür. Sıcaklık ve bağıl nem ölçüm sistemi ile tartım sisteminden elde edilen veriler, kurutma işlemi boyunca özel olarak geliştirilmiş bir yazılım yardımıyla sürekli olarak bir bilgisayara kaydedilmiştir.



Şekil 2. Deneylerde kullanılan sıcak hava akışlı kurutma sistemi
Figure 2. The schematic diagram of hot-air drying system used in experiments

Kurutma işlemleri kontrollü olarak 45, 50, 55 ve 60°C hava sıcaklıklarında gerçekleştirilmiştir.

Kurutucu en az 30 dakika çalıştırılarak çalışma sıcaklıkları için stabil şartlara ulaşması sağlanmıştır.

Ardından bademler, örnek sepetine ince bir tabaka halinde eşit bir biçimde yerleştirilmiştir. Her deneyde yaklaşık 100 g badem örneği kullanılmıştır. Kurutma işlemi sırasında örneklerin kütlesi, yazılım tarafından sürekli olarak 10 dakika aralıklarla bir bilgisayara kaydedilmiştir. Kurutma işlemleri, kütlelerinde başka bir değişiklik gözlemlenmeyene kadar sürdürülmüştür. Kurutulan örnekler 10 dakika soğutulduktan sonra aynı gün içerisinde su aktivitesi (aw) ölçümleri, Rotronic HygroLab II su active cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Cihaz, su aktivitesi ölçüm sistemi 0-0.99 aw aralığında ve ölçüm sıcaklığı -10 ile 55°C arasında ölçüm yapabilmektedir. 20, 25, 30, 35 ve 40°C ortam sıcaklıklarını elde etmek için su aktivitesi ölçerin ölçüm probu ve örnek kutusu, konvektif bir sıcak hava kurutucusuna yerleştirilmiştir. Denge bağıl nemi ve denge sıcaklığına ulaşıncaya kadar denemeler devam etmiştir.

Matematiksel modelleme

Deneysel nem oranı verileri (M_R), literatürde yaygın olarak kullanılan beş matematiksel eşitlikle

modellenmiştir (Çizelge 1). Deneysel nem oranı verileri (M_R), Eşitlik 1’de gösterilmektedir:

$$M_R = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (1)$$

Burada, M_R boyutsuz nem oranıdır, M , M_e ve M_0 sırasıyla herhangi bir andaki nem içeriği, denge nem içeriği ve % w.b. cinsinden başlangıç nem içeriğidir.

Kurutma hızı (DR), Eşitlik 2 kullanılarak hesaplanmıştır:

$$DR = \left(\frac{M_t - M_{t+\Delta t}}{\Delta t} \right) \quad (2)$$

Burada, M_t herhangi bir t anında ürünün nem içeriğidir (%w.b.), $M_{t+\Delta t}$, $t+\Delta t$ (%w.b.) anındaki nem içeriğidir ve t (dakika), kuruma süresidir.

Çizelge 1. Badem kurutmada kullanılan beş ince tabakalı kurutma modelleri

Table 1. Five thin-layer drying models used in almond drying

Model adı	Model	Referans
Page	$M_R = \exp(-kt^m)$	El-Mesery ve ark. (2022)
Logarithmic	$M_R = a \exp(-kt) + c$	Tarafdar ve ark. 2021
Two-term	$M_R = a \exp(-kt) + b \exp(-k_0t)$	Sahoo ve ark. (2022)
Approximation of diffusion	$M_R = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kbt)$	Meerasri ve Sothornvit (2022)
Midilli et al.,	$M_R = a \exp(-kt^m) + bt$	Polat ve Izli (2022), Midilli ve ark. (2002)

Modellerin parametreleri doğrusal olmayan regresyon yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. En uygun modeli seçmek için belirleme katsayısı R^2 , ortalama bağıl hata E_{MD} , kare köklerinin standard hatası E_{RMS} ve indirgenmiş ki-kare χ^2 kullanılmıştır. Bu karşılaştırma kriterleri yöntemleri Eşitlik 3-5’e göre hesaplanmıştır (Sacilik ve ark., 2010; Yurtlu, 2011):

$$E_{MD} = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|M_{R,ex,i} - M_{R,pre,i}|}{M_{R,exp,i}} \quad (3)$$

$$E_{RMS} = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (M_{R,ex,i} - M_{R,pre,i})^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (M_{R,ex,i} - M_{R,pre,i})^2}{N - z} \quad (5)$$

Burada, M_R , ex,i ; i’inci deneysel boyutsuz nem oranıdır, M_R , pre,i ; i’inci tahmin edilen boyutsuz nem oranıdır, N gözlem sayısıdır ve z sabitlerin sayısıdır. En iyi modeli seçmek için birincil karşılaştırma kriteri olarak R^2 dikkate alınmıştır. Ayrıca badem örneklerinin kuruma kinetiklerini açıklayan en uygun modeli seçmek için E_{MD} , E_{RMS} ve χ^2 ’nin en düşük değerleri kullanılmıştır (Sacilik ve ark., 2006).

Efektif difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjisi

Gıda kurutma işleminde, belirli kurutma koşulları altında gıdadan yüzeye hareket eden ürün neminin hareketi, nem difüzyonu olarak tanımlanmaktadır. Efektif difüzyon katsayısı, nem içeriği ve kuruma süresinin bir fonksiyonu olarak ifade edilmekte ve kurutma sıcaklığı ile değişmektedir (Daş ve ark., 2021). D_{eff} , Fick Difüzyon denkleminin Eşitlik 6'da küre için verilen basitleştirilmiş formu kullanılarak hesaplanmıştır (Yurtlu ve ark., 2022):

$$\ln(M_R) = \ln\left(\frac{6}{\pi^2}\right) - \left(\frac{\pi^2 D_{eff} t}{R_e^2}\right) \quad (6)$$

Burada R_e , m cinsinden kurutulan bademin eşdeğer yarıçapıdır ve D_{eff} $m^2 s^{-1}$ cinsinden etkin yayılmadır.

Efektif difüzyon değerleri, $\ln(M_R)$ grafiğinin eğimine karşı kuruma süresinden (t) belirlenmiştir.

Efektif nem difüzyonunun sıcaklığa bağlılığı, Arrhenius tip bağıntı kullanılarak Eşitlik 7 ile tanımlanmıştır. Aktivasyon enerjisi (E_a) değerleri, $\ln(D_{eff})$ ile mutlak sıcaklığın (T_a) tersi grafiğinden hesaplanmıştır (Taraftar ve ark., 2021).

$$D_{eff} = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT_a}\right) \quad (7)$$

Burada, D_0 , Arrhenius denkleminin $m^2 s^{-1}$ cinsinden ön üstel faktörüdür, E_a , $kJ mol^{-1}$ cinsinden aktivasyon enerjisidir, R , $kJ molK^{-1}$ cinsinden evrensel gaz sabitidir ve T_a , K cinsinden mutlak hava sıcaklığıdır.

Termodinamik özellikler

Kurutulan bademlerin termodinamik özellikleri olan entalpi (ΔH), entropi (ΔS) ve Gibbs serbest enerjisi (ΔG) sırasıyla Eşitlik 8, 9 ve 10 kullanılarak hesaplanmıştır (Yıldırım, 2021; Moura ve ark., 2021):

$$\Delta H = E_a - RT_a \quad (8)$$

$$\Delta S = R \left(\ln D_0 - \ln \frac{k_b}{h_p} - \ln T_a \right) \quad (9)$$

$$\Delta G = \Delta H - T_a \Delta S \quad (10)$$

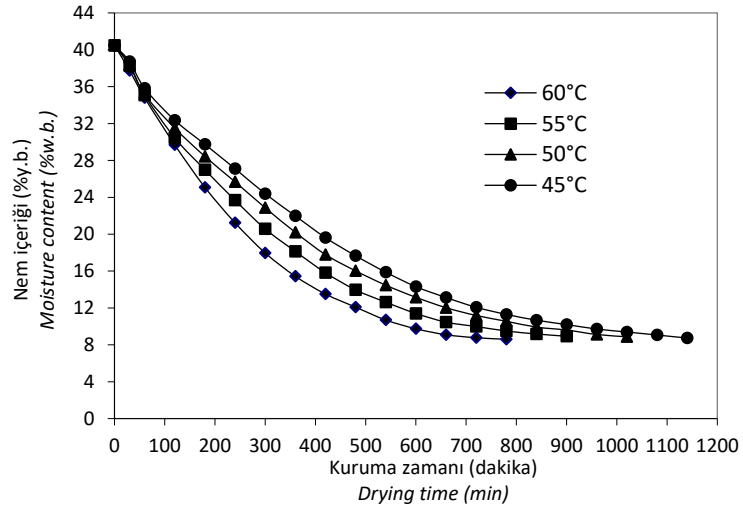
Burada ΔH , ΔS , ΔG , k_b ve h_p sırasıyla entalpi

değişimi ($kJ mol^{-1}$), entropi değişimi ($kJ molK^{-1}$), Gibbs serbest enerjisi değişimi ($kJ mol^{-1}$), k_b ise Boltzmann sabiti ($1.38 \times 10^{-23} J K^{-1}$) ve h_p , Planck sabitidir ($6.626 \times 10^{-34} J s^{-1}$).

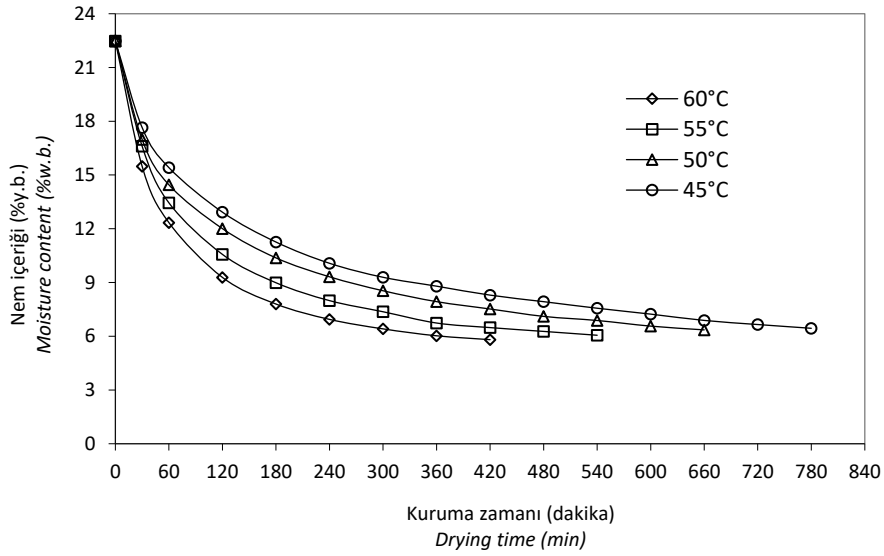
Araştırma Bulguları ve Tartışma

Kurutma kinetiği

Yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örneklerinin değişik hava sıcaklıklarında kurutulmasında nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimleri sırasıyla Şekil 3 ve 4'te verilmiştir. Ortalama başlangıç nem içeriği yaklaşık %40.48 ve %22.48 (y.b.) olan yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örnekleri kütlelerinde herhangi bir değişiklik gözlenmeyene kadar sırasıyla yaklaşık %9 ve %6 (y.b) son nem içeriğine kadar kurutulmuştur. Bu eğrilerden, örneklerin nem içeriğinin kuruma süresi ile sürekli olarak azaldığı ve tüm durumlarda daha yüksek sıcaklıklarda daha hızlı olduğu açıkça görülmektedir. Başlangıçta nem içeriği hızla azalmış ve ardından nem içeriğindeki düşüş beklendiği gibi önemli ölçüde yavaşlamıştır.



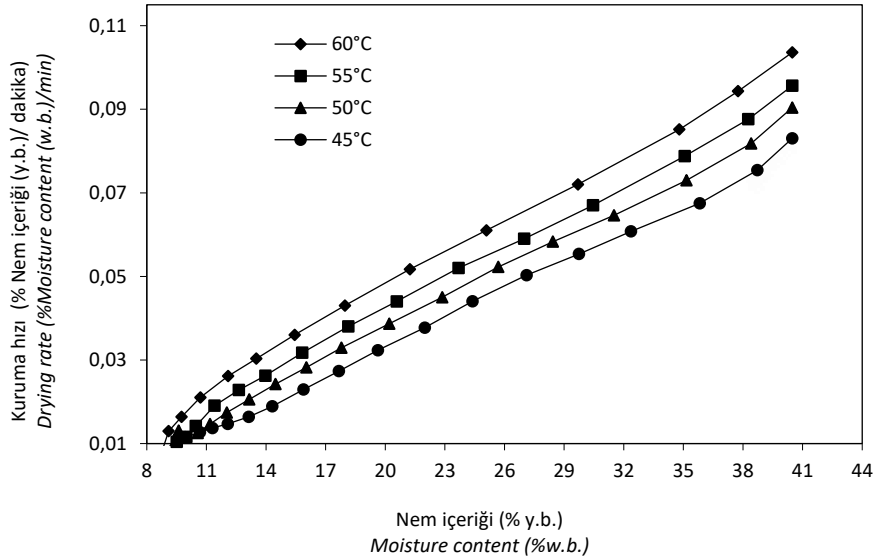
Şekil 3. Yeşil dış kabuklu badem örneklerinin nem içeriğindeki değişimler
Figure 3. Changes in moisture content with the drying time for in-hull almond samples



Şekil 4. Sert kabuklu badem örneklerinin nem içeriğindeki değişimler
Figure 4. Changes in moisture content with the drying time for in-shell almond samples

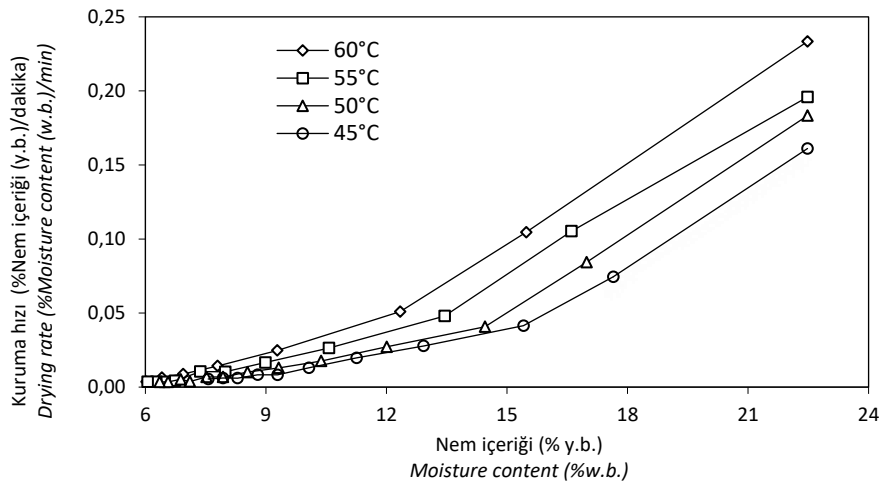
Şekil 3’de görüldüğü gibi yeşil dış kabuklu badem örneklerinin ilk nem içeriğinden son nem içeriğine kadar geçen kurutma süresi, 45, 50, 55 ve 60°C hava sıcaklıkları için sırasıyla 1140, 1020, 900 ve 840 dakika olmuştur. Sert kabuklu badem örnekleri için ise bu süreler aynı sırasıyla 780, 660, 540 ve 420 dakika olmuştur. Hava sıcaklığındaki artış beklendiği gibi badem örneklerin nem içeriği üzerine önemli bir etkiye sahip olmuş ve hava sıcaklığının artması kuruma süresinin

kısalmasına neden olmuştur. Diğer araştırmacılar da benzer yaklaşımları ifade etmişlerdir (Doymaz, 2003; Ertekin ve Yıldız, 2004; Öztekin ve Saçılık, 2020). Şekil 5 ve 6 sırasıyla yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örneklerinin nem içeriği ile kuruma hızının değişimini göstermektedir. Yeşil dış kabuklu bademlerin sert kabuklu badem örneklerine göre daha yavaş bir kuruma hızı gösterdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 5. Belirtilen hava sıcaklıklarında yeşil dış kabuklu badem örnekleri için nem içeriğinin bir fonksiyonu olarak kuruma hızının değişimi

Figure 5. Variation of drying rate as a function of moisture content for in-hull almond samples at indicated air temperatures



Şekil 6. Belirtilen hava sıcaklıklarında sert kabuklu badem örnekleri için nem içeriğinin bir fonksiyonu olarak kuruma hızının değişimi

Figure 6. Variation of drying rate as a function of moisture content for in-shell almond samples at indicated air temperatures

Kuruma hızı eğrilerinde görüldüğü gibi tüm kurutma işlemleri azalan hızda kuruma periyodunda gerçekleşmiştir. Azalan hızda kuruma periyodunda nem içeriği azaldıkça ve kuruma süresi arttıkça kuruma hızı sürekli olarak azalmıştır. Bu da örneklerden nemi uzaklaştırmak için difüzyonun en önemli etken olduğunu göstermektedir (Kayran ve Doymaz, 2021). Daha yüksek kurutma havası sıcaklıkları kuruma hızını artırırken kuruma süresini azaltmıştır. Bunun nedeni, hava ile örnekler arasındaki ısı transferinin artması ve içlerindeki nem transferinin hızlanmasıdır. Sonuçlar diğer

araştırmacıların bulguları ile uyum sağlamaktadır (Eminoğlu ve ark., 2019; Nguyen ve ark., 2019; Tarafdar ve ark., 2021; Dhurve ve ark., 2021; Sahoo ve ark., 2022).

Matematiksel modelleme

Doğrusal olmayan regresyon analizi sonuçlarına göre yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örnekleri için test edilen beş modelin model katsayıları ile kıyaslama kriterleri olan R^2 , E_{MD} , E_{RMS} ve χ^2 kriterleri Çizelge 2'de verilmiştir. Her durumda beş modelin tümünün R^2 değerleri 0.9819 değerinden büyüktür ve

deneysel verilerle yeterli bir uyum sağlamıştır. Her iki badem grubunda E_{MD} değerleri %10'un altında olduğundan tüm modeller kabul edilebilir düzeydedir. Ancak E_{RMS} ve χ^2 kıyaslama kriterlerine göre, her iki badem grubunda test edilen sıcaklıklarda Midilli ve ark. modeli, diğer dört modele göre daha iyi performans göstermiştir. Çizelge 2'de görüldüğü gibi, yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örnekleri için

en yüksek R^2 değerleri ve en düşük E_{MD} , E_{RMS} ve χ^2 değerleri, Midilli ve ark. kurutma modelinde elde edilmiştir. Buna göre Midilli ve ark. modeli, her iki badem grubunda badem örneklerinin sıcak havayla kuruma davranışını temsil etmeye uygun model olarak seçilmiştir.

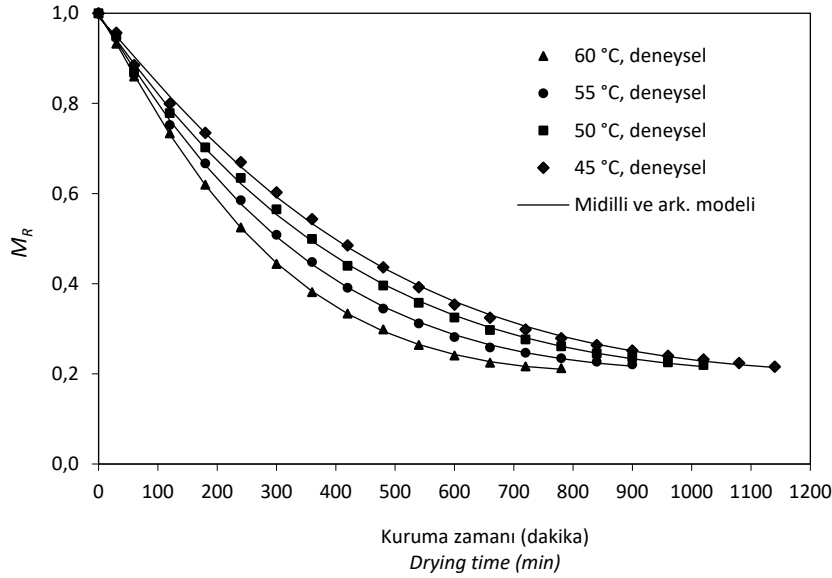
Çizelge 2. Yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örnekleri için modellerin parametre tahminleri ve karşılaştırma kriterleri
Table 2. Model constants and statistical results of the models for in-hull and in-shell almond samples

	°C	Model no Model number	Model katsayıları Model coefficient	R^2	E_{MD}	E_{RMS}	χ^2
Sert kabuklu badem In-shell almond	45	1	$k=0.3931; n=0.4696$	0.9948	2.76	1.55×10^{-2}	2.84×10^{-4}
		2	$a=0.6301; k=0.4277; c=0.3168$	0.9825	4.94	2.96×10^{-2}	10.53×10^{-4}
		3	$a=0.5403; k_0=0.0516; b=0.4492; k_1=0.9474$	0.9975	1.61	1.14×10^{-2}	1.61×10^{-4}
		4	$a=0.4551; k=0.9913; b=0.0529$	0.9974	1.66	1.14×10^{-2}	1.56×10^{-4}
		5	$a=1.0021; k=0.3900; n=0.5752; b=0.0086$	0.9992	1.24	0.65×10^{-2}	5.20×10^{-5}
	50	1	$k=0.4446; n=0.4597$	0.9951	2.88	1.57×10^{-2}	3.01×10^{-4}
		2	$a=0.6413; k=0.5425; c=0.3118$	0.9819	5.21	3.16×10^{-2}	12.53×10^{-4}
		3	$a=0.4653; k_0=1.1575; b=0.5275; k_1=0.0613$	0.9973	2.18	1.29×10^{-2}	2.14×10^{-4}
		4	$a=0.4697; k=1.1899; b=0.0520$	0.9972	2.22	1.24×10^{-2}	1.94×10^{-4}
		5	$a=1.0012; k=0.4473; n=0.5707; b=0.0104$	0.9996	0.74	0.49×10^{-2}	3.16×10^{-5}
	55	1	$k=0.5079; n=0.4723$	0.9901	4.68	2.44×10^{-2}	7.69×10^{-4}
		2	$a=0.6816; k=0.7205; c=0.2931$	0.9906	4.74	2.52×10^{-2}	8.47×10^{-4}
		3	$a=0.4546; k_0=0.0628; b=0.5415; k_1=1.1397$	0.9987	1.86	0.98×10^{-2}	1.36×10^{-4}
		4	$a=0.5436; k=1.154; b=0.0549$	0.9987	1.86	0.93×10^{-2}	1.15×10^{-4}
		5	$a=1.0020; k=0.5243; n=0.6359; b=0.0173$	0.9989	1.26	0.91×10^{-2}	1.16×10^{-4}
	60	1	$k=0.5896; n=0.4721$	0.9920	4,67	2.37×10^{-2}	7.92×10^{-4}
		2	$a=0.7026; k=0.9375; c=0.2804$	0.9931	4.37	2.38×10^{-2}	8.54×10^{-4}
		3	$a=0.4272; k_0=0.0769; b=0.5695; k_1=1.3604$	0.9990	0.39	0.40×10^{-2}	2.75×10^{-5}
		4	$a=0.5713; k=1,3732; b=0,0564$	0.9990	1.30	0.68×10^{-2}	7.02×10^{-5}
		5	$a=0.9994; k=0.6185; n=0,6092; b=0.0176$	0.9991	0.65	0.36×10^{-2}	2.24×10^{-5}
Yeşil dış kabuklu badem In-hull almond	45	1	$k=0.1242; n=0.8928$	0.9950	4.56	1.87×10^{-2}	3.93×10^{-4}
		2	$a=0.8797; k=0.1294; c=0.1267$	0.9981	2.49	1.16×10^{-2}	1.53×10^{-4}
		3	$a=0.9965; k_0=0.1059; b=0.0027; k_1=-0.1839$	0.9992	1.44	0.78×10^{-2}	7.02×10^{-5}
		4	$a=0.9971; k=0.1062; b=-1.7082$	0.9992	1.42	0.76×10^{-2}	6.59×10^{-5}
		5	$a=0.9910; k=0.0995; n=1.0875; b=0.0109$	0.9990	1.30	0.87×10^{-2}	8.71×10^{-5}
	50	1	$k=0.1424; n=0.8742$	0.9956	4.13	1.76×10^{-2}	3.54×10^{-4}
		2	$a=0.8670; k=0.1474; c=0.1363$	0.9986	2.03	1.00×10^{-2}	1.14×10^{-4}
		3	$a=0.0711; k_0=-0.1532; b=0.9896; k_1=0.1209$	0.9993	1.07	0.73×10^{-2}	6.29×10^{-5}
		4	$a=0.9910; k=0.1224; b=-1.1556$	0.9993	1.02	0.72×10^{-2}	6.01×10^{-5}
		5	$a=0.9939; k=0.1209; n=1.0470; b=0.0071$	0.9991	1.16	0.83×10^{-2}	7.99×10^{-5}
	55	1	$k=0.1614; n=0.8751$	0.9944	4.89	2.06×10^{-2}	4.91×10^{-4}
		2	$a=0.8667; k=0.1760; c=0.1438$	0.9988	2.16	0.09×10^{-2}	1.10×10^{-4}
		3	$a=0.9958; k_0=0.1421; b=0.0072; k_1=-0.1792$	0.9996	0.89	0.05×10^{-2}	3.20×10^{-5}
		4	$a=0.9940; k=0.1406; b=-1.3563$	0.9996	0.89	0.05×10^{-2}	3.11×10^{-5}
		5	$a=0.9982; k=0.1402; n=1.0638; b=0.090$	0.9995	1.03	0.62×10^{-2}	4.68×10^{-5}
	60	1	$k=0.1807; n=0.8954$	0.9936	5.24	2.29×10^{-2}	6.20×10^{-4}
		2	$a=0.8813; k=0.2063; c=0.1351$	0.9987	2.23	1.06×10^{-2}	1.36×10^{-4}
		3	$a=0.0056; k_0=-0.2226; b=1.0035; k_1=0.1681$	0.9997	0.80	0.51×10^{-3}	3.24×10^{-5}
		4	$a=0.9967; k=0.1636; b=-1.5918$	0.9995	1.02	0.62×10^{-2}	4.62×10^{-5}
		5	$a=0.9987; k=0.1592; n=1.1016; b=0.0109$	0.9999	0.47	0.23×10^{-2}	0.65×10^{-5}

Şekil 7 ve 8'de belirtilen hava sıcaklıklarında yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örnekleri

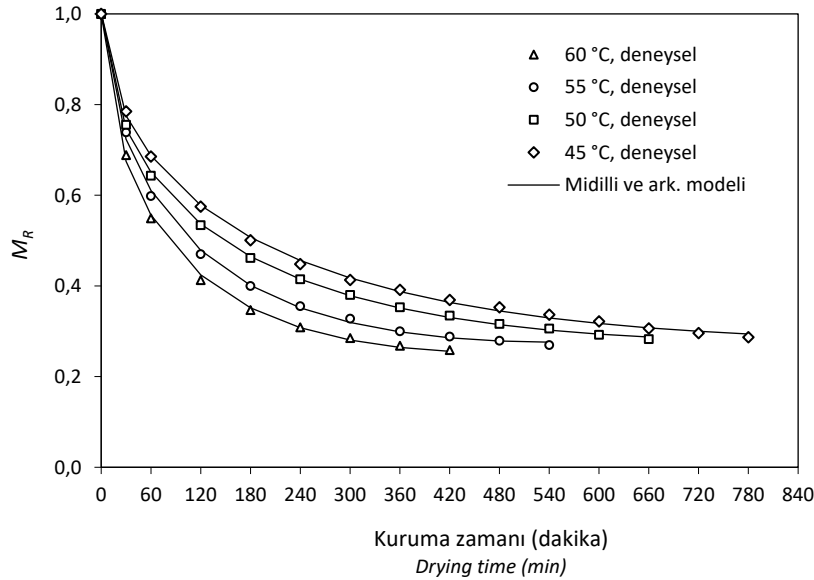
için Midilli ve ark. kurutma modeli kullanılarak elde edilen deneysel ve tahmin edilen nem oranının karşılaştırması göstermektedir. Bu şekillerde görüldüğü gibi, önerilen modeller deneysel ve tahmin edilen nem oranları arasında iyi bir uyum

sağlamıştır. Bunlar, badem örneklerinin kuruma davranışını tanımlamada Midilli ve ark. kurutma modelinin diğer modellere göre üstünlüğünü göstermektedir.



Şekil 7. Yeşil dış kabuklu badem örnekleri için Midilli ve ark. modeli kullanılarak elde edilen deneysel ve tahmin edilen nem oranının karşılaştırılması

Figure 7. Comparison of the experimental and predicted moisture ratio obtained using the Midilli et al. model for in-hull almond samples at indicated air temperatures



Şekil 8. Sert kabuklu badem örnekleri için Midilli ve ark. modeli kullanılarak elde edilen deneysel ve tahmin edilen nem oranının karşılaştırılması

Figure 8. Comparison of the experimental and predicted moisture ratio obtained using the Midilli et al. model for in-shell almond samples at indicated air temperatures

Su aktivitesi

Kabuklu yağlı yemişler için a_w değerleri, küf oluşumunu ve aflatoxin kontaminasyonunu

önlemek için kısa süreli depolamada 0.82, uzun süreli depolamada 0.70 olmalıdır. Bunun yanısıra kabuklu yemişlerin mikroorganizma gelişimi için a_w limitleri 0.65 ile 0.75 arasında olduğu tespit edilmiştir (Fontana, 2000; Aktas ve Polat, 2007). Yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örneklerinin çeşitli

ortam sıcaklıklarında elde edilen a_w değerleri Çizelge 3'te verilmiştir. Her iki kurutulmuş badem grubunda elde edilen a_w değerlerinin 0.56'dan küçük olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu çalışmada elde edilen a_w

değerleri, uzun süreli depolama esnasında mantar ve küf gelişiminin önlenmesi için kritik değerin altında bulunmuştur.

Çizelge 3. Çeşitli ortam sıcaklıklarında taze, sert kabuklu ve yeşil dış kabuklu badem örneklerinin a_w değerleri
Table 3. Water activity values of fresh, in-shell and in-hull almond samples at different temperatures

Ortam sıcaklığı (°C) Air temperature (°C)	Taze Fresh	Sert kabuklu badem - a_w In-shell almond - a_w			
		45°C	50°C	55°C	60°C
20	0.9131	0.4861	0.4793	0.4721	0.4691
25	0.9312	0.4988	0.4805	0.4752	0.4712
30	0.9370	0.5088	0.4983	0.4906	0.4811
35	0.9465	0.5058	0.5005	0.4948	0.4856
40	0.9546	0.5094	0.5024	0.5004	0.4905
Ortam sıcaklığı (°C) Air temperature (°C)	Taze Fresh	Yeşil dış kabuklu badem - a_w In-hull almond - a_w			
		45°C	50°C	55°C	60°C
20	0.9321	0.5145	0.5012	0.4980	0.4896
25	0.9496	0.5225	0.5194	0.5087	0.4998
30	0.9513	0.5304	0.5225	0.5132	0.5054
35	0.9601	0.5413	0.5355	0.5294	0.5167
40	0.9689	0.5547	0.5404	0.5325	0.5255

Efektif difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjisi

Her iki badem örnekleri için D_{eff} değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. Yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu bademler için D_{eff} değerleri sırasıyla 2.123×10^{-10} ile 3.643×10^{-10} ve 2.502×10^{-10} ile $3.955 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ arasında değişmiştir. Bu değerler tarımsal ürünler için 10^{-9} – $10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ genel aralığındadır. Efektif difüzyon katsayısı, hava sıcaklığından büyük ölçüde etkilenmiştir. D_{eff} değerleri, yüksek sıcaklıklarda suyun hızlı hareket etmesinden dolayı hava sıcaklığındaki artışla birlikte yükselmiştir. Ayrıca, aynı kurutma koşullarında yeşil dış kabuklu bademlerin D_{eff} değerleri, sert kabuklu badem örneklerinden daha

küçük bulunmuştur. Bu çalışmadan elde edilen D_{eff} değerleri, Baru cinsi badem için 50 – 70°C sıcaklık aralığında elde edilen 18.15×10^{-11} ile $37.08 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ (Teixeira ve ark., 2015) ve 40 – 60°C 'de bulunan 8.02×10^{-10} ile $19.90 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ (Reis ve ark., 2018) ile karşılaştırılabilir. Bu D_{eff} değerleri, literatürdeki verilerden yüksek bulunmuştur. Değerler arasındaki farklılıklar çeşit, kurutma ekipmanı, kurutma havası ve diğer kontrolsüz parametrelerdeki farklılıklardan kaynaklanabilmektedir.

Çizelge 4. Yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örneklerinin çeşitli hava sıcaklıklarındaki efektif difüzyon değerleri
Table 4. Values of diffusion coefficient of in-hull and in-shell almond samples at different temperatures

	Ortam sıcaklığı (°C) Air temperature (°C)	$D_{eff} \times 10^{10}, \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$	R^2
Yeşil dış kabuklu badem In-hull almond	45	2.123	0.9717
	50	2.670	0.9859
	55	3.053	0.9791
	60	3.643	0.9775
Sert kabuklu badem In-shell almond	45	2.502	0.8759
	50	2.809	0.8696
	55	3.495	0.8676
	60	3.955	0.8723

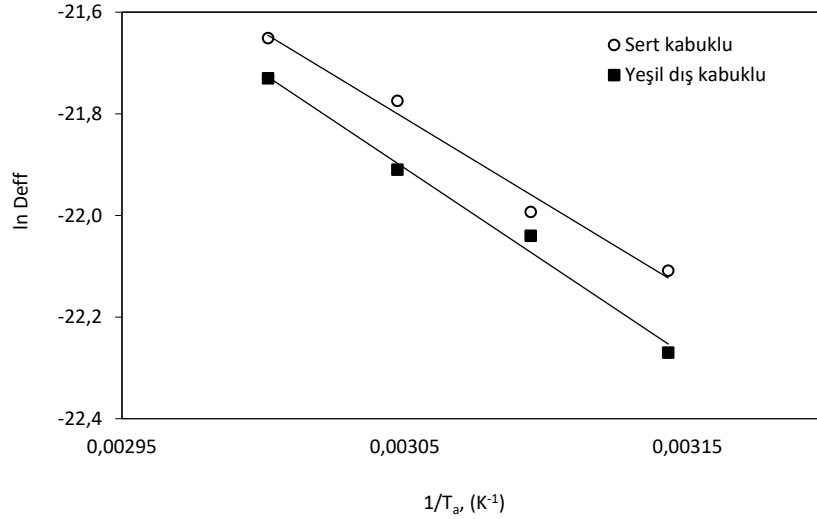
Aktivasyon enerjisi, Şekil 9'da gösterildiği gibi D_{eff} 'in doğal logaritması ile mutlak sıcaklığın tersi çizilerek hesaplanmıştır. Doğrunun eğimi ($-E_a/R$)'dir ve kesişme noktası $\ln(D_0)$ 'ye eşittir. Sonuçlar, Arrhenius tipi bağımlılık nedeniyle doğrusal bir ilişki göstermektedir. Mutlak sıcaklığın yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örneklerinin D_{eff} üzerindeki etkisi Eşitlik 11 ve 12 verilmiştir:

Yeşil dış kabuklu badem:

$$D_{eff} = 2.532 \times 10^{-5} \exp\left(-\frac{3712.483}{T_a}\right) \quad (11)$$

Sert kabuklu badem:

$$D_{eff} = 9.94 \times 10^{-6} \exp\left(-\frac{3373.669}{T_a}\right) \quad (12)$$



Şekil 9. Yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örneklerinin için efektif difüzyon ve hava sıcaklığı arasındaki Arrhenius tipi ilişki

Figure 9. Arrhenius-type relationship between the effective diffusivity and air temperature for in-hull and in-shell pistachio samples

Eşitlik 11 ve 12'ye göre aktivasyon enerjisi yeşil dış kabuklu badem için 30.87 ve sert kabuklu badem için 28.05 kJ mol⁻¹ olarak bulunmuştur. Yeşil dış kabuklu badem örneklerinin aktivasyon enerjisi, sert kabuklu badem örneklerinininkinden daha yüksek olmuştur. Bu, sert kabuklu badem örneklerinden suyu uzaklaştırmak için daha düşük enerjinin gerektirdiğini göstermektedir. 40, 50 ve 60°C sıcaklıklarda kabuklu badem ve yağı alınmış badem örnekleri için bu değeri sırasıyla 22.39 ve 39.37 kJ mol⁻¹ olarak elde etmiştir (Reis ve ark., 2018). 60,70 ve 80°C sıcaklıklarda kurutulan kabuklu ve yağı alınmış badem örnekleri için elde edilen aktivasyon enerji değerlerini sırasıyla 39.24 ve 29.01 kJ mol⁻¹ olarak tespit etmiştir (Alves ve ark., 2021). Genel olarak tarımsal ürünlerin aktivasyon enerjisi, 12.7-110 kJ mol⁻¹ arasında değişmektedir (Zogzas ve ark., 1996).

Termodinamik Özellikler

Yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örneklerinin ΔH , ΔS ve ΔG değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelge 5'te görüldüğü gibi her iki örnek için de ΔH ve ΔS hava sıcaklığı arttıkça azalırken, ΔG hava sıcaklığı arttıkça artmaktadır. Yeşil dış kabuklu badem örneklerinin ΔH değerleri tüm sıcaklıklarda sert kabuklu bademlerinkinden daha yüksek bulunmuştur. Bu, sert kabuklu badem örneklerini kurutmak için daha az enerjiye ihtiyaç duyulduğunu ve daha yüksek hava sıcaklıklarında kurutma için daha düşük miktarda enerjiye gereksinim olduğunu göstermektedir (Costa ve ark., 2016; Moura ve ark., 2021). İncelenen her iki örnek için kurutma havası sıcaklığındaki artış, ΔS değerlerinde düşüşe neden olmuştur. Bu beklenen bir sonuçtur çünkü sıcaklıktaki düşüşler su moleküllerinin daha az uyarılmasına neden olmaktadır (Silva ve ark., 2020). ΔS 'nin negatif değerleri, kimyasal adsorpsiyon veya yapısal modifikasyonların varlığına bağlanmaktadır (Moreira

ve ark., 2008; Alves ve ark., 2021). Yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örneklerinin ΔG değerleri, 45-60°C sıcaklık aralığında sırasıyla 134.31 ile 139.32 kJ mol⁻¹ ve 133.97 ile 139.09 kJ mol⁻¹ arasında değişmiştir. Artan hava sıcaklığı ile ΔG artmış ve pozitif çıkmıştır. Bu durum badem örneklerinin kurumasının bu çalışma koşullarında kendiliğinden olmadığı anlamına gelmektedir (Silva ve ark., 2019). Ayrıca, bu endotermik bir reaksiyonu tanımlar, yani enerji seviyesini artırmak ve reaktifleri sıvıdan buhar durumuna dönüştürmek için harici bir enerji kaynağına ihtiyaç duymaktadır (Ong ve ark., 2013;

Silva ve ark., 2020). Jabuticaba kabuğu (Costa ve ark., 2016), boldo çayı yaprakları (Silva ve ark., 2019), oenocarpus bacaba meyve posası (Morais ve ark., 2019), acı limon (Silva ve ark., 2020), Crataeva tapia L. cinsi meyvenin kabuk ve tohumları (Moura ve ark., 2021), baru cinsi bademden elde edilen un (Alves ve ark., 2021) gibi yapılan çeşitli tarım ürünleri çalışmalarında, artan kurutma havası sıcaklığı ile ΔH ve ΔS değerlerinde azalma ve ΔG değerinde artış gözlenmiştir.

Çizelge 5. Çeşitli hava sıcaklıklarında yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örneklerinin termodinamik özellikleri
Table 5. Thermodynamic properties of in-hull and in-shell almond samples used in the test at different temperatures

	Hava sıcaklığı (°C) Air temperature (°C)	ΔH , kJ mol ⁻¹	ΔS , kJ mol K ⁻¹	ΔG , kJ mol ⁻¹
Yeşil dış kabuklu <i>In-hull</i>	45	28.22	-0.3335	134.31
	50	28.18	-0.3336	135.98
	55	28.14	-0.3337	137.65
	60	28.10	-0.3338	139.32
Sert kabuklu <i>In-shell</i>	45	25.40	-0.3412	133.97
	50	25.36	-0.3414	135.67
	55	25.32	-0.3415	137.38
	60	25.28	-0.3416	139.09

Sonuçlar

Yeşil dış kabuklu ve sert kabuklu badem örneklerinin konvektif sıcak hava kurutucuda 1 m s⁻¹ hava hızında ve 45-60°C hava sıcaklığında kurutma özelliklerinin belirlenmesi amacıyla deneysel bir çalışma yapılmıştır. Örneklerin deneysel kurutma verileri için Page, Logarithmic, Two-term, Approximation of diffusion ve Midilli ve ark. modelleri kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre; deney koşullarının hiçbirinde sabit hızlı kuruma periyodu gözlemlenmemiştir. Badem örneklerinin kuruma kinetikleri hava sıcaklığından etkilenmiş ve hava sıcaklığındaki artış kuruma süresinin kısılmasına ve kuruma hızının artmasına neden olmuştur. Fick'in ikinci kanunundan hesaplanan efektif difüzyon katsayısı, 45-60°C hava sıcaklığı aralığında yeşil dış kabuklu badem örnekleri için 2.123×10^{-10} ile 3.643×10^{-10} ve sert kabuklu bademler için 2.502×10^{-10} ile 3.955×10^{-10} arasında değişmiştir. Aktivasyon enerjisi, Arrhenius tipi bir denkleme tahmin edilmiş ve yeşil kabuklu badem örnekleri için 30.87 kJ mol⁻¹ ve

sert kabuklu badem örnekleri için 28.05 kJ mol⁻¹ olarak belirlenmiştir. Test edilen Page, Logarithmic, Two-term, Approximation of diffusion ve Midilli ve ark. kurutma modellerinin tamamında Midilli ve ark. kurutma modeli, deneysel verilerle en iyi uyumu göstermiştir. Kurutulmuş badem için a_w değerleri artan kurutma havası sıcaklığı ile düşmüştür. Bu çalışmada elde edilen a_w değerleri 0.56'dan daha düşük olduğundan uzun süreli depolama için kritik değer altındadır. Yeşil dış kabuklu badem örneklerinin 45-60°C hava sıcaklığı aralığındaki ΔH , ΔS ve ΔG değerleri sırasıyla 28.22 ile 28.10 kJ mol⁻¹, -0.3335 ile -0.3338 kJ molK⁻¹ ve 25.40 ile 25.28 kJ mol⁻¹; sert dış kabuklu badem örneklerinin 45-60°C hava sıcaklığı aralığındaki ΔH , ΔS ve ΔG değerleri ise sırasıyla 134.31 ile 139.32 kJ mol⁻¹, -0.3412 ile -0.3416 kJ molK⁻¹ ve 133.97 ile 139.09 kJ mol⁻¹ arasında değişmiştir.

Çıkar Çatışması: Makale yazarları arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmadığını beyan ederiz.

Yazar Katkısı: Denemenin tasarlanması ve

yürütülmesi, Prof. Dr.Kamil SAÇILIK ve Gizem HET BATTAL tarafından yapılmış olup makale yazma aşamasında tüm yazarların katkısı olmuştur.

Kaynaklar

Aktas, T., & Polat, R. (2007). Changes in the drying characteristics and water activity values of selected pistachio cultivars during hot air drying. *Journal of Food Process Engineering*, 30(5), 607-624.

Alves, N., Arruda-Silva, T. A., Santos, S. B. D., Galle, N. B., Silva, I. D., & da Silva, M. I. (2020). Drying kinetics and thermodynamic properties of 'baru' almond flours. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 25, 30-36.

Bilim, H. C., & Polat, R. (2008). Splitting and breaking of pistachio nuts with striking and heating. *Journal of food process engineering*, 31(3), 317-329.

Campbell, B. C., Molyneux, R. J., & Schatzki, T. F. (2003). Current research on reducing pre-and post-harvest aflatoxin contamination of US almond, pistachio, and walnut. *Journal of Toxicology: Toxin Reviews*, 22(2-3), 225-266.

Celik, F., Balta, M., JAVIDIPOUR, İ., & Dogan, A. (2010). Analysis of oil composition of native almonds from Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 22(1).

Chen, C., Weipeng, Z., Venkitasamy, C., Khir, R., McHugh, T., & Pan, Z. (2020). Walnut structure and its influence on the hydration and drying characteristics. *Drying Technology*, 38(8), 975-986.

Coates, M. (2018). Advanced processing of almonds Dehydration. Final Report.

Correa, P.C., Oliveira, G.H.H., Rodrigues, A.P.L., Campos, S.C., Botelho, F.M. (2010). Hygroscopic equilibrium and physical properties evaluation affected by parchment presence of coffee grain. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8, 694-702.

Costa, C. F., Corrêa, P. C., Vanegas, J. D., Baptestini, F. M., Campos, R. C., & Fernandes, L. S. (2016). Mathematical modeling and determination of thermodynamic properties of jaboticaba peel during the drying process. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20, 576-580.

Dalgıç, A. C., Pekmez, H., & Belibağlı, K. B. (2012). Effect of drying methods on the moisture sorption isotherms and thermodynamic properties of mint leaves. *Journal of Food Science and Technology*, 49, 439-449.

Daş, M., Aliç, E., & Akpınar, E. K. (2021). Numerical and experimental analysis of heat and mass transfer in the drying process of the solar drying system. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 24(1), 236-246.

Dhurve, P., Tarafdar, A., & Arora, V. K. (2021). Vibro-fluidized bed drying of pumpkin seeds: assessment of mathematical and artificial neural network models for drying kinetics. *Journal of Food Quality*, 2021, 1-12.

Doymaz, I. (2003). Drying kinetics of white mulberry. *Journal of Food Engineering*, 61(3), 341-346.

EL-Mesery, H. S., Sarpong, F., Xu, W., & Elabd, M. A. (2022). Design of low-energy consumption hybrid dryer: A case study of garlic (*Allium sativum*) drying process. *Case*

Studies in Thermal Engineering, 33, 101929.

Eminoğlu, M. B., Yegül, U., & Sacilik, K. (2019). Drying characteristics of blackberry fruits in a convective hot-air dryer. *HortScience*, 54(9), 1546-1550.

Ertekin, C., Yaldiz, O. (2004). Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering*, 63(3), 349-359.

FAO, (2021). Crops and livestock products data. Erişim adresi: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Erişim tarihi: 10.09.2023)

Ferreira Junior, W. N., Resende, O., Pinheiro, G. K., Silva, L. C. D. M., Souza, D. G., & Sousa, K. A. D. (2020). Modelagem e propriedades termodinâmicas da secagem de sementes de tamarindo (*Tamarindus indica* L.). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 25, 37-43.

Fontana, A. J. (2000). Understanding the importance of water activity in food. *Cereal foods world*, 45(1), 7-10.

Fu, M., Qu, Q., Yang, X., & Zhang, X. (2016). Effect of intermittent oven drying on lipid oxidation, fatty acids composition and antioxidant activities of walnut. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 1126-1132.

Gazor, H. R., Bassiri, A. R., & Minaei, S. (2009). Moisture isotherms and heat of desorption of pistachio (Kaleghochi Var.). *International Journal of Food Engineering*, 5(4).

Iglesias, H. A., Chirife, J., & Viollaz, P. (1976). Thermodynamics of water vapour sorption by sugar beet root. *International Journal of Food Science & Technology*, 11(1), 91-101.

Jia, C., Wang, L., Guo, W., & Liu, C. (2016). Effect of swing temperature and alternating airflow on drying uniformity in deep-bed wheat drying. *Applied Thermal Engineering*, 106, 774-783.

Kayran, S., & Doymaz, İ. (2021). Drying of Cataloglu apricots: The effect of sodium metabisulfite solution on drying kinetics, diffusion coefficient, and color parameters. *International Journal of Fruit Science*, 21(1), 270-283.

Kester, D. E., Gradziel, T. M., & Grasselly, C. (1991). Almonds (*Prunus*). *Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops*, 290, 701-760.

Khalid, W., Afzal, F., Jha, R. P., Afzal, N., Khalid, M. Z., Shoaib, T., ... & Azhar, A. (2021). *Almond (Prunus Dulcis): A Nutritive Dense Dry Fruit*, 5(7), 38-46.

Kutlu, N., & Aslı, İ. Ş. C. İ. (2016). Kurutma yöntemlerinin kiraz domatesin kurutma karakteristikleri üzerine etkisi ve matematiksel modellemesi. *Gıda*, 41(4), 197-204.

Le Lagadec, M. D. (2009). Kernel brown centres in macadamia: a review. *Crop and Pasture Science*, 60(12), 1117-1123.

Li, R., Kou, X., Hou, L., Ling, B., & Wang, S. (2018). Developing and validating radio frequency pasteurisation processes for almond kernels. *Biosystems Engineering*, 169, 217-225.

Meerasri, J., & Sothornvit, R. (2022). Artificial neural networks (ANNs) and multiple linear regression (MLR) for prediction of moisture content for coated pineapple cubes. *Case Studies in Thermal Engineering*, 33, 101942.

Midilli, A., Kucuk, H., Yapar, Z. (2002). A new model for single-layer drying. *Drying Technology*, 20(7), 1503-1513.

Mokhtarian, M., Tavakolipour, H., & Ashtari, A. K. (2017). Effects of solar drying along with air recycling system on physicochemical and sensory properties of dehydrated pistachio nuts. *LWT*, 75, 202-209.

Monteiro, A. M., Cordeiro, V. P., & Gomes-Laranjo, J. (2003). A

- amendoeira. *Patrimônio Nacional Transmontano*, Mirandela, 186.
- Morais, M. F. D., dos Santos, J. R., Santos, M. P. D., Santos, D. D. C., Costa, T. N. D., & Lima, J. B. (2019). Modeling and thermodynamic properties of 'bacaba' pulp drying. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23, 702-708.
- Moreira, R., Chenlo, F., Torres, M. D., & Vallejo, N. (2008). Thermodynamic analysis of experimental sorption isotherms of loquat and quince fruits. *Journal of Food Engineering*, 88(4), 514-521.
- Moura, H. V., de Figueirêdo, R. M. F., de Melo Queiroz, A. J., de Vilela Silva, E. T., Esmero, J. A. D., & Lisbôa, J. F. (2021). Mathematical modeling and thermodynamic properties of the drying kinetics of trapiá residues. *Journal of Food Process Engineering*, 44(8), e13768.
- Nakariyakul, S., & Casasent, D. P. (2011). Classification of internally damaged almond nuts using hyperspectral imagery. *Journal of Food Engineering*, 103(1), 62-67.
- Nguyen, T. V. L., Nguyen, M. D., Nguyen, D. C., Bach, L. G., & Lam, T. D. (2019). Model for thin layer drying of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) by hot air. *Processes*, 7(1), 21.
- De Oliveira, G. H. H., Corrêa, P. C., Araujo, E. F., Valente, D. S. M., & Botelho, F. M. (2010). Desorption isotherms and thermodynamic properties of sweet corn cultivars (*Zea mays* L.). *International Journal of Food Science & Technology*, 45(3), 546-554.
- Oliveira, G.H.H., Correa, P.C., Santos, E.S., Treto P.C., Diniz, M.D.M.S. (2011). Evaluation of thermodynamic properties using GAB model to describe the desorption process of cocoa beans. *International Journal of Food Science & Technology*, 46, 2077-2084.
- Ong, L. K., Kurniawan, A., Suwandi, A. C., Lin, C. X., Zhao, X. S., & Ismadji, S. (2013). Transesterification of leather tanning waste to biodiesel at supercritical condition: Kinetics and thermodynamics studies. *The Journal of Supercritical Fluids*, 75, 11-20.
- Öztek, Y. B., & SACILIK, K. (2020). Drying characteristics of 'Ankara' pear slices. *Italian Journal of Food Science*, 32(1), 251-264
- Pearson, T. C. (1998). *Detection and treatment of almonds with concealed damage* (Doctoral dissertation, University of California, Davis).
- Polat, A., & İzli, N. (2022). Drying characteristics and quality evaluation of 'Ankara' pear dried by electrohydrodynamic-hot air (EHD) method. *Food Control*, 134, 108774.
- Reis, D. R., Brum, F. B., Soares, E. J., Magalhães, J. R., Silva, F. S., & Porto, A. G. (2018). Drying kinetics of baru flours as function of temperature. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22, 713-719.
- Resende, O., De Oliveira, D.E.C., Costa, L.M., Junior, W.N.F. (2017). Thermodynamic Properties of Baru Fruits (*Dipteryx alata Vogel*). *Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering*, 37(4), 739-749.
- Rogel-Castillo, C., Boulton, R., Opastpongkarn, A., Huang, G., & Mitchell, A. E. (2016). Use of near-infrared spectroscopy and chemometrics for the nondestructive identification of concealed damage in raw almonds (*Prunus dulcis*). *Journal of agricultural and food chemistry*, 64(29), 5958-5962.
- Rogel-Castillo, C., Luo, K., Huang, G., & Mitchell, A. E. (2017). Effect of drying moisture exposed almonds on the development of the quality defect concealed damage. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(40), 8948-8956.
- Sacilik, K., Elicin, A.K., Unal, H.G. (2006). Drying kinetics of Üryani plum in a convective hot-air dryer. *Journal of Food Engineering*, 76(3), 362-368.
- Sacilik, K., Yurtlu, Y.B., Unal, H.G. (2010). Thin layer convective drying and mathematical modeling of einkorn. *Conference Proceeding - 4th International Conference, TAE 2010: Trends in Agricultural Engineering Prague; Czech Republic; 7-10 September 2010*, pp. 540-548.
- Safary, M., & Chayjan, R. A. (2016). Optimization of almond kernels drying under infrared vacuum condition with microwave pretreatment using response surface method and genetic algorithm. *Jast*, 18, 1543-1556.
- Sahoo, M., Titikshya, S., Aradwad, P., Kumar, V., & Naik, S. N. (2022). Study of the drying behaviour and color kinetics of convective drying of yam (*Dioscorea hispida*) slices. *Industrial Crops and Products*, 176, 114258.
- Schade, J. E., McCreevy, K., King, A. D., Mackey, B., & Fuller, G. (1975). Incidence of aflatoxin in California almonds. *Applied Microbiology*, 29, 48-53.
- Schatzki, T. F., & Ong, M. S. (2001). Dependence of aflatoxin in almonds on the type and amount of insect damage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 4513-419.
- Silva, D. P. D., dos Santos, S. G., Silva, I. L., Silva, H. W. D., & Rodvalho, R. S. (2020). Drying kinetics and thermodynamic properties of bitter melon (*Momordica charantia* L.) leaves. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 24, 707-712.
- Silva, N.C.B., Santos, S.G.F., Silva, D.P., Silva, I.L., Rodvalho, R.S. (2019). Drying kinetics and thermodynamic properties of boldo (*Plectranthus barbatus* Andrews) leaves. *Cientifica*, 47(1), 01-07.
- Tarafdar, A., Jothi, N., & Kaur, B. P. (2021). Mathematical and artificial neural network modeling for vacuum drying kinetics of *Moringa olifera* leaves followed by determination of energy consumption and mass transfer parameters. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 24, 100306.
- Taşkın, O., & Nazmi, İzli. (2017). Kızılötesi kurutucu ile hurmanın kurutulması ve matematiksel modellenmesi. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 34(Ek Sayı), 10-15.
- Teixeira, P. C., Zuniga, A., & Ribeiro, L. (2015). Modelagem matemática e cinética da secagem da amendoa do baru (*Dipteryx alata vog*). *Enciclopédia Biosfera*, 11(21), 1309-1324.
- TÜİK, (2021). Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2021-37249> (Erişim tarihi: 18.07.2023).
- TÜİK, (2022). Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2022-37249> (Erişim tarihi: 18.07.2023).
- Venkitasamy, C., Zhu, C., Brandl, M. T., Niederholzer, F. J., Zhang, R., McHugh, T. H., & Pan, Z. (2018). Feasibility of using sequential infrared and hot air for almond drying and inactivation of *Enterococcus faecium* NRRL B-2354. *LWT*, 95, 123-128.
- Walton, D. A., Randall, B. W., Le Lagadec, M. D., & Wallace, H. M. (2013). Maintaining high moisture content of macadamia nuts-in-shell during storage induces brown

- centres in raw kernels. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(12), 2953-2958.
- Wareing, P. W., Nicolaides, L., & Twiddy, D. R. (2000). Nuts and nut products. *The microbiological safety and quality of food*, 1, 919-940.
- Yang, J., Bingol, G., Pan, Z., Brandl, M. T., McHugh, T. H., & Wang, H. (2010). Infrared heating for dry-roasting and pasteurization of almonds. *Journal of Food Engineering*, 101(3), 273-280.
- Yıldırım, A. (2021). Moisture diffusivity, hardness, gelatinization temperature, and thermodynamic properties of ultrasound assisted soaking process of cowpea. *Journal of Food Process Engineering*, 44(11), e13863.
- Yıldırım, N. A., Koyuncu, F., Tekintaş, E., & Yıldırım, A. F. (2008). Fatty acid content and some chemical properties of selected almond (*Prunus amygdalus* Batsch.) genotypes in Isparta province. *Journal of Adnan Menderes University Agricultural Faculty (Turkey)*.
- Yurtlu, Y.B. (2011). Drying characteristics of bay laurel (*Laurus nobilis* L.) fruits in a convective hot-air dryer. *African Journal of Biotechnology*, 10(47), 9593-9599.
- Yurtlu, Y.B., Aktaş, M., Dolgun, E.C., Bilim, H.I.C., Sacilik, K. (2022). Drying kinetics and thermodynamic properties of Uzun pistachios dried by convective drying. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(11), e17035.
- Zogzas, N.P., Maroulis, Z.B., Marinos-Kouris, D. (1996). Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs. *Drying Technology*, 14(10), 2225-2253.

Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon ön işleminin kırmızı pancarın kütle değişimi, kurutma kinetiği ve fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi

Determination the effect of osmotic dehydration pretreatment under vacuum condition on mass change, drying kinetics and physicochemical properties of red beet

Latife Betül GÜL^{1*} , Osman GÜL² 

¹Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Giresun, Türkiye

²Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kastamonu, Türkiye

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4732-7727>; ²ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1620-4246>

To cite this article:

Gül, L. & Gül, O. (2023). Vakum ortamında ozmotik dehidrasyon ön işleminin kırmızı pancarın kütle değişimi, kurutma kinetiği ve fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 27(4): 515-530

DOI: 10.29050/harranziraat.1301013

*Address for Correspondence:

Latife Betül GÜL

e-mail:

latife.betul@giresun.edu.tr

Received Date:

26.05.2023

Accepted Date:

08.10.2023

© Copyright 2018 by Harran University
Faculty of Agriculture. Available on-line
at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative
Commons Attribution-Non
Commercial 4.0 International License.

ÖZ

Bu çalışmada ön işlem olarak ozmotik dehidrasyon (OD) ve vakum emdirme (VE) uygulamalarının birlikte kullanılmasının kırmızı pancarda kütle transferi, kurutma kinetiği ve kalite özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla dilimler halinde pancara %40 ve %60 süzkroz çözeltisinde OD işlemi uygulanmıştır. OD işlemi ilk 20 dakika boyunca vakumlu (OD-VE) veya vakum uygulamasız olarak toplam 180 dakika boyunca gerçekleştirilmiştir. OD ön işlemi uygulanmayan örnek kontrol örneği olarak değerlendirilmiştir. Ön işlem uygulanmış ve uygulanmamış örnekler 60 °C sıcaklıkta 1 m s⁻¹ hava hızında konvektif olarak kurutulmuştur. OD işlemi su kaybı (SK) ve dolayısıyla ağırlık kaybının (AK) önemli düzeyde artmasına neden olmuştur. Bununla birlikte katı madde kazanımı (KK), OD-VE uygulaması ile önemli düzeyde artmıştır. Kontrol örneğinde nem içeriğinin %8'in altına inmesi için 390 dakika kurutma süresi gerekli iken OD-VE uygulaması ile bu süre 180 dakika kısalmıştır. Pancarın kurutma davranışını tanımlamak için 8 farklı yarı teorik matematiksel model uygulanmış ve Page modelinin ($R^2 > 0.997$, $RMSE < 0.018$ ve $\chi^2 < 0.431 \times 10^{-3}$) OD ve OD-VE ön işlemi uygulanan pancar dilimlerinin deneysel verilerine en iyi şekilde uyduğu, kontrol örneğinde ise Diffusion Approach modelinin daha uygun ($R^2 = 0.998$, $RMSE = 0.013$ ve $\chi^2 = 0.183 \times 10^{-3}$) olduğu saptanmıştır. Çalışmamızda en düşük büzülme oranı (%56.98) kurutma kinetiği verileri ile uyumlu olarak vakum altında %60 süzkroz çözeltisinde dehidre edilen örnekte saptanmış olup en yüksek toplam fenolik madde içeriği (3.39 mg GAE g⁻¹) ile antioksidan aktivite (%36.43) de aynı örnekte tespit edilmiştir. Renk ölçümleri sonuçlarından OD-VE ön işleminin kırmızı pancarın doğal kırmızı rengini korumada kullanılabileceği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kırmızı pancar, kurutma, ozmotik dehidrasyon, vakum emdirme, kütle ve ısı transferi

ABSTRACT

Determining the effect of using osmotic dehydration (OD) and vacuum impregnation (VI) applications together as a pretreatment on mass transfer, drying kinetics and quality properties of red beet was aimed. For this, OD treatment was applied to samples in 40% and 60% sucrose solutions. The OD process was carried out for a total of 180 minutes, with (OD-VI) or without vacuum during the first 20 minutes. Pre-treated and untreated samples were convectively dried at 60 °C at an air velocity of 1 m s⁻¹. The OD process caused a significant increase in water loss and thus in weight reduction. However, the

solid gain increased significantly with the OD-VI application. While 390 minutes of drying time was required for the moisture content to fall below 8%, this duration was shortened by 180 minutes with the OD-VI application. To describe the drying behavior of red beet, 8 semi-theoretical models were applied. Page model ($R^2>0.997$, $RMSE<0.018$ and $\chi^2<0.431\times 10^{-3}$) had the best fit to the experimental data of pretreated beet slices. For the control sample, Diffusion Approach model ($R^2=0.998$, $RMSE=0.013$ and $\chi^2=0.183\times 10^{-3}$) was more suitable. The lowest shrinkage rate (56.98%) was found in the sample dehydrated in 60% sucrose solution under vacuum in accordance with the drying kinetics data. The highest total phenolic content (3.39 mg GAE g^{-1}) and antioxidant activity (36.43%) were also detected in the same sample. According to the color measurements, it was understood that the OD-VI pretreatment could be used to preserve the natural red color of red beet.

Key Words: Red beet, drying, osmotic dehydration, vacuum impregnation, mass and heat transfer

Giriş

Pancar (*Beta vulgaris*), gümüş pancar, şeker pancarı, pancar ve yem pancarı çeşitlerini içeren Chenopodiaceae familyasının tatlandırma ajanı olarak kullanılan bir üyesidir (Hamid ve Mohamed Nour, 2018). Pancar çeşitlerinden biri olan kırmızı pancar (*Beta vulgaris L.*), içeriğindeki yüksek miktarda betalain, askorbik asit, karetonoidler, polifenoller, flavanoidler ve saponinler gibi biyoaktif bileşenlere bağlı olarak en değerli iki yıllık sebzelerden biridir (Calderón-Chiu ve ark., 2019; Ciuzyńska ve ark., 2021; Kowalski ve Łechtańska, 2015; Seremet Ceclu ve ark., 2020). Ayrıca içeriğinde doğal olarak bulundurduğu nitrat, kan damarlarındaki açılmaya ve daha fazla oksijenin taşınmasına yardımcı olan nitrik oksit adı verilen molekülün artışını sağlayarak; vücuttaki beyin, kalp ve kaslara giden kan akışını geliştirilmesinde rol oynamaktadır (Hamid ve Mohamed Nour, 2018). Kırmızı pancar tüketiminin kardiyovasküler sağlığı geliştirdiği, sistolik kan basıncını düşürdüğü, kolesterol seviyesini ve karaciğer fonksiyonlarını düzenlediği yönünde çok sayıda çalışma mevcuttur (Ciuzyńska ve ark., 2021; Hamid ve Mohamed Nour, 2018; Seremet Ceclu ve ark., 2020). Kırmızı pancar aynı zamanda cilt rahatsızlıklarının, soğuk algınlığı ve sindirim sorunlarının tedavisinde kullanılabilir (Ciuzyńska ve ark., 2021). Ancak taze kırmızı pancar diğer sebzeler gibi yüksek nem içeriğine bağlı olarak kolay bozulabilir nitelikte olmasından dolayı uzun dönem tüketimi için muhafazasına yönelik işlemler gerektirmektedir (Hamid ve Mohamed Nour, 2018; Seremet Ceclu ve ark., 2020).

Biyolojik ürünlerin mikrobiyal güvenliğinin sağlanmasında kullanılan en eski ve önemli metotlardan biri kurutmadır (Calderón-Chiu ve ark., 2019; Hamid ve Mohamed Nour, 2018; Mina ve ark., 2022). Kurutma ile gıdadan suyun uzaklaştırılması yoluyla mikrobiyal çoğalma

önlenecek gıda bozulmasının önüne geçilmektedir. Ayrıca kurutma ile birlikte gıdanın hacmi ve ağırlığı azaltılarak taşıma ve depolama işlemleri de kolaylaşmaktadır (Mina ve ark., 2022). Bununla birlikte konvektif kurutma fazla zaman ve enerji gerektiren (Aydos ve Ertaş, 2023; Carvalho ve ark., 2020) ve son üründe besinsel, fiziksel ve duyuşal özellikler açısından bazı kalite göstergelerini olumsuz etkileyen bir proses olduğu için bu olumsuz tarafların iyileştirilmesine yönelik ön işlemlerin, kurutma işlemine uyarlanması gereklidir (Bozkir ve Ergün, 2020; Karaboğa ve Yildirim, 2022). Literatürde bu doğrultuda yeni tekniklerin geliştirilmesini amaçlayan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Ahmad ve Zaidi, 2020; Carvalho ve ark., 2020). Son yıllarda yapılan çalışmalarda kurutma etkinliğini ve kurutma süresini kısaltmaya yönelik ozmotik dehidrasyon (OD), kimyasal ajan donma-çözülme, hidrokolloid kaplama, sulu etanole daldırma, ultrasonikasyon (US) veya bunların kombinasyonları gibi ön işlemler üzerinde durulmaktadır (Wu ve ark., 2023; Yun ve ark., 2023). OD gıdadan nemin uzaklaştırılmasında az enerji tüketimi ve fazlar arasında değiş tokuş meydana getiren teknolojik ve dinamik bir yöntemdir (Xiaojuan Wang ve ark., 2022). OD işleminde gıda materyalinin hipertonic bir çözeltiye daldırılmasıyla hücre duvarının yarı geçirgen bir zar gibi davranması sağlanmaktadır (Hashemi ve Jafarpour, 2021; Mokhtarian ve ark., 2014). Bu işlemin arkasındaki itici güç, her iki faz arasında meydana gelen ozmotik basınç farkıdır. OD sırasında, iki ana kütle akışı meydana gelmektedir (Macedo ve ark., 2022). Hipertonic çözelti ile hücre içi sıvılar arasındaki konsantrasyon farkıyla dokulardan ozmotik etkiyi yaratan hipertonic çözelti içerisine suyun difüzyonu gerçekleşmektedir. Böylece hücre suyu ve bazı

çözünen bileşenler ozmotik çözelti içerisine sızarken; ozmotik çözelti de hücreler arasına difüze olmaktadır (Hashemi ve Jafarpour, 2021; Hosseinzadeh Samani ve ark., 2021; Nowacka ve ark., 2021; Xiaojuan Wang ve ark., 2022). OD teknolojik ekipmanların ve nitelikli işgücünün kullanılmasını gerektirmediğinden ve oda sıcaklığında düşük maliyetle gerçekleştirilebilen doğal bir işlem olmasından dolayı son yıllarda daha fazla dikkat çekmektedir (Macedo ve ark., 2022).

OD işlemini takiben yapılan kurutma ile ürün kalitesinin arttığı ifade edilmektedir (Rahaman ve ark., 2019). Fakat ozmotik uygulama esnasında kütle transferi genellikle yavaş gerçekleşmekte olup kütle aktarım hızını arttırmak amacıyla çalışmalar yapılması ayrı bir önem taşımaktadır (Xiaojuan Wang ve ark., 2022). Bu amaçla uygulama esnasında ya da öncesinde kütle transfer hızını arttırmaya yönelik vurgulu vakum, vurgulu elektrik alan, yüksek hidrostatik basınç, radyasyon, merkezkaç kuvveti, US, mikrodalga, ohmik ısıtma gibi OD ile birlikte kullanılacak çeşitli teknikler geliştirilmiştir (Nowacka ve ark., 2021; Prithani ve Dash, 2020; Xiaojuan Wang ve ark., 2022). Özellikle son zamanlarda OD sırasında kütle transfer hızını en üst düzeye çıkarmak için, OD sürecinin ilk dakikalarında vakum emdirme (VE) uygulaması üzerinde durulmaktadır. Vakum uygulaması ile basınç düşmekte ve böylece gıdanın hücreler arası boşluklarında yer alan gazların hidrodinamik mekanizma ile uzaklaştırılması desteklenmektedir. Atmosfer basıncının yeniden başlamasıyla hipertonic çözelti bu boşlukları doldurmakta ve kütle transferi için uygun alanın artması sağlanmaktadır (Junqueira ve ark., 2021; Le ve Konsue, 2021; Macedo ve ark., 2022). Yanı sıra vakum kombinasyonu ile OD uygulamasının (OD-VE) ayrıca kurutulmuş ürünün besinsel değerini ve fizikokimyasal karakteristiğini koruduğu ifade edilmektedir (Le ve Konsue, 2021). Bu çalışmada konvansiyonel kurutma yöntemiyle kırmızı pancarın kurutulmasında ön işlem olarak OD-VE uygulamasının kütle transferi, kurutma kinetiği ve kurutulmuş pancar dilimlerinin fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Pancar dilimlerinin hazırlanması

Taze kırmızı pancarlar Kastamonu ilinde ve yetiştirme döneminde (Ekim, 2022) yerel marketten temin edilmiş; çalışma süresince 4–6°C sıcaklıkta depolanmış ve 1 hafta içinde de analizde kullanılmıştır. Dikkatlice kontrol edildikten sonra renk açısından ağırlıklı olarak kırmızı kabuk, bütünlük açısından zarar görmemiş ve olgunlaşmış olanları çalışma için seçilmiştir. Pancarlar sapları kesilip ve kabukları soyulduktan sonra 5x1x1 cm ebatlarında dilimler şeklinde kesilerek kurutma işlemleri ve analizlere hazırlanmışlardır (Günel, 2022; Kırbas ve ark., 2019).

OD ve OD-VE ön işleminin uygulanması

OD işleminde kullanılacak hipertonic çözelti, %40 ve %60 ($a \text{ h}^{-1}$) konsantrasyonlarında gıda olarak tüketilebilir sükröz ve destile su kullanılarak hazırlanmıştır. Bu konsantrasyonlara yapılan ön denemeler sonucu karar verilmiştir. Buna göre kontrol (dehidrasyon işlemi uygulanmamış, S1), %40 şeker çözeltisinde OD (S2), %40 şeker çözeltisinde OD + VE (S3), %60 şeker çözeltisinde OD (S4) ve %60 şeker çözeltisinde OD + VE (S5) olmak üzere toplam 5 örnekle çalışılmıştır. Analize hazırlanmış kırmızı pancar dilimleri, oda sıcaklığında belirlenen konsantrasyonlarda ozmotik çözelti içeren beherlere örnek/çözelti oranı 1:10 ($a \text{ h}^{-1}$) olacak şekilde aktarılmıştır. Kontrol örneği hariç tüm örneklerde OD işlemi 180 dakika boyunca gerçekleştirilmiştir. Vakum uygulamasının yapıldığı örneklere OD işleminin ilk 20 dakikasını süresince 200 mbar basınç altında vakum emdirme yapılmıştır. Dehidrasyon işleminin homojen şekilde gerçekleşebilmesi için her 30 dakikada bir ozmotik çözelti karıştırılmıştır. Kırmızı pancar dilimleri dehidrasyon süresi bitiminde çözeltiden alınarak üzerlerinden ozmotik çözeltinin uzaklaştırılması amacıyla absorbant bir kağıt ile kurulandıktan sonra tartılmıştır (Macedo ve ark., 2022).

Sıcak havada kurutma

Ön işlem uygulanan ve uygulanmayan (kontrol)

örnekler laboratuvar ortamında fanlı hava sirkülasyonlu etüv (MiproLab, Türkiye) kullanılarak konvansiyonel olarak kurutma işlemine tabi tutulmuşlardır. Bu amaçla örneklerin nem içerikleri %8'in altına düşene kadar atmosferik basınç altında 60 °C'de kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Kütle transfer hesaplamaları

Kırmızı pancar örneklerinin OD ön işlemleri sırasındaki kütle transferi olgusu, su kaybı (SK), kuru madde kazanımı (KK) ve ağırlık kaybı (AK) parametreleri hesaplanarak değerlendirilmiştir. Nem içeriği, örneklerin etüvde 105°C'de sabit bir ağırlığa ulaşılan kadar kurutulmasıyla gravimetrik olarak belirlenmiştir. Örneklerin SK, KK ve AK parametrelerinin hesaplanmasında aşağıda verilen eşitlikler kullanılmıştır (Bozkir ve Ergün, 2020):

$$SK = \frac{m_i Z_i - m_f Z_f}{m_i} * 100 \quad (1)$$

$$KK = \frac{m_i S_i - m_f S_f}{m_i} * 100 \quad (2)$$

$$AK = \frac{m_i - m_f}{m_i} * 100 \quad (3)$$

Burada m_i ve m_f örneklerin başlangıç ve son ağırlıklarıdır (g); z_i ve z_f , suyun ilk ve son kütle fraksiyonlarıdır (g su g numune⁻¹); ve s_i ve s_f , toplam katıların (g toplam katı g numune⁻¹) ilk ve son kütle fraksiyonlarıdır.

Kurutma karakteristikleri

Nem oranı

Kurutma kinetiği, kurutma işlemindeki değişimi analiz etmek için zamanla nem oranının (MR) değişimini kullanmakta olup kuruyan örneklerin herhangi bir andaki nem oranı aşağıda verilen eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır (Elhussein ve Şahin, 2018; Li ve ark., 2020):

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (4)$$

Burada M_t , t anındaki nem içeriğini ve M_e denge nem içeriğini ifade ederken; M_0 başlangıçtaki nem içeriğini ifade etmektedir. Denge nem içeriği, örneklerin 105°C'ye ayarlanmış fanlı etüv kullanılarak sabit ağırlığa kadar kurutulmasıyla elde edilmiştir.

Kurutma oranı

Kurutma hızı (DR) kullanılarak Eşitlik 5 kullanılarak

hesaplanmıştır.

$$DR = \frac{M_{t1} - M_{t2}}{t_2 - t_1} \quad (5)$$

Burada t_1 ve t_2 sırasıyla kuruma süresidir (dak), DR t_1 ve t_2 arasındaki kuruma hızıdır (g g dak⁻¹) ve M_{t1} ve M_{t2} kuru bazdaki nem içeriğidir (g g⁻¹). Kuru bazda nem içeriği Eşitlik 6 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$M_t = \frac{W_t - G}{G} \quad (6)$$

Burada W_t , herhangi bir andaki toplam kütle (g) ve G , kuru madde kütesidir (g).

Kırmızı pancar örneklerinin kurutma işlemi sırasındaki nem kaybını açıklamak için; yaygın olarak kullanılan Newton (7), Page (8), Modified Page (9), Logarithmic (10), Henderson and Pabis (11), Wang and Singh (12), Two Term (13) ve Diffusion Approach (14) olmak üzere 8 adet ince-tabaka kurutma matematiksel model kurutma eğrilerine uygulanmıştır.

$$MR = \exp(-kt) \quad (7)$$

$$MR = \exp(-kt^n) \quad (8)$$

$$MR = \exp(-(kt)^n) \quad (9)$$

$$MR = a \exp(-kt) + b \quad (10)$$

$$MR = a \exp(-kt) \quad (11)$$

$$MR = 1 + at + bt^2 \quad (12)$$

$$MR = a_1 \exp(-k_1 t) + a_2 \exp(-k_2 t) \quad (13)$$

$$MR = a \exp(-kt) + (1 - a) \exp(-kbt) \quad (14)$$

Kırmızı pancar örneklerinin kurutma eğrilerine uygulanan modellerin uyumluluğunun belirlenmesinde istatistiksel parametreler olan belirleme katsayısı (R^2), indirgenmiş ki-kare (χ^2) ve ortalama karesel hata (RMSE) kullanılmıştır. R^2 , χ^2 ve RMSE, sırasıyla Eşitlik 15, 16 ve 17 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR)^2} \quad (15)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N - z} \quad (16)$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2 \right]^{1/2} \quad (17)$$

Burada $MR_{exp,i}$, test için deneysel olarak boyutsuz nem oranını; $MR_{pre,i}$, tahmini boyutsuz nem oranını; N , gözlem sayısını ve z model sabitini ifade etmektedir. En düşük χ^2 ve RMSE değeri ile en yüksek R^2 değerlerine sahip olan model, kurutma davranışını en iyi tanımlayan model olarak seçilmiştir.

Renk ölçümü

Kırmızı pancar örneklerinin renk değerleri, beyaz ve seramik plakalar ile öncesinde kalibre edilen bir kolorimetre (Konica Minolta CM-5, Osaka, Japan) kullanılarak ölçülmüştür. CIELAB grafiği L^* , a^* , b^* renk değerlerinin değerlendirilmesinde kullanılmıştır (Macedo ve ark., 2022). Uygulanan OD işleminin renk değişimi üzerinde etkisini tanımlamak için toplam renk farkı (ΔE) Eşitlik 18 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (18)$$

Büzülme oranı (S_R)

Kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinin S_R değerleri Eşitlik 19 kullanılarak hesaplanmıştır. Taze ve kurutulmuş örneklerinin her bir ekseninin (x, y ve z) kenarları, bir dijital kumpas ($\pm 0,01$ mm) (Western, DC-60 modeli, Zhejiang, Çin) kullanılarak en az 5 ölçüm yapmak suretiyle belirlenmiştir (Macedo ve ark., 2022; Wu ve ark., 2023).

$$S_R(\%) = \frac{V_t - V_0}{V_0} \times 100 \quad (19)$$

Burada V_0 ve V_t kırmızı pancar örneklerinin sırasıyla kurutma öncesi ve sonrası hacimlerini göstermektedir.

Toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasite

OD ve OD-VE ön işlemleri uygulanmış ve uygulanmamış kuru kırmızı pancar örneklerinin toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasitenin belirlenmesinde Tekin ve Başlar (2018) tarafından verilen ekstraksiyon yönteminden yararlanılmıştır. Ekstraksiyon amacıyla 5 g örnek, 1:10 oranında metanol-su (80:10, h⁻¹) çözeltisi ile karıştırılarak ultra-Turrax (IKA, T18 Basic, Almanya) ile 1500 rpm hızında 5 dakika boyunca homojenize edilmiştir. Ardından örneklerdeki aktif bileşenlerin çözeltiye geçebilmesi için 2 saat boyunca çalkalama işlemi uygulanmıştır. Çalkalama işlemini takiben gerçekleştirilen santrifüj işleminde (4000 rpm'de 10 dakika, Nüve NF 800, Türkiye) elde edilen süpernatant filtre edildikten sonra toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasite için kullanılmıştır.

Toplam fenolik madde miktarı, Na₂CO₃'ün fenolik

bileşikler varlığında fenol ayracının indirgenmesi esasına dayanan Folin-Ciocalteu yöntemine göre tespit edilmiştir. Bu amaçla öncelikle 5 mL ekstrakt 2.5 mL 0.2 N Folin-Ciocalteu ayracı ve 2 mL %35 konsantrasyonda Na₂CO₃ çözeltisi ile karıştırılarak 30 sn süre ile vorteksledikten, sonrasında oda sıcaklığında karanlık ortamda 30 dakika inkübe edilmiş ve inkübasyon bitiminde ivedilikle spektrofotometrede (Shimadzu UV-1800, Japonya) 760 nm dalga boyunda absorpsiyon ölçümü yapılmıştır. Toplam fenolik madde miktarı, farklı konsantrasyonlarda standart galik asit çözeltisi (5-50 mg L⁻¹) kullanılarak oluşturulan kalibrasyon eğrisi ($R^2=0.998$) ile hesaplanmış ve sonuçlar mg GAE g⁻¹ olarak verilmiştir.

Kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinin antioksidan kapasiteleri, serbest bir radikal olan 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, 0.1 mL ekstrakt üzerine 4.9 mL 0.1 mM metanollü DPPH çözeltisi eklenmiş ve 30 saniye süreyle vorteksledikten sonra karışım oda sıcaklığında 30 dakika süreyle karanlık ortamda inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon süresi sonunda spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda absorpsiyon ölçümü gerçekleştirilmiştir (Abs_{517örnek}) (Singh ve ark., 2002). Şahit olarak pancar numuneleri yerine 0.1 mL metanol içeren aynı aşamaların yapıldığı örnek hazırlanmıştır (Abs_{517şahit}). Sonuçlar Eşitlik 20 kullanılarak hesaplanmış ve % inhibisyon olarak verilmiştir.

$$\% \text{ inhibisyon} = \frac{\text{Abs}_{517\text{şahit}} - \text{Abs}_{517\text{örnek}}}{\text{Abs}_{517\text{şahit}}} \times 100 \quad (20)$$

İstatistiksel analiz

Uygulanan tüm ön işlemler ve analizler 2 tekerrürlü ve 2 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Analizlerden elde edilen veriler SPSS istatistiksel paket programı (21.0 Versiyonu, SPSS Inc., Chicago) kullanımıyla varyans analizine (ANOVA), ardından %95 güven aralığında Duncan testine tabi tutulmuştur. Matematiksel modellerin deneysel verilere uyarlanmasında ise Sigma Plot programı (versiyon 10.0) lineer olmayan regresyon analizi kullanılmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

OD, OD-VE ön işleminin kütle transferi üzerine etkisi

Farklı konsantrasyonlarda OD ortamında vakum uygulanan ve uygulanmayan OD ön işleminin kırmızı pancarda neden olduğu kütle transferi sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir. OD-VE (S3 ve S5) işlemi uygulanmış örnekler, sadece OD (S2 ve S4) uygulanmış örneklerle kıyasla daha yüksek *KK* göstermiştir ($p<0.05$). Bu sonucun vakumun kütle transferini artırmasına dayandığı ifade edilmiştir (Junqueira ve ark., 2021; Macedo ve ark., 2022). Vakum ön uygulaması hücreler arası boşluklardaki gazı dokulardan uzaklaştırmış ve atmosferik koşula geldiği anda sükröz çözeltisi gıda matrisindeki

gözeneklere giriş yapmıştır. Bu da gıda ve ozmotik çözelti arasındaki açıktaki kalan alanı artırarak kütle transfer hızının artmasına yol açmıştır (Sharma ve Dash, 2019). Beklenildiği gibi en düşük *KK* değerleri %40 şeker çözeltisi ortamında vakumsuz OD uygulanan örnekte tespit edilmiştir. S2 ve S4 örneklerinde ozmotik çözeltinin konsantrasyonuna bağlı olarak katı madde kazanımında artış olduğu gözlenmiştir. Benzer şekilde Garcia-Noguera ve ark. (2010) çalışmalarında, katı madde kazanımındaki artışın uygulamada kullanılan çözeltinin konsantrasyonundaki artış ile ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Çizelge 1. OD ve OD-VE ön işleminin su kaybı (*SK*), katı madde kazanımı (*KK*) ve ağırlık kaybı (*AK*) parametreleri üzerine etkisi
Table 1. Effect of OD and OD-VI pretreatment on water loss (*WL*), solids gain (*SG*) and weight reduction (*WR*) parameters

OD ortamı OD conditions	<i>SK</i> (%)* <i>WL</i> (%)	<i>KK</i> (%) <i>SG</i> (%)	<i>AK</i> (%) <i>WR</i> (%)
S2	15.03±1.18 ^b	-0.32±0.23 ^c	22.64±1.39 ^{ab}
S3	12.06±0.59 ^c	3.01±0.87 ^{ab}	16.20±1.21 ^b
S4	24.61±0.91 ^a	1.29±1.09 ^{bc}	30.97±1.81 ^a
S5	23.43±2.06 ^a	4.44±1.12 ^a	26.42±3.02 ^a

^{a-d} Aynı sütündeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). S2, %40 şeker çözeltisinde OD; S3, %40 şeker çözeltisinde OD + VE; S4, %60 şeker çözeltisinde OD; ve S5, %60 şeker çözeltisinde OD + VE.

^{a-d} Different letters in the same column are statistically significant ($P < 0.05$). S1, control (not dehydrated); S2, OD in 40% sugar solution; S3, OD + VI in 40% sugar solution; S4, OD in 60% sugar solution; S5, OD + VI in 60% sugar solution.

Örneklerin *SK* değerleri incelendiğinde vakum uygulamasının örnekler üzerinde artırıcı etkisinin olmadığı; aksine vakum uygulamasının *SK* değerlerini azalttığı tespit edilmiştir. Benzer sonuç Junqueira ve ark. (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da gözlenmiş olup bu sonucun düşük gözenekli sebzelerde bulunan sıkı/yoğun doku yapısı ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. %60 konsantrasyona sahip OD ortamında vakum uygulamasının örneklerin *SK* değerlerinde istatistiksel bir fark oluşturmadığı gözlenmiştir ($p>0.05$). Kejing An ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada atmosferik koşullarda yapılan OD ön işleme kıyasla vakum altında yapılan OD uygulamasının örneklerin *SK* değerlerinde çok az bir artışa neden olduğu ve hatta 70 °Brix değerine sahip hipertonic çözeltideki *SK*’nın istatistiki olarak önemli olmadığı ifade edilmiştir. Hipertonic çözeltinin konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak çözelti viskozitesinin arttığı, yüksek viskozitenin de

SK için gerçekleşen kütle transferinde bir direnç meydana getirdiği ve hidrodinamik kütle transferini arttırdığı araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir. S2 ve S4 örnekleri değerlendirildiğinde dehidrasyonda kullanılan hipertonic çözelti konsantrasyonuna bağlı olarak *KK* değerlerine paralel şekilde *SK* değerinde de artış olduğu belirlenmiştir. Örneklerde artan *SK* değerinin, ozmotik çözelti içerisinde çözünebilir toplam kuru madde konsantrasyonunun artışıyla gerçekleşen yüksek ozmotik basınca bağlı olduğu literatürde bildirilmiştir (Kejing An ve ark., 2013; Rodrigues ve ark., 2009).

Örneklerin *AK* verileri *SK* verileri ile uyumlu olacak şekilde belirlenmiştir. Ağırlık kaybının en fazla (%30.97) gözlemlendiği örnek su kaybının en fazla olduğu örneklerden biri olan S4 örneğinde; en az (%16.2) olduğu ise su kaybının en az olduğu S3 örneğinde belirlenmiştir.

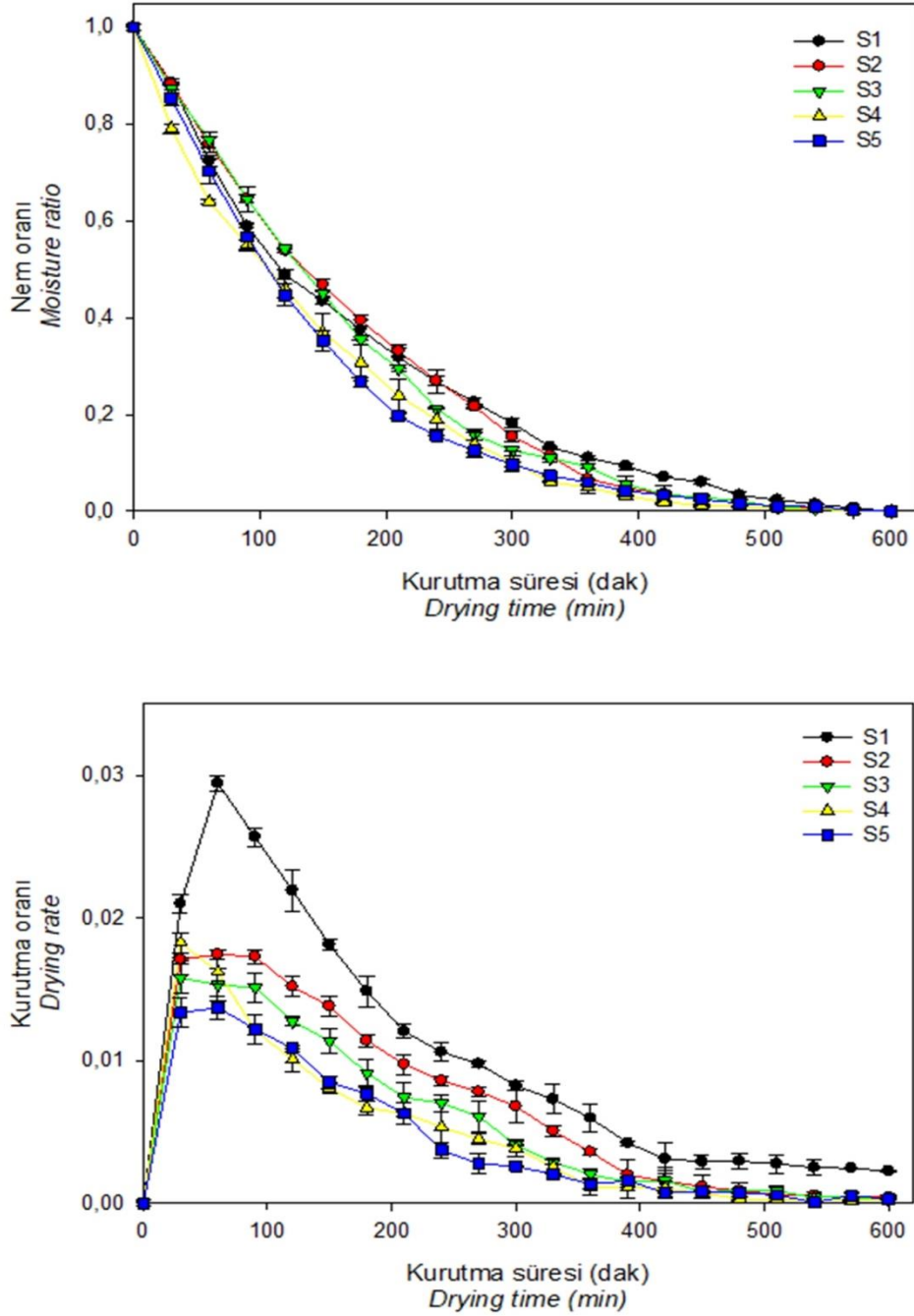
Vakum uygulamasının örneklerin kurutma kinetiği

parametrelerinde *KK* üzerinde *SK* değerine göre daha anlamlı bir etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum vakum emdirmenin su ve çözünen maddelerin akışı üzerindeki etki mekanizmasının farklı şekilde gerçekleşmesi ile ilişkilidir. *SK*, gıda materyali ve ozmotik çözelti arasındaki basınç gradyenleri tarafından teşvik edilen temel kinetik parametresidir. Ancak *KK* daha çok gıda dokularının mikro yapısına bağlıdır ve her ikisi de hipertonic çözeltinin vizkozitesi ile sınırlandırılmaktadır. VE ozmotik basınç gradyenleri üzerinde etki göstermemekte fakat büyük oranda gıda dokusunun yapısını değiştirmekte böylece çözünmüş şeker ve sıvı difüzyonunun artmasında rol oynamaktadır. Ayrıca *KK* ve *SK* örneklerin gözenekli yapısından da etkilenmektedir. Bundan dolayı OD esnasında uygun bir *KK/SK* elde edebilmek için vakum, çözelti konsantrasyonu ve gıdanın biyolojik yapısı göz önünde bulundurulmalıdır (Kejing An ve ark., 2013).

Pancar örneklerinin sıcak havada kurutulması

Çalışmada kullanılan tüm örneklerin nem ve kurutma oranları Şekil 1'de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde tüm örneklerin kuruma hızı kurutma işleminin başlangıç aşamasında ürün sıcaklığındaki artış ile hızla artmış, tepe noktasına ulaştıktan sonra ise kademeli bir azalma eğilimi sergilemiştir. Maksimum değere ulaştıktan sonra kuruma hızının azalmasının nedeni, örneklerin çok fazla serbest su kaybetmesinden sonra bağlı suyu uzaklaştırmak için daha fazla enerji harcaması ve dolayısıyla hızın yavaşlamasıdır. Sıcak havanın etkisi nedeniyle, iç nem zamanla yüzeye yeterince transfer olamamakta ve materyalin içindeki nemin difüzyon hızı, yüzeyin buharlaşma hızından daha küçük olduğundan materyal sabit hızda kuruyamamaktadır. Bazı çalışmalarda benzer kuruma hızı davranışı bildirilmiştir (K. An ve ark., 2019; X. Wang ve ark., 2019). Beklenildiği gibi ön işlem uygulanmasıyla

kurutma işleminin hızlandığı gözlenmiştir. Kurutma işleminin başlangıcında kurumanın en hızlı gerçekleştiği örnek %60 şeker ortamında vakum emdirmeli OD ön işlemi uygulanan S5 örneği olmuştur ($p<0.05$). Kontrol örneğinin (S1) nem içeriğinin %8'in altına ulaşması için geçen süre 420 dakika olarak belirlenmiş olup OD ön işlemi kurutma süresinin önemli bir şekilde kısalmasını sağlamış, S2, S3, S4 ve S5 örnekleri için kurutma süresi sırasıyla 300, 270, 240 ve 210 dakika olarak tespit edilmiştir. OD ile kombine bir şekilde VE ön işlemi kullanılmasının kurutmada hedef nem içeriğine ulaşılması için gerekli olan süreyi kısalttığı tespit edilmiştir. Sıcak havayla kurutma sırasında, yüzeydeki nem uzaklaştığında, dokuların içindeki su moleküllerinin sıcak hava ile taşınabilmesi için yüzeye göç etmesi gerekmektedir. Nem göçüyle beraber dokudaki çözünür maddeler (karbonhidratlar ve diğerleri) yüzeye taşıdığından numune yüzeyi zenginleşmekte; bu da iç dokularından suyun uzaklaştırılmasına karşı daha büyük bir direnç sağlamaktadır. Literatürde vakum işleminin dokuların hücreler arası boşlukları genişlettiği, bunun da çözünür katı tabakadaki tıkanıkları azaltabileceğinin ve sonuç olarak VE-OD uygulanmış örneklerde nemin daha hızlı salınacağı belirtilmiştir (Xiaojuan Wang ve ark., 2022). Janowicz ve ark. (2021) tarafından da vakum uygulamasıyla yapılan OD işleminin atmosferik koşullarda yapılan OD işleme kıyasla denge nem içeriğine ulaşmada kurutma süresini istatistiki olarak anlamlı şekilde kısalttığı belirtilmiştir. Aynı şekilde Şahin ve Öztürk (2016) tarafından incirlerin kurutulması üzerine gerçekleştirilen çalışmada OD işleminin vakum ortamında gerçekleştirilmesiyle kurutma süresinin önemli bir şekilde kısaldığı, ön işlemin kabukta meydana gelen mikro kabuklar ve mumsu tabakaları uzaklaştırması sonucu kurumanın kolaylaştığını bildirmişlerdir.



Şekil 1. Kontrol ve OD ön işlemleri uygulanmış pancar dilimlerinin kurutma süresince nem ve kurutma oranındaki değişim (S1, kontrol (dehidrasyon işlemi uygulanmamış); S2, %40 şeker çözeltisinde OD; S3, %40 şeker çözeltisinde OD + VE; S4, %60 şeker çözeltisinde OD; ve S5, %60 şeker çözeltisinde OD + VE)

Figure 1. Change in moisture and drying rate of control and OD pretreated beet slices during drying (S1, control (not dehydrated); S2, OD in 40% sugar solution; S3, OD + VI in 40% sugar solution; S4, OD in 60% sugar solution; and S5, OD + VI in 60% sugar solution)

Kurutma kinetiği

Pancar örneklerinin kurutma karakteristiğini tanımlamak için elde edilen deneysel veriler sekiz farklı modele uyarlanmış ve elde edilen çıktılar Çizelge 2'de verilmiştir. R^2 , χ^2 ve $RMSE$ değerleri hesaplanarak oluşturulan modellerin uyumluluğuna karar vermek için kullanılmıştır. Pancar örneklerinin kurutulmasının tahmininde, modellerden elde edilen yüksek R^2 (>0.95), düşük χ^2 (en yüksek 2.731×10^{-3}) ve $RMSE$ (<0.05) değerleri uygulanan bütün

matematiksel modellerin pancar örneklerinin kurutma davranışına uyumlu olduğunu ifade etmektedir. Ancak R^2 , χ^2 ve $RMSE$ değerleri tek tek incelendiğinde Page modelinin kontrol örneği hariç bütün örneklerin kurutma davranışını tanımlayan en iyi model olduğu söylenebilir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde nar taneleri (Horuz ve Maskan, 2013), şeftali dilimleri (Zhu ve Shen, 2014), sarımsak püresinin (İlter ve ark., 2018), patates dilimleri (Rojas ve Augusto, 2018), kırmızı pancar

Çizelge 2. Ön işlem uygulanmamış (kontrol) ve OD ön işlemleri uygulanmış kırmızı pancarın kurutulması için 8 adet ince-tabaka kurutma matematiksel modellerinin parametreleri ve istatistiksel parametreler

Table 2. Parameters of 8 thin layer drying mathematical models for drying unpretreated (control) and OD pretreated red beet and statistical parameters

Örnek Sample	Model Model	R^2	RMSE	$\chi^2(10^{-3})$	Model sabitleri Model constants
S1	Newton	0.9946	0.021	0.482	$k=0.0058$
	Page	0.9969	0.016	0.317	$k=0.0036; n=1.0844$
	Modified Page	0.9965	0.017	0.316	$k=0.0057; n=1.0858$
	Logarithmic	0.9949	0.019	0.457	$k=0.0059; a=1.0265; b=7.29 \times 10^{-13}$
	Henderson and Pabis	0.9952	0.019	0.433	$k=0.0049; a=1.0261$
	Wang and Singh	0.9808	0.039	1.719	$a=-0.004; b=4.11 \times 10^{-6}$
	Two Term	0.9946	0.019	0.484	$k_1=0.0059; k_2=0.0059; a_1=0.5458; a_2=0.4808$
	Diffusion Approach	0.998	0.013	0.183	$k=0.0051; a=1.0495; b=0.4127$
S2	Newton	0.9827	0.041	1.731	$k=0.0058$
	Page	0.9982	0.017	0.355	$k=0.0014; n=1.2581$
	Modified Page	0.9962	0.018	0.384	$k=0.0055; n=1.2592$
	Logarithmic	0.9849	0.036	1.515	$k=0.0061; a=1.0597; b=9.45 \times 10^{-13}$
	Henderson and Pabis	0.9857	0.036	1.435	$k=0.0056; a=1.0547$
	Wang and Singh	0.997	0.016	0.296	$a=-0.004; b=4.03 \times 10^{-6}$
	Two Term	0.9840	0.036	1.605	$k_1=0.0061; k_2=0.0063; a_1=1.0597; a_2=0.4059$
	Diffusion Approach	0.9888	0.031	1.118	$k=0.0064; a=1.121; b=0.4707$
S3	Newton	0.9814	0.038	1.558	$k=0.006$
	Page	0.9988	0.009	0.119	$k=0.0015; n=1.2766$
	Modified Page	0.9988	0.01	0.121	$k=0.0058; n=1.2773$
	Logarithmic	0.9873	0.039	1.265	$k=0.0061; a=1.065; b=8.34 \times 10^{-13}$
	Henderson and Pabis	0.988	0.032	1.198	$k=0.0061; a=1.006$
	Wang and Singh	0.9932	0.025	0.679	$a=-0.0042; b=4.33 \times 10^{-6}$
	Two Term	0.9866	0.033	1.339	$k_1=0.0064; k_2=0.0063; a_1=1.065; a_2=0.4077$
	Diffusion Approach	0.9922	0.026	0.775	$k=0.0068; a=1.1373; b=0.4671$
S4	Newton	0.9938	0.023	0.535	$k=0.0071$
	Page	0.997	0.018	0.431	$k=0.0048; n=1.0761$
	Modified Page	0.9961	0.019	0.435	$k=0.007; n=1.0763$
	Logarithmic	0.9932	0.022	0.589	$k=0.0072; a=1.0061; b=6.84 \times 10^{-13}$
	Henderson and Pabis	0.9935	0.022	0.558	$k=0.0059; a=1.0081$
	Wang and Singh	0.9694	0.049	2.646	$a=-0.0046; b=5.09 \times 10^{-6}$
	Two Term	0.9928	0.022	0.624	$k_1=0.0072; k_2=0.007; a_1=0.5089; a_2=0.4972$
	Diffusion Approach	0.9932	0.022	0.585	$k=0.0072; a=1.014; b=0.6217$
S5	Newton	0.9935	0.024	0.591	$k=0.0072$
	Page	0.9998	0.003	0.018	$k=0.0029; n=1.1761$
	Modified Page	0.9991	0.004	0.022	$k=0.0071; n=1.1769$
	Logarithmic	0.9952	0.019	0.441	$k=0.007; a=1.047; b=5.49 \times 10^{-13}$
	Henderson and Pabis	0.9954	0.019	0.418	$k=0.0075; a=1.0485$
	Wang and Singh	0.9701	0.049	2.738	$a=-0.0046; b=5.21 \times 10^{-6}$
	Two Term	0.9949	0.019	0.467	$k_1=0.0075; k_2=0.0071; a_1=0.8352; a_2=0.2117$
	Diffusion Approach	0.999	0.004	0.018	$k=0.0092; a=1.4936; b=0.6003$

S1, kontrol (dehidrasyon işlemi uygulanmamış); S2, %40 şeker çözeltisinde OD; S3, %40 şeker çözeltisinde OD + VE; S4, %60 şeker çözeltisinde OD; ve S5, %60 şeker çözeltisinde OD + VE.

S1, control (not dehydrated); S2, OD in 40% sugar solution; S3, OD + VI in 40% sugar solution; S4, OD in 60% sugar solution; S5, OD + VI in 60% sugar solution.

(Ceclu ve ark., 2016) gibi ürünlerin kurutulmasında da Page modelinin en uygun model olduğu rapor edilmiştir. Kontrol örneğinin kurutma davranışını belirleyen en iyi model ise Diffusion Approach modeli olduğu belirlenmiştir. Kontrol örneğinin kurutma davranışındaki farklılık kurutma kinetiği verileri ile de örtüşmektedir. Literatürde kurutma çalışmalarında Diffusion Approach modelin etkinliğinin araştırıldığı ve

hatta uygun bulunduğu çok sayıda çalışma bulunmaktadır (de Freitas ve ark., 2021; Fotiou ve ark., 2023; Mina ve ark., 2022; N. C. Santos ve ark., 2023; Newton Carlos Santos ve ark., 2022; Wu ve ark., 2023)

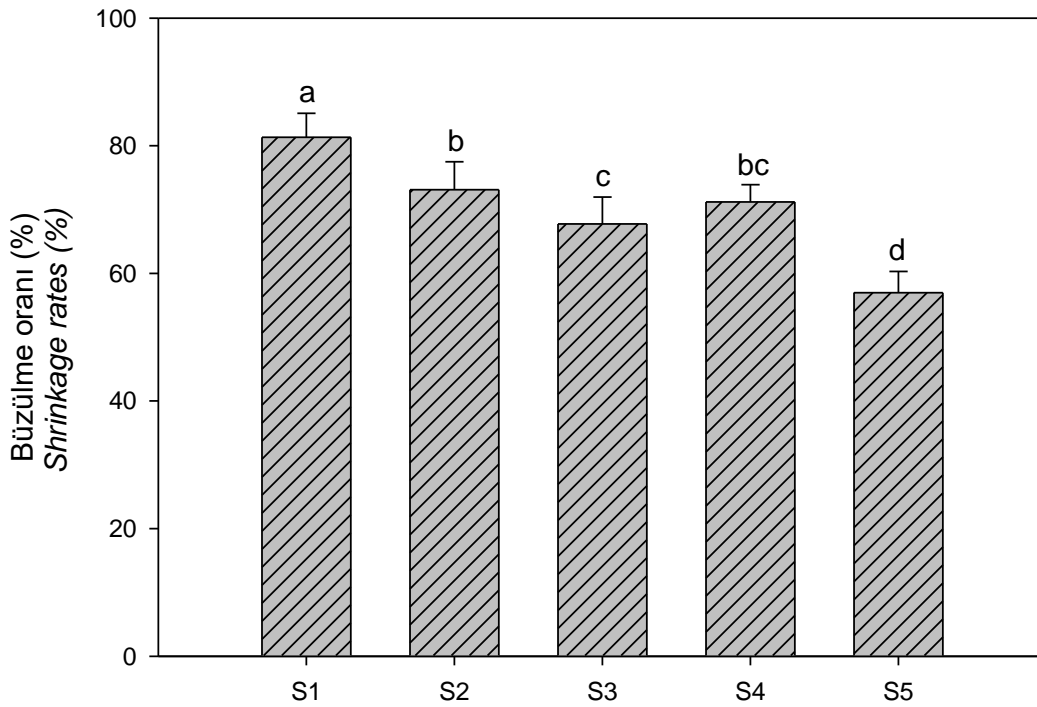
Page modeldeki kütle transferi ile ilişkili kinetik parametrelerden biri olan k değeri 0.0014 ile 0.0048 arasında tespit edilmiştir ve ozmotik dehidrasyonda

şeker konsantrasyonunun artışına bağlı olarak arttığı gözlenmiştir. Yine kurutma esnasındaki kütle transferi ile ilgili parametrelerden bir diğeri olan n değeri (Simpson ve ark., 2017), 1.0761 ile 1.2766 aralığında bulunmuştur. Genel bir ifadeyle hesaplanan n değerlerinin 1'den büyük olması süper difüze olma özelliğine işaret etmektedir (Simpson ve ark., 2017). Page modeli ile elde edilen n değeri hipertonic çözeltideki artan şeker konsantrasyonuna bağlı olarak azalma göstermiş, OD işleminin VE uygulamasıyla birlikte yapılması sonucu kısmen artmıştır.

Büzülme oranı

Bitkisel gıdalar kurutma sırasında dokulardan nemin uzaklaştırılmasıyla orantılı olarak büzülme oranları (Richter Reis ve ark., 2022). Büzülme tanım olarak üründen suyun uzaklaştırıldığı andaki oluşan basınç dengesizliğinin neden olduğu kasılma stresinin

sonuçta ortaya çıkardığı hacimsel azalmadır. Kasılma, OD sırasındaki difüzyon katsayısını düşürerek yapıyı değiştirmekte ve bitkisel dokunun gözenekliliğini azaltmaktadır. Bu nedenle büzülme, OD'a maruz kaldığında gıdada meydana gelen temel fiziksel değişikliklerden biridir (Macedo ve ark., 2022). Kuruma hızları düşük olduğunda ürün büzülme ve daha yoğun hale gelmektedir. Kuruma hızı yüksek olduğunda ise büzülme bir dereceye kadar sınırlayan yüzey sertleşmesi meydana gelmektedir (Richter Reis ve ark., 2022). Şekil 2'de pancar örneklerinde meydana gelen büzülme oranları (%) yer almaktadır. Ön işlemin büzülme oranını azalttığı ve OD esnasında VE uygulamasının da bu oranı daha da düşürdüğü tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Şahin ve Öztürk (2016) çalışmalarında sonuçlarımızla benzer şekilde ön işlemin büzülme oranında azalmaya sebep olduğunu saptamışlardır.



Şekil 2. Pancar örneklerinin kurutma sonrası büzülme oranları (%) (S1, kontrol (dehidrasyon işlemi uygulanmamış); S2, %40 şeker çözeltisinde OD; S3, %40 şeker çözeltisinde OD + VE; S4, %60 şeker çözeltisinde OD; ve S5, %60 şeker çözeltisinde OD + VE)

Figure 2. Shrinkage rates (%) of beet samples after drying (S1, control (not dehydrated); S2, OD in 40% sugar solution; S3, OD + VI in 40% sugar solution; S4, OD in 60% sugar solution; and S5, OD + VI in 60% sugar solution)

Çalışmamızda en düşük büzülme oranı (%56.98) %60 şeker çözeltisinde vakum altında dehidre edilen S5 örneğinde saptanmıştır. Bu sonuç kurutma kinetiği verileri ile de örtüşmektedir. Hızlı kuruma ile kurumaya eşlik eden kabarma olgusu, gıdada

gözenekli bir doku oluşturmaktadır. Bu da çitir ve narin bir doku oluşumunu sağlayarak ürünün yoğunluğunu ve büzülmesini azaltmaktadır (Nistor ve ark., 2017). Kejing An ve ark. (2013) araştırmalarında en az büzülme oranını 50 °Brix değerinde vakum

altında OD ön işlemleri uyguladıkları örnekte tespit etmişlerdir. Bu durumu ozmoz sırasındaki şeker infüzyonunun kurutma esnasında meydana gelebilecek hücresel hasara karşı, pektin iskeletini desteklemesi ve kaplaması ile açıklamışlardır. Ön işlemlerin kullanımı ve bunların kombinasyonları kullanılan kurutma yönteminden bağımsız olarak kurutulmuş meyve ve sebzelerin büzülmesinde azalmaya neden olmakta ve bu da daha iyi bir ürün kalitesi ile sonuçlanmaktadır (Richter Reis ve ark., 2022).

Renk özellikleri

Gıdaların rengi, tüketicilerin gıdalarda algıladığı ilk özelliktir ve kalite değerlendirmesinde kullanılan en önemli parametrelerden biridir (Mocanu ve ark., 2020; Richter Reis ve ark., 2022; Seremet Ceclu ve ark., 2020). Kırmızı pancara rengini veren pigment betalain olarak adlandırılmakta ve bu bileşiğin yaklaşık %75-95'i betaninden oluşmaktadır (Kowalski ve Łechtańska, 2015). Pancarın çeşitleri ve kırmızılıkları betasiyanin ve betaksantin oranlarına bağlıdır (Seremet Ceclu ve ark., 2020). Taze ve kurutulmuş kırmızı pancar örneklerinde meydana gelen renk değişimleri (L^* , a^* ve b^*) ve hesaplanmış ΔE ve C^* değerleri Çizelge 3'te görülmektedir. Maillard reaksiyonu, pigment degradasyonu, enzimatik esmerleşme ve askorbik asit oksidasyonu gibi birçok faktör, kurutma sırasında ürün renginin değişmesine neden olabilmektedir. Bahsi geçen bu faktörlerin kombinasyonu, ürünün nihai renk

özelliklerini belirlemektedir (Richter Reis ve ark., 2022; Xiaojuan Wang ve ark., 2022). Benzer şekilde, OD ve OD-VE süreçlerindeki farklı konsantrasyona sahip ozmotik çözeltiler pancar örneklerinin renk değerlerinde farklılaşmalara neden olmuştur. Çizelgeden de görüldüğü üzere taze kırmızı pancarın L^* , a^* , b^* ve C^* değeri sırasıyla 23.96, 24.39, 9.86 ve 25.91 olarak belirlenmiş olup kurutma işlemi ile birlikte renk değerlerinde azalma meydana gelmiştir ($P<0.05$). Uygulanan OD ön işlemi S4 örneği hariç kontrol örneğine kıyasla L^* değerinin daha fazla azalmasına neden olmuştur. Bununla birlikte OD'nun VE işlemi ile birlikte gerçekleştirilmesiyle L^* değerlerinde daha fazla azalma gözlenmiştir. Her iki konsantrasyonda da OD'na VE işleminin dahil edilmesi örneklerin parlaklığının azalmasında rol oynamıştır. L^* değeri için ortaya çıkan değişimin benzeri C^* parametresi için de gözlenmiştir. Kırmızı rengi ifade eden a^* değerinin hem OD çözelti konsantrasyonunun artışı hem de dehidrasyon işleminin vakum ortamında yapılmasıyla artış gösterdiği saptanmıştır ($p<0.05$). OD-VE ön işleminin kısmen kırmızı pancarın doğal kırmızı rengini korumada etkili bir şekilde kullanılabileceği anlaşılmaktadır. Sarı rengin göstergesi olan b^* değerinin ise kurutma işlemi ile birlikte azalma gösterdiği tespit edilmiş olup aynı zamanda OD ve OD-VE işlemlerinin azalma hızını arttırdığı gözlenmiştir ($p<0.05$).

Çizelge 3. Taze, ön işlem uygulanmamış (kontrol) ve OD ön işlemi uygulanmış kırmızı pancarın renk değerleri

Table 3. Color values of fresh, untreated (control) and OD pretreated red beet

Örnek Sample	L^*	a^*	b^*	ΔE	C^*
Taze Fresh	23.96±0.59 ^a	24.39±0.42 ^a	9.86±0.63 ^a	-	25.91±0.57 ^a
S1	21.65±0.79 ^b	11.66±0.19 ^e	3.63±0.61 ^b	14.57±0.27 ^a	21.91±0.91 ^b
S2	20.21±0.19 ^c	12.27±0.83 ^e	3.39±0.39 ^{bc}	14.12±0.64 ^{ab}	20.55±0.22 ^c
S3	19.78±0.54 ^c	13.25±0.19 ^d	2.6±0.28 ^{cd}	13.97±0.68 ^{ab}	19.95±0.56 ^c
S4	22.17±0.46 ^b	14.01±0.48 ^c	1.84±0.5 ^{de}	13.29±0.53 ^{bc}	22.25±0.48 ^b
S5	19.67±1.56 ^c	16.39±0.32 ^b	1.34±0.1 ^e	12.49±0.61 ^c	19.71±1.56 ^c

^{a-d} Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). S1, kontrol (dehidrasyon işlemi uygulanmamış); S2, %40 şeker çözeltisinde OD; S3, %40 şeker çözeltisinde OD + VE; S4, %60 şeker çözeltisinde OD; ve S5, %60 şeker çözeltisinde OD + VE.

^{a-d} Different letters in the same column are statistically significant ($P < 0.05$). S1, control (not dehydrated); S2, OD in 40% sugar solution; S3, OD + VI in 40% sugar solution; S4, OD in 60% sugar solution; S5, OD + VI in 60% sugar solution.

Bu sonuç doğrudan kurutma işleminin kırmızı pancarın rengini sarı-kahverengiye doğru değiştirdiğini göstermekte; öte yandan VE ve OD ön işlemlerinin kurutma esnasında gerçekleşen esmerleşme reaksiyonlarına yön veren enzimleri inhibe ettiğini ifade etmektedir (K. An ve ark., 2019; X. Wang ve ark., 2019). ΔE işlem görmemiş taze kırmızı pancar örneği baz alınarak hesaplanmıştır. Bu bağlamda düşük ΔE değeri taze örnek ile işlem görmüş örnek arasında renk farkının az olduğunu ifade etmektedir. OD ön işleminin örneklerde meydana gelen toplam renk farklılığını azalttığını, dahası uygulanan OD-VE ön işleminin bu azalmaya önemli düzeyde katkı sağladığı görülmektedir. En düşük ΔE değeri vakum altında %60 sükröz çözeltisi kullanılarak dehidre edilen S5 örneğinde belirlenmiştir. Sonucumuza paralel olarak. Kejing An ve ark. (2013) çalışmalarında 50 °Brix sükröz çözeltisi kullanarak yaptıkları dehidrasyon işlemindeki örnekte ön işlem görmeden kurutulmuş örneğe göre daha düşük ΔE değeri saptamışlardır. Öte yandan Macedo ve ark. (2022) tarafından da çalışmalarında dehidrasyon esnasında sükröz ve eritritol çözeltileri kullanıldığında vakum uygulamasının ΔE 'yi arttırdığını tespit etmişler; bunu da vakumun kütle transferini artırmasına bağlamışlardır. Çalışmalar arasındaki bu farklılık kullanılan hammadde ve bileşiminin farklı olması, kurutma koşullarındaki farklılık ve dahası OD sırasında kullanılan hipertonic ortam farklılığından kaynaklanmış olabilir.

Toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasite

Çizelge 4. Ön işlem uygulanmamış (kontrol) ve OD ön işlemi uygulanmış kırmızı pancar örneklerinin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitesi

Table 4. Total phenolic content and antioxidant capacity of untreated (control) and OD pretreated red beet samples

Örnek Sample	Toplam fenolik madde (mg GAE g ⁻¹) Total phenolic substance (mgGAE g ⁻¹)	Antioksidan kapasite (% inhibisyon) Antioxidant capacity (inhibition %)
S1	2.29±0.04 ^c	22.39±3.27 ^b
S2	2.83±0.09 ^b	32.34±1.78 ^a
S3	2.94±0.07 ^b	35.54±1.66 ^a
S4	3.32±0.13 ^a	35.24±2.2 ^a
S5	3.39±0.18 ^a	36.43±2.97 ^a

^{a-d} Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05). S1, kontrol (dehidrasyon işlemi uygulanmamış); S2, %40 şeker çözeltisinde OD; S3, %40 şeker çözeltisinde OD + VE; S4, %60 şeker çözeltisinde OD; ve S5, %60 şeker çözeltisinde OD + VE.

^{a-d} Different letters in the same column are statistically significant (P < 0.05). S1, control (not dehydrated); S2, OD in 40% sugar solution; S3, OD + VI in 40% sugar solution; S4, OD in 60% sugar solution; S5, OD + VI in 60% sugar solution.

Çizelge 4'te kontrol ve OD işlemi uygulanmış pancar örneklerinin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasite (% inhibisyon) değerleri verilmiştir. Ön işlem uygulanmadan kurutulan kontrol örneğinin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasite değerleri sırasıyla 2.29 mg GAE g⁻¹ ve %22.39 olarak belirlenmiştir. Kurutma öncesi uygulanan OD işleminin örneklerin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasite değerlerinde önemli artışa neden olduğu tespit edilmiştir (P<0.05). Dahası OD ile birlikte vakum uygulaması yapıldığında vakum uygulaması yapılmayan örneklere kıyasla toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasite değerlerinde kısmi bir artış gözlenmiş olup istatistiksel olarak önemsizdir (P>0.05). Buna göre en yüksek toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasite değerleri S5 örneğinde tespit edilmiş olup sırasıyla 3.73 mg GAE g⁻¹ ve %36.43'dür. Bulgularımıza benzer şekilde Xiaojuan Wang ve ark. (2022) tarafından da vakum ön işlemi uygulanarak ozmotik dehidrasyona tabi tutulan örnekler ile yalnız OD uygulanan örnekler arasında toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasite açısından önemli bir fark tespit edilmediği ifade edilmiştir. Tabloda veriler değerlendirildiğinde genel olarak toplam fenolik madde içeriği değerlerinde saptanan farklılaşmanın antioksidan kapasite değerlerinde tespit edilmediği gözlemlenmektedir. Antioksidan kapasite OD esnasında fenolik ve flavonoid bileşenlerin tutulmasına bağlıdır.

Bazı araştırmacılar, OD'nin nihai ürünün kimyasal özellikleri üzerindeki etkisinin, OD sırasında değişen ve değişmeyen hücrelerin oranı ile ilgili olduğunu belirtmişlerdir (Calderón-Chiu ve ark., 2019). Bununla birlikte kurutulmuş pancar örneklerinde AK artışının toplam fenolik içeriğindeki artış ile paralel şekilde gerçekleştiğine dair literatürde çalışmalar mevcuttur (Hamid ve Mohamed Nour, 2018; Petruş ve ark., 2018). Ancak aksi şekilde yüksek konsantrasyona sahip hipertonic çözeltide uygulanan OD işleminde örneklerdeki şeker kazanımındaki artışın biyoaktif bileşiklerin tutulmasında ve antioksidan kapasite üzerinde doğrudan etkiye sahip olduğu da literatürde ifade edilmiştir (Le ve Konsue, 2021).

Sonuçlar

Bu çalışmada farklı konsantrasyonda vakum altında veya vakumsuz OD işlemi uygulamasının kırmızı pancarın kütle transferi, kuruma özellikleri ve kinetiği ile ürün kalitesi üzerine etkisi ortaya konmuştur. Çalışma, ön işlem görmemiş ve %40 ve %60 şeker ortamında sadece OD ve OD-VE ön işlemlerinin uygulanmasıyla örnekler arasındaki farklılıkların karşılaştırılmasıyla kuruma kinetiklerinin matematiksel modellemesini içeren yenilikçi bilgiler sunmaktadır. OD-VE ön işleminin kırmızı pancarın kurutulması üzerine etkili olduğu, kurutulmuş örneklerin özelliklerinde değişiklikler meydana getirdiği belirlenmiştir. Dehidrasyon işleminde artan şeker konsantrasyonunun yanında vakum uygulanmasıyla su kaybının ve katı madde kazanımının arttığı ve sonuçta bu artış ile ilişkili şekilde kurutma süresinin anlamlı düzeyde azaldığı belirlenmiştir. Ön işlem uygulanmış kırmızı pancar örneklerinin kurutulmasında kuruma davranışını en iyi tanımlayan modelin Page modeli olduğu; buna karşın kontrol örneğinde ise Diffusion Approach modelin kurutma işlemine en uygun matematiksel model olduğu tespit edilmiştir. OD-VE ön işleminin nihai kurutulmuş kırmızı pancar dilimlerinde renk, mekanik (büzülme) ve biyoaktif özellikler (toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasite) açısından iyileşmelere yön verdiği çalışmanın çarpıcı ve arzu edilen sonuçlardan olmuştur.

Ekler

Analizler Kastamonu Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında yürütülmüş olup; katkısı olanlara teşekkür ederiz. Bu çalışmanın özeti 5. Uluslararası Gıda, Tarım ve Veteriner Bilimleri Kongresi'nde sunulmuştur.

Beyanlar

Çıkar çatışması: Herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederim.

Yazar katkısı: Latife Betül GÜL çalışmayı tasarlayıp, yürütmüş, verileri analiz etmiş ve makaleyi yazmıştır. Osman GÜL verileri incelemiş, değerlendirme yapmış ve makalenin okunması, incelenmesi ve düzeltmelerin yapılmasında görev almıştır.

Kaynaklar

- Ahmad, F., & Zaidi, S. (2020). Osmotic Dehydration and Ultrasound Assisted Osmotic Dehydration of Fruits and Vegetables: A Review. *International Journal of Tropical Agriculture*, 38(4), 417-421.
- An, K., Li, H., Zhao, D., Ding, S., Tao, H., & Wang, Z. (2013). Effect of Osmotic Dehydration with Pulsed Vacuum on Hot-Air Drying Kinetics and Quality Attributes of Cherry Tomatoes. *Drying Technology*, 31(6), 698-706. doi:10.1080/07373937.2012.755192
- An, K., Tang, D., Wu, J., Fu, M., Wen, J., Xiao, G., & Xu, Y. (2019). Comparison of pulsed vacuum and ultrasound osmotic dehydration on drying of Chinese ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): Drying characteristics, antioxidant capacity, and volatile profiles. *Food Sci Nutr*, 7(8), 2537-2545. doi:10.1002/fsn3.1103
- Aydos, M., & Ertaş, N. (2023). Fonksiyonel bisküvi üretiminde farklı yöntemlerle kurutulmuş muşmula (*Mespilus germanica*) meyve tozu kullanımı. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27(1), 113-124. doi:10.29050/harranziraat.1177638
- Bozkir, H., & Ergün, A. R. (2020). Effect of sonication and osmotic dehydration applications on the hot air drying kinetics and quality of persimmon. *Lwt*, 131, 109704. doi:10.1016/j.lwt.2020.109704
- Calderón-Chiu, C., Martínez-Sánchez, C. E., Rodríguez-Miranda, J., Juárez-Barrientos, J. M., Carmona-

- García, R., & Herman-Lara, E. (2019). Evaluation of the combined effect of osmotic and Refractance Window drying on the drying kinetics, physical, and phytochemical properties of beet. *Drying Technology*, 38(12), 1663-1675. doi:10.1080/07373937.2019.1655439
- Carvalho, G. R., Rojas, M. L., Silveira, I., & Augusto, P. E. D. (2020). Drying Accelerators to Enhance Processing and Properties: Ethanol, Isopropanol, Acetone and Acetic Acid as Pre-treatments to Convective Drying of Pumpkin. *Food and Bioprocess Technology*, 13(11), 1984-1996. doi:10.1007/s11947-020-02542-6
- Ceclu, L., Berbec (Ctchelanel), A., Nistor, O.-V., & LudmilaRudi. (2016). *Effect of drying conditions on the physical properties of red beetroot samples*. Paper presented at the International Scientific Conference on Microbial Biotechnology (3rd edition), Moldova.
- Ciurzynska, A., Falacinska, J., Kowalska, H., Kowalska, J., Galus, S., Marzec, A., & Domian, E. (2021). The Effect of Pre-Treatment (Blanching, Ultrasound and Freezing) on Quality of Freeze-Dried Red Beets. *Foods*, 10(1). doi:10.3390/foods10010132
- de Freitas, L. D. C., Brandao, S. C. R., Fernandes da Silva, J. H., Sa da Rocha, O. R., & Azoubel, P. M. (2021). Effect of Ethanol and Ultrasound Pretreatments on Pineapple Convective Drying. *Food Technol Biotechnol*, 59(2), 209-215. doi:10.17113/ftb.59.02.21.7045
- Elhussein, E. A. A., & Şahin, S. (2018). Drying behaviour, effective diffusivity and energy of activation of olive leaves dried by microwave, vacuum and oven drying methods. *Heat and Mass Transfer*, 54, 1901-1911. doi:https://doi.org/10.1007/s00231-018-2278-6
- Fotiou, D., Argyropoulos, K., Kolompourda, P., & Goula, A. M. (2023). Valorization of peach peels: preservation with an optimized drying process based on ultrasounds pretreatment with ethanol. *Biomass Conversion and Biorefinery*. doi:10.1007/s13399-023-03753-5
- Garcia-Noguera, J., Oliveira, F. I. P., Gallão, M. I., Weller, C. L., Rodrigues, S., & Fernandes, F. A. N. (2010). Ultrasound-Assisted Osmotic Dehydration of Strawberries: Effect of Pretreatment Time and Ultrasonic Frequency. *Drying Technology*, 28(2), 294-303. doi:10.1080/07373930903530402
- Günel, Z. (2022). Enrichment of potato slices with vitamins C and D by vacuum impregnation. *Food and Health*, 8(3), 181-192. doi:10.3153/fh22018
- Hamid, M. G., & Mohamed Nour, A. A. A. (2018). Effect of different drying methods on quality attributes of beetroot (*Beta vulgaris*) slices. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, 15(3), 287-298. doi:10.1108/wjstsd-11-2017-0043
- Hashemi, S. M. B., & Jafarpour, D. (2021). Antimicrobial and antioxidant properties of Saturn peach subjected to ultrasound-assisted osmotic dehydration. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(3), 2516-2523. doi:10.1007/s11694-021-00842-9
- Horuz, E., & Maskan, M. (2013). Hot air and microwave drying of pomegranate (*Punica granatum* L.) arils. *Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 285-293. doi:10.1007/s13197-013-1032-9
- Hosseinzadeh Samani, B., Khodadadi, A., Rostami, S., & Lorigooini, Z. (2021). Investigation and optimization of the effect of osmotic-ultrasound drying pretreatment on qualitative properties and process energy consumption of Cornus mas. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(5). doi:10.1111/jfpp.15377
- İlter, I., Akyıl, S., Devseren, E., Okut, D., Koç, M., & Kaymak Ertekin, F. (2018). Microwave and hot air drying of garlic puree: drying kinetics and quality characteristics. *Heat and Mass Transfer*, 54(7), 2101-2112. doi:10.1007/s00231-018-2294-6
- Janowicz, M., Ciurzynska, A., & Lenart, A. (2021). Effect of Osmotic Pretreatment Combined with Vacuum Impregnation or High Pressure on the Water Diffusion Coefficients of Convection Drying: Case Study on Apples. *Foods*, 10(11). doi:10.3390/foods10112605
- Junqueira, J. R. d. J., CorrêA, J. L. G., Mendonça, K. S. d., Mello Junior, R. E. d., & Souza, A. U. (2021). Modeling mass transfer during osmotic dehydration of different vegetable structures under vacuum conditions. *Food Science and Technology*, 41(2), 439-448. doi:10.1590/fst.02420
- Karaboğa, Z., & Yildirim, A. (2022). Change in some physical characteristics of ultrasound pre-treated corn during hot-air convection and vacuum drying. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(1), 118-132. doi:10.29050/harranziraat.1036363
- Kırbaş, İ., Tuncer, A. D., Şirin, C., & Usta, H. (2019). Modeling and developing a smart interface for various drying methods of pomelo fruit (*Citrus maxima*) peel using machine learning approaches. *Computers and Electronics in Agriculture*, 165, 104928. doi:https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104928
- Kowalski, S. J., & Łechtańska, J. M. (2015). Drying of red beetroot after osmotic pretreatment: Kinetics and quality considerations. *Chemical and Process Engineering*, 36(3), 345-354. doi:10.1515/cpe-2015-0024
- Le, D., & Konsue, N. (2021). Mass Transfer Behavior During Osmotic Dehydration and Vacuum Impregnation of "Phulae" Pineapple and the

- Effects on Dried Fruit Quality. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 9(1), 308-319. doi:10.12944/crnfsj.9.1.29
- Li, Y., Wang, X., Wu, Z., Wan, N., & Ming, Y. (2020). Dehydration of hawthorn fruit juices using ultrasound-assisted vacuum drying. *Ultrasonics Sonochemistry*, 68. doi:https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105219
- Macedo, L. L., Corrêa, J. L. G., da Silva Araújo, C., & Vimercati, W. C. (2022). Effect of osmotic agent and vacuum application on mass exchange and qualitative parameters of osmotically dehydrated strawberries. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(7). doi:10.1111/jfpp.16621
- Mina, Z. P., Kaseke, T., Fadji, T., & Fawole, O. A. (2022). Effect of gum Arabic and ethanol pretreatments on drying kinetics and quality attributes of dried carrot slices. *Heliyon*, 8(12). doi:10.1016/j.heliyon.2022.e12037
- Mocanu, G.-D. N., Oana-Viorela, Andronoiu, D. G., Ceclu, L., Gheonealonica, I. D. M., Liliana, Barbu, V. V., & Constantin, O. E. P., Livia (2020). Effects of drying methods on quality parameters of potato and red beetroot purée with *Lactobacillus delbrueckii*. *Journal of Food and Nutrition Research*, 29(1), 23-34.
- Mokhtarian, M., Heydari Majd, M., Koushki, F., Bakhshabadi, H., Daraei Garmakhany, A., & Rashidzadeh, S. (2014). Optimisation of pumpkin mass transfer kinetic during osmotic dehydration using artificial neural network and response surface methodology modelling. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 6(2), 201-214. doi:10.3920/qas2012.0121
- Nistor, O. V., Seremet Ceclu, L., Andronoiu, D. G., Rudi, L., & Botez, E. (2017). Influence of different drying methods on the physicochemical properties of red beetroot (*Beta vulgaris* L. var. *Cylindra*). *Food Chem*, 236, 59-67. doi:10.1016/j.foodchem.2017.04.129
- Nowacka, M., Dadan, M., & Tylewicz, U. (2021). Current Applications of Ultrasound in Fruit and Vegetables Osmotic Dehydration Processes. *Applied Sciences*, 11(3). doi:10.3390/app11031269
- Petruț, G., Pop, A., Muste, S., Păucean, A., Vlad, M., Man, S., . . . Mureșan, A. (2018). Impact of thermal treatment on bioactive compounds of red beet (*Beta vulgaris* L.) preparations by hot air drying. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies 2018*, 24(4), 258-262.
- Prithani, R., & Dash, K. K. (2020). Mass transfer modelling in ultrasound assisted osmotic dehydration of kiwi fruit. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 64. doi:10.1016/j.ifset.2020.102407
- Rahaman, A., Zeng, X. A., Kumari, A., Rafiq, M., Siddeeg, A., Manzoor, M. F., . . . Ahmed, Z. (2019). Influence of ultrasound-assisted osmotic dehydration on texture, bioactive compounds and metabolites analysis of plum. *Ultrason Sonochem*, 58, 104643. doi:10.1016/j.ultsonch.2019.104643
- Richter Reis, F., Marques, C., Moraes, A. C. S. d., & Masson, M. L. (2022). Trends in quality assessment and drying methods used for fruits and vegetables. *Food Control*, 142. doi:10.1016/j.foodcont.2022.109254
- Rodrigues, S., Oliveira, F. I. P., Gallão, M. I., & Fernandes, F. A. N. (2009). Effect of Immersion Time in Osmosis and Ultrasound on Papaya Cell Structure during Dehydration. *Drying Technology*, 27(2), 220-225. doi:10.1080/07373930802605883
- Rojas, M. L., & Augusto, P. E. D. (2018). Ethanol and ultrasound pre-treatments to improve infrared drying of potato slices. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 49, 65-75. doi:10.1016/j.ifset.2018.08.005
- Şahin, U., & Öztürk, H. K. (2016). Effects of pulsed vacuum osmotic dehydration (PVOD) on drying kinetics of figs (*Ficus carica* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 36, 104-111. doi:10.1016/j.ifset.2016.06.003
- Santos, N. C., Almeida, R. L. J., da Silva, G. M., de Alcantara Silva, V. M., de Alcantara Ribeiro, V. H., de Oliveira Brito, A. C., . . . Saraiva, M. M. T. (2023). Impact of pretreatments with ethanol and freezing on drying slice papaya: drying performance and kinetic of ultrasound-assisted extraction of phenolics compounds. *J Sci Food Agric*, 103(1), 125-134. doi:10.1002/jsfa.12119
- Santos, N. C., Almeida, R. L. J., Monteiro, S. S., Silva, E. T. d. V., Silva, V. M. d. A., André, A. M. M. C. N., . . . Brito, A. C. O. d. (2022). Influence of ethanol and ultrasound on drying, bioactive compounds, and antioxidant activity of strawberries (*Fragaria × ananassa*). *Journal of the Indian Chemical Society*, 99(7). doi:10.1016/j.jics.2022.100542
- Seremet Ceclu, L., Nistor, O. V., Andronoiu, D. G., Mocanu, G. D., Barbu, V. V., Maidan, A., . . . Botez, E. (2020). Development of several hybrid drying methods used to obtain red beetroot powder. *Food Chem*, 310, 125637. doi:10.1016/j.foodchem.2019.125637
- Sharma, M., & Dash, K. K. (2019). Effect of ultrasonic vacuum pretreatment on mass transfer kinetics during osmotic dehydration of black jamun fruit. *Ultrason Sonochem*, 58, 104693. doi:10.1016/j.ultsonch.2019.104693
- Simpson, R., Ramírez, C., Nuñez, H., Jaques, A., & Almonacid, S. (2017). Understanding the success of Page's model and related empirical equations in fitting experimental data of diffusion

- phenomena in food matrices. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 194-201. doi:10.1016/j.tifs.2017.01.003
- Singh, R. P., Chidambara Murthy, K. N., & Jayaprakasha, G. K. (2002). Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(1), 81-86.
- Tekin, Z. H., & Baslar, M. (2018). The effect of ultrasound-assisted vacuum drying on the drying rate and quality of red peppers. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 132(2), 1131-1143. doi:10.1007/s10973-018-6991-7
- Wang, X., Feng, Y., Zhou, C., Sun, Y., Wu, B., Yagoub, A. E. A., & Aboagarib, E. A. A. (2019). Effect of vacuum and ethanol pretreatment on infrared-hot air drying of scallion (*Allium fistulosum*). *Food Chem*, 295, 432-440. doi:10.1016/j.foodchem.2019.05.145
- Zhu, A., & Shen, X. (2014). The model and mass transfer characteristics of convection drying of peach slices. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 72, 345-351. doi:10.1016/j.ijheatmasstransfer.2014.01.001
- Wang, X., Kahraman, O., & Feng, H. (2022). Impact of Osmotic Dehydration With/Without Vacuum Pretreatment on Apple Slices Fortified With Hypertonic Fruit Juices. *Food and Bioprocess Technology*, 15(7), 1588-1602. doi:10.1007/s11947-022-02834-z
- Wu, X., Zhao, Y., Shi, Q., Liu, J., & Fang, Z. (2023). Effects of ethanol pretreatment on drying kinetics and quality attributes of scallop adductors during heat pump drying. *Drying Technology*, 1-18. doi:10.1080/07373937.2023.2166059
- Yun, S.-M., Kang, M., Park, S. Y., Eun, J.-B., & Chun, H. H. (2023). Combined Pre-treatment of Freeze–Thaw and Ultrasonic-Assisted Aqueous Ethanol for Hot Air Drying of Watery Kimchi Cabbage Waste: Effects on Drying Efficiency, Physicochemical and Microbiological Characteristics, and Microstructure. *Waste and Biomass Valorization*. doi:10.1007/s12649-023-02077-9



Ultrason destekli çimlendirilmiş maş fasulyesi ununun tarhana kalitesine etkileri

The effects of ultrasound assisted germinated mung bean flour on tarhana quality

Elif KURT^{1*} , Hacer LEVENT^{2*} 

¹ Karamanoğlu Mehmetbey University, School of Applied Sciences, Department of Gastronomy and Culinary Arts, Karaman, Turkey

² Karamanoğlu Mehmetbey University, Health Sciences Faculty, Department of Nutrition and Dietetics, Karaman, Turkey

¹<https://orcid.org/0000-0003-1342-4630>; ²<https://orcid.org/0000-0002-7321-5577>

To cite this article:

Kurt, E. & Levent, H. (2023). Ultrason destekli çimlendirilmiş maş fasulyesi ununun tarhana kalitesine etkileri. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 27(4): 531-544
DOI: 10.29050/harranziraat.1360809

*Address for Correspondence:

Hacer LEVENT
e-mail:
hacerlevent@hotmail.com

Received Date:

18.09.2023

Accepted Date:

19.10.2023

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Öz

Bu çalışmada, çimlendirilmemiş (ham) ve ultrason destekli çimlendirilmiş maş fasulyesi ununun geleneksel tahıl ürünlerimizden tarhanada kullanılarak tarhananın besin değerinin artırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla ham maş fasulyesi unu (HMFU) ve çimlenmiş maş fasulyesi unu (ÇMFU) tarhana formülasyonunda buğday unu (BU) ile farklı oranlarda (%0, 15, 30, 45 ve 60) yer değiştirilerek kullanılmıştır. Üretilen tarhana örneklerinin fiziksel (renk), kimyasal (su, kül, protein, yağ, karbonhidrat, fitik asit, toplam fenolik madde (TFM), antioksidan aktivite (AA), pH, mineral madde, fonksiyonel (viskozite) ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir. Maş fasulyesinin çimlendirilmesi ile kül, protein, yağ, TFM ve AA değerlerinde sırasıyla %11, %12, %17, %60 ve %50 artış, karbonhidrat ve fitik asit miktarında ise %4 ve %72 azalma meydana gelmiştir. Tarhana formülasyonunda ÇMFU kullanımı, HMFU içeren örneklerle kıyasla L^* ve Hue değerlerini düşürmüş, a^* değerini ise yükseltmiştir. Maş fasulyesi unu kullanımı ile kontrol örneğinin viskozite değeri 155.30 cP'den 44.60 cP'ye azalmıştır. Tarhana formülasyonunda maş fasulyesi unu oranı arttıkça kül, protein, fitik asit, Ca, Mg, Fe, Zn, TFM, AA ve pH değerleri de artış göstermiştir. Duyusal analiz sonuçları değerlendirildiğinde, HMFU ve ÇMFU'nun yüksek kullanım oranlarının genel kabul edilebilirlik puanlarını düşürdüğü belirlenmiştir. Fiziksel, kimyasal, fonksiyonel ve duyuşal özellikler birlikte değerlendirildiğinde tarhana üretiminde %30 oranına kadar HMFU ve ÇMFU kullanımının mümkün olabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tarhana, Maş Fasulyesi, Çimlendirme, Ultrason

Abstract

In this study, it was aimed to increase the nutritional value of tarhana, one of our traditional cereal products, by using ungerminated (raw) and ultrasound-assisted germinated mung bean flour. For this purpose, raw mung bean flour (HMFU) and germinated mung bean flour (ÇMFU) were used in tarhana formulation by replacing wheat flour (BU) at different ratios (0, 15, 30, 45 and 60%). Physical (color), chemical (moisture, ash, protein, fat, carbohydrate, phytic acid, total phenolic content (TFM), antioxidant activity (AA), pH, mineral matter), functional (viscosity) and sensory properties of produced tarhana samples were determined. With the germination of mung beans, ash, protein, fat, TFM and AA values increased by 11%, 12%, 17%, 60% and 50%, respectively, while the amount of carbohydrates and phytic acid decreased by 4% and 72%, respectively. The use of ÇMFU in the tarhana formulation decreased the L^* and Hue values and increased the a^* value compared to the samples containing HMFU. Viscosity value of control sample decreased from 155.30 cP to 44.60 cP with the use of mung bean flour. Ash, protein, phytic acid, Ca, Mg, Fe, Zn, TFM, AA and pH values increased as the amount of mung bean flour increased in the tarhana formulation.

When the sensory analysis results were evaluated, it was determined that high usage rates of HMFU and ÇMFU decreased the overall acceptability scores. When the physical, chemical, functional and sensory properties are evaluated together, it was determined that up to 30% HMFU and ÇMFU can be used in tarhana production.

Key Words: Tarhana, Mung Bean, Germination, Ultrasound

Giriş

Geleneksel fermente ürünlerimizden biri olan tarhana, herhangi bir buğday ürününe, yoğurt ve diğer tat ve lezzet verici bileşenlerin katılarak fermente edilip ve daha sonra kurutulup öğütülmesi ile elde edilmektedir (Bilgiçli, 2004). Tarhanaların üretiminde kullanılan malzemeler ve tüketim şekilleri ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir (Sabbağ ve Boğan, 2019). Tarhananın besinsel ve fonksiyonel özelliği, formülasyondaki bileşenlere ve oranlarına bağlı olarak değişmektedir (Erbaş ve ark., 2005).

Tarhanaya uygulanan fermantasyon işlemi, yoğurttaki laktik asit bakterileri (LAB) ile mayanın (*Saccharomyces cerevisiae*) bir arada çalışması sonucunda gerçekleşmektedir (Yurddaş, 2003). Tarhanada fermantasyonunun mineral emilimine neden olan antibesinsel bir bileşik olan fitik asit miktarında azalma sağladığı ve tarhananın besinsel değerini arttırdığı belirtilmiştir (Kumral, 2015). Fermantasyon sonunda oluşan organik asitler, pH değerini düşürmekte ve üründe istenmeyen bakteriler üzerinde bakteriyostatik etki oluşturmaktadır (Temiz ve Pirkul, 1990; Üçok ve ark. 2019).

Tarhana, hayvansal ve bitkisel kaynaklı proteinleri bir arada içermesi nedeniyle dengeli bir aminoasit profiline sahiptir. Tahıl unları, yoğurt ve çeşitli sebzeler içeren fermente bir ürün olması nedeni ile B grubu vitaminleri, mineraller, serbest amiasitler ve organik asitler için iyi bir kaynaktır. LAB ve maya fermantasyonu ürünü olduğundan fonksiyonel ve probiyotik olarak değerlendirilebilir (Özdemir ve ark., 2007). Bu nedenle bütün yaş gruplarının özellikle de bebek ve çocukbeslenmesinde önemli bir yeri vardır (Tuluk ve Ertaş, 2019).

Baklagiller, zengin protein, karbonhidrat, mineraller, B grubu vitaminleri, besinsel lif ve biyoaktif bileşen içeriği ve düşük glisemik indeks değeri ile önemli bir besin grubunu oluşturmaktadır (Duranti, 2006; Ertaş ve ark., 2008; López-Martínez ve ark., 2017). Flavonoidler ve polifenoller, bakliyatlarda

yüksek miktarda bulunan, antioksidan aktiviteye sahip biyoaktif bileşiklerdir (Mamilla ve Mishra, 2017; Pal ve ark., 2017). Maş fasulyesi, baklagiller familyasına ait bir tür olup besinsel lif, protein, vitamin ve mineraller yönünden oldukça zengin bir içeriğe sahiptir. Maş fasulyesinin protein içeriğinin yaklaşık %24 olduğu ve tahıllardan üç kat daha fazla protein içerdiği bildirilmektedir (Meral ve Karaoğlu, 2019).

Çimlendirme işlemi, tohumların besinsel kalitesini arttırmak için kullanılabilen ucuz ve etkili bir gıda işleme yöntemidir. Çimlendirme işlemi ile hububat ve baklagillerde protein, besinsel lif, vitamin, mineral ve fenolik madde içerikleri ile antioksidan aktivite değerlerinde artış sağlanırken antibesinsel bileşen olarak kabul edilen fitik asit miktarında ise azalma sağlandığı rapor edilmiştir (Okur ve Madenci, 2019). Gıdaların besinsel içeriğinin artırılması ve daha fonksiyonel hale getirilmesi amacıyla çimlendirilmiş tahıl ve baklagiller önemli bir katkı maddesi olarak ürün formülasyonlarında yer almaktadır (Şenlik ve Alkan, 2021).

Ultrason yöntemi, gıdalarda kalite kayıplarına neden olmayan ve kısa sürede işleme avantajı sağlayan hızlı bir teknik olarak ifade edilmektedir (Garcia-Alvarez ve ark., 2006). Bu yöntem ile gıdalarda yüksek sıcaklıkların etkisiyle oluşan vitamin, uçucu tat-koku maddeleri ve diğer besin öğeleri kaybı gibi olumsuzlukların engellendiği bildirilmektedir (Şahin Ercan ve Soysal, 2011). Ultrason gıdalarda çok farklı amaçlarla kullanılırken baklagillerde oligosakkarit içeriğinin azaltılması, ıslatma ve çimlenme süresinin kısaltılması gibi amaçlarla uygulanmaktadır (Mason, 1998; Yaldagard ve ark., 2008).

Bu çalışmada, ultrason yönteminden yararlanılarak çimlendirme işleminin verimliliğinin ve işlem kalitesinin artırılması hedeflenmiştir. Tarhana formülasyonunda HMFU ve ÇMFU kullanımı ile besinsel kalitesi daha yüksek tarhana üretilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla HMFU ve ÇMFU, BU ile ikame olacak şekilde farklı oranlarda (%0, 15, 30, 45 ve 60)

tarhana formülasyonunda kullanılmıştır. Tarhana örneklerinin bazı fiziksel, fonksiyonel, kimyasal ve duyuşsal özellikleri belirlenmiştir.

Materyal ve Metot

Materyal

Tarhana formülasyonunda kullanılan un (Tip 550), yoğurt, kuru soğan, kırmızı toz biber, yaş maya (*Saccharomyces cerevisiae*), domates salçası ve tuz yerel marketlerden, maş fasulyesi Migros Ticaret A.Ş.'den (Karaman) temin edilmiştir. Maş fasulyesi ve ultrason yöntemi uygulanarak çimlendirilen maş fasulyeleri laboratuvar tipi öğütücüde (Bosch MKM600) tam un haline getirilmiştir ve 500 µm'lik elekten geçirilmiştir.

Metot

Maş fasulyesi tohumlarının çimlendirilmesi

Maş fasulyesi %1 (w/v) sodyum hipoklorit çözeltisi (NaOCl) içinde 5 dakika bekletilerek dezenfekte edilmiştir ve 12 saat boyunca 25 ± 2 °C'de distile suda (1:10, w/v) ıslatılmaya bırakılmıştır. ıslatılmış tohumlara ultrasonik banyo ile (35 Khz, 160-640W, Bandelin Electronic GmbH & Co., Berlin, Germany) 10 dakika ultrason işlemi uygulandıktan sonra pamuk

üzerine serilerek karanlıkta 25 ± 2 °C'de 120 saat çimlenmeye bırakılmıştır. Çimlenme işlemi sırasında, maş fasulyesi tohumlarının nemlenmesini sağlamak ve tohum yüzeyinde oluşabilecek mikrobiyal gelişimi önlemek amacı ile maş fasulyeleri her 12 saatte bir saf sudan geçirilmiş ve pamuklar yenilenmiştir. Çimlenen taneler etüvde (Nüve FN-500, Ankara, Türkiye) 50 °C'de 20 saat süreyle kurutulmuş ve kurutulan taneler laboratuvar tipi öğütücüde (Bosch MKM600) öğütülmüştür (<500 µm).

Tarhananın hazırlaması

Tarhana üretimi, Bilgiçli (2009) tarafından önerilen metota göre gerçekleştirilmiştir. HMFU ve ÇMFU katkılı tarhana üretimi için, formülasyonda yer alan BU ile HMFU ve ÇMFU, %0, 15, 30, 45 ve 60 oranında yer değiştirilmiştir (Çizelge 1). Tarhana bileşenleri bir mikserde (Kitchen-aid Artisan) 15 dakika boyunca düşük hızda karıştırılmış ve elde edilen hamurlar oda sıcaklığında 120 saat fermantasyona bırakılmıştır. Daha sonra etüvde (Nüve FN-500, Ankara) 50 °C'de 20 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutulmuş tarhana örnekleri laboratuvar tipi öğütücüde (Bosch MKM600) öğütülerek 500 µm'lik elekten geçirilmiştir ve polietilen poşetlere konularak analiz için buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Çizelge 1. Ham ve çimlenmiş maş fasulyesi unlu tarhana formülasyonları

Table 1. Tarhana formulations with raw and germinated mung bean flour

Bileşen	%0	%15	%30	%45	%60
BU(g)	200	170	140	110	80
HMFU/ ÇMFU (g)	-	30	60	90	120
Yoğurt (g)	80	80	80	80	80
Domates salçası (g)	20	20	20	20	20
Soğan (g)	10	10	10	10	10
Kırmızı toz biber (g)	4	4	4	4	4
Yaş maya (g)	5	5	5	5	5
Tuz (g)	2	2	2	2	2

¹BU: Buğday unu, HMFU: Ham maş fasulyesi unu, ²ÇMFU: Çimlenmiş maş fasulyesi unu

¹BU: Wheat flour, HMFU: Raw mung bean flour, ²ÇMFU: Germinated mung bean flour

Kimyasal analizler

Tarhana üretiminde kullanılan hammaddeler (BU, HMFU ve ÇMFU) ve tarhana örneklerinin nem

miktarı AACC (44-19) metoduna göre, protein miktarı ise AACC (46-30) metodu esas alınarak Dumas metodu ile belirlenmiştir (Anonim, 1990). Hammaddeler ve tarhana örneklerinin kül ve yağ

taayinleri AACC (08-01) ve AACC (30-25) metodlarına göre gerçekleştirilmiştir. BU, HMFU ve ÇMFU ile tarhana örneklerinin karbonhidrat miktarları nem, kül, protein ve yağ miktarlarının toplamı yüzden çıkartılarak hesaplanmıştır.

Fitik asit değerleri, kolorimetrik metot kullanılarak Haug ve Lantsch (1983)'e göre belirlenmiştir. Örnekler, hidroklorik asit çözeltisi ile ekstrakte

edilerek demir (III) sülfat çözeltisi ile çöktürülmüş, serum kısmında kalan demir miktarı bipyridin çözeltisi ile renklendirilmiş ve spektrofotometrede 519 nm'de absorbans değeri okunarak belirlenmiştir. Sonuçlar mg 100 g⁻¹ cinsinden verilmiştir.

Tarhana üretiminde kullanılan hammadde ve tarhana örneklerine ait TFM miktarı, kolorimetrik olarak Folin-Ciocalteu metodu ile belirlenmiştir. Örnekler (1 g) 10 ml solvent ile (hidroklorik asit/metanol/distile su, 1:8:1, v/v) oda sıcaklığında 2 saat süre ekstrakte edilerek, 10 dk santrifüj (3000 rpm) edilmiştir (Gao ve ark., 2002; Beta ve ark., 2005). 0.1 ml ekstrakt, 0.5 ml Folin-Ciocalteu reaktifi (%10 seyreltilmiş, v/v, suda), 1.5 ml sodyum karbonat çözeltisi (%20'lik, w/h, suda) deney tüpüne eklenmiş ve distile su ile 10 ml'ye tamamlanmıştır. Daha sonra, oda sıcaklığında ve karanlık bir yerde 2 saat inkübe edilerek, spektrofotometrede 760 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür. TFM miktarı gallik asit eşdeğeri (g GAE kg⁻¹) olarak hesaplanmıştır (Slinkard ve Singleton, 1977; Gamez-Meza ve ark., 1999).

Hammadde ve tarhana örneklerinin AA değerleri DPPH (2-2- Diphenyl-2-picrylhydrazyl) metodu ile belirlenmiştir (Gyamfi ve ark., 1999; Beta ve ark., 2005). TFM analizindeki gibi örnekler ekstrakte edilerek DPPH ile muamele edilmiştir. Absorbans ölçümleri spektrofotometrede 517 nm'de gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki formüle göre hesaplama yapılmıştır.

$$\% \text{ İnhibisyon} = \frac{(Abs_{kontrol} - Abs_{örnek})}{Abs_{kontrol}} \times 100 \quad (1)$$

Toz tarhana örneklerinde pH değeri için, 5 g örnek 50 ml saf suda çözüldürülmüş ve pH metreyle (WTW pH315 i / set) ölçüm yapılmıştır (Bilgiçli, 2004).

Mineral madde tayini için hammadde ve tarhana örneklerinden 1 g tartılmış ve 50 ml'lik behere konularak üzerine 15 ml saf HNO₃ ilave edilmiştir. Örnekler, bir gece boyunca (8-10 saat) oda sıcaklığında bekletilmiştir. Süre sonunda her numuneye 4 ml HClO₄ ilave edilmiştir. Çözelti, çeker ocak altında 5-6 saat süreyle yavaş yavaş kaynamadan ısıtılmış ve asitlerin bitimine yakın ısıtma işlemi kesilip çözelti oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan çözeltilerin her biri üzerine 5 ml H₂O₂ ilave edilerek berrak renk elde edilene kadar ısıtma

işlemine devam edilmiştir. Daha sonra ısıtma işlemi kesilip çözeltiler soğumaya bırakılmıştır. Filtreleme ve seyreltme işleminden sonra örneklerin mineral madde içeriği ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi, Agilent 720) ile belirlenmiştir (Biçer, 2018).

Fiziksel ve fonksiyonel analizler

Renk ölçümü

Tarhana üretiminde kullanılan hammaddeler ve tarhana örneklerindeki renk değerleri L^* , a^* ve b^* değerleri cinsinden, Minolta CR-400 (Konica Minolta, Osaka, Japan) cihazı ile ölçülmüştür. SI (doygunluk indeksi, $(a^2+b^2)^{1/2}$) ve Hue (renk özü, arctan (b^*/a^*)) değerleri ise a^* ve b^* değerleri kullanılarak hesaplanmıştır (Francis, 1998).

Viskozite

20 g tarhana örneği 200 ml su ile sürekli karıştırılarak kısık ateşte 12 dk boyunca pişirilmiştir. Analiz viskozimetre cihazı (Brookfield RTV) ile 5 nolu spindle (RV/HA/HB-5) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Rotasyonel hız ayarı 100 rpm yapılarak 60 °C'de ölçüm gerçekleştirilmiştir (Bilgiçli, 2009).

Duyusal analizler

10 g tarhana örneği ile 100 ml distile su sürekli karıştırılarak orta ateşte 12 dakika pişirilmiş ve kağıt bardaklara alınarak 60 °C sıcaklıkta panelistlere sunulmuştur. Panelistlerden tarhana örneklerini renk, tat, koku, kıvam ve genel kabul edilebilirlik parametreleri açısından 1-9 arasındaki ölçeği (1: aşırı kötü, 5: orta, 9: aşırı iyi) kullanarak değerlendirmeleri istenmiştir (İbanoğlu ve ark., 1995).

İstatistiksel analizler

Elde edilen sonuçlar ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Verilerin istatistiksel analizi SPSS 22.0 istatistiksel yazılımı (Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.) kullanılarak analiz edilmiştir.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Tarhana üretiminde kullanılan hammaddelerin renk değerleri ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Hammaddelerin L^* değerinin ise

75.00-91.30 aralığında değişim gösterdiği, en yüksek L^* değerine buğday ununun sahip olduğu belirlenmiştir. Çimlenme ile a^* değerinde artış görülürken, b^* , SI ve Hue değerlerinde azalma belirlenmiştir. Benzer şekilde, Kılınçer (2018) çimlenme süresi arttıkça maş fasulyesinde L^* , b^* ve SI değerlerinin azaldığını, a^* değerinde ise artış olduğunu rapor etmiştir. Renk değerlerinde görülen değişimlerin çimlendirilen tane çeşidi, ıslatma süresi, çimlendirme süresi ve kurutma sıcaklığı gibi faktörlerden kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Çimlenme sırasında sıcaklığın ve çimlenme süresinin renk üzerine etkili olduğu bildirilmiştir (Sharma ve ark., 2019).

Hammaddelerde, en yüksek protein miktarına ÇMFU'nun (%23.50) sahip olduğu ve bunu sırasıyla HMFU (%21.08) ve BU'nun (%10.44) takip ettiği belirlenmiştir. HMFU ve ÇMFU, BU'ya kıyasla sırasıyla 2.0 ve 2.3 kat daha fazla protein içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Çimlenme ile HMFU'nun kül ve yağ

miktarı da istatistiksel olarak önemli düzeyde artış göstermiştir ($p<0.05$).

Çimlenme sırasında, tohum bünyelerinde bazı fenolik madde, mineral ve vitamin gibi bileşenlerin sentezlenmesi, yağ, karbonhidrat ve protein içeriğinin değişmesi gibi biyokimyasal olaylar gerçekleşmektedir (Yang, 2000). Çimlenme sırasında, tanenin yapısında bulunan proteaz enziminin aktif olması proteinlerin serbest aminoasitlere, peptitlere ve oligopeptitlere parçalanmasını sağlamaktadır (Kanmaz, 2017; Kılınçer, 2018).

Çizelge 2. Hammaddelerin kimyasal özellikleri ve renk değerleri
Table 2. Chemical properties and color values of raw materials

	BU	HMFU	ÇMFU
Nem (%)	11.27±0.24a	9.59±0.16b	9.17±0.31c
Kül (%)	0.62±0.07c	3.25±0.10b	3.62±0.16a
Protein (%)	10.44±0.28c	21.08±0.16b	23.50±0.33a
Yağ (%)	0.65±0.08c	1.48±0.06b	1.73±0.11a
Karbonhidrat (%)	77.02±0.62a	64.60±0.21b	61.98±0.37c
TFM (g GAE kg ⁻¹)	0.29±0.02c	1.52±0.02b	2.43±0.01a
AA (Inhibition %)	16.99±1.68c	52.17±3.01b	78.32±2.05a
Fitik Asit (mg 100g ⁻¹)	137.10±2.26c	1486.79±9.60a	412.57±5.19b
Ca (mg 100g ⁻¹)	27.55±0.55c	96.08±0.61b	138.70±0.49a
Fe (mg 100g ⁻¹)	1.48±0.11c	5.65±0.35b	7.31±0.23a
Mg (mg 100g ⁻¹)	33.71±0.91c	50.40±1.10b	56.83±1.46a
Mn (mg 100g ⁻¹)	0.67±0.13b	1.07±0.17ab	1.28±0.08a
Zn (mg 100g ⁻¹)	0.92±0.16c	3.04±0.10b	3.85±0.07a
L*	91.30±0.25a	75.82±0.21b	75.00±0.48b
a*	-0.41±0.07a	-1.55±0.10b	-0.48±0.04a
b*	12.71±0.16c	20.48±0.34a	19.09±0.21b
SI	12.72±0.24c	20.54±0.32a	19.10±0.19b
Hue	91.85±0.28b	94.33±0.35a	91.44±0.20b

Farklı harfle işaretlenmiş aynı satırdaki ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklıdır (p<0.05), Nem hariç sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir. BU: Buğday unu, HMFU: Ham maş fasulyesi unu, ÇMFU: Çimlendirilmiş maş fasulyesi unu, TFM: Toplam fenolik madde, AA: Antioksidan aktivite, L*: Parlaklık renk değeri, a*: Kırmızı-yeşil renk değeri, b*: Sarı-mavi renk değeri, SI: Doygunluk indeksi, Hue: Renk özü

Means in the same line marked with different letters are statistically different from each other (P < 0.05). Chemical properties except moisture are based on dry matter. BU: Wheat flour, HMFU: Raw mung bean flour, ÇMFU: Germinated mung bean flour, TPC: Total phenolic content, AA: Antioxidant activity, L*: Brightness color value, a*: Red-green color value, b*: Yellow-blue color value, SI: Saturation index, Hue: Hue angle

Çimlenme sırasında artan α -amilaz etkisiyle, yıkıma uğrayan karbonhidratlar solunumda kullanılmak üzere basit şekere dönüşmektedir. Çimlenme ile protein miktarında görülen artış, karbonhidratların yıkımından meydana gelen kuru madde kaybı ile açıklanabilmektedir (Ziegler, 1995). Çimlenme esnasında, tohumun bünyesinde bulunan lipaz enziminin aktif hale gelmesi ile yağlar, yağ asitlerine ve gliserole parçalanmaktadır. Buna karşın, çimlendirilmiş tohumların yağ içeriği, ham (çimlendirilmemiş) tohumlara kıyasla artış göstermektedir. Bu durum, tohum filizlerinde büyüme aşamasında, tohum çeşidine göre farklı düzeylerde olmak üzere, yeniden yağ ve yağ asitleri sentezinden kaynaklanmış olabilir (Kanmaz, 2017; Kılınçer, 2018). Çimlenme işlemi ile maş fasulyesinin karbonhidrat miktarında önemli (p<0.05) bir azalma gerçekleşmiştir. Benzer şekilde, Okur ve Madenci (2019), yaptıkları çalışmada çimlendirmenin, tohumların karbonhidrat miktarlarında azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir.

BU'nun fitik asit içeriğinin HMFU ve ÇMFU'ya kıyasla daha düşük olduğu ve çimlenme ile HMFU'nun fitik asit içeriğinin 1486.79 mg 100 g⁻¹'dan 412.57 mg 100 g⁻¹'a azaldığı belirlenmiştir (p<0.05). Çimlendirme işlemi, baklagil tohumlarındaki anti-besinsel

bileşenlerin miktarının azaltılmasında kullanılan en önemli proseslerden biridir (İbrahim ve ark., 2002). Çimlenme sırasında fitaz aktivitesinin artması nedeni ile fitik asit miktarı önemli oranda azalırken minerallerin biyoyararlılığı artış göstermektedir (Demir ve Bilgiçli, 2020).

Çimlenme ile HMFU'nun AA değeri ve TFM miktarı artış göstermiştir. Çimlendirme işlemi, antioksidan özellik gösteren fenolik bileşik miktarında artışa neden olmaktadır (Dziki ve ark., 2015). Çimlenme süresinin artmasına bağlı olarak, TFM miktarında artış görülmesinin nedeni, yeni bileşiklerin sentezlenmesinden kaynaklanmaktadır (Kılınçer ve Demir, 2019).

Kullanılan hammaddeler içinde, ÇMFU Ca, Mg, Fe ve Zn içeriği açısından da en zengin kaynak olarak değerlendirilmiştir. Çimlendirme sırasında tanelerinin bünyelerinde depo edilen maddeler parçalanmakta ve yeni bileşikler sentezlenmektedir. Bu durum, mineraller, TFM, yağ ve protein içeriklerinde değişime neden olmaktadır (Kılınçer, 2018). Çimlenme sırasında meydana gelen kuru madde kaybı, mineral madde içeriğinde artış sağlamaktadır (Demir ve Bilgiçli, 2020). Vayupharp ve Laksanalamaı (2013), farklı çeşitteki maş fasulyesi unlarına (Chinat 72, Chinat 80, MS-1 ve L3-8) ait Ca ve Fe miktarlarının

sırasıyla 28.26-32.25 ve 5.27-6.67 mg/100 g arasında değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. 77 saat çimlenme işlemi ile örneklerdeki mineral madde miktarlarının (Ca, K, Na, Fe) artış gösterdiği rapor edilmiştir.

HMFU ve ÇMFU katkılı tarhana örneklerinin renk değerleri Çizelge 3’de verilmiştir. HMFU katkılı tarhana örneklerinde L^* değerinin, ÇMFU içeren tarhana örneklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. ÇMFU kullanılarak üretilen tarhana örneklerinde a^* değerinin (7.97), HMFU kullanılarak üretilen tarhanalardan (7.55) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Hammadde olarak kullanılan HMFU ve

ÇMFU’nun renk değerlerinin son ürüne yansımış olabileceği düşünülmektedir (Çizelge 2). Tarhana üretiminde maş fasulyesi unu oranı (MFUO) arttıkça L^* ve a^* değerinin azaldığı, Hue değerinin ise artış gösterdiği belirlenmiştir. Kılıç Keskin (2022), baklagil unlarında bulunan yüksek protein miktarının, tarhanaların kurutulması sırasında Maillard reaksiyonunu artırarak örneklerdeki L^* değerinin azalmasına neden olabileceğini bildirmiştir.

Çizelge 3. Tablo 3. Tarhana örneklerinin renk değerleri

Table 3. Color values of tarhana samples

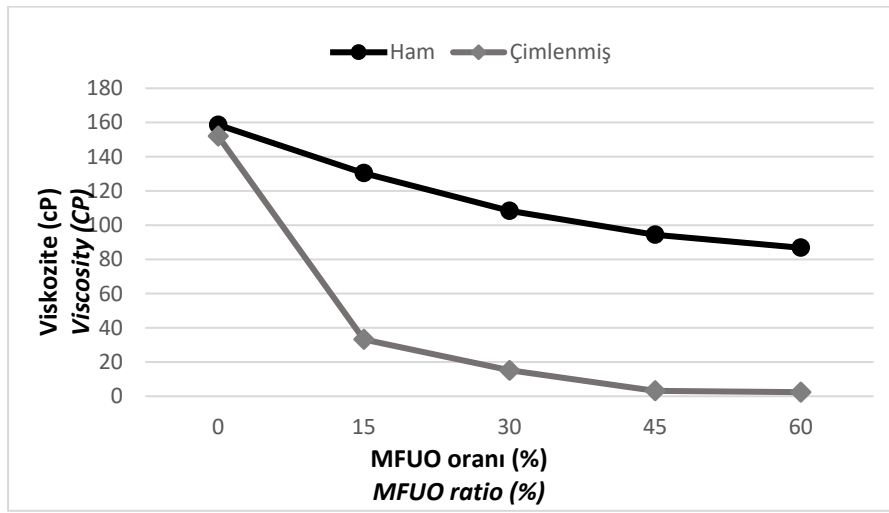
	n	L^*	a^*	b^*	SI	Hue
Çimlenme durumu						
Germination status						
Ham	10	76.46±2.01a	7.55±1.03b	29.19±1.04a	30.18±0.75a	75.45±2.40a
Raw						
Çimlenmiş	10	72.54±4.39b	7.97±1.03a	28.64±1.12a	29.74±1.00a	74.44±2.10b
Germinated						
MFUO(%)						
0	4	78.73±0.30a	9.18±0.08a	27.57±0.22b	29.06±0.20b	71.59±0.21e
15	4	76.34±2.24ab	7.62±1.61b	28.50±0.38ab	29.69±0.35ab	73.76±0.99d
30	4	75.07±1.66bc	7.81±0.63b	29.77±0.90a	30.78±0.92a	75.31±0.81c
45	4	71.96±3.41cd	7.09±0.09c	29.23±0.92ab	30.07±0.88ab	76.35±0.53b
60	4	70.42±4.06d	6.43±0.17d	29.51±1.21a	30.21±1.02ab	77.69±0.75a

¹Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$), ²MFUO: Maş fasulyesi unu oranı, L^* : Parlaklık renk değeri, a^* : Kırmızı-yeşil renk değeri, b^* : Sarı-mavi renk değeri, SI: Doygunluk indeksi, Hue: Renk özü

¹Means in the same column marked with different letters are statistically different from each other ($p<0.05$). ²MFUO: Mung bean flour ratio, L^* : Brightness color value, a^* : Red-green color value, b^* : Yellow-blue color value, SI: Saturation index, Hue: Hue angle

Tarhana örneklerinde viskozite değeri üzerine etkili “oran x çimlenme durumu” interaksiyonu Şekil 1’de verilmiştir. ÇMFU içeren tarhana örneklerinin viskozite değerlerinin HMFU içeren tarhanalardan daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Bu durum, çimlenme ile baklagillerin nişasta içeriğinde azalma olmasına bağlanabilir (Li ve ark., 2019). Tarhana formülasyonunda MFUO arttıkça viskozite değerlerinde azalma görülmüştür.



Şekil 1. Tarhana örneklerinde viskozite değeri üzerine etkili "oran x çimlenme durumu" interaksyonu (MFU: Maş fasulyesi unu oranı)

Figure 1. "Ratio x germination status" interaction affecting the viscosity value in tarhana samples (MFU: Mung bean flour ratio)

Tarhana örneklerinin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. ÇMFU ile zenginleştirilen tarhana örneklerinde daha yüksek kül, protein, yağ, TFM miktarı ve AA değerleri belirlenmiştir. ÇMFU'nun HMFU'ya kıyasla daha yüksek kül, protein, yağ, TFM miktarı ve AA değerine sahip olması, son ürünün kimyasal kompozisyonunu etkilemiş olabilir (Çizelge 2).

ÇMFU içeren tarhana örneklerine kıyasla HMFU içeren örneklerde daha yüksek karbonhidrat ve fitik asit miktarı belirlenmiştir. Hammadde analiz sonuçlarında da çimlenme ile maş fasulyesinin karbonhidrat ve fitik asit miktarında istatistiki olarak önemli bir azalma meydana geldiği belirlenmiştir (Çizelge 2). Sofi ve ark. (2020), glutensiz erişte üretiminde çimlenmiş nohut çeşitleri (GNG 1581, GNG 469) katkısının karbonhidrat miktarını azalttığını belirlemişlerdir.

HMFU kullanılan tarhana örneklerindeki TFM miktarı sırasıyla 1.79 mg GAE kg⁻¹ iken, bu değer ÇMFU kullanılan tarhanalarda 2.50 g GAE kg⁻¹'a yükselmiştir. HMFU kullanılarak üretilen tarhanaların AA değerinin %37.12, ÇMFU kullanılarak üretilen tarhanalarda ise %45.56 olduğu belirlenmiştir. Yaver (2022), ham, olgunlaşmış, fermente edilmiş ve çimlenmiş siyah nohut unlarını %20 oranında ekmek formülasyonunda kullanmıştır. Çimlenmiş siyah nohut unu ilavesi ile en yüksek TFM içeriğinin elde edildiğini bildirmiştir. Torres ve ark. (2007), spagetti

üretiminde %10 oranında çimlenmiş bezelye unu kullanımının, AA değerini yaklaşık 2.0 kat arttırdığını bildirmişlerdir.

Tarhana üretiminde MFU'daki artışa bağlı olarak kül, protein, TFM miktarı ve AA değerleri de artış göstermiştir. Tarhana formülasyonunda maş fasulyesi ununun maksimum kullanım oranında belirlenen ortalama protein miktarının kontrole kıyasla yaklaşık 1.5 kat arttığı görülmüştür. Maş fasulyesi unu içeren örneklerin (%15-60) ortalama yağ miktarlarının kontrole göre daha yüksek olduğu görülmüş ancak kullanım oranına göre maş fasulyesi unu içeren tarhana örneklerinin yağ miktarları arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık belirlenmemiştir (p>0.05). En yüksek karbonhidrat miktarı kontrol örneğinde belirlenirken, formülasyonda MFU arttıkça örneklerdeki karbonhidrat miktarında azalma görülmüştür. MFU arttıkça fitik asit miktarı da artış göstermiş ve en yüksek fitik asit miktarı %60 kullanım oranında belirlenmiştir. Tarhana formülasyonunda MFU arttıkça TFM miktarının ve AA değerinin de yükseldiği belirlenmiştir.

Tarhana örneklerinde ÇMFU kullanımı ile HMFU'ya kıyasla Ca, Fe, Mg ve Zn miktarlarında istatistiki olarak önemli artışlar belirlenmiştir (p<0.05, Çizelge 5). Tarhanalarda MFU arttıkça bütün mineral madde miktarları da (Mn hariç) artmıştır. Maş fasulyesi unu kullanımı ile (%60) Ca, Fe, Mg ve Zn miktarı, maş fasulyesi unu kullanılmadan üretilen tarhana

örneklerine kıyasla sırasıyla 1.5, 1.7, 1.2 ve 2.0 kat artmıştır. Benzer şekilde, yapılan bir çalışmada tarhana üretiminde farklı baklagil unları kullanılmış ve

tarhana örneklerinde mineral madde miktarında artış olduğu rapor edilmiştir (Ertaş, 2018).

Çizelge 4. Tarhana örneklerinin kimyasal özellikleri¹Table 4. Chemical properties of tarhana samples¹

	n	Nem (%) Moisture (%)	Kül (%) Ash (%)	Protein (%) Protein (%)	Yağ (%) Fat (%)	Karbonhidrat (%) Carbohydrate (%)	Fitik asit (mg 100g ⁻¹) Phytic acid (mg 100g ⁻¹)	TFM (g GAE kg ⁻¹) TFM (g GAE kg ⁻¹)	AA(%İnhibisyon) AA (Inhibition %)	pH pH
Çimlenme durumu										
Germination status										
Ham	10	4.40±0.3a	3.03±0.7b	17.45±2.3b	3.85±0.5b	71.26±3.5a	363.46±243.5a	1.79.54±0.7b	37.12±3.3b	5.25±0.21a
Raw										
Çimlenmiş	10	4.35±0.3a	3.25±0.8a	18.11±2.9a	4.15±0.3a	70.13±3.9b	126.88±63.5b	2.50±1.0a	45.56±6.0a	5.28±0.20a
Germinated										
MFUO (%)²										
0	4	4.36±0.22a	2.17±0.09e	14.32±0.21e	3.39±0.50b	75.77±0.55a	34.34±4.86c	1.00±0.06e	35.34±3.39c	4.99±0.10c
15	4	4.44±0.36a	2.71±0.16d	15.95±0.24d	3.95±0.18a	72.96±0.62b	142.91±63.35bc	1.62±0.29d	39.15±4.55bc	5.18±0.14bc
30	4	4.35±0.23a	3.13±0.31c	17.84±0.55c	4.09±0.24a	70.60±0.83c	254.17±145.56abc	2.11±0.48c	41.60±5.97ab	5.31±0.06ab
45	4	4.32±0.30a	3.61±0.14b	19.70±0.58b	4.22±0.24a	68.15±0.58d	348.87±203.81ab	2.69±0.60b	43.98±6.56ab	5.40±0.15ab
60	4	4.43±0.27a	4.10±0.21a	21.12±0.87a	4.37±0.21a	65.99±1.01e	445.57±274.40a	3.27±0.63a	46.63±6.62a	5.46±0.11a

¹Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05), ²Nem hariç sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir. ³MFUO: Maş fasulyesi unu oranı, ⁴TPC: Toplam fenolik madde, ⁵AA: Antioksidan aktivite

¹Means in the same column marked with different letters are statistically different from each other (p < 0.05). ²Chemical properties except moisture are based on dry matter. ³MFUO: Mung bean flour ratio, ⁴TPC: Total phenolic content, ⁵AA: Antioxidant activity

Çizelge 5. Tarhana örneklerinin mineral madde miktarları (mg 100g⁻¹)Table 5. Mineral contents of tarhana samples (mg 100g⁻¹)

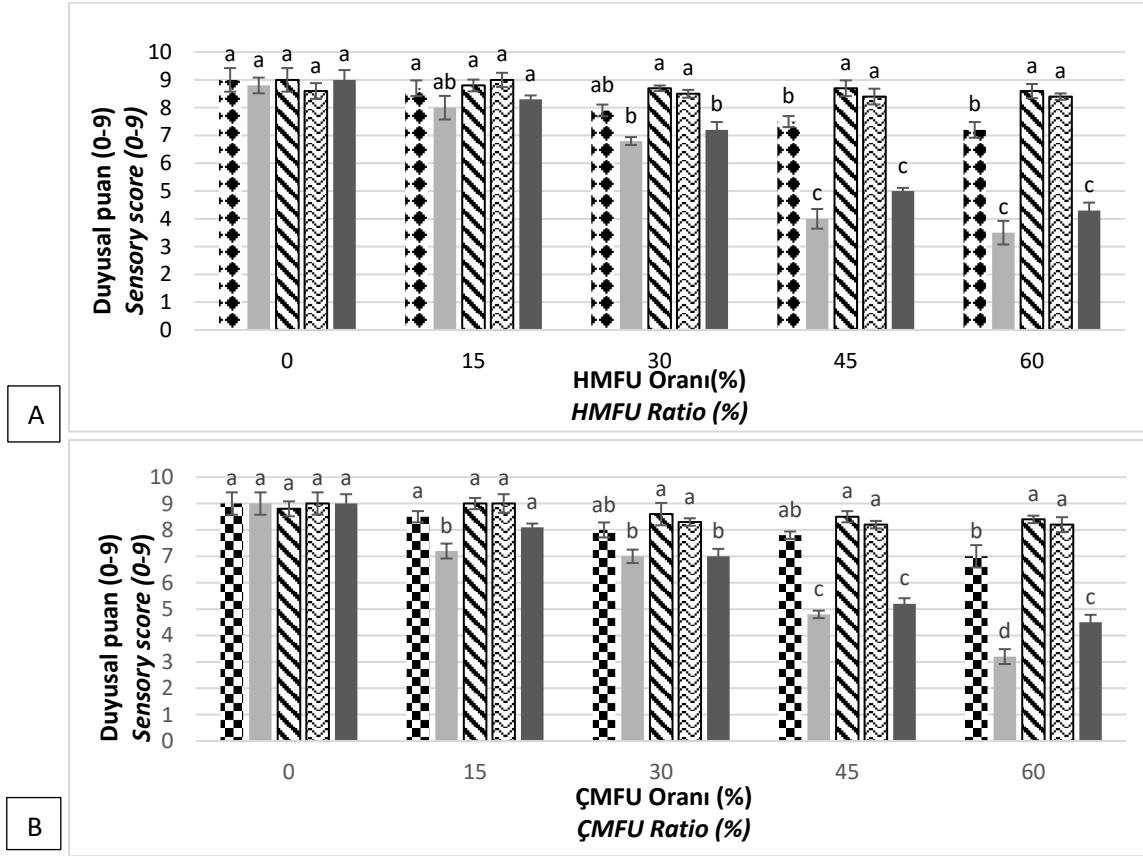
	n	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
Çimlenme durumu						
Germination status						
Ham	10	109.79±11.92b	64.61±3.25b	4.68±0.84b	0.84±0.13a	2.13±0.50b
Raw						
Çimlenmiş	10	125.47±24.43a	68.45±4.37a	5.27±1.26a	0.91±0.14a	2.30±0.62a
Germinated						
MFUO (%)²						
0	4	92.88±0.34e	61.61±1.56c	3.64±0.23d	0.75±0.11a	1.47±0.12d
15	4	106.07±3.72d	63.87±2.02c	4.23±0.33cd	0.81±0.13a	1.85±0.12c
30	4	117.69±8.27c	66.76±2.51b	4.97±0.48bc	0.88±0.10a	2.25±0.18b
45	4	129.42±14.48b	68.93±3.23ab	5.72±0.52ab	0.94±0.11a	2.56±0.21b
60	4	142.10±18.87a	71.48±2.86a	6.32±0.72a	1.01±0.11a	2.94±0.20a

¹Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05) ²Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir. ³MFUO: Maş fasulyesi unu oranı

¹Means in the same column marked with different letters are statistically different from each other (p < 0.05). ²Results are based on dry matter. ³MFUO: Mung bean flour ratio

Tarhana örneklerinin duyu analizi sonuçları Şekil 2'de verilmiştir. Tarhana üretiminde HMFU ve ÇMFU kullanımı koku ve kıvam puanları üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmamıştır. HMFU'nun %45 ve 60 kullanım oranlarında tarhana örneklerinin renk, tat ve genel kabul edilebilirlik puanlarında kontrole kıyasla önemli düşüşler belirlenmiştir. Tarhana formülasyonunda ÇMFU kullanımı tat puanlarını kontrole kıyasla düşürmüştür, en düşük puan %60

kullanım oranında elde edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, HMFU ve ÇMFU'nun tarhananın duyu parametrelerinde benzer şekilde etkilere neden olduğu görülmüştür. Tarhana formülasyonunda MFUO arttıkça viskozite değerlerinde görülen azalmanın duyu olarak kıvam puanlarını etkilemediği görülmüştür (Şekil 1). Tarhana üretiminde %30 oranına kadar HMFU ve ÇMFU kullanılabileceği belirlenmiştir.



Şekil 2. HMFU (A) ve ÇMFU (B) içeren tarhana örneklerine ait duyu analizi sonuçları (■: Renk, ■: Tat, ■: Koku, ■: Kıvam, ■: Genel kabul edilebilirlik, HMFU: Ham maş fasülyesi unu, ÇMFU: Çimlenmiş maş fasülyesi unu)

Figure 2. Sensory analysis results of tarhana samples containing HMFU and ÇMFU (■: Colour, ■: Taste, ■: Odour, ■: Consistency, ■: Overall acceptability, HMFU: Raw mung bean flour; ÇMFU: Germinated mung bean flour)

Sonuçlar

Bu çalışmada, HMFU ve ÇMFU farklı oranlarda (%0, 15, 30, 45 ve 60) BU ile ikame edilerek tarhana üretiminde kullanılmıştır. HMFU ve ÇMFU katkısı ile kullanım oranlarının tarhana kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir.

Tarhanalarda ÇMFU kullanımı daha düşük L^* ve daha yüksek a^* değerlerinin elde edilmesini sağlamıştır. Formülasyonda artan oranlarda maş fasülyesi unu kullanımının ise L^* ve a^* değerlerinin düşmesine neden olmuştur. HMFU içeren örneklerle kıyasla, ÇMFU kullanılarak üretilen tarhanalarda daha yüksek kül, protein, yağ, Ca, Mg, Fe, Zn, TFM ve AA değerleri belirlenmiştir. ÇMFU kullanılan tarhanalar daha düşük karbonhidrat değerlerinin elde edildiği örnekler olmuştur. Çimlenme ile maş fasülyesinin fitik asit miktarında görülen azalmaya bağlı olarak, ÇMFU'nun kullanıldığı tarhana örneklerinin fitik asit miktarının HMFU içeren örneklerden daha düşük

olduğu bulunmuştur. ÇMFU içeren tarhana örneklerinin viskozite değerlerinin ise HMFU içeren tarhanalardan daha düşük olduğu belirlenmiştir. Tarhanaların kül, protein, bütün mineral madde miktarları da (Mn hariç), TFM ve AA değerlerinde MFU'na bağlı olarak önemli ($p < 0.05$) artışlar belirlenmiştir. ÇMFU'nun HMFU'ya kıyasla tarhananın besinsel özelliklerini daha çok geliştirdiği görülmüştür. Duyusal analiz sonuçlarına göre, hem HMFU hem de ÇMFU kullanımı tarhananın koku ve kıvam puanları üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmamıştır. Bütün duyu parametreleri birlikte değerlendirildiğinde, HMFU ve ÇMFU'nun tarhana formülasyonunda %30 oranına kadar kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Ekler

Bu çalışma, Elif KURT'un Yüksek Lisans Tezinden hazırlanmış ve Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunca kabul

edilen 23-YL-21 nolu proje kapsamında değerlendirilmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı: Elif KURT makalenin analiz, yazma–orijinal taslak ve yazma–inceleme olarak katkı sunmuştur. Hacer LEVENT makaleye araştırma taslağının belirlenmesi, biçimsel analiz, yazma–inceleme ve görselleştirmeye katkı sağlamıştır. Yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

Kaynaklar

Anonim (1990). American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of the AACC, 8th ed., St. Paul, MN, USA.

Beta, T., Nam, S., Dexter, J. E., & Sapirstein, H. D. (2005). Phenolic Content and Antioxidant Activity of Pearled Wheat and Roller-Milled Fractions. *Cereal Chemistry*, 82(4), 390-393. DOI: <https://doi.org/10.1094/CC-82-0390>

Biçer, Ü. N. S. (2018). Karamanda Üretilen Bazı Pekmez Çeşitlerinde Ağır Metal İçeriklerinin ICP-OES ve AAS Metodlarıyla Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karaman.

Bilgiçli, N. (2004). *Tarhananın Fitik Asit İçeriği ve Bazı Besin Öğeleri Üzerine Maya, Malt ve Fitaz Katkılarının Etkileri*. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Bilgiçli, N. (2009). Effect of Buckwheat Flour on Chemical and Functional Properties of Tarhana. *LWT-Food Science and Technology*, 42(2), 514-518. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.09.006>

Demir, B., & Bilgiçli, N. (2020). Changes in chemical and anti-nutritional properties of pasta enriched with raw and germinated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flours. *Journal of Food Science and Technology*, 57(10), 3884-3892. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04420-7>

Duranti, M. (2006). Grain Legume Proteins and Nutraceutical Properties. *Fitoterapia*, 77(2), 67-82. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2005.11.008>

Dziki, D., Gawlik-Dziki, U., Kordowska-Wiater, M., & Domań-Pytka, M. (2015). Influence of elicitation and germination conditions on biological activity of wheat sprouts. *Journal of Chemistry*, 2015, 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/649709>

Erbaş, M., Certel, M., & Uslu, M. K. (2005). Microbiological and chemical properties of tarhana during fermentation and storage as wet-sensorial properties of tarhana soup. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 38, 409-416. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.06.009>

Ertaş, N. (2018). Effects of Baker's Yeast Addition on Some Properties and Phytic Acid Content of Tarhana Prepared with Different Cereal and Legume Products. *Food and*

Health, 4(1), 9-18. DOI: <https://doi.org/10.3153/JFHS18002>

Ertaş, N., Türker, S., & Bilgiçli, N. (2008). Çeşitli Proseslerin Baklagilin Besinsel ve Antibesinsel Öğelerine Etkisi. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, (pp. 475-478), 21-23.

Francis, F. J. (1998). Colour analysis. In S. S. Nielsen (Ed.), *Food Analysis*. USA: An Aspen Publishers.

Gamez-Meza, N., Noriega-Rodriguez, J. A., Medina-Juarez, L. A., Ortega-Garcia, J., Cazarez-Casanova, R., & Angulo-Guerrero, O. (1999). Antioxidant Activity in Soybean Oil of Extracts From Thompson Grape Bagasse. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76(12), 1445.

Gao, L., Wang, S., Oomah, B. D., & Mazza, G. (2002). Wheat Quality: Antioxidant Activity of Wheat Millstreams. In Perry, K. W. N., & Wrigley, C. W. (Ed.), *Wheat Quality Elucidation* (pp. 219-233). AACC International.

Garcia-Alvarez, J., Alava, J. M., Chavez, J. A., Turo, A., Garcia, M. J., & Salazar, J. (2006). Ultrasonic characterisation of flour–water systems: A new approach to investigate dough properties. *Ultrasonics*, 44, e1051-e1055. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2006.05.099>

Gyamfi, M. A., Yonamine, M. & Aniya, Y. (1999). Free-Radical Scavenging Action of Medicinal Herbs from Ghana: *Thonningia Sanguinea* on Experimentally-Induced Liver Injuries. *General Pharmacology: The Vascular System*, 32(6), 661-667. [https://doi.org/10.1016/S0306-3623\(98\)00238-9](https://doi.org/10.1016/S0306-3623(98)00238-9)

Haug, W., & Lantzsch, H. J. (1983). Sensitive Method for The Rapid Determination of Phytate in Cereals and Cereal Products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34(12), 1423-1426.

Ibanoglu, S., Ainsworth, P., Wilson, G., & Hayes, G. D. (1995). The Effect of Fermentation Conditions on the Nutrients and Acceptability of Tarhana. *Food Chemistry*, 53(2): 143-147.

İbrahim, S. S., Habiba, R. A., Shatta, A. A., & Embaby, H. E. (2002). Effect of soaking, germination, cooking and fermentation on antinutritional factors in cowpeas. *Food/Nahrung*, 46(2), 92-95.

Kanmaz, E. (2017). Fonksiyonel Antioksidan Gıdalar: Yenilebilir Tohum Filizleri. İzmir: Sidas Yayıncılık.

Kılıç Keskin, H. (2022). *Glutensiz Tarhana Üretimi Üzerine Araştırmalar*. Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Kılınçer, F. N. (2018). *Çimlendirilmiş Bazı Tahıl ve Baklagillerin Besinsel Ve Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Kılınçer, F. N., & Demir, M. K. (2019). Çimlendirilmiş Bazı Tahıl ve Baklagillerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. *Gıda*, 44(3): 419-429.

Kumral, A. (2015). Nutritional, chemical and microbiological changes during fermentation of tarhana formulated with different flours. *Chemistry Central Journal*, 9(1), 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13065-015-0093-4>

Li, L., Yuan, T. Z., Setia, R., Raja, R. B., Zhang, B., & Ai, Y. (2019). Characteristics of pea, lentil and faba bean starches isolated from air-classified flours in comparison with commercial starches. *Food Chemistry*, 276, 599-607. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.064>

López-Martínez, L. X., Leyva-López, N., Gutiérrez-Grijalva, E. P., & Heredia, J. B. (2017). Effect of cooking and germination on bioactive compounds in pulses and their health benefits. *Journal of Functional Foods*, 38, 624-634. DOI:

- <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.03.002>
- Mamilla, R. K., & Mishra, V. K. (2017). Effect of germination on antioxidant and ACE inhibitory activities of legumes. *LWT*, 75, 51-58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.036>
- Mason, T. J. (1998). Power Ultrasound in Food Processing the Way Forward. In Povey, M. J., & Mason, T. J. (Ed.), *Ultrasound in Food Processing*. London: Blackie Academic & Professional.
- Meral, H., & Karaoğlu, M. M. (2019). Ekmeğin Besinsel Özelliklerinin İyileştirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(2), 217-225. DOI: <https://doi.org/10.17097/ataunizfd.496393>
- Okur, B., & Madenci, B. A. (2019). Çiğ Beslenme (Raw Food) Akımında Çimlendirilmiş Hububat ve Baklagillerin Önemi. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 664, 675. DOI: <https://doi.org/10.21325/jotags.2019.384>
- Özdemir, S., Göçmen, D., & Yıldırım Kumral, A. (2007). A Traditional Turkish Fermented Cereal Food: Tarhana. *Food Reviews International*, 23(2), 107-121. DOI: <https://doi.org/10.1080/87559120701224923>
- Pal, R. S., Bhartiya, A., Yadav, P., Kant, L., Mishra, K. K., Aditya, J. P., & Pattanayak, A. (2017). Effect of Dehulling, Germination and Cooking on Nutrients, Anti-Nutrients, Fatty Acid Composition and Antioxidant Properties in Lentil (*Lens Culinaris*). *Journal of Food Science and Technology*, 54(4), 909-920. DOI: <https://doi.org/10.1007%2Fs13197-016-2351-4>
- Sabbağ, Ç., & Boğan, E. (2019). Türk Mutfağının Gelişim Sürecine Genel Bakış. Sarıışık, M., & Özbay, G. (Ed.), *Ulusal Gastronomi ve Türk Mutfağı*. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Sharma, S., Singh, A., & Singh, B. (2019). Effect on germination time and temperature on techno-functional properties and protein solubility of pigeon pea (*Cajanus cajan*) flour. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 11 (3), 305-312. DOI: <https://doi.org/10.3920/QAS2018.1357>
- 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. DOI: <https://doi.org/10.5344/ajev.1977.28.1.49>
- Sofi, S. A., Singh, J., Mir, S. A., & Dar, B. N. (2020). In Vitro Starch Digestibility, Cooking Quality, Rheology and Sensory Properties of Gluten-Free Pregelatinized Rice Noodle Enriched with Germinated Chickpea Flour. *LWT-Food Science and Technology*, 133, 110090. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110090>
- Şahin Ercan, S., & Soysal, Ç. (2011). Ultrasonun Gıdalarda ve Enzimlerin İnaktivasyonunda Kullanılması. *GIDA/The Journal of Food*, 36(4).
- Şenlik, A. S., & Alkan, D. (2021). Çimlendirilmiş Bazı Tahıl ve Baklagillerin Kimyasal Özellikleri ve Çimlendirmeye Açığa Çıkan Biyoaktif Bileşenlerin Sağlık Üzerine Etkileri. *Akademik Gıda*, 19(2), 198-207. DOI: <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.977300>
- Temiz, A., & Pirkul, T. (1991). Farklı Bileşimlerde Üretilen Tarhanaların Kimyasal ve Duyusal Özellikleri. *Gıda*, 16(1).
- Torres, A., Frias, J., Granito, M., & Vidal-Valverde, C. (2007). Germinated *Cajanus cajan* Seeds as Ingredients in Pasta Products: Chemical, Biological and Sensory Evaluation. *Food chemistry*, 101(1), 202-211. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.018>
- Tuluk, K., & Ertaş, N. (2019). The effects of different gluten-free flours on the physical, chemical, functional and sensorial properties of tarhana. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 23(3), 301-312.
- Üçok, G., Cankurtaran, T., & Demir, M. K. (2019). Geleneksel tarhana üretiminde kinoa ununun kullanımı. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 23(1), 22-30.
- Vayupharp, B., & Laksanalamai, V. (2013). Nutrients and Anti-Nutrients of High Chlorophyll-Mungbean Sprouts as Affected by Different Periods of Germination and Sprouting Stages. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 6(4), 121-129. DOI: <https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20130604.014>
- Yaldagard, M., Mortazavi, S. A., & Tabatabaie, F. (2008). Influence of Ultrasonic Stimulation on the Germination of Barley Seed and its Alpha-Amylase Activity. *African Journal of Biotechnology*, 7(14).
- Yang, F. (2000). Nutritional Evaluation of Germinated Wheat and Its Use In A Nutritional Bar. *Master's Thesis, University of Alberta Department of Agricultural, Food and Nutritional Science, Canada*. DOI: <https://doi.org/10.7939/R34746W3M>
- Yaver, E. (2022). Nutritional and Textural Properties and Antioxidant Activity of Breads Prepared From Immature, Mature, Germinated, Fermented and Black Chickpea Flours. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102, 7164-7171. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.12082>
- Yurddaş, Ö. (2003). *İstant Tarhana Çorbası Üretimi Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Ziegler, P. (1995) Carbohydrate Degradation During Germination. In Kigel, J., & Galili, G. (Ed.), *Seed Development And Germination* (pp.447-474). New York: Maork, pp 447-474



Farklı gelişme dönemlerinde uygulanan potasyum dozlarının pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) verim ve verim ögelerine etkisi

*The effect of potassium doses applied in different periods of growth on yield and yield components at cotton (*Gossypium hirsutum* L.)*

Ahmet YILMAZ^{1*}, Ömer HACIKAMILOĞLU²

^{1*}Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Erzurum 25240, Türkiye

²Erzurum Aziziye Ziraat Odası Başkanlığı, Erzurum, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-2350-1516>; ²<https://orcid.org/0000-0001-8663-2938>

To cite this article:

Yılmaz, A. & Hacıkamiloğlu, Ö.F. (2023). Farklı gelişme dönemlerinde uygulanan potasyum dozlarının pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) verim ve verim ögelerine etkisi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 27(4): 545-560
DOI: 10.29050/harranziraat.1345084

*Address for Correspondence:

Ahmet YILMAZ
e-mail:
hayilmaz@harran.edu.tr

Received Date:
17.08.2023

Accepted Date:
16.11.2023

© Copyright 2018 by Harran University
Faculty of Agriculture. Available on-line
at www.dergipark.gov.tr/harranziraat

Öz

Bu çalışma; Pamuğa potasyum klorür (KCl) uygulama zamanı ve dozlarının, verim ve verim ögelerine etkisini belirlemek amacıyla, 2020 ve 2021 yıllarında Şanlıurfa ekolojik koşullarında planlanmış ve yürütülmüştür. Denemede, Fiona pamuk çeşidi bitki materyalini oluşturmuştur. Deneme, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deney desenine göre 3 tekrarlamalı olarak, her parsel 6 sıradan, oluşturulmuştur. Denemede ekimden sonra 30., 40. ve 50. Gün potasyum uygulamaları ana parsellere, 0 kg/da 10, 20 ve 30 kg/da potasyum klorür (KCl) dozları ise; alt parsellere uygulanmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre kütlü pamuk verimleri 396 kg/da ile 520 kg/da arasında değişmiştir. En yüksek kütlü pamuk verimi (520 kg/da) ekimden sonraki 50. Gün x 30 kg/da KCl interaksyonundan elde edilmiştir. Bitki boyu değerleri 2020 yılında 85.41 cm ile 77.95 cm, 2021 yılında 87.63 cm ile 81.13 cm; koza ağırlığı değerleri 2020 yılında 6.49 g ile 5.97 g, 2021 yılında 6.97 g ile 5.92 g arasında; 2021 yılında 6.97 g ile ekimden sonraki 50. gün x 30 kg/da KCl uygulamasından elde edilmiştir. Meyve dalı sayısı değerleri 2020 yılında 9.02 ile 11.3 adet/bitki ve 2021 yılında 7.78 ile 10.44 adet/bitki sayısı arasında gözlemlenmiştir. Koza sayısı 2020 yılında 16.24 ile 13.69 adet, 2021 yılında ise 15.75 ile 10.15 adet arasında olup en yüksek koza sayısı 40.gün x 20 kg/da uygulamasında tespit edilmiştir. Önceki çalışmalarda bölge topraklarının potasyum içeriği bakımından yeterli olduğu ifade edilse de toprakta bulunan potasyumun bir kısmının bağlı halde olduğu ve pamuk bitkilerinin bundan yeterince yararlanmadığı, bu nedenle Bölge tarımında potasyumlu gübreler önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.), Potasyum uygulama zamanı ve dozları, Verim ve Verim Unsurları

ABSTRACT

This study was carried out in Şanlıurfa ecological conditions, in order to determine the effect of potassium (KCl) doses after planting time, on yield and yield components in 2020 and 2021. In the experiment, Fiona cotton variety was used as plant material. The experiment design was planned in randomized blocks according to the split plot experimental design, with 3 replications. potassium applications time were applied 30th, 40th and 50th days after sowing to the main plots, and potassium (KCl) doses of 0 kg/da, 10, 20 and 30 kg/da were applied to sub-plots. According to the results obtained from the research, the seed cotton yields varied between 396 kg/da and 520 kg/da. The highest seed cotton yield (520 kg/da) was obtained from the 50th day after sowing x 30 kg/da KCl interaction. Plant height values are 85.41 cm and 77.95 cm in 2020, 87.63 cm and 81.13 cm in 2021; boll weight values are between 6.49 g and 5.97 g in 2020, between 6.97 g and 5.92 g in 2021; In 2021, 6.97 g was obtained from the 50th day x 30 kg/da KCl application after sowing. The number of sympodial branches was observed between 9.02 and 11.3 units



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

can be recommended.

per/plant in 2020 and between 7.78 and 10.44 units per plant in 2021. From the study, it was concluded that the application of potassium fertilizers in cotton farming in the region

Key Words: Cotton (*Gossypium hirsutum* L.), Potassium, application time and doses, Yield and Yield Components

Giriş

Pamuk, yaşamın her aşamasında insanoğlunun vaz geçemeyeceği bir üründür. Nüfusun artması ve hayat seviyesinin yükselmesi, bu ürüne olan talebi daha da artırmaktadır. Dünyanın en önemli tarımsal ürünleri arasında yer alan pamuk, üretimi, işlenmesi dolayısıyla kullanıma hazır ürün haline gelene kadar, büyük insan kitlelerine istihdam sağlayan, ülkeler için stratejik öneme sahip bir üründür. Son 45 yılda dünya pamuk tüketimi %140 artarak, yaklaşık 25 milyon tona ulaşmıştır. Nitekim Pamuk bitkisi dünyada Pamuk Kuşağı (Cotton Belt) olarak isimlendirilen ve kuzey yarım küre içinde 37° N ve Asya Ukrayna'da 47° N ile Güney yarıkürede 35° S enlem dereceleri arasında kalan alanda yetişmektedir. Ülkemiz pamuk kuşağının sınırında yer almış olsa da Türk mühendis ve çiftçisinin çalışkan ve becerisi ile üretim ve verimde Dünyanın sayılı ülkeleri arasına girmeyi başarmıştır. GAP projesinin gerçekleştirilmesi sonucu üretim Güneydoğu Anadolu Bölgesine kaymış, bu bölgenin iklim ve toprak yapısıyla özdeşleşerek, GDO'suz kaliteli Türk pamuğu markası haline gelmiştir. 2021 yılında Şanlıurfa ilinde yaklaşık 1 milyon 850 bin dekar alanda 893 bin ton Kütlü pamuk üretilmiştir. Bu üretim miktarı ile Türkiye pamuk üretiminin % 39,6'sı Şanlıurfa'da gerçekleştirilmiştir. Şanlıurfa Türkiye pamuk üretiminde ilk sırada yer almaktadır (Anonim, 2022). Üreticinin karlılığı ve artan nüfus için hammadde sağlanması açısından, bitkisel üretimin artırılmasında bitki ıslahı, iklim ve kültürel uygulamalar önem arz etmektedir. Kültürel uygulamalar içerisinde ise bitki besleme iyi bir verimin ve kalitenin belirleyicisidir. Bitkilerin büyüebilmeleri ve gelişebilmeleri adına gereksinim duydukları 16 besin maddesi bulunur. Bunlar arasında en çok ihtiyaç duyulan ve "makro elementler" olarak adlandırılan besin maddeleri arasında en çok bilinenler azot, fosfor ve potasyumdur (Mert, 2011). Makro bitki besin

maddesi olan potasyum; fotosentezin gerçekleşmesine, bitkilerin biyolojik gelişmesine, karbonhidrat ve N metabolizmasına, N elementinin etkinliğine, fotosentez sonucu oluşan ürünlerin bitkinin değişik yerlerine taşınmasına, kök gelişimine, bitkinin ekstrem koşullara dayanıklılığına, ürünün olgunluk zamanına ve ürün kalitesine doğrudan etkili olmaktadır (Kacar, 1977). Potasyum içeriği yönünden zengin olduğuna inanılan Türkiye topraklarında bitkiye faydalı potasyum miktarlarının bazı yörelerde uygun sınırların altında kaldığı bilinmektedir. Aslında tüm tarla bitkileri yetiştiriciliğinde sıklıkla besin maddesi eksikliğiyle karşılaşmaktadır. Pamuk toprağın besin maddesini fazla kullanmamasına rağmen, iklim ve toprak koşullarına göre, besin maddesi ihtiyacı değişmektedir. Bu nedenle besin maddesi eksikliğinde üreticisine sorun yaşatabilmektedir. Pamukta su stresine karşı potasyum uygulamalarının yaprakta SOD (superoxide dismutase) ve CAT (cotionic amino acid) enzimlerini önemli oranda arttırdığını, bu enzimlerin pamuğun su stresine dayanıklılığını artırmada eşsiz bir rol oynadığını saptamışlardır Oosterhuis ve ark. (2013).

Pamuğa farklı dozlarda K'lu gübre uygulaması yapılan bir çalışmada; verimin önemli derecede arttığı saptanmıştır (Çolakoğlu 1978). Potasyum dozları kütlü pamuk ve lif verimlerinde önemli düzeyde farklılık oluşturmakla birlikte 5 kg/da K uygulamasının kütlü pamuk verim artışı yönünden en ekonomik doz olduğu tespit edilmiştir (Genç, 2007). Bitkilerin çokça ihtiyaç duyduğu ve bitki içerisinde enzim sistemini yöneten potasyum; meyve olgunlaşması ve kalite ile de doğrudan ilişkilidir. Potasyum uygulamalarının fotosentez, azot metabolizmasını, karbonhidrat metabolizmasını ve osmotik basıncı artırarak pamukta kuraklık stresini azalttığı ifade edilmiştir (Zahoor et al., 2017a; Zahoor et al., 2017 b). Bumguardner (2018), Teksas bölgesinde yapılan bir çalışmada; pamuğa farklı zaman, farklı uygulama şekli ve farklı dozlarda potasyum uygulanarak;

potasyumun oranı, sulama miktarı ve uygulama yönteminin yaprak dokusundaki potasyumu etkilediğini, bunun sonucunda gelişme ve lif kalite özelliklerinde artış olduğunu ancak potasyum uygulamasından önce toprakta yeterli miktarda potasyum var ise uygulamanın pamuk bitkisine etkisinin olmadığını bildirmiştir. Missisipi State Üniversitesinde pamuğa çiçeklenme döneminde verilen potasyumlu besin solüsyonunun koza sayısı, koza ağırlığı verim ve lif randımanını önemli düzeyde artırdığını bunula birlikte pamuk bitkisinde diğer verim öğelerinin de K uygulamalarından etkilendiğini rapor etmişlerdir.

Yapılan çalışmalarda potasyum farklı doz ve veya farklı gelişme döneminde topraktan, yapraktan veya hem topraktan hem de yapraktan uygulanması sonucu; kütlü pamuk veriminin arttığı bildirilmiştir (Görmüş ve Kanat (1998), Akhtar ve ark.,(2003), Pettigrew, W.T. (2003), Mozaffari (2006), Read ve ark., (2006), Gadhiya ve ark., (2009), Khalifa ve ark. (2012), Adeli, (2014), Zia -ul Hassan ve ark. (2014), Yang ve ark. (2017), Magare ve ark. (2018), Deshish et al., 2020; Hussain et al., 2021). Ancak bazı çalışmalarda ise potasyum uygulamalarının kütlü pamuk verimine etkisinin önemsiz olduğu bildirilmiştir (Faircloth ve ark. (2004), Gwathmey ve ark. (2006). Bunula birlikte pamuğa potasyum uygulamasının bitki boyunu artırdığı ifade edilmiştir (Zhao ve ark. 2001; Gerardeaux ve ark. 2009; Shahzad ve ark. (2019), Hussian ve ark., (2021). Shahzad ve ark. (2019) Pakistan'da 0, 100 ve 200 kg/ha KCl'u ekimle birlikte toprağa uygulayarak, 100 kg/ha potasyum uygulamasının bitki boyuna olumlu etkiler yaptığını ancak lif kalitesi üzerinde bir farklılık oluşturmadığı ifade edilmiştir.

Pakistan'da pamuğa uygulanan 250 kg/ha N ve 100 kg/ha P'a ilaveten 0, 40, 80 ve 120 kg/ha potasyum uygulamaları sonucu bitki boyunun 100.25-134 cm, koza ağırlığının 4.2-5.2 g ve kütlü pamuk veriminin 2.379–3175 kg/ha arasında kaldığı, en az verimin kontrol parsellerinden alındığı bildirilmiştir (Hussain et al., 2021). Bir diğer çalışmada Topraktan ekimle birlikte verilen potasyuma ek olarak ekimden 80 ve 105 gün sonra yapraktan uygulanan potasyumun bitki boyunu, bitki başına koza sayısını, koza ağırlığını ve kütlü pamuk verimini önemli

düzye artırdığı bildirilmiştir (Aslam et al. 2020). Diğer bazı çalışmalarda; Potasyum uygulamalarının genellikle pamuk verimini, verim öğelerini ve lif kalitesini iyileştirdiği saptanmıştır (Harmon ve ark. 2017; Thu ve ark. 2017). Pamukta potasyumlu gübre uygulamalarının kütlü pamuk verimini artırmada önemli rol oynadığı rapor edilmiştir (Tian ve ark. 2017; Yang ve ark. 2017).

Çin'de potasyumlu gübrelemenin pamuk üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada; 3 yıl süre ile, Simian 3 ve Siza 3 pamuk çeşitlerine 45, 90 ve 180 kg/ha⁻¹ K₂O potasyum uyguladıklayarak, 45 kg/ha K dozu uygulamasının lif verimini %19.4 oranında arttırdığını, ancak bu gübre dozu uygulamasında diğer özelliklerle ilgili olumlu yada olumsuz bir cevap alınmadığı rapor edilmiştir Yang ve ark. (2017).

Bir diğer çalışmada; Azot ve potasyum uygulamalarının verim ve verim öğeleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu, 60 kg N+24 kg K gübre uygulamasının bitki başına meyve dalı sayısı, koza sayısı, koza ağırlığı ve kütlü pamuk verimin önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir (Deshish et al., 2020). Pakistanda pamuğa farklı gelişme dönemlerinde ve farklı dozlarda yaprak gübresi olarak uygulanan potasyumun bitki başına meyve dalı sayısını arttırdığı belirtilmiştir (Mahmood, 2011). İran'da tuzlu topraklarda yetiştirilen pamuğa farklı doz ve farklı gelişme dönemlerinde uygulanan potasyumun koza ağırlığı ve kütlü pamuk verimini artırdığını buna karşın bitki boyu, koza sayısı ve meyve dalı sayısının potasyum uygulamalarından etkilenmediği ifade edilmiştir (Ardakani ve ark. 2016). Hindistan'da N seviyesi düşük fosfor seviyesi orta derecede, Ph'sı 8'den daha yüksek olan tuzlu bir toprakta pamuğa yaprak gübresi olarak uygulanan K dozlarından dekara 3 kg potasyumun bitki boyu, meyve dalı sayısı, koza sayısı ve kütlü pamuk verimini artırdığını belirtilmiştir (Solaimalai, ve ark. 2019, Malik, ve ark. 2022).

Bu çalışma Ülkemizde en çok pamuk ekilen Şanlıurfa ili'nde farklı zaman ve farklı dozlarda uygulanan potasyumun pamuğun verim ve verim öğelerine etkisini belirlemek amacıyla planlanmış ve yürütülmüştür.

Materyal ve Metot

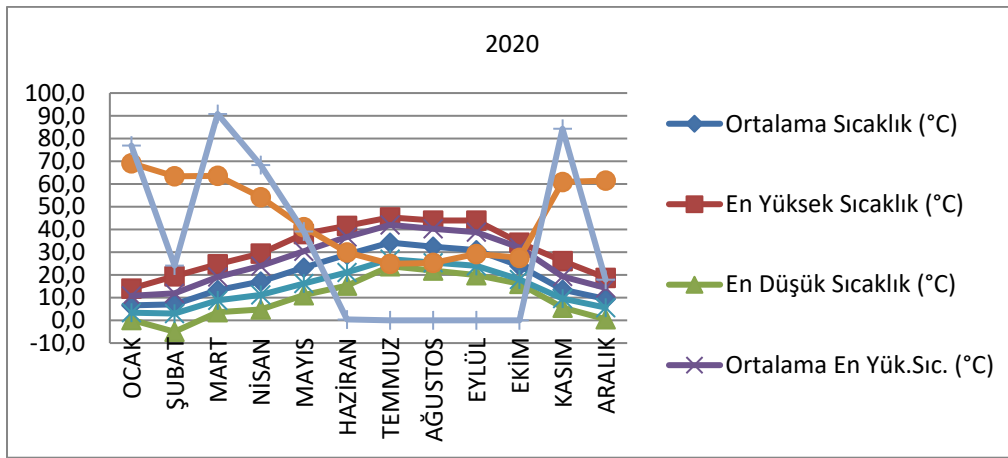
Araştırma 2020 ve 2021 yıllarında, Şanlıurfa'da Harran Ovasının kuzeyinde yer alan Haliliye ilçesi Çekçek mahallesinde bulunan bir çiftçi tarlasında yürütülmüştür. Denemenin yürütüldüğü alan alüvyal ana materyalli, düz ve düze yakın derin topraklardır. Tüm profil çok kireçli, organik madde kapsamı düşük, K.D.K'ları yüksektir. Organik madde yüzeyden aşağılara doğru azalarak %0.9-0.3 arasında değişmektedir. Katyon değişim kapasitesi kil içeriğine bağlı olarak alt katmanlara doğru artmaktadır (Dinç ve ark., 1986).

Deneme alanından 2020 ve 2021 yıllarında alınan toprak örneklerinin, Tüzüner (1990)'e göre yapılan analizi sonucu, Killi-tınlı, siltli bünyeye sahip olup

yıllara göre sırasıyla Ph 7.56, 7.80; Potasyum içeriği 98.8, 109.8 kg/da; fosfor 6.31, 6.26kg/da; kireç %25.4, 28.1; organik madde %1.59, 1.24 olarak belirlenmiştir (GAP TEAM Müdürlüğü Toprak Analizleri Laboratuar Kayıtları, Şanlıurfa 2021).

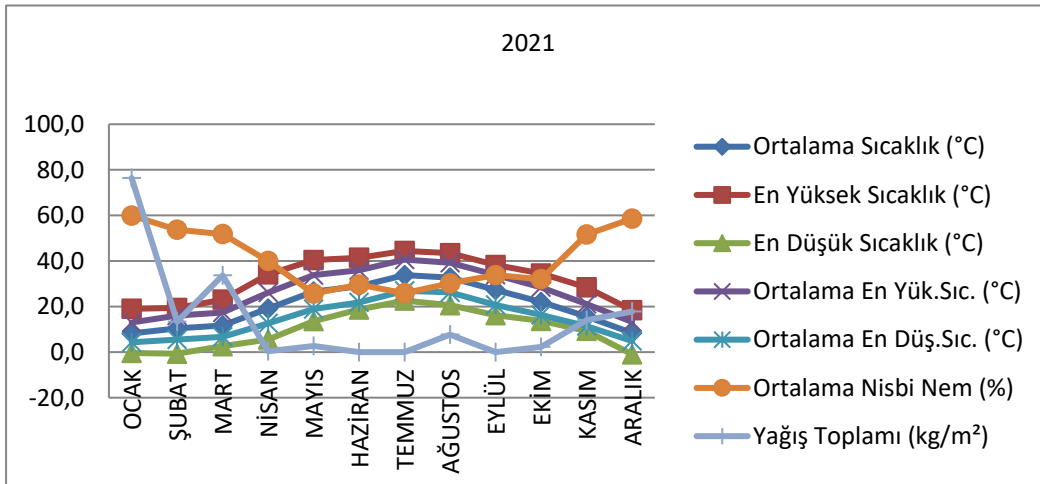
İklim özellikleri

Şanlıurfa, Güneydoğu Anadolu iklim bölgesine dâhil olmakla beraber, Karasal ikliminin etkisi altındadır. Yazları sıcak ve kurak kışları ise soğuk olan bir iklim özelliği göstermektedir. Deneme yerine ait iklim özellikleri şekil 2, şekil 2.1 ve çizelge 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. 2020 yılı iklimsel verileri (Anonim 2020)

Figure 1. Climatic data for 2020 (Anonim 2020)



Şekil 2. 2021 yılı iklimsel verileri (Anonim, 2021)

Figure 2. Climatic data for 2020 (Anonim, 2020)

Şekil 2 ve 3'den, pamukta gelişme sürecinde (Nisan-Ekim Ayları) sıcaklık ortalaması 2020 yılında 13.5 ile 34.2 °C; 2021 yılında 15.6 ile 33.8 °C; uzun yıllar ortalaması 12.8 ile 33.1°C arasında- kaldığı, maksimum sıcaklık ortalamasını 2020 yılında 26.1°C

ile 45.3°C; 2021 yılında 28.4 ile 44.4°C; uzun yıllar ortalamasının ise, 18.6 °C ile 38.6 °C arasında değiştiği anlaşılmaktadır. Yine aynı şekillerde minimum sıcaklık ortalamalarının 2020 yılında 4.8 °C - 23.8 °C; 2021 yılında 5.5 - 22.6 °C; uzun yıllar ortalaması ise, 8.3 °C -

26.8 °C; toplam yağış miktarının 2020 yılında, 0 - 84.3 mm; 2021 yılında 0 - 14 mm; uzun yıllar ortalaması ise, 0.6 - 49.2 mm. Ortalama nispi nem, 2020 yılında, % 24.9 -69.1- ile % 60.9 2021 yılında % 25.7 - %51.6; uzun yıllar ortalaması ise, % 29.7 - % 59 arasında değiştiği izlenebilmektedir.

Çalışmada, Şanlıurfa yöresinde yaygın olarak ekilen BASF firmasına ait Fiona pamuk çeşidi (*Gossypium hirsutum* L) bitki materyali olarak kullanılmıştır. Bu çeşit orta erkenci, orta boylu, yaprakları orta genişlikte olup tüsüzdür. Kısa meyve dalı oluşturması nedeniyle klastır yapıdadır. Bu durum sık ekilmesine imkan vererek makinalı hasada da uygun olmasını sağlar. Kozalar orta büyüklükte ve koza açımı kuvvetlidir. Ekimden ilk koza açımına kadar geçen gün sayısı 90-100 gün kadardır. Çırcır randımanı % 43- 44, lif uzunluğu 30-32 mm, lif inceliği 4-4.5 micronaire, lif mukavemeti 33-35 g/tex, üniformite %84-88, SCI 150 ve üzeridir (www.agro.basf.com.tr).

Araştırmada, ekimden sonra gün olarak potasyum uygulama zamanı ve potasyum dozları olarak 2 faktörlü bir deneme şeklinde ele alınmıştır. Potasyum uygulama zamanları ekimden sonra 30'uncu, 40'inci ve 50'nci gün ana parsellere, potasyum dozları ise (0, 10, 20 ve 30 kg/da alt parsellere, gelecek şekilde, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deney desenine göre, 3 tekerrürlü olarak tasarlanmış ve yürütülmüştür. Çalışmada her parsel 12 metre uzunluğunda 6'şar sıradan oluşturulmuştur. Çalışmada sıra araları 75 cm, sıra üzeri mesafeleri ise 5.4 cm aralıklarla bitki populasyonu oluşturulmuştur. Parsel büyüklükleri ekimde 4.5x 12 m =54 m²; hasatta ise her bir parselde uygulanan potasyumun diğer parselde geçmesi ihtimalini bertaraf etmek için, her bir parselin kenarlarda yer alan 2'şer sıra ile baştan ve sondan 1'er metrelik kısım kenar tesir olarak atıldıktan sonra, geriye kalan 10 m uzunluğundaki 2 sıra (2x0.75x10=15 m²) dan ibarettir.

Potasyum dozlarının uygulaması: 54 m² 'lik her parsel için dekara 10, 20 ve 30 kg potasyum dozuna karşılık gelen 540 g, 1080 g ve 1620 g olarak hazırlanan % 98 oranında potasyum içeren KCl, 30uncu, 40'inci ve 50'inci günlerde, sırt pompasına 15 lt su konularak çözüldürülen KCl, her bir sıranın sağına ve soluna uygulanmıştır. Kontrol parsellerine de 15'er litre saf su uygulanmıştır.

Deneme alanı, 2019 ve 2020 yılları kasım ayında

pu ll u k ile 25-30 cm derinlikte sürülmüştür. 2020 ve 2021 yılı nisan ayı sonlarında, ikileme yapılmıştır. Ekim öncesi yabancı otlara karşı trifluralin etkili madde içeren herbisit 200 cc/da uygulanarak, tapan çekilmiş ve deneme alanları her iki yılda da ekime hazır hale getirilmiştir. Ekim işlemi 6 sıralı pnömatik pamuk mibzeri ile 2020 yılında 24 Nisanda, 2021 yılında ise 28 Nisan tarihinde 3-3.5 cm derinliğe yapılmıştır. Çalışmada her iki yılda da taban gübresi olarak 20 kg/da DAP (%18-46) ekimle birlikte toprağa uygulanmıştır. Her iki deneme yılında da toplamda 9,2 kg/da saf fosfor (P₂O₅) ve 22 kg/da saf azot (N) topraktan uygulanmıştır. Azot uygulamaları her iki yılda da saf olarak 3.6 kg/da ekimle birlikte, 9.2 kg/da ekimden 30 gün, 9.2 kg/da da ekimden 50 gün sonra yapılmıştır.

Her iki deneme yılında da parsellerde yeknesak bir bitki populasyonu oluşturduktan sonra, yabancı otlara karşı 2 kez el çapası uygulanmış daha sonra 2'si verilen üst gübre ile olmak üzere toplam 3 kez traktör çapası yapılmıştır. Her iki yılda da; haziran ayında tripslere (*Aphis gossypii*) karşı (Dimethoate % 40) terkipli insektisit (100 cc da⁻¹) ilaçlama yapılmıştır. Temmuz ayında kırmızı örümceğe (*Tetranychus urticae koch*) karşı nissoril (hekythiozox 100 cc/da) uygulanmıştır. Ağustos ayında yaprak piresi (*Empoasca ssp*) ve beyazsinek (*Bemisia tabaci* Genn)'e karşı 20 g da⁻¹ hekplan (Acetamiprid) ve 60 cc da⁻¹ sumigold (Esfenvalerate) karışımı ile kimysal savaşım yapılmıştır. Ağustos sonlarında beyazsinek (*Bemisia tabaci* Genn) ve yeşilkurt'a (*Heliothis amigera* Hübn.) karşı; 20 g da⁻¹ Hekplan (Acetamiprid) ve 200 cc da⁻¹ Dursban-4 karışımı ile ilaçlama yapılmıştır. Ayrıca 2020 yılında populasyonu artan yaprak biti (*Aphis gossypii*)'ne karşı, 100 cc da⁻¹ Movento (Spirotetramat) ve ikinci defa ise yaprak biti ve pamuk tahta kurusu (*Lygus ssp*) için de 15 g da⁻¹ Transform (sulfoxaflor) uygulanmıştır.

Her iki deneme yılında da yörede ilkbahar yağışları düşmediğinden, ekimden önce nisan başında tarla salma sulanmış olup çimlenme için uygun nem sağlandıktan sonra ekim yapılmıştır. Denemeye haziranda 2, temmuzda 3, ağustosta 3 ve eylül ortalarında 1 kez karık usulü olmak üzere, toplam 10 kez sulama yapılmıştır.

Denemenin her iki yılında da son sulamadan 15 gün sonra yaprak döktürücü bayer finish drop (60 ml da⁻¹)

ile koza açtırıcı (tihidiazuron + diuron) uygulanmıştır. Bu uygulamadan 10-12 gün sonra her parselin kenarındaki 2'şer sırası ile baştan ve sondan!er metrelik kısmı kenar tesir olarak atıldıktan sonra geriye kalan 2 sıra (10m x 0.75 m x 2sıra =15 m²) elle hasat edilmiştir.

İncelenen özellikler ve yöntemleri

Çalışmada ölçme, sayma ve tartma ve sonucu elde edilen bitki boyu, bitki başına meyve dalı ve koza sayısı, koza ağırlığı, koza kütlü ağırlığı ve kütlü pamuk verimi; Şenel, 1980'in belirttiği yöntemler uyarınca saptanmıştır. Çalışmamızda incelenen özelliklere ilişkin elde edilen rakamsal değerler SPSS istatistik paket programında tesadüf blokları deney deseninde bölünmüş parsellere göre analizleri yapılarak Tukey testine göre gruplandırılmıştır.

Kütlü Pamuk verimi (kg da⁻¹)

Fiona pamuk çeşidine, 2020 ve 2021 yıllarında, farklı zaman ve farklı dozlarda uygulanan potasyum gübrelemesinin, kütlü pamuk verimine (kg/da) etkileri ile Tukey testine göre oluşan gruplar Çizelge 1 ve şekil 1'de gösterilmiştir. Dekara verimde F testi ile hata varyanslarının homojenliği kontrol edilmiş olup, yıl ortalamaları homojen olmadığından, yılların birleştirilmiş analizleri yapılmamıştır.

Çizelge 1'den 2020 yılında uygulama zamanları ve uygulama dozları arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmadığı; ancak uygulama zamanı ile uygulama dozları arasındaki interaksiyonların önemli bulunduğu anlaşılmaktadır. 2021 yılında ekimden sonraki gün sayısı, uygulama dozları ve ekimden sonraki gün sayısı x uygulama dozları interaksiyonlarının istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Çizelge 1: Fiona pamuk çeşidine, farklı doz ve zamanlarda uygulanan potasyum (k) gübrelemesi sonucu, kütlü pamuk verimi ile bitki boyuna ilişkin saptanan ortalama değerler ve tukey testine göre oluşan gruplar

Table 1: Average values of seed cotton yield and plant height as a result of potassium (k) fertilization applied to fiona cotton variety at different doses and times, and groups formed according to Tukey test

	Yıllar	Kütlü pamuk verimi (kg/da) Seed cotton yield (kg/da)		Bitki boyu (cm) Plant height (cm)		
		2020	2021	2020	2021	Yıllar ort.
	Yıl Ortalamaları	431.64 b	455.02 a	82.97 b	85.16 a	84.07
Ekimden Sonra (K) Uygulama zamanı	30. Gün	425.78	417.56 c	85.41 a	85.26	85.33 a
	40. Gün	443.57	447.79 b	83.42 b	84.75	84.09 ab
	50. Gün	425.57	499.72 a	80.06 c	85.47	82.77 b
	L.S.D. (0.05)	Ö.d	17.86	1.67	Ö.d	2.31
Potasyum Uygu. Dozları (Kg/da)	Kontrol	426.35	436.24 b	82.45	82.72	82.58
	10 kg	428.97	468.83 a	83.63	86.07	84.85
	20 kg	442.50	443.48 b	82.04	87.22	84.63
	30 kg	428.72	471.54 a	83.76	84.64	84.20
	L.S.D. (0.05)	Ö.d	14.99	Ö.d.	Ö.d.	Ö.d.
Ekim Son K Uygulama Zamanı X Uygulama Doz interaksiyonları	30.GünXKontrol	396.98 b	436.60 cd	84.69 abc	84.18	84.43 ab
	30. Gün X 10 kg	428.50 ab	418.97 de	87.46 a	85.73	86.60 a
	30. Gün X 20 kg	449.07 ab	394.88 e	82.84 abc	87.62	85.23 ab
	30. Gün X 30 kg	428.56 ab	419.77 de	86.66 ab	83.53	85.10 ab
	40.GünXKontrol	468.02 a	411.11 de	84.71 abc	81.13	82.92 ab
	40. Gün X 10 kg	451.78 ab	473.31 b	83.95 abc	85.49	84.72 ab
	40. Gün X 20 kg	427.09 ab	432.71 d	83.18 abc	86.73	84.95 ab
	40. Gün X 30 kg	427.37 ab	474.04 b	81.86 abc	85.64	83.75 ab
	50.GünXKontrol	414.05 ab	461.02 bc	77.95 c	82.84	80.40 b
	50. Gün X 10 kg	406.63 b	514.22 a	79.47 c	87.00	83.23 ab
	50. Gün X 20 kg	451.35 ab	502.86 a	80.09 bc	87.31	83.70 ab
	50. Gün X 30 kg	430.24 ab	520.79 a	82.75 abc	84.73	83.74 ab
	L.S.D. (0.05)	56.47	25.96	2.30	Ö.d.	6.03
	%CV	5.79		4.99		

kütlü pamuk veriminin potasyum uygulama zamanına göre 2020 yılında 431.64 kg/da, 2021

yılında ise 455.02 kg/da olduğu ve yıllar arasında istatistiksel önem seviyesinde farklılık olduğu

anlaşılmaktadır. 2020 yılında kütlü pamuk verimi 425.57 ile 443.57 kg/da arasında değişmiş olup en yüksek verimin ekimden sonraki 50. günde yapılan potasyum uygulamalarından alınmıştır (Çizelge 1). Yine aynı çizelgeden, 2021 yılında potasyum uygulama zamanlarına göre kütlü pamuk veriminin 417.56 - 499.72 kg/da arasında değişmiş olup en yüksek verim potasyumun ekimden sonraki 50. Gün uygulamasından elde edilmiştir.

Yapılan uygulama dozları ve uygulama zamanı arasındaki interaksiyonlar incelendiğinde 2020 yılında gübre dozu x gübre uygulama zamanı arasındaki interaksiyonlara göre; kütlü pamuk verimi 396.98 kg/da ile 468.02 kg/da arasında kalmış olup en yüksek değer 40. Gün uygulama zamanı ve kontrol uygulamasından alınmıştır. 2021 yılında ise kütlü pamuk verimi 394.88-520.79 kg/da arasında kalmış olup en yüksek değer 50. Gün ve 30 kg/da potasyum gübresi uygulamasından elde edilmiştir.

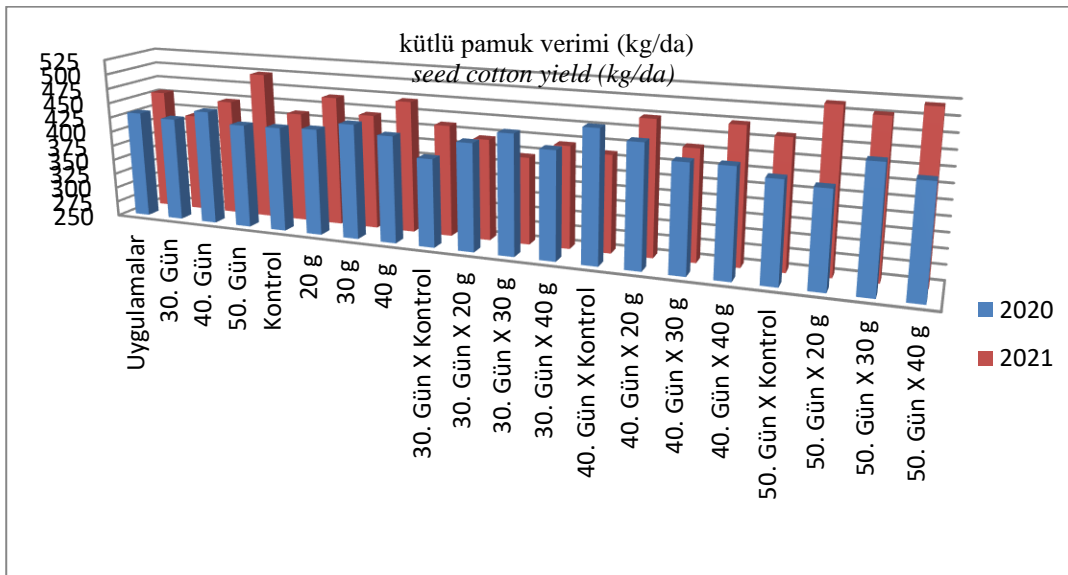
Çalışmamızdan elde edilen sonuçlara göre; potasyum uygulama dozları ve uygulama zamanlarının kütlü pamuk verimine etkisi birinci yılda önemsiz bulunurken ikinci yılda genel olarak kütlü pamuk verimini artırdığı söylenebilir. Bu sonuç; Görmüş ve Kanat (1998), Zhao ve ark., 2001; Akhtar ve ark. (2003), Pettigrew, (2003), Reddy ve Zhao 2005; Mozaffari (2006), Read ve ark., (2006), Makhdum ve ark., 2007; Pervez ve ark. (2007a)), Gadhiya ve ark., (2009), Khalifa ve ark. (2012), Adeli, (2014), Zia-ul Hassan ve ark. (2014), Yang ve ark. (2017), Bumguardner (2018), Magare ve ark. (2018), Dershish ve., 2020; Hussain ve ark., 2021 adlı araştırmacıların bulguları ile tamamen veya kısmen örtüşmektedir. İncelenen literatürler arasında; Faircloth ve ark.

(2004), Gwathmey ve ark. (2006) tarafından potasyum uygulamalarının kütlü pamuk verimine etkisinin önemsiz olduğunu bildirilmiştir. Bu durum denemelerin yapıldığı farklı yörelerin sahip olduğu farklı ekolojik faktörlere bağlanabilir. Ayrıca denemelerde kullanılan farklı çeşitler ve uygulanan kültürel uygulamaların farklılığından kaynaklanmış olabilir. Nitekim Yaw ve ark., (2021) özellikle potasyum oranının yüksek olduğu topraklarda, potasyum pamuk etkileşiminin tam olarak anlaşılmadığını, yaptıkları tarla denemelerinde her bir çeşidin potasyum uygulama dozu, uygulama zamanı ve uygulama şekline farklı ölçülerde etkilendiğini saptamışlardır.

Bitki boyu (cm)

Fiona pamuk çeşidine, farklı zaman ve farklı dozlarda uygulanan potasyum gübrelemesinin 2020, 2021 ve birleştirilmiş yıllar ortalamalarına ilişkin, saptanan bitki boyu (cm) değerleri ile Tukey testine göre oluşan gruplar Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1 ve şekil 1'den; 2021 yılında ortalama bitki boyunun 2020 yılına göre daha uzun olduğu; 2020 yılında potasyum uygulama zamanları sonucu bitki boyuna etki etmediği, 2021 yılında ise uygulama zamanlarının 80.06-85.41 cm arasında kaldığı en uzun bitki boyunun 30. gün potasyum uygulamasından alındığı; birleştirilmiş yıllar analizine göre de uygulama zamanlarının bitki boyuna etki ettiği, bitki boyunun 82.77-84.07 arasında kaldığı, en uzun bitki boyunun ekimden sonra 30. Gün potasyum uygulamasından saptandığı anlaşılmaktadır.



Şekil 3. Potasyum uygulama dozları, uygulama zamanları ve uygulama dozu x uygulama zamanı interaksiyonlarının kütlü pamuk verimi üzerine etkisi

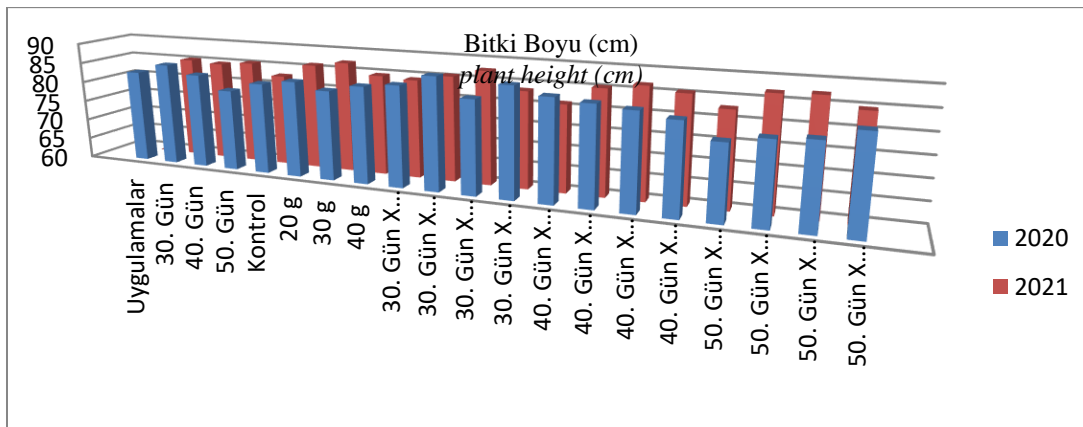
Figure 4. The Effect of potassium application doses, application times and application dose x application time interactions on seed cotton yield

Yine aynı çizelge ve şekilden; potasyum uygulama zamanı ve uygulama dozlarının bitki boyuna etki etmediği izlenebilmektedir.

Potasyum uygulama zamanı ve uygulama dozu interaksiyonları incelendiğinde; 2021 yılı ile birleştirilmiş yıllar interaksiyonlarının önemli, 2021 yılında ise interaksiyonların önemsiz olduğu görülmektedir. 2020 yılında bitki boyu 77.95 cm ile 85.41 cm arasında saptanırken, 2021 yılında 81.13 cm ile 87.62 cm arasında tespit edilmiş ve iki yılın birleşik analizinde bitki boyu 80.40 cm ile 86.60 cm arasında olmuştur. Yapılan interaksiyon

çalışmasından en uzun bitki boyu 2020 yılında 10 kg K x 30. Gün uygulanan gübre interaksiyonundan (87.46 cm) elde edilmiştir. Birleşik yıllar analizinde ise ekimden sonra 30. Gün uygulanan 10 kg/da K interaksiyonundan elde edilmiştir (86.60 cm).

Farklı doz ve farklı gelişme dönemlerinde uygulanan potasyumun bitki boyuna etkisine ilişkin sonuçlarımız; (Zhao ve ark. 2001; Gerardeaux ve ark. 2009; Solaimalai, ve ark. (2019), Shahzad ve ark. (2019), Solaimalai, ve ark. (2019), Hussian ve ark., (2021), Malik ve ark. (2022) isimli araştırmacıların bulguları ile tamamen veya kısmen paralellik arz etmektedir.



Şekil 4. Potasyum uygulama dozları, uygulama zamanları ve uygulama dozu x uygulama zamanı interaksiyonlarının bitki boyu üzerine etkisi

Figure 4. The Effect of potassium application doses, application times and application dose x application time interactions on plant height

Meyve dalı sayısı (adet/bitki): Fiona pamuk çeşidine, farklı zaman ve farklı dozlarda uygulanan potasyum gübrelemesinin 2020, 2021 ve

birleştirilmiş yıllar ortalamalarına ilişkin, saptanan meyve dalı sayısı (adet/bitki) değerleri ile Tukey testine göre oluşan gruplar Çizelge 2 ve şekil 3'de gösterilmiştir.

Çizelge 2 ve Şekil 3'den; 2020 yılı meyve dalı sayısının 9.02 adet/bitki ile 11.33 adet/bitki; 2021 yılında ise 7.78 adet/bitki ile 10.44 adet/bitki arasında kaldığı anlaşılmaktadır. Birleştirilmiş yılların istatistiksel analizinde meyve dalı sayısının 8.51 ile 10.17 adet bitki arasında saptanmıştır. Yapılan uygulama dozları ve uygulama zamanı arasındaki etkileşimler incelendiğinde 2020 yılı en fazla meyve dalı sayısı 30. gün x 30 kg/da K uygulamasından, 2021 yılında ise 50. gün x kontrol uygulamasından saptanmıştır. 2020 yılında K uygulama dozları meyve dalı sayısına etki etmezken, 2021 yılında 20 kg/da uygulamasından (9.78 adet/bitki) en fazla meyve dalı sayısı tespit edilmiştir.

Meyve dalı sayısına ilişkin elde ettiğimiz sonuçlar. İnan (1994); Mahmood, 2011 Zhao ve ark 2001; Yang

ve ark. 2017; Solaimalai ve ark. (2019); Deshish ve ark., 2020 adlı araştırmacıların sonuçları ile tamamen veya kısmen paralellik arz etmektedir. İncelenen literatürler arasında İran'da tuzlu topraklarda yetiştirilen pamuğa farklı doz ve farklı gelişme dönemlerinde uygulanan potasyumun koza ağırlığı ve kütlü pamuk verimini artırdığını buna karşın bitki boyu, koza sayısı ve meyve dalı sayısının potasyum uygulamalarından etkilenmediği ifade edilmiştir (Ardakani ve ark. 2016). Bu durum denemelerin yürütüldüğü bölgelerin farklı ekolojik faktörlerinden, denemelerde kullanılan pamuk çeşitlerinin farklı genetik yapısından ve denemelere uygulanan kültürel işlemlerin farklılığından kaynaklanmış olabileceği kanaatine varılmıştır.

Çizelge 2. : Fiona pamuk çeşidine, farklı doz ve zamanlarda uygulanan potasyum (k) gübrelemesi sonucu, meyve dalı sayısı (adet/bitki) ile koza sayısına (adet/bitki) ilişkin saptanan ortalama değerler ve tukey testine göre oluşan gruplar
Table 2.: Average values determined for fiona cotton variety, potassium (k) fertilization applied at different doses and times, number of fruit branches (number/plant) and number of bolls (number/plant) and groups formed according to tukey test

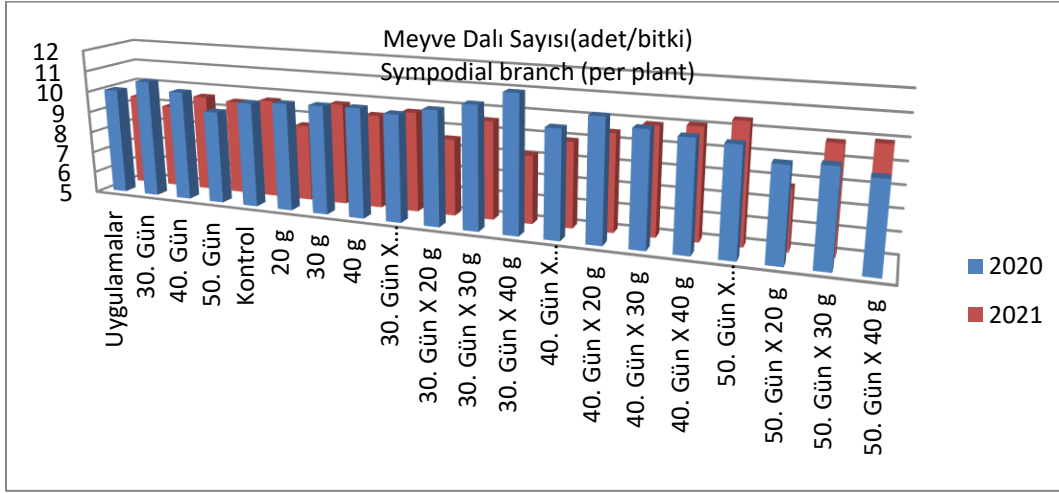
	Yıllar	Meyve dalı sayısı (adet/bitki) Sympodial branches (per/plant)			Koza sayısı (adet/bitki) Boll number (per7plant)		
		2020	2021	Birleşik	2020	2021	Yıllar Ort.
	Yıl Ortalamaları	10.05 a	9.37 b		14.68 a	12.15 b	13.415
Ekimden Sonra (K) Uygulama zamanı	30. Gün	10.58 a	9.00 b	9.79 a	15.27	10.97	13.13
	40. Gün	10.20 b	9.62 a	9.91 a	14.61	12.72	13.66
	50. Gün	9.38 c	9.50 a	9.44 b	14.14	12.76	13.45
	L.S.D. (0.05)	0.32	0.45	0.23	Ö.d	Ö.d	Ö.d
Potasyum Uygulama Dozları (Kg/da)	Kontrol	9.94	9.69 a	9.82	14.49	11.52 b	13.00
	10 kg	10.05	8.61 b	9.33	15.09	11.04 b	13.07
	20 kg	10.09	9.78 a	9.94	14.55	13.68 a	14.12
	30 kg	10.12	9.39 ab	9.76	14.59	12.35 ab	13.47
	L.S.D. (0.05)	Ö.d	0.98	Ö.d	Ö.d	1.82	Ö.d
Ekim Son K Uygulama Zamanı X Uygulama Doz Etkileşimleri	30.GünXKontrol	9.98 abc	9.68 abc	9.83 a	14.26 ab	11.02 c	12.64 b
	30. Gün X 10 kg	10.31 abc	8.57 bcd	9.44 ab	15.33 ab	10.46 c	12.30 b
	30. Gün X 20 kg	10.69 ab	9.57 abc	10.13 a	15.60 ab	12.24 bc	13.92 ab
	30. Gün X 30 kg	11.33 a	8.15 cd	9.74 a	15.95 ab	10.15 c	13.05 ab
	40.GünXKontrol	9.95 abc	8.95 abcd	9.45 ab	14.09 ab	10.64 c	12.36 b
	40. Gün X 10 kg	10.60 ab	9.49 abc	10.04 a	16.24 a	11.82 bc	14.03 ab
	40. Gün X 20 kg	10.22 abc	9.96 ab	10.09 a	14.09 ab	15.75 a	14.92 a
	40. Gün X 30 kg	10.02 abc	10.07 ab	10.04 a	14.02 ab	12.66 abc	13.34 ab
	50.GünXKontrol	9.89 abc	10.44 a	10.17 a	15.11 ab	12.91 abc	14.01 ab
	50. Gün X 10 kg	9.24 bc	7.78 d	8.51 b	13.69 b	10.84 c	12.27 b
	50. Gün X 20 kg	9.35 bc	9.82 abc	9.59 ab	13.98 ab	13.04 abc	13.51 ab
	50. Gün X 30 kg	9.02 c	9.95 ab	9.49 ab	13.80 ab	14.24 ab	14.02 ab
	L.S.D. (0.05)	1.56	1.70	1.12	2.50	3.16	1.94
	%CV	9.80			15.6		

Koza sayısı (adet/bitki)

Fiona pamuk çeşidine, farklı zaman ve farklı dozlarda uygulanan potasyum gübrelemesinin

2020, 2021 ve birleştirilmiş yıllar ortalamalarına ilişkin, saptanan koza sayısı (adet/bitki) değerleri ile

Tukey testine göre oluşan gruplar Çizelge 2 ve şekil 5’de gösterilmiştir.

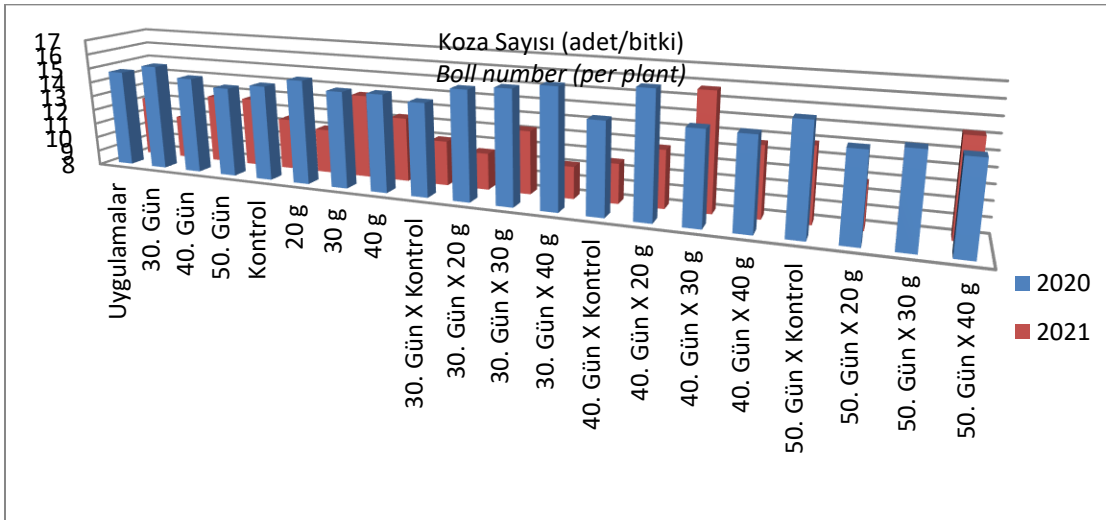


Şekil 5. Potasyum Uygulama Dozları, uygulama zamanları ve uygulama dozu x uygulama zamanı interaksiyonlarının meyve dalı üzerine etkisi

Figure 5 Effect of potassium application doses, application times and application dose x application time interactions on fruit branch

Çizelge 2 ve şekil 5’den 2020 yılında koza sayıları 13.69-16.24 adet/bitki arasında, 2021 yılında ise 10.15-15.75 adet/bitki ve 2020, 2021 birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre 12.27-14.92 adet/bitki arasında olduğu izlenebilmektedir. Potasyum uygulama zamanı her iki deneme yılında; potasyum uygulama dozları ise 2020 deneme yılı ve birleştirilmiş yıllar analizinde koza sayısı üzerine

etkili olmamıştır. Potasyum uygulama zamanı ile uygulama dozu arasındaki interaksiyonlar incelendiğinde; koza sayısı en fazla olarak 2020 yılında 40.gün x 10 kg K uygulamasından (16.24 adet/bitki), 2021 yılı ve birleştirilmiş yıl ortalamasına göre 40.gün x 20 kg/da K uygulamasından (15.75 adet/bitki) saptandığı anlaşılmaktadır.



Şekil 6. Potasyum uygulama dozları, uygulama zamanları ve uygulama dozu x uygulama zamanı interaksiyonlarının koza sayısı üzerine etkisi

Figure 6. The Effect of potassium application doses, application times and application dose x application time interactions on boll number

Çalışmamızda potasyum uygulama zamanları her iki yılda da bitki başına koza sayısına etkide bulunmamıştır. Potasyum uygulama dozları 2020 yılında eki etmemiş ancak 2021 yılı çalışmalarında etkili olduğu saptanmıştır. Potasyum uygulama

zamanı x potasyum dozu interaksiyonlarının her iki deneme yılında da önemli etkide bulunmuştur. Potasyum uygulama zamanları her iki yılda da koza sayısına etki etmemiştir. Potasyum uygulama dozları 2020 yılında koza sayısına etkili olmamış ancak

denemenin ikinci yılında etkili olduğu saptanmıştır. İnteraksiyonlar ise her iki denem yılında da etkili bulunmuştur. Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar; Arkadai ve ark. (2016) A. Bumguardner (20018), Aslam ve ark. 2020; Deshis ve ark. 2020 adlı araştırmacıların sonuçları ile tamamen veya kısmen uyum içerisindedir.

Koza ağırlığı (g): Fiona pamuk çeşidine, farklı zaman ve farklı dozlarda uygulanan potasyum gübrelemesinin 2020, 2021 ve birleştirilmiş yıllar ortalamalarına ilişkin, saptanan koza ağırlığı (g) değerleri ile Tukey testine göre oluşan gruplar Çizelge 3 ve şekil 7’de gösterilmiştir.

Çizelge 3 ve Şekil 7’den; 2020 yılında koza sayısının K uygulama zamanlarından, uygulanan K dozlarından ve K uygulama zamanı x K uygulama dozu interaksiyonlarından etkilenmediği, 2021 ve birleşik yıllar ortalamasına göre hem K uygulama zamanları hem potasyum uygulama dozları ve hem de interaksiyonların Koza ağırlığına istatistiksel olarak etki ettiği anlaşılmaktadır. 2021 yılı en ağır koza ortalaması (6.75 g) 50. Gün K uygulamasından; 10, 20 ve 30 kg/da K uygulamasından alınırken, birleştirilmiş yıl ortalamalarında en ağır kozalar 30. Ve 50. Gün uygulamasından, 30 kg/da K uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge3 ve Şekil 7). 2020 yılı denemesinde

interaksiyonlar istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, 2021 ve birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre en ağır kozalar 30 kg/da Kx50. Gün uygulamasından, en hafif kozalar ise 40. GünxKontrol uygulamasından elde edilmiştir.

Pamuğa farklı gelişme dönemi ve farklı dozlarda uygulanan potasyum gübresinin koza ağırlığına etkisi üzerine ilişkin sonuçlarımız; Arkadani ve ark. (2016); Harmon ve ark. (2017); Deshish ve ark. (2020) A. Bumguardner (2018); Hussain ve ark. (2021) çalışmaları ile tamamen veya kısmen paralellik arz etmektedir. İncelenen literatürler arasında Read ve ark., (2006)’nın sonuçları ile örtüşmemektedir. Bu durum; denemelerin yürütüldüğü bölgelerin farklı ekolojik faktörlerinden, denemelerde kullanılan pamuk çeşitlerinin farklı genetik yapısından ve denemelere uygulanan kültürel işlemlerin farklılığından kaynaklanmış olabileceği kanaatine varılmıştır.

Koza kütlü ağırlığı (g)

Fiona pamuk çeşidine, farklı zaman ve farklı dozlarda uygulanan potasyum gübrelemesinin 2020, 2021 ve birleştirilmiş yıllar ortalamalarına ilişkin, saptanan koza ağırlığı (g) değerleri ile Tukey testine göre oluşan gruplar Çizelge 3 ve şekil 8’de gösterilmiştir.

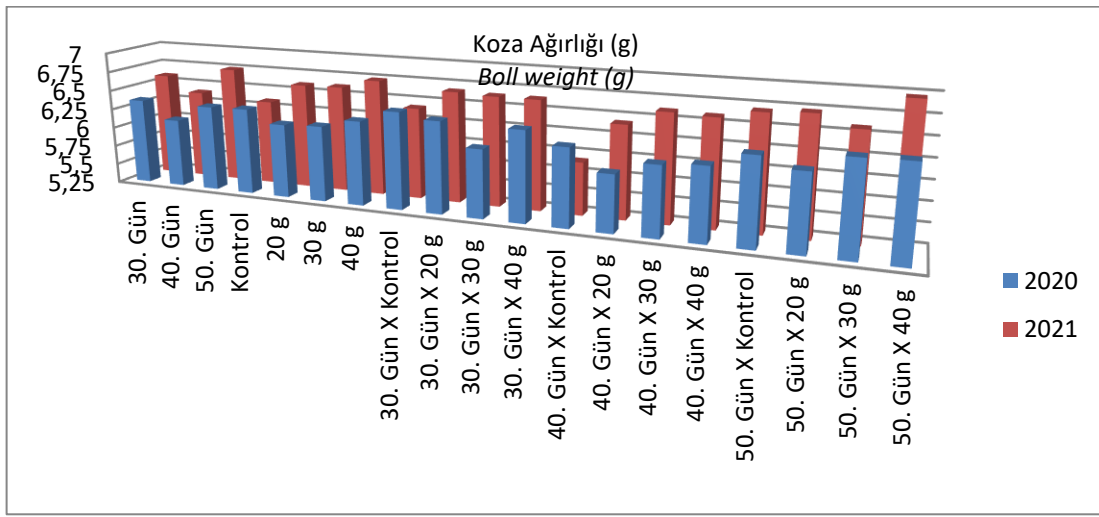
Çizelge 3.: Fiona pamuk çeşidine, farklı doz ve zamanlarda uygulanan potasyum (k) gübrelemesi sonucu, koza ağırlığı (g) ile koza kütlü pamuk ağırlığı (g) ilişkin saptanan ortalama değerler ve tukey testine göre oluşan gruplar

Table 3.: Average values of boll weight (g) and boll seed cotton weight (g) determined as a result of Potassium (K) fertilization applied to Fiona Cotton Variety at different Doses and Times, and groups formed according to Tukey test

		koza ağırlığı (g) Boll weight (g)			koza kütlü pamuk ağırlığı (g) Boll seed cotton weight (g)		
		2020	2021	Yıllar Ort.	2020	2021	Yıllar Ort.
	Yıllar						
	Yıl Ortalamaları				4.86 b	5.14 a	
Ekimden Sonra (K) Uygulama zamanı	30. Gün	6.36	6.60 ab	6.48 a	4.96	5.17 ab	5.06 a
	40. Gün	6.13	6.40 b	6.26 b	4.67	4.99 b	4.83 b
	50. Gün	6.35	6.75 a	6.55 a	4.96	5.28 a	5.12 a
	L.S.D. (0.05)	Ö.d	0.30	0.17	Ö.D	2.26	0.18
Potasyum Uygu. Dozları (Kg/da)	Kontrol	6.36	6.35 b	6.35 b	4.92	4.96 b	4.94
	10 kg	6.20	6.61 a	6.41 ab	4.85	5.20 a	5.03
	20 kg	6.22	6.62 a	6.42 ab	4.75	5.16 a	4.95
	30 kg	6.33	6.74 a	6.54 a	4.93	5.25 a	5.09
	L.S.D. (0.05)	Ö.d	0.21	0.18	Ö.d	0.17	Ö.d
Ekim Son K Uygulama Zamanı X Uygulama Doz interaksyonları	30.GünXKontrol	6.49	6.42 b	6.46 abc	4.99	5.00 c	4.99 abcd
	30. Gün X 10 kg	6.42	6.67 ab	6.55 ab	5.03	5.22 abc	5.13abc
	30. Gün X 20 kg	6.12	6.65 ab	6.39 abcd	4.79	5.18 abc	4.99 abcd
	30. Gün X 30 kg	6.40	6.65 ab	6.53 ab	5.02	5.27 abc	5.15 ab
	40.GünXKontrol	6.24	5.92 c	6.08 d	4.85	4.63 d	4.74 d
	40. Gün X 10 kg	5.97	6.43 b	6.20 cd	4.59	5.09 bc	4.84 bcd
	40. Gün X 20 kg	6.13	6.62 ab	6.38 bcd	4.49	5.14 abc	4.82 cd
	40. Gün X 30 kg	6.17	6.60 b	6.39 abcd	4.74	5.08 bc	4.91 abcd
	50.GünXKontrol	6.34	6.70 ab	6.52 ab	4.92	5.26 abc	5.09 abc
	50. Gün X 10 kg	6.21	6.73 ab	6.47 abc	4.92	5.31 ab	5.11 abc
	50. Gün X 20 kg	6.41	6.59 b	6.50 abc	4.96	5.16 abc	5.06 abc
50. Gün X 30 kg	6.42	6.97 a	6.69 a	5.03	5.39 a	5.21 a	
	L.S.D. (0.05)	Ö.d	0.36	0.32	Ö.D	0.02	0.31
	%CV	4.19			5.26		

Çizelge 3 ve Şekil 8'den; 2020 yılı koza kütlü ağırlıkları 4.49 ile 40. gün x 20 kg/da interaksyonunda en hafif olarak, 5.03 g ile 50. gün x 30 kg/da interaksyonunda en ağır koza kütlüm olarak tespit edilmiştir. 2021 yılı ise koza kütlü ağırlığı 50. gün x30 interaksyonunda 5.39 g olarak tespit edilirken, en hafif koza ağırlığı 40. gün x kontrol interaksyonunda 4.63 g olarak gözlemlenmiş olup birleşik yıllar koza

kütlü ağırlığı ortalamaları 5.21 g ile 4.74 g arasında değişiklik gösterirken 4.99 g birleşik yıllar koza kütlü ağırlığı ortalaması tespit edilmiştir. 2021 yılı uygulama dozları arasında 50. gün uygulamasında 5.28 g sırasıyla 40. gün uygulamasında 4.99 g ve 30. gün uygulamasında 5.17 g koza kütlü ağırlığı tespit edilmiştir.

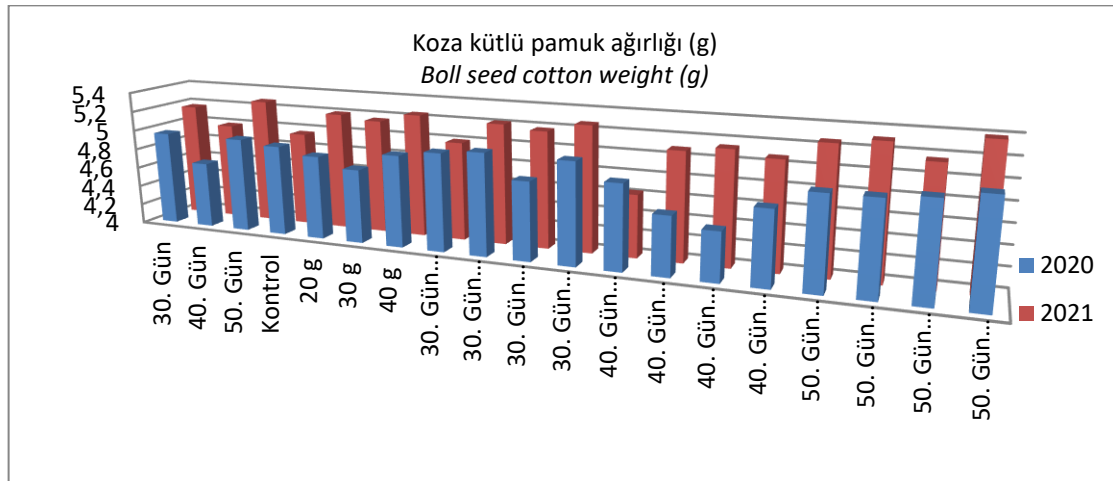


Şekil 7. Potasyum uygulama dozları, uygulama zamanları ve uygulama dozu x uygulama zamanı interaksiyonlarının koza ağırlığı üzerine etkisi

Figure 7. The Effect of potassium application doses, application times and application dose x application time interactions on boll weight

2021 yıl uygulama dozları kontrol 10 kg/da. 20 kg/da ve 30kg/da potasyum uygulamaları sonucu koza kütlü ağırlığı ise birbirlerine yakın olup 4.96 g ile 5.25 g arasında tespit edilmiştir. Pamuğa farklı gelişme dönemi ve farklı dozlarda uygulanan potasyum gübresinin koza kütlü ağırlığına etkisi üzerine ilişkin sonuçlarımız; Sawan ve ark., (2006); Faircloth ve ark., (2004)'nın sonuçlarının ilk yılı ile

uyumlu ikinci yılı ile uyumsuz göstermektedir. Pervez ve ark., (2004)'nın sonuçları ile örtüşmemektedir. Bu durum; denemelerin yürütüldüğü bölgelerin farklı ekolojik faktörlerinden, denemelerde kullanılan pamuk çeşitlerinin farklı genetik yapısından ve denemelere uygulanan kültürel işlemlerin farklılığından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 8. Potasyum uygulama dozları, uygulama zamanları ve uygulama dozu x uygulama zamanı interaksiyonlarının koza kütlü ağırlığı üzerine etkisi

Figure 8. The effect of potassium application doses, application times and application dose x application time interactions on boll body weight

Sonuçlar

Kütlü pamuk verimine 2020 yılında K uygulama zamanları, K uygulama dozları ve K uygulama zamanı x K uygulama dozu interaksiyonları istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. 2020 yılı çalışmalarında dekara 431.6-455.0 kg verim alınmıştır. 2021 yılında K

uygulama zamanı, K uygulama dozları ve K uygulama zamanı x K uygulama dozu interaksiyonları istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup dekara kütlü pamuk verimleri 394.8-520.8 kg arasında tespit edilmiştir.

Dekara verimde F testi ile hata varyanslarının homojenliği kontrol edilmiş olup, yıl ortalamaları homojen olmadığından, yılların birleştirilmiş analizleri

yapılmamıştır.

En yüksek verimler 50. günx10 kg/da K uygulamasından (514.2kg/da), 50. Gün x 20 kg/da (502.9 kg/da) ve 50. Gün x 30 kg/da (520.7 kg/da) interaksiyonlarından elde edilmiştir. Nitekim koza sayısında 40. Gün uygulamaları ve uygulama dozları kontrole göre daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca koza ağırlığı ve koza kütlü ağırlığı değerleri 50. Gün x 30 kg/da K uygulamasından elde edilmiştir. Şanlıurfa yöresi toprakları her ne kadar potasyum içeriği yönünden yeterli görülse de, her yıl bitkiler tarafından kullanıldığından, zaman içerisinde azalmaktadır. Ayrıca potasyumun bir kısmı da toprakta bağlı halde olduğundan bitkiler tarafından alınamamaktadır. Bölgedeki pamuk tarlalarında yaptığımız gözlemler sonucu potasyum eksikliği semptomlarına rastlanılmaktadır. Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda; yöredeki tarımsal üretimler için bundan böyle potasyum gübrelemesi yapılması tavsiye edilebilir.

Çıkar çatışması Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Yazarların katkı beyanı Yazarlar araştırmaya eşit oranda katkı sağlamışlardır.

Kaynaklar

- Adeli, A. & J. J. Varco 2014. Potassium Management Effects On Cotton Yield, Nutrition, and Soil Potassium Level* 1USDA-ARS, Waste Management and Forage Research Unit, 810 Highway 12 East, Mississippi State MS 39762-5367 2Department of Plant and Soil Sciences, Mississippi State University, Mississippi State, MS 39762.
- Akhtar, ME., Sardar, A., Ashraf, M., Akhtar, M., & Khan, MZ. 2003. Effect of potash application on seed cotton yield and yield components of selected cotton varieties. *Asian J Plant Sci.* 2003; 2: 602–604.
- Anonim, 2020. Tarım Ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/yillikiklim/2020-iklim-raporu.pdf>
- Anonim, 2021. Tarım Ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/yillik iklim/2021 - iklim rapor u>
- Anonim, 2022. TC Tarım ve Orman Bakanlığı, Şanlıurfa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Şanlıurfa Ulusal Pamuk Çalıştayı, <https://sanliurfa.tarimorman.gov.tr/> (Erişim Tarihi Mayıs,2023).
- Aslam, M., Ahmed, T., & Yaseen, L. (2020). Influence of soil and foliar application of potassium fertilization on the growth

and yield component of cotton crop in ecological zone of Rahim Yar Khan. *Int. J. of Res. in Agric. and Forestry*, 7(3), 8-12.

- Ardakani, A., Armin, M., & Filehkesh, E. (2016). The effect of rate and application method of potassium on yield and yield components of Cotton in saline condition. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 14(3), 514-525.
- Aslam, M., Tanweer, A., & Yaseen, L. 2020. Influence of soil and foliar application of potassium fertilization on the growth and yield component of cotton crop in ecological zone of Rahim Yar Khan." *Int. J. of Res. in Agric. and Forestry* 7.3 (2020): 8-12.
- Bennett, O.L., Rouse, R.D., Ashley, D.A., & Doss, B.D. 1965. Yield , fibre quality and potassium content of irrigated cotton plant as affected by rates of potassium. *Agron. J.*, 57: 296–299. [Crossref], [Google Scholar].
- Bumguardner, A. R. 2018. *Soil potassium effects on cotton (Gossypium hirsutum) growth, yield and quality in the texas high plains* (Doctoral dissertation).
- Çolakoğlu, H. 1978. Küçük Menderes Ovası Genç Allüviyal Topraklarının Bitkiye Yararışlı Potasyum Kapsamları ve Potasyum Yönünden Toprak-Bitki İlişkileri. Bilgehan Matbaası pp. 137-145, İzmir.
- Gadhiya, S. S., Patel, B. B., Jadav, N. J., Pavaya, R. P., Patel, M. V., & Patel, V. R. 2009. Effect of different levels of nitrogen, phosphorus and potassium on growth, yield and quality of Bt cotton. *Asian Journal of Soil Science*, 4(1), 37-42.
- Deshish, E. D. E. D., Hamoda, S. A. F., & El-Hendawy, A. A. 2020. Effect of Planting Dates and Rates of Nitrogen and Potassium Fertilization on Growth and Productivity of Giza 96 Cotton Variety. *Menoufia Journal of Plant Production*, 5(9), 413-422.
- Dinç, U., Şenol, S., Sarı, M., Yeşilsoy, M.Ş., Kaya, Z., & Özbek, H. 1986. Harran Ovası Toprakları. Güneydoğu Anadolu Projesi Tarımsal Kalkınma Sempozyumu, 91-98, Ankara Turkey
- Faircloth, J.C., Coco, A. & Clawson, E. 2004. Potassium requirements of cotton cultivars. News and Views. A regional newsletter published by the Potash & Phosphate Institute (PPI) and the Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC). July 2004.
- Genç, N. (2007). Çukurova Bölgesinde Potasyum Gübrelemesinin Pamuk Çeşitlerinin Verim ve Kalitesine Etkileri. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Gerardeaux, E., Saur, E., Constantin, J., Porte, A., & Jordan-Meille, L. 2009. Effect of carbon assimilation on dry weight production and partitioning during vegetative growth of K-deficient cotton (*Gossypium hirsutum* L.) plants. *Plant Soil* 2009, 324, 329–343.
- Gerik, T.J., Morrison, J.E., & Chichester, F.W. 1987. Effects of controlled-traffic on soil physical properties and crop rooting. *Agron. J.*, 79: 434–438.
- Gormus, Ö., & Kanat, A. D. 1998. Yield and quality properties of cotton as affected by potassium fertilization. In *Proceedings of the world cotton research conference* Vol. 2, (pp. 6-12).
- Gwathmey, C.O., Michaud, C.E., & Bush, T.D. 2006. N and K effects on physiology and yield of contrasting cotton varieties. Annual report to the Potash and Phosphate Institute Foundation for Agronomic Research. PPI/FAR Project TN-19 F. 9p.

- Harmony, Boyer CN., Lambert, DM., & Larson, JA. 2017. Temporal frequency of soil test information effects on returns to potassium fertilization in cotton production. *Jr. Agricul Appl Econ.* 49:251–272. doi:10.1017/aae.2016.41.
- Hu, W., Coomer, T.D., Loka, D.A., Oosterhuis, D.M., & Zhou, Z. 2017. Potassium deficiency affects the carbon-nitrogen balance in cotton leaves. *Plant Physiol. Biochem.* 115, 408–417.
- Hu, W., Jiang, N., Yang, J., Meng, Y., Wang, Y., Chen, B., & Zhou, Z. 2016. Potassium (K) supply affects K accumulation and photosynthetic physiology in two cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars with different K sensitivities. *Field Crops Research*, 196, 51-63.
- Hu, W., Lv, X.B., Yang, J.S., Chen, B.L., Zhao, W.Q., Meng, Y., Wang, Y.H., Zhou, Z.G., & Oosterhuis, D.M. 2016. Effects of potassium deficiency on antioxidant metabolism related to leaf senescence in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Field Crop Res.* 2016, 191, 139–149.
- Hussain, S., Hakoomat, A., & Syed, T. R. G. 2021. "Soil applied potassium improves productivity and fiber quality of cotton cultivars grown on potassium deficient soils." *Plos one* 16.4 (2021): e0250713.
- Kacar, B. 1977. Bitki Besleme A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 637, pp. 225-367, Ankara.
- Khalifa, K., Al-Chamma, M., & Al-Ain, F. 2012. Effect of potassium fertilizers on cotton yield and nitrogen uptake efficiency in an Aridisol. *Communications in soil Science and plant analysis*, 43(16), 2180-2189.
- Oosterhuis, D.M., Loka, D.A., & Raper, T.B. 2013. Potassium and stress alleviation: Physiological functions and management of cotton. *Plant Nutr. Soil Sci.* 2013, 176, 331–343.
- Magare, P. N., Jadhao, S. D., Farkade, B. K., & Mali, D. V. 2018. Effect of levels of potassium on yield, nutrient uptake, fertility status and economics of cotton grown in vertisol. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 7(04), 1292-1300.
- Mahmood, N. 2011. Response of foliar application of KNO₃ on yield, yield components and lint quality of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 6(24), 5457-5463.
- Makhdam, M.L., Pervez, H., & Ashraf, M. 2007. Dry matter accumulation and partitioning in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) as influenced by potassium fertilization. *Biol. Fert. Soils* 2007, 43, 295–301.
- Malik, M. W. I., Usman, K., Hamza, A., Saad, M., Ghulam, S., & Ullah, A. 2022. Cotton Response to Tillage and Soil and Foliar Applied Potassium Fertilization. *Sarhad Journal of Agriculture*, 38(3).
- Mert, M., 2011. Pamuk Tarımının Temelleri. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Teknik yayınlar Dizisi No: 7, İkinci Baskı, s.s. 282, Ankara.
- Miley, W.N., Hardy, G.W., Sturgis, M.B., & Sedberry, J.E. Jr. 1969. Influence of boron, nitrogen and potassium on yield, nutrient uptake and abnormalities of cotton. *Agron. J.*, 61(1): 9–13. [Crossref], [Google Scholar]
- Minton, E.B. & Ebelhar, M.W. 1991. Potassium and aldibar disulfoton effects on verticillium wilt, yield and quality of cotton. *Crop Sci.*, 31: 209–212. [Crossref], [Web of Science®], [Google Scholar].
- Mozaffari, M. 2006. Cotton response to combinations of nitrogen and potassium. [http://www.ipni.net/far/farguide.nsf/\\$webindex/article](http://www.ipni.net/far/farguide.nsf/$webindex/article).
- Mullins, G.L., Schwab, G.J. & Burmester, C.H. 1999. Cotton response to surface application of potassium fertilizer: A 10-year summary. *J. Prod. Agric.*, 12(3): 434–440. [Crossref], [Google Scholar]
- Pettigrew, W. T. 2003. Relationships between insufficient potassium and crop maturity in cotton. *Agronomy Journal*, 95(5), 1323-1329.
- Read, J., Reddy, R., & Jenkins, N., 2006. Yield and fiber quality of upland cotton as influenced by nitrogen and potassium nutrition. *J. Agron* 24, 282-290.
- Reddy, K.R.; Zhao, D. Interactive effects of elevated CO₂ and potassium deficiency on photosynthesis, growth, and biomass partitioning of cotton. *Field Crop Res.* 2005, 94, 201–213.
- Shahzade, A. N., Rizwan, M., Asghar, M.G., Qurehsi M. K., & Bukhari S.A.H. 2019 Early maturing *Bt* cotton requires more potassium fertilizer under water deficiency to augment seed-cotton yield. *Scientific Reports* volume 9, Article number: 7378.
- Solaimalai, A., Kannan, R., & Murugan, E. 2019. Effect of soil and foliar fertilization of potassium on growth characters, yield attributes, yield and economics of summer irrigated cotton in Southern agroclimatic zone of Tamil Nadu. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(2S), 560-563.
- Varco, J.J., Batson, W.E., & Bland, A. 2014. Proceedings of the Beltwide Cotton Conference. Varying Soil Test K Level Effects on Cotton Yield and Nutrition, pp.1578 Memphis, TN: National Cotton Council of America. [Google Scholar]
- Thu, ZW., Aung, KM., Kyaw, N., Soe, ST., & Tin TK. 2017. Effects of nitrogen and potassium application on plant growth, yield and fiber quality of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *J Agr Res.* 4:47–55.
- Tian, XF., Li, CL., Zhang, M., Lu, YY., Guo, YL., & Liu, LF. 2017. Effects of controlled-release potassium fertilizer on available potassium, photosynthetic performance, and yield of cotton. *J Plant Nutr Soil Sci.* 180:505–515. doi:10.1002/jpln.201700005.
- Wang, H., Liu, X., Yang, P., Wu, R., Wang, S., He, S., & Zhou, Q. 2022. Potassium application promote cotton acclimation to soil waterlogging stress by regulating endogenous protective enzymes activities and hormones contents. *Plant Physiol. Biochem.* 2022, 185, 336–343.
- Yang, XY., Li, CL., Zhang, Q., Liu, ZG., Geng, JB., & Zhang, M. 2017. Effects of polymer-coated potassium chloride on cotton yield, leaf senescence and soil potassium. *Field Crops Res.* 212:145–152. doi:10.1016/j.fcr.2017.07.019.
- Zahoor, R., Dong, H., Abid, M., Zhao, W., Wang, Y., & Zhou, Z. 2017. Potassium fertilizer improves drought stress alleviation potential in cotton by enhancing photosynthesis and carbohydrate metabolism. *Environ. Exp. Bot.* 2017, 137, 73–83.
- Zahoor, R., Zhao, W., Abid, M., Dong, H., & Zhou, Z. 2017. Potassium application regulates nitrogen metabolism and osmotic adjustment in cotton (*Gossypium*

- hirsutum* L.) functional leaf under drought stress. *J. Plant Physiol.* 2017, 215, 30–38.
- Zhao, D., Oosterhuis, D., & Bednarz, C. 2001. Influence of potassium deficiency on photosynthesis, chlorophyll content, and chloroplast ultra structure of cotton plants. *Photosynthetica* 2001, 39, 103–109.
- Zia-ul-hassan, M. A., Basra, S. M. A., Rajpar, I., Shah, A. N., & Galani, S. 2014. Response of potassium-use-efficient cotton genotypes to soil applied potassium. *International Journal of Agriculture and Biology*, 16(4).



Tüketicilerin toplam faydasını maksimum kılan Mahreç İşaretli Erzurum Kadayıf Dolması profillerinin tasarlanması

Designing Erzurum Stuffed-kadayıf profiles with Protected Geographical Indication maximizing consumers' total utility

Yavuz TOPCU^{1*} , Tuba GÜLER² 

^{1*}Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Erzurum 25240, Türkiye

²Erzurum Azize Ziraat Odası Başkanlığı, Erzurum, Türkiye

¹ <https://orcid.org/0000-0002-2260-3465>; ² <https://orcid.org/0009-0007-4421-6929>

To cite this article:

Topcu, Y., & Güler, T. (2023). Tüketicilerin toplam faydasını maksimum kılan Mahreç İşaretli Erzurum Kadayıf Dolması profillerinin tasarlanması. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 27(4): 561-573
DOI:10.29050/harranziraat.1300842

***Address for Correspondence:**

Yavuz TOPCU
e-mail:
yavuztopcu@atauni.edu.tr

Received Date:

23.05.2023

Accepted Date:

06.10.2023

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

Öz

Araştırmanın amacı, mahreç işaretli Erzurum Kadayıf Dolması profillerinin tasarlanması ve her bir tüketici kümesi için mamul profillerinden sağlanan toplam faydaların hesaplanarak, maksimum faydanın belirlenmesidir. Bu amaçlar için Erzurum ilinde ikamet eden ve Erzurum Kadayıf Dolması tüketen tüketicilerden elde edilen birincil veriler, ana materyal olarak kullanılmıştır. Ayrıca, tüketim sıklıklarına göre homojen tüketici kitlelerini oluşturmak için kümeleme analizi ve her bir kitlenin toplam faydasını hesaplanmak için de Conjoint Analiz (CA) tabanlı seçim modeli kullanılmıştır. Araştırmanın sonuçları, antepfıstığı ile hazırlanan büyük boy ev yapımı kadayıf dolmasının yerel marka altında orta fiyat seviyesinden (140₺) restoranlardan satın alan düşük düzeyde Erzurum Kadayıf Dolması tüketen tüketicilerin toplam faydasını maksimum kılan ürün profili olduğunu göstermiştir. Diğer taraftan ılımlı ve yoğun düzeyde bu mamulü tüketen tüketicilerin toplam faydalarını maksimum kılan ürün profili ise ceviz içi ile hazırlanmış orta boy ev yapımı kadayıf dolmasının ulusal marka altında düşük fiyat seviyesinden (120₺) imalatçı satış mağazaları olarak analiz edilmiştir. Dolayısıyla her bir tüketici kitlesinin toplam faydalarını maksimum kılan ürün profillerinin ulaşılabilir perakendecilerde arzı, hem tüketicilerin maksimum fayda sağlayabilmelerine hem de üreticilerin kısa arz zincirinde gıda güvenliği ve güvencesi açısından sürdürülebilir üretim ile daha yüksek kazançların sağlanmasına olanak sağlayabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Conjoint Analiz, Erzurum Kadayıf Dolması, Mamul profili, Kümeleme Analizi, Toplam fayda

ABSTRACT

The aim of the research is to design Erzurum Stuffed-kadayıf profiles with Protected Geographical Indication, and to determine maximum utilities by calculating the total utilities provided from the product profiles for each consumer segment. In order to achieve these goals, the main material was composed of the primary data obtained from the consumers residing in Erzurum, and consuming Erzurum Stuffed-kadayıf. In addition, K-means Cluster Analysis was used to segment homogenous consumer masses according to consumption frequencies; CA-based choice model was also applied to calculate the total utilities for each consumer cluster. The results of the study highlighted that the product profile maximizing the total utilities of the light users consuming Erzurum stuffed-kadayıf was designed with medium price levels (₺140) at restaurant selling points under the local brands of the large size-homemade stuffed-kadayıf prepared with the core of pistachio. On the other hand, the product profile maximizing the total utilities of the medium and heavy users consuming this

product

was also analyzed as the low price levels (₺120) at manufacturer selling points under the national brands of the middle size-homemade stuffed-kadayif prepared with the core of walnut. Offerings of the product profiles maximizing the total utilities of each consumer cluster for the stuffed-kadayif sold at accessible retailers could allow both the consumers to maximize the total utility and the suppliers to achieve sustainable production and higher benefit in view of food safety and security along short supply chain.

Key Words: Conjoint Analysis, Erzurum Stuffed-kadayif, Product profile, Clustering Analysis, Total utility

Giriş

Son yıllarda yaşanan küresel iklim değişikliklerinin negatif etkileri altında bitkisel ve hayvansal orijinli gıda ürünlerinin maruz kaldığı düşük verim ve kalite nitelikleri, biyoçeşitlilik kayıpları ile tarımsal ürünlerin üretimden tüketime kadar devam eden mamul yaşam döngüsündeki gıda güvenliği ve güvencesindeki düşüş trendleri yanında insan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz etkiler, tüketicilerin gıda tüketim tercihleri ve satın alma modelleri üzerinde önemli bir değişim ortaya koymaktadır (Rojas-Downing ve ark., 2017; Godde ve ark., 2021; Bouranta ve ark., 2022; Bernabeu ve ark., 2023; Mesias ve ark., 2023).

İklim değişikliğinin negatif etkileri yanında patlak veren Covid-19 salgını ve Ukrayna ve Rusya savaşının etkileri altında, dünya buğday üretimi ve stokları 2019 yılında 764 ve 284 milyon tondan 2022 yılında 769 ve 271 milyon tona gerilerken, tüketim ise 741 milyon tondan 782 milyon tona yükselmiştir. Hem dünya buğday üretimi hem de buğday stoklarında meydana gelen azalmaya karşılık, dünya buğday tüketiminde ise önemli bir artış gözlenmiştir. Bu durum dünya genelinde buğday arzının tüketici taleplerini karşılamada ciddi bir problemin varlığına ve gelecekte de gerekli önlem ve adaptasyon çalışmaları yeterli boyutta yapılmaz ise büyük bir arz açığına işaret etmektedir.

Türkiye’de ise buğday üretimi 2019, 2021 ve 2022 yıllarında 19,00, 17,65 ve 19,80 milyon ton iken, buğdayın yurt içi tüketimi 20.00, 19.01 ve 19.00 milyon ton olarak belirlenmiştir (TEPGE, 2022). Özellikle 2019 yılını etkisi altına alan Covid-19 salgını ve devam eden iklim değişikliğinin negatif etkileri, buğday ve unlu mamullerin arzını daraltarak, öncelemiş talep artışlarının etkisiyle de mamul fiyatlarının ciddi bir şekilde yükselmesine neden olmuştur. Dolayısıyla 2018 yılında buğdayın ortalama fiyatı 1,5 TL kg⁻¹ iken, 2022 yılında yaklaşık 5,5 TL kg⁻¹

’na kadar yükselmiştir (PTB, 2022). Buğday fiyatındaki bu dramatik artışlar, 2018 yılında 1,76 TL kg⁻¹’dan işlem gören un fiyatının, 2022 yılında 7,7 TL kg⁻¹’na yükselmesine neden olmuştur (PTB, 2022a). Araştırma konusu olan Erzurum Kadayıf Dolmasının temel girdisi olan un fiyatları yanında şeker, ceviz, antepfıstığı ve fındık gibi ürün bileşenlerinin de fiyatlarındaki aşırı artışlar, ürün maliyetini yükselterek birim fiyatların 2019 yılında 15 TL kg⁻¹’dan günümüzde 140 TL kg⁻¹’na kadar yükselmesine neden olmuştur.

Diğer taraftan, tarım ve tarıma dayalı sanayi işletmelerinde negatif etkisi devam eden doğal risk faktörlerinin yanında, Türkiye’nin 2022-2023 makroekonomik verileri de dikkate alındığında, mart ayına göre yıllık tüketici fiyat endeksi (Yİ-TÜFE) ve gıda fiyat artışları (gıda enflasyonu) %50,51 ve %67,89 olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2023). Üretici fiyat endeksi (Yİ-ÜFE) ve gıda girdi fiyatlarındaki yıllık artışlar ise %62,45 ve %88,38 olarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2023a). Bu enflasyonist ve doğal risk unsurlarının baskıları hem üretim girdilerinin maliyetlerini artırarak ekonomide daralma ile gıda fiyatlarının dramatik bir şekilde artmasına hem de tüketici gelirlerinin reel olarak düşmesiyle talep daralmasından kaynaklanan sosyal refah kayıplarının teşekkülüne sebebiyet vermiştir. Bu durum tüketicilerin zorunlu ihtiyaçlar kategorisinde ağırlık verdikleri gıda ürünlerine ayırdıkları payların harcama bütçesi içerisindeki paylarının aşırı artmasına ve pazarlama karması bileşenlerine bağlı olarak ödeme istekliliklerinin (WTP) kategorik bir şekilde önemli ölçüde değişmesine neden olmuştur.

İklim değişikliğinin etkisi altında zorunlu ihtiyaçlarını karşılamak durumunda olan tüketiciler, hem ihtiyaçlar hiyerarşisinde önemli yer tutan mamullerin memnuniyet/hazcı motivasyonunu hem de ekonomik konjonktürdeki değişimleri dikkate alarak, gıda ürünleri satın alma modellerini

şekillendirmektedir. Tüketicilerin satın alma modelleri üzerinde etkili olan ve toplam faydalarını maksimum kılan mamul profillerinin içsel ve dışsal ürün kalite niteliklerinin (mamulün içeriği, üretim ve işleme teknikleri, markaları, fiyatları, mamul ambalaj ve gramajları, satış noktaları, orijinleri, coğrafi işaretleri gibi pazarlama karması bileşenleri) dikkate alınarak, mamul profilleri ve tercih modellerinin belirlenmesi önemli bir zorunluluğu ortaya koymaktadır (Burnier ve ark., 2021; Wang ve ark., 2022; Magalhaes ve ark., 2023; Ong ve ark., 2023).

İfade edilen araştırmalarda, tüketicilerin satın alma kararı üzerinde satın alma istekliliğinin majör belirleyicinin mamul fiyatı olduğuna ve tüketicilerin satın alma gücünün belirleyicisi olan sosyoekonomik nitelikler hakkında da önemli bilgiler sunduğuna işaret edilmiştir. Benzer şekilde markaların, tüketicilerin satın alma kararlarını etkileyecek mamul karması ve arz zinciri güvenilirliği konusunda önemli bilgiler sunarak, satın alma motivasyonunu doğrudan etkileyen dışsal mamul niteliği olduğunu ve fiyatında ana belirleyicisi olarak doğrusal güçlü bir korelasyona sahip olduğu da beyan edilmiştir. Diğer taraftan, tüketim memnuniyetinin belirleyicisi olan temel fayda odaklı duysal kalite niteliklerinden mamul içeriği ve imalat tipi, içsel ürün nitelikleri kategorisinde tüketicilerin satın alma modelleri üzerinde büyük rol oynadığı ve iklim değişikliğinin etkileri altında daha yüksek ödeme istekliliğine neden olduklarına da vurgu yapılmıştır.

Özellikle tüketicilerin hedonik ve duysal algılarıyla ilgili deneyimlerine bağlı olarak gıda ürünleri satın alırken; mamullerin marka ve fiyatları (Topcu ve Çavdar, 2022; Bernabeu ve ark., 2023; Chaffee ve Ross, 2023; Noor ve ark., 2023; Ong ve ark., 2023), ürün içeriği ve bileşenleri (McLean ve ark., 2017; Schiano ve ark., 2020; Racette ve Drake, 2022; Baptista ve ark., 2022; Bernabeu ve ark., 2023), mamul gramajı ve büyüklüğü (Best ve ark., 2023; Campbell ve ark., 2023; Chaffee ve Ross, 2023), perakende satış noktası (Best ve ark., 2023; Campbell ve ark., 2023; Widyaninggrum ve Muhammad, 2023) ve imalat tipi (Bytyqi ve ark., 2023; Curutchet ve ark., 2023; Seo ve Kim, 2023) gibi pazarlama karması bileşenlerini dikkate alarak satın alma kararları verdikleri rapor edilmiştir.

Mevcut araştırma kapsamında, işlenmiş gıda ürünleri kategorisinde yer alan ve üç farklı işleme sürecine tabii olan Erzurum Kadayıf Dolması tüketim tercihleri ve satın alma kararı üzerinde tüketicilerin sağlık endişelerini minimum kılacak coğrafi işaretli ürünlere odaklanarak, duysal kalite niteliklerini garanti altına almaları ve hedonik yaklaşımlarla da pazarlama karması bileşenlerine yönelik pozitif motivasyonla hareket etmelerinin temel dayanağı, alternatif mamul profillerinden sağlanan fayda maksimizasyonu yaklaşımıdır. Dolayısıyla tüketicilerin Erzurum Kadayıf Dolması tercihleri üzerinde etkili olan içsel ve dışsal kalite niteliklerine göre tasarlanmış mamul profillerinin nispi ve kısmi faydalarının belirlenerek, homojen tüketici kitlelerinin toplam faydaları üzerinde etkili olan faktör seviyeleri hem tüketicilerin tüketim memnuniyeti artırılmasına hem de arz edenlerin daha yüksek katma değer temin etmelerine olanak sağlayabilir. Belirlenen hedeflere ulaşabilmek için Erzurum ilinde ikamet eden ve Erzurum kadayıf dolması tüketen homojen tüketici gruplarının içsel ve dışsal mamul niteliklerine dayalı nispi ve kısmi faydaların hesaplanarak, toplam faydayı maksimum kılan mamul profillerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırmanın ana materyalini, Erzurum İli Yakutiye, Aziziye ve Palandöken Merkez İlçelerinde Mahreç İşaretli Erzurum Kadayıf Dolması tüketen hane halkları ile yüz yüze yapılan anketlerden elde edilen birincil veriler oluşturmuştur. Ayrıca, çeşitli istatistik kurum ve kuruluşlarının (TUİK, FAO, Erzurum Ticaret Odası) verileri ile yerli ve yabancı bilimsel araştırma proje raporları ve makale bulgu ve sonuçlarından elde edilmiştir.

Metotlar

Örneklem büyüklüğünün hesaplanması

Erzurum İlinin üç merkez ilçesi dikkate alınarak; Yakutiye (44.325 hane halkı), Aziziye (14.818 hane halkı) ve Palandöken (38.674 hane halkı) ana kütleyi oluşturmuştur (TUİK, 2022). Bu ilçelerde yürütülen ön

anket çalışması ile ilgili mamulü tüketen ve tüketmeyen hane halklarının oranları belirlenmiş ve daha sonra, örnek kitle büyüklüğü Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmıştır (Malhotra, 1993; Churchill, 1995; Topcu, 2012).

$$n = \frac{Z^2 * p * (1 - p)}{c^2} = 385 \quad (1)$$

Eşitlik 1'de;

n: Örnek büyüklüğü

Z: Standart Z değeri, (%5 önem seviyesinde 1.96)

p: Erzurum Kadayıf Dolması tüketim olasılığı (0.50)

c: Hata terimi (0.05)

Örneklem kitle büyüklüğü ve her bir ilçedeki hane halkı sayıları dikkate alınarak, oransal yöntemlerle mülakat sayıları: Yakutiye'de 175, Aziziye'de 58 ve Palandöken'de 152 ve toplamda 385 olarak hesaplanmıştır.

Anket formlarının hazırlanmasında uygulanan metot

Araştırma bölgesinde Erzurum Kadayıf Dolması tüketen hane halklarının satın alma tutum ve davranışları belirleyen içsel ve dışsal ürün nitelikleri ile tüketicilerin sosyoekonomik ve demografik karakteristikleri ile ilgili faktörler, yerli ve yabancı araştırmalarda kullanılan değişkenlerin bölgelere ve ilgili ürüne uyarlanması ile elde edilmiştir.

Çizelge 1. Erzurum Kadayıf Dolması için Conjoint Analizde kullanılan faktör ve faktör düzeyleri

Table 1. Factor and factor levels used in Conjoint Analysis for Erzurum Stuffed-kadayıf

Faktörler Factors	Faktör seviyeleri Factor levels		
İmalat tipi	Ev tipi	Fabrika tipi	-
Ürün içeriği	Ceviz içi	Fındık içi	Antepfıstığı içi
Marka tipi	Yerel	Ulusal	Jenerik
Satış noktası	Restoran	Pastane	İmalatçı
Mamul boyutu	Büyük boy	Orta boy	Küçük boy
Fiyat	Düşük fiyat (120 ₺)	Orta fiyat (140 ₺)	Yüksek fiyat (160 ₺)

Tüketicilerin Erzurum Kadayıf Dolması satın alma modeli üzerinde etkili olan içsel ve dışsal ürün niteliklerinden ürün bileşeni (ceviz, fındık, antepfıstığı ve yer fıstığı içi), üretim tekniği (fabrika ve ev tipi), marka kategorisi (ulusal, yerel ve jenerik marka), mamul satış noktası (perakendeci, imalatçı, pastane, restoran), mamul boyutu (küçük, orta ve büyük boy) ve kilogram fiyat seviyeleri (120, 140 ve 160 ₺) olarak 6

faktör ve 17 faktör seviyeleri dikkate alınarak (Tablo 1), Conjoint tabanlı seçim modeli altında Orthogonal Design ile tasarlanan 18 mamul profilleri elde edilmiştir (Tablo 2). Bu mamul profilleri anket formlarına aktararak, her bir tüketiciden kart numarası verilmiş olan mamul profillerini ordinal skala üzerinde (en yüksek memnuniyet sağlayan profilin 1. tercih ve en az memnuniyet sağlayan profilin 18. tercih) sıralanması istenmiştir.

Çizelge 2. Orthogonal Design ile türetilen Erzurum Kadayıf Dolması profilleri
 Table 2. Erzurum Stuffed-kadayıf profiles derived by Orthogonal Design

Kart No Card #	Fiyat Price	Ürün İçeriği Content	İmalat şekli Manufacturing type	Marka tipi Brand type	Büyükölçü Size	Satış noktası Retailers
1	140 ₺	Antepfıstığı içi	Fabrika tipi	Yerel marka	Orta boy	İmalatçı
2	120 ₺	Fındık içi	Fabrika tipi	Yerel marka	Orta boy	Pastane
3	160 ₺	Ceviz içi	Fabrika tipi	Yerel marka	Küçük boy	İmalatçı
4	160 ₺	Ceviz içi	Fabrika tipi	Yerel marka	Büyük boy	Pastane
5	140 ₺	Ceviz içi	Ev tipi	Jenerik marka	Küçük boy	Pastane
6	120 ₺	Antepfıstığı içi	Fabrika tipi	Jenerik marka	Küçük boy	Pastane
7	120 ₺	Ceviz içi	Ev tipi	Ulusal marka	Orta boy	İmalatçı
8	140 ₺	Ceviz içi	Fabrika tipi	Jenerik marka	Orta boy	Restoran
9	120 ₺	Antepfıstığı içi	Fabrika tipi	Jenerik marka	Büyük boy	İmalatçı
10	160 ₺	Fındık içi	Ev tipi	Jenerik marka	Büyük boy	İmalatçı
11	140 ₺	Fındık içi	Fabrika tipi	Ulusal marka	Büyük boy	Pastane
12	140 ₺	Antepfıstığı içi	Ev tipi	Yerel marka	Büyük boy	Restoran
13	160 ₺	Antepfıstığı içi	Fabrika tipi	Ulusal marka	Küçük boy	Restoran
14	160 ₺	Fındık içi	Fabrika tipi	Jenerik marka	Orta boy	Restoran
15	120 ₺	Ceviz içi	Fabrika tipi	Ulusal marka	Büyük boy	Restoran
16	160 ₺	Antepfıstığı içi	Ev tipi	Ulusal marka	Orta boy	Pastane
17 ^a	120 ₺	Fındık içi	Ev tipi	Yerel marka	Küçük boy	Restoran
18 ^a	140 ₺	Fındık içi	Fabrika tipi	Ulusal marka	Küçük boy	İmalatçı

^aHoldout

Verilerin istatistiksel analizinde uygulanan metodlar

Conjoint Analiz

Conjoint Analiz (CA), piyasa aktörleri tarafından tasarlanmış ürün profillerine yönelik tüketicilerin tercihleri için yapısal istatistiksel teknikleri tatbik ederek mamul dizaynını geliştirmek, bu tasarlanan profillerin simülasyonu ile WTP ölçmek ve piyasa paylarını hesaplamak için kullanılan istatistiksel bir modelleme tekniğidir (Green ve Krieger, 1991). CA ile önceden tespit edilmiş faktör ve faktör seviyeleri dikkate alınarak, indirgenmiş faktöriyel dizaynı ve ölçek boyutunun belirlenmesiyle veri toplama süreci, dört aşamada uygulanır ve model sonuç tahmin edilir (Topcu, 2019).

CA'nın ilk iki aşamada, uygun faktör ve faktör seviyeleri belirlenir ve full-profil tekniği ile indirgenmiş kart dizaynları gerçekleştirilmiştir. Araştırmada 6 faktör ve 17 faktör seviyesi dikkate alınmıştır (Çizelge 1). Faktör seviyelerine bağlı olarak, tüketicilerin tercihlerini ordinal olarak sıralayabilmeleri için tam profil yaklaşımı altında toplam 486 (3⁵×2) hipotetik profiller elde edilmiştir. Ancak, olası 486 mamul profillerinin tüketiciler tarafından rasyonel bir değerlendirmeye tabi tutulması imkânsızdır. Bu nedenle, *Generate Orthogonal Design* prosedürü kullanılarak, indirgenmiş faktöriyel tasarımıyla Erzurum Kadayıf Dolması profil boyutu 18 profile kadar indirgenmiştir (Çizelge 2).

CA ile elde edilen birincil mamul profillerinin tüketiciler tarafından sıralanmasıyla her bir faktör için sağlanan fayda

skorları, kısmi fayda olarak hesaplanır. Her bir faktörün kısmi faydalardaki değişimlerini gösteren faktörlerin nispi önemini (RI), en etkili faktör düzeylerinin belirlenmesinde oldukça etkili sonuçlar vermektedir (SPSS Conjoint 20, 2020).

Son olarak, her bir faktörün RI ve onların seviyelerinin kısmi faydalarını belirlemek için faktör seviyeleri ile tüketicilerin profil sıralamaları arasındaki ilişkileri en iyi tanımlayan eklemeli doğrusal modellerdir (SPSS Conjoint 20, 2020). CA modellerinde sürekli olmayan modeller; faktör seviyelerinin kategorik ve faktörler ile sıralamalar arasında herhangi bir tahminin bulunmadığını, fakat sürekli doğrusal modeller; faktörler ile bunların sıralanması arasındaki doğrusal ilişkileri pozitif ya da negatif yönlü bir ilişkiye sahip olduklarını ifade eder. Bu kapsamda, doğrusal modelde fiyat negatif yönlü (linear less); ancak marka ve imalat tipi, mamul içeriği, mamul büyüklüğü ve satış noktası ise ayrık olarak tanımlanmıştır. Mevcut araştırmada, en basit ve en yaygın olarak kullanılan ve faktör seviyelerinin kısmi faydalarının toplamları ile hesaplanan eklemeli doğrusal toplam fayda modeli kullanılmıştır ve bu model Eşitlik 2'de verilmiştir.

$$TU_{ij} = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_{1i} D_{1i} + \sum_{j=1}^m \beta_{2j} D_{2j} + \sum_{k=1}^y \beta_{xk} D_{xk} \quad (2)$$

Eşitlik 2'de;

TU_{ij} : i ($i = 1, \dots, n$) ve j ($j = 1, \dots, m$) her bir faktör seviyesi için hesaplanan toplam fayda,

$\beta_{1i}, \beta_{2j}, \beta_{xk}$: faktör 1, 2, ve x 'in i ($i = 1, \dots, n$); j ($j =$

$1, \dots, m), k(k = 1, \dots, y)$ seviyelerinin kısmi faydaları,

$D_{1i}, D_{2j}, \text{ and } D_{xk}$: ürün profilinde nitelik seviyesinin karşılığı varsa 1 ve diğer durumlar için 0 değerinin temsil edildiği kukla değişkenler,

β_0 : her bir faktör seviyesi için sabit değeri ifade eder.

Kümeleme Analizi

Tüketicilerin farklı homojen kümelerini belirlemek için K-means Cluster Analizi kullanılmıştır. Bunun için örneklem kitle Erzurum Kadayıf Dolması tüketim sıklıklarına göre; yoğun (haftada en 4-5 kez tüketim), ılımlı (haftada 2-3 kez tüketim) ve düşük (ayda en az 4-5 kez tüketim) düzeyde tüketenler olarak, üç grupta ele alınmıştır (Kotler ve Armstrong, 2004; Kalaycı, 2005). Her bir tüketici kitlesinin toplam örneklem kitle içerisindeki oranları ise sırasıyla %30 (117 hane halkı), %41 (156 hane halkı) ve %29 (112 hane halkı) olarak hesaplanmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Tüketicilerin demografik ve sosyoekonomik profilleri

Tüketicilerin gıda ürünleri satın alma modelleri üzerinde etkili olan davranışsal nitelik faktörleri üzerinde demografik, sosyoekonomik ve durumsal özelliklerle temsil edilen kişisel nitelikler önemli bir rol oynamaktadır (Kotler ve Armstrong, 2004). Araştırma bölgesindeki hedef tüketici kitlesinin cinsiyet, yaş ve yaşam döngüsü, eğitim ve mesleki statü, aylık gelir ve harcama grupları, Çizelge 3'de verilmiştir. Genel olarak hedef tüketici kitlesinin %59'u

erkeklerden oluşup, Erzurum Kadayıf Dolması tüketim sıklığı gruplarının tamamında yükseköğretim eğitim düzeyi ve memur mesleki statüsü yoğunluk sergilemiştir.

Diğer taraftan hedef tüketici kitlesinin genel yaş ortalaması 43,38 ve aile büyüklüğü 4,22 birey olup, bütün tüketim sıklığı kümelerinde orta yaş grubu ve büyük aile tipi baskın konumdadır. Düşük, ılımlı ve yoğun düzeyde kadayıf dolması tüketen tüketici gruplarında ortalama yaş sırasıyla 39,96, 44,81 ve 44,97 yıl olarak belirlenirken, aile büyüklüğü ise 3,63, 4,32 ve 4,71 birey olarak analiz edilmiştir. Erzurum Kadayıf Dolması tüketen tüketicilerin düşük, ılımlı, yoğun ve genel tüketim gruplarında ortalama gelir sırasıyla 3694 ₺, 3951 ₺, 3887 ₺ ve 3854 ₺ iken, bu gruplarda ortalama harcama ise sırasıyla 3089 ₺, 2977 ₺, 3160 ₺ ve 3064 ₺ olarak belirlenmiştir (Çizelge 3).

Conjoint Analiz sonuçları

Tüketicilerin toplam faydalarını maksimum kılan Erzurum Kadayıf Dolması tüketim tercihi ve satın alma kararları üzerinde etkili olan pazarlama karması faktörlerin nispi önemleri ile faktör seviyelerinin kısmi faydaları ve model uyum istatistikleri, Çizelge 4'de sunulmuştur. Full-profil yaklaşımı altında gözlenen ve beklenen tercihler arasında korelasyon ölçümü sağlayan Pearsons's R ve Kendall's tau değerleri, hem genel tüketici kitlesi hem de her bir tüketici kümeleri için anlamlı ve güçlü bir ilişkiyi ortaya koymuştur (*Pearsons's R = 0.960 – 0.986; p < 0.000*) ve (*Kentall's tau = 0.843 – 0.961; p < 0.000*).

Çizelge 3. Tüketicilerin bazı demografik ve sosyoekonomik nitelikleri

Table 3. Consumers' various demographic and socioeconomic attributes

Tüketicilerin özellikleri Consumers' attributes		Erzurum Kadayıf Dolması tüketim sıklıkları Consumption frequencies of Erzurum Stuffed-kadayıf						Genel tüketiciler Overall consumers	
		Düşük Light users		İlimli Medium users		Yoğun Heavy users			
		n	%	n	%	n	%	n	%
Cinsiyet	Erkek	77	66	85	55	65	58	227	59
	Kadın	40	44	71	45	47	42	158	41
(Pearson Chi – kare) = $\chi^2_{(2603;2)} = 24.746$ $p=0.000$									
Eğitim	Okur-yazar	4	4	9	6	3	3	16	4
	İlköğretim	20	17	39	25	31	28	90	23
	Ortaöğretim	45	39	39	25	35	31	119	30
	Yükseköğretim	48	41	69	44	43	38	160	42
(Pearson Chi – kare) = $\chi^2_{(2606;4)} = 77.378$ $p=0.000$									
Mesleki statü	İş adamı	11	9	27	17	13	12	51	13
	Memur	50	43	49	31	42	38	141	37
	İşçi	18	15	12	8	17	15	47	12
	Esnaf	27	23	40	36	26	24	93	24
	Emekli	9	8	15	10	12	11	36	9
	Çiftçi	1	1	7	5	1	1	9	2
	Ev hanımı	1	1	6	4	1	1	8	2
Toplam		117	100	156	100	112	100	385	100
		\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n	\bar{x}	n
Yaş grupları	+ < 30 yaş (gençler)	30.76	37	30.43	30	30.56	16	30.60	83
	30-50 yaşları (orta yaş)	42.23	69	43.33	84	42.59	64	42.76	217
	+ > 50 yaş (olgunlar)	56.64	11	58.05	42	56.94	32	57.45	85
	Grup ortalaması	39.96	117	44.81	156	44.97	112	43.38	385
$F_{(382,2)} = 10.559$ $p=0.000$									
Gelir grup	+ < 2000 ₺ (düşük gelir)	1607.14	14	1800.00	24	1825.00	12	1752.00	50
	2000-5000₺ (orta gelir)	3580.22	91	3757.80	109	3754.55	88	3700.69	288
	+ > 5000 ₺ (yüksek gelir)	6991.67	12	7108.70	23	6923.33	12	7031.49	47
	Grup ortalaması	3694.02	117	3950.64	156	3887.32	112	3854.23	385
$F_{(382,2)} = 0.903$ $p=0.406$									
Harcama	+ < 2000 ₺ (düşük harc)	1600.00	21	1593.02	43	1550.00	19	1584.94	83
	2000-5000 ₺ (orta harc)	2959.68	62	2914.49	69	2982.79	61	2950.78	192
	+ > 5000 ₺ (yüksek harc)	4244.12	34	4426.82	44	4454.69	32	4378.45	110
	Grup ortalaması	3088.89	117	2976.79	156	3160.27	112	3064.23	385
$F_{(382,2)} = 0.903$ $p=0.404$									
Aile büyüklük	+ < 4 birey (çekirdek)	2.55	56	2.63	40	2.68	25	2.60	121
	4-6 birey (büyük aile)	4.18	57	4.64	108	4.67	75	4.54	240
	+ > 6 birey (geniş aile)	11.00	4	8.50	8	9.17	12	9.25	24
	Grup ortalaması	3.63	117	4.32	156	4.71	112	4.22	385
$F_{(382,2)} = 10.084$ $p=0.000$									

 \bar{x} : Aritmetik ortalama, n: Gözlem sayısı, %: Nispi dağılım

Çizelge 4. Erzurum Kadayıf Dolması tercih faktörlerinin nispi önemleri ve faktör seviyelerinin kısmi faydaları
Table 4. Relative importance of Erzurum Stuffed-kadayıf preference factors and their levels' part-worth

Mamul nitelik ve seviyeleri Product attributes and their levels		Erzurum Kadayıf Dolması tüketim sıklıkları* Consumption frequencies of Erzurum Stuffed-kadayıf						Genel tüketiciler Overall consumers	
		Düşük Light users		İlmlı Medium ue-sers		Yoğun Heavy users		Fayda Utility	S.E.
		Fayda Utility	S.E.	Fayda Utility	S.E.	Fayda Utility	S.E.		
Mamul içeriği	Ceviz içi	1.487	0.507	1.332	0.286	1.750	0.249	1.501	0.338
	A.fıstığı içi	-0.077	0.507	-0.382	0.286	-0.705	0.249	-0.384	0.338
	Fındık içi	-1.409	0.507	-0.950	0.286	-1.045	0.249	-1.117	0.338
	<i>Nispi önemi</i>	%17.55		%18.56		%21.47		%19.10	
Üretim tipi	Fabrika tipi	-2.467	0.380	-2.220	0.214	-2.298	0.186	-2.317	0.253
	Ev tipi	2.467	0.380	2.220	0.214	2.298	0.186	2.317	0.253
	<i>Nispi önemi</i>	%29.89		%36.11		%35.31		%33.98	
Marka tipi	Ulusal marka	0.105	0.507	0.048	0.286	0.030	0.249	0.060	0.338
	Yerel marka	0.753	0.507	0.858	0.286	0.690	0.249	0.777	0.338
	Jenerik marka	-0.858	0.507	-0.906	0.286	-0.720	0.249	-0.837	0.338
	<i>Nispi önemi</i>	%9.76		%14.35		%10.84		%11.93	
Mamul Büyüklük	Büyük boy	1.358	0.507	0.710	0.286	0,991	0,249	0,989	0,338
	Orta boy	-0.238	0.507	0.114	0.286	0,140	0,249	0,015	0,338
	Küçük boy	-1.120	0.507	-0.825	0.286	-1,131	0,249	-1,004	0,338
	<i>Nispi önemi</i>	%15.02		%12.49		%16.30		%14.37	
Satış noktaları	Restoran	-0.644	0.507	-0.800	0.286	-0,573	0,249	-0,687	0,338
	Pastane	0.148	0.507	-0.029	0.286	-0,006	0,249	0,031	0,338
	İmalathane	0.497	0.507	0.829	0.286	0,579	0,249	0,655	0,338
	<i>Nispi önemi</i>	%6.91		%13.25		%8.85		%10.05	
Fiyat (TL/kg)	Düşük fiyat	1.722	0.439	-0.323	0.247	0.471	0.215	0.530	0,292
	Orta fiyat	3.444	0.878	-0.645	0.495	0.942	0.431	1.059	0,585
	Yüksek fiyat	5.167	1.318	-0.968	0.742	1.413	0.646	1.589	0,877
	<i>Nispi önemi</i>	%20.87		%5.25		%7.24		%10.57	
Sabit değer (α)		6.873	0.957	10.884	0.539	9.327	0.469	9.212	0.637
Gözlenen ve beklenen değişkenler arasındaki ilişki									
İstatistik ölçümler		Değer	p	Değer	p	Değer	p	Değer	p
Pearsons's R		0.960*	0.000	0.979*	0.000	0.986*	0.000	0.975*	0.000
Kendall's tau		0.843*	0.000	0.895*	0.000	0.961*	0.000	0.908*	0.000

* $p < 0,001$

S.E: Standart hata (standard error)

Utility: Part-worth

*Koyu ve koyu italik değerler, sırasıyla nitelik seviyeleri için en yüksek fayda ve nitelikler için en yüksek nispi önem değerlerini ifade etmektedir.

Genel tüketici kitlesi için Erzurum Kadayıf Dolması satın alma kararları üzerinde içsel ürün niteliklerinden mamul üretim tipi, içeriği ve boyutu sırasıyla %34, %19 ve %14'lük nispi paylara sahiptir.

Diğer taraftan dışsal ürün niteliklerinden mamulün marka tipi, fiyatı ve satış noktası tüketicilerin satın alma algısı üzerinde sırasıyla %12, %11 ve %10'luk nispi önemlere işaret etmiştir. Benzer şekilde Erzurum Kadayıf Dolması tüketen bütün tüketim gruplarında mamul üretim tipi ve mamul içeriği en yüksek nispi önemlere sahiptir. Ancak, ilgili mamulü düşük düzeyde tüketen grup için fiyat, ılımlı düzeyde tüketenler için marka tipi ve perakende satış noktası ile yoğun düzeyde tüketenler için mamul boyutunun

nispi önemleri en yüksek düzeyde tespit edilmiştir.

Tüketicilerin gıda ürünlerinden sağlamış oldukları memnuniyet, fayda ve haz duygularının mamul tercihleri ve satın modelleri üzerinde çok büyük bir rol oynadığına işaret eden araştırmalarda, gıda ürünlerinin içsel/duyusal niteliklerinden üretim ve işleme teknikleri (Bernabeu ve ark., 2023; Bytyqi ve ark., 2023; Curutchet ve ark., 2023), mamul içeriği ve bileşenleri (Bastista ve ark., 2022; Best ve ark., 2023; Bytyqi ve ark., 2023; Chaffee ve Ross, 2023) ve mamul boyutu (Best ve ark., 2023; Campbell ve ark., 2023; Chaffee ve Ross, 2023) faktörlerinin satın alma kararında yüksek nispi önemlere sahip olduğuna ve yüksek fiyat ödeme istekliği ile yüksek bir korelasyona

sahip oldukları rapor edilmiştir. Ayrıca Realini ve ark. (2013) ve Grunert ve ark. (2015) tarafından Avrupa Birliği ülkelerinde tüketicilerin kırmızı et tüketim kararı üzerinde bölge orijinin %45-88, üretim şeklinin %18-62 ve ürün içeriğinin %25-75 aralığında ılımlı ve yoğun düzeylerde nispi önemlere sahip olduklarını, fakat fiyatın %4-35 aralığında daha düşük nispi önem aralığında yer aldığını bildirmişlerdir.

Diğer taraftan Bernabeu ve ark. (2023), Bytyqi ve ark. (2023), Campbell ve ark. (2023), Chaffee ve Ross (2023), Curutchet ve ark. (2023), Noor ve ark. (2023), Ong ve ark. (2023), Seo ve Kim (2023) ve Widyaningrum ve Muhammad (2023) tarafından yürütülen CA tabanlı tercih araştırmalarında, online ve gıda perakendecilerinden satın alma kararında dışsal gıda niteliklerinin özellikle fiyat, marka, promosyon, ambalajlama ve perakendeciye ulaşımın nispi önemlerinin belirleyici majör faktörler olduğuna, ancak özellikle son yıllarda yaşanan iklim değişikliğinin etkileri altında ürünün öz nitelikleri ve bileşenleri üzerine odaklı duyu kalite niteliklerinin daha etkili karar değişkenleri olduğuna da işaret edilmiştir.

Benzer şekilde Murphy ve ark. (2004), Adanacioglu ve Albayram (2012), Topcu (2019), Topcu (2019a) ve Topcu ve Sarı (2019) tarafından CA odaklı bölge orijinli süt ve süt ürünlerine yönelik tüketicilerin satın alma kararlarında etkili olan faktörlerde üretim tekniğinin %25-35, işleme tekniğinin %8-20, mamul içeriğinin %7-35 aralığında nispi önem sergiledikleri, ancak markanın %10-30, fiyatın %10-25 ve bölge orijinin %8-20 aralığında etkili oldukları da rapor edilmiştir.

Tüketicilerin satın alma kararları üzerinde etkili olan deneyimsel memnuniyetleri üzerinde nispi önemlerin yanında, toplam faydanın belirleyicisi kısmi faydaların da hesaplanması büyük bir önem arz etmektedir. Bunun için hedef tüketici kitlesinin Erzurum Kadayıf Dolması satın alma kararları üzerinde etkili olan faktör seviyeleri dikkate alındığında ev tipi imalat, yüksek fiyat düzeyi, mamul içeriği olarak ceviz içi kullanımı, kadayıf dolması büyüklüğü, yerel marka tipi ve imalathane satış noktası en yüksek kısmi faydaları sağlamıştır (Çizelge 4).

Kümelerdeki tüketicilerin memnuniyetleri bakımından ise düşük düzeyde Erzurum Kadayıf Dolması tüketen grupta yüksek fiyat, ev tipi üretim tekniği ve ceviz içi ile hazırlanmış ürün içeriği en

yüksek kısmi faydaları sağlamıştır. İlimli ve yoğun düzeyde ilgili mamulü tüketen tüketici grupları için ev tipi üretim tekniği ile ceviz içinden yapılmış ürün içeriği daha yüksek kısmi faydalar sunmuştur. Bütün tüketim gruplarında en yüksek kısmi faydalar ev tipi üretim, ceviz içi ile hazırlanmış mamul içeriği ve yüksek fiyattan oluştuğu için (ılımlı düzeyde tüketenler hariç) tüketiciler yüksek fiyatlardan daha fazla miktarlarda mamul kabul edebilecek ödeme istekliliğine sahip olup, ev tipi üretim ile ceviz kombinasyonlu mamul içeriğinden sağladıkları temel fayda memnuniyet motivasyonları, onların satın alma kararları üzerinde de oldukça etkili olduğu analiz edilmiştir.

Tüketicilerin kısmi faydaları üzerinde pozitif etkiye sahip ve toplam faydalarının maksimum kılınmasına hizmet eden üretim tipi teknikleri, mamul içeriği, marka tipleri, mamul boyut standartları ve perakende satış noktalarının kısmi faydaları ile tüketim memnuniyetleri üzerinde ilişkiler, çeşitli araştırmalarda rapor edilmiştir (Murphy ve ark., 2004; Realini ve ark., 2013; Adanacioglu ve Albayram, 2012; Grunert ve Aachmann, 2016; Gracia ve Magistris, 2016; Skreli ve ark., 2017; Roselli ve ark., 2018; Topcu, 2019).

Beyan edilen bu araştırmalarda, duyu algı üzerinde büyük bir etkiye sahip olan coğrafi orijinli doğal veya organik üretim modelleri ile ürünün temel faydası üzerinde negatif etki yaratmayan ev tipi işleme tekniklerine dayalı içsel mamul niteliklerini garanti altına alan yerel markalı mamuller için tüketicilerin sosyoekonomik profillerine bağlı olarak, daha yüksek bir ödeme istekliliğine sahip olduklarını ve bu mamullerin perakendecilerine ulaşmak için büyük bir çaba içerisinde olduklarına işaret edilmiştir. Dolayısıyla gıda ürünleri satın alma kararları üzerinde etkili olan ve ödeme istekliliklerini doğrudan etkileyebilen mamul fiyatları, aynı zamanda tüketicilerin mamullerden temin ettikleri kısmi faydalarını doğrudan etkileyerek, bireysel ve kitlesel olarak mamul profillerinden sağlanan toplam faydaların da teşekkülüne olanak sağlamaktadır.

Hedef tüketici kitlesi ile her bir tüketim sıklığı gruplarındaki tüketicilerin, Erzurum Kadayıf Dolması profillerinden sağladıkları toplam faydaları ve memnuniyet düzeyleri, Çizelge 5’de verilmiştir. Genel

tüketici kitlesi sırasıyla 7, 12 ve 16 kart numaralı Erzurum Kadayıf Dolması profillerinden en yüksek toplam faydaları temin ederken; 6, 14 ve 13 kart

numaralı mamul profillerinden en düşük faydaları sağlamıştır.

Çizelge 5. Erzurum Kadayıf Dolması tüketim profillerinin toplam faydaları
Table 5. The total utilities of Erzurum Stuffed-kadayıf consumption profiles

Kart No Card #	Erzurum Kadayıf Dolması tüketim sıklıkları Consumption frequencies of Erzurum Stuffed-kadayıf							
	Düşük Light users		İlımlı Medium users		Yüksek Heavy users		Toplam tüketiciler Overall Consumers	
	Fayda Utility	Sıralama Ranking	Fayda Utility	Sıralama Ranking	Fayda Utility	Sıralama Ranking	Fayda Utility	Sıralama Ranking
1	8.785	9	9.438	10	8.675	10	9.017	11
2	5.382	17	8.334	12	7.279	14	7.131	14
3	11.190	7	9.890	8	10.330	7	10.413	7
4	12.531	5	10.567	7	11.867	6	11.789	6
5	12.441	6	12.031	3	12.460	5	12.279	5
6	4.221	18	6.199	16	4.938	18	5.231	18
7	12.913	4	15.104	1	14.595	1	14.290	1
8	7.597	14	7.759	14	8.568	11	7.946	12
9	7.048	15	8.592	11	7.645	13	10.165	8
10	14.095	2	11.819	5	12.879	3	12.808	4
11	8.052	12	7.798	13	7.941	12	7.917	13
12	17.618	1	12.845	2	12.970	2	13.283	2
13	7.837	13	5.737	17	6.063	17	6.469	16
14	9.865	8	5.154	18	6.244	16	5.858	17
15	8.434	11	9.631	9	9.698	9	9.288	10
16	13.653	3	11.887	4	12.497	4	12.840	3
17 ^a	8.642	10	11.064	6	10.037	8	10.028	9
18 ^a	5.923	16	7.121	15	6.404	15	6.548	15

^aHoldout

Ordinal fayda yaklaşımı altında genel tüketici kitlesi için hesaplanan mamul profillerinin maksimum ve minimum toplam faydaları, ılımlı ve yoğun düzeyde Kadayıf Dolması tüketen tüketici grupları içinde oldukça benzer özellikler sergilerken, düşük düzeyde tüketen tüketici grubu için hem maksimum hem de minimum fayda bakımından çok küçük saptalar gözlenmiştir. Genel tüketici kitlesi ile ılımlı ve yoğun düzeyde Erzurum Kadayıf Dolması tüketen tüketicilerin toplam faydaları; düşük ve orta fiyatlı ceviz ve antepfıstığı içleri ile orta veya büyük boy olarak hazırlanmış ev tipi imalat tekniğini kullanan ulusal ve yerel markalı mamullerin imalat ve restoran perakendecilerde sunum profilleri ile maksimum kılınmıştır. Düşük düzeyde kadayıf dolması tüketen tüketicilerin toplam fayda maksimizasyonu ise orta ve

yüksek fiyatlı antepfıstığı içi ile büyük veya orta boya sahip ev yapımı mamulleri yerel marka adı altında restoran veya imalatçı satış noktalarından satın almayı tercihleri sağlanmıştır.

Erzurum Kadayıf Dolması tüketimi ile en düşük faydanın temin edildiği 6 numaralı profilde, düşük fiyatlı antepfıstığı içeren fabrika tipi küçük boy üretimin jenerik marka ile pastanelerde satışa sunulması, bütün tüketim kitleleri için ön plana çıkmaktadır. Fayda maksimizasyonu profillerinden ayrılan en önemli farklılığın fabrika tipi küçük boy mamul imalatının jenerik marka altında perakendecilerde satışa sunulmuş olmasıdır. Bu durum Erzurum Kadayıf Dolması imalatı yapan işletmeler, tüketicilerin memnuniyetlerini maksimum kılan ceviz içinden hazırlanmış büyük boy ev tipi

mamul üretimlerinde yerel marka stratejilerine odaklanırken, özellikle jenerik marka altında fındık içi ile hazırlanmış küçük boy fabrika tipi kadayıf dolması üretim stratejisi minimize edilmelidir.

Sonuç

Ordinal fayda yaklaşımı altında CA tabanlı seçim modeli yaklaşımı ile Erzurum Kadayıf Dolmasını düşük, orta ve yüksek düzeyde tüketen tüketicilerin tüketim sıklıkları dikkate alınarak planlanan bu araştırmada, her bir gruptaki tüketiciler ve genel tüketici kitlesi için kadayıf dolmasından sağlanan nispi önem ile kısmi ve toplam faydalar hesaplanmıştır.

Düşük düzeyde Erzurum Kadayıf Dolması tüketen tüketicilerin orta ve yüksek fiyat düzeyinde antepfıstığı veya fındık içi ile hazırlanmış büyük veya orta boy profilli kadayıf dolmalarından daha yüksek fayda saplarken, düşük fiyatlı küçük boy fabrika tipi üretim teknikleri altında dizayn edilmiş mamul profillerinden çok düşük fayda temin etmişlerdir. Diğer taraftan düşük ve orta fiyatlı ceviz ve antepfıstığı içleriyle hazırlanmış ev tipi büyük boy Erzurum Kadayıf Dolmalarından daha yüksek toplam fayda temin eden orta ve yoğun düzeyde tüketen tüketici grupları ile genel tüketici kitlesi, fabrika tipi üretim tekniği altında ceviz içi dışındaki ürün içerikleri ile hazırlanmış küçük boy ürün profillerinden minimal fayda sağlamışlardır. Dolayısıyla hedef kitlenin faydasını maksimum kılacak ve memnuniyetsizliklerini asgari düzeye indirecek Erzurum Kadayıf Dolması profillerinin ulaşılabilir perakende noktalarında mamul farklılaştırması yoluyla sunulması, hem tüketim memnuniyetini maksimum kılarak toplam faydanın temin edilmesine hem de arz edenlerin daha yüksek kazanç temin ederek arz güvenliğini ve güvencesini sürdürülebilir kılmalarına olanak sağlayabilir.

Ekonomi literatüründe tüketim memnuniyeti konusunda yürütülmüş olan mevcut çalışma, mahreç işaretli Erzurum Kadayıf Dolması tüketim profillerini tasarlayan ve tüketicilerin toplam faydasını ölçen ilk araştırmalardan biri olmasına rağmen, çeşitli kısıtlamalara da sahiptir. İlk olarak; mevcut araştırma sadece Erzurum yerinde yapılmış olup, Türkiye geneline uyarlanabilir. İkinci olarak; mevcut

araştırmada CA tabanlı seçim modelinin imkân verdiği koşullarda içsel ve dışsal mamul nitelikleri sınırlandırılmış olarak kullanılmıştır, fakat sadece içsel veya dışsal nitelikler ayrı ayrı ele alınıp ölçülebilir. Son olarak; mevcut araştırmanın sonuçlarının gelecekte tasarlanabilecek CA tabanlı seçim modeline dayalı simülasyonlar ile ödeme istekliliği ve mamul profillerinin piyasa paylarının ölçülmesinde de kullanılması olasıdır.

Beyan: Bu araştırma makalesi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmış Yüksek Lisans Tezinden türetilmiştir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar Katkısı: Tuba Güler; alan verilerinin toplanması, analizlere hazır hale getirilmesi ve veri girişlerinin yapılmasına katkı vermiştir. Yavuz Topcu ise araştırmanın kurgulanması, veri toplama araçlarının hazırlanması, verilerin analiz edilmesi ve analiz sonuçlarının raporlanmasına katkı sağlamıştır.

Kaynaklar

- Adanacioglu, H., & Albayram, Z. (2012). A conjoint analysis of consumer preferences for traditional cheeses in Turkey: A case study on Tulum Cheese. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 2(32), 458-466.
- Baptista, I., Spence, C., Shimizu, R., & Ferreira, E. (2022). Color is to flavor as shape is to texture: A choice-based conjoint study of visual cues on chocolate packaging. *Journal of Sensory Studies*, 38, e12793.
- Bernabeu, R., Brugarolas, M., Martínez-Carrasco, L., Nieto-Villegas, R., & Rabadán, A. (2023). The price of organic foods as a limiting factor of the European green deal: the case of tomatoes in Spain. *Sustainability*, 15, 3238.
- Best, A.R., Racette, C.M., & Drake, M.A. (2023). Consumer perception of restaurant and ready-to-eat cheese dips. *Journal of Food Science*, 88, 1672-1683.
- Bouranta, N., Psomas, E., Casolani, N., Carmen, J., & Liberatore, L. (2022). Consumers' food safety perceptions in Three Mediterranean Countries. *New Medit*, 21(4): 71-84. DOI: <https://doi.org/10.30682/nm2204f>.
- Burnier, P.C., Spers, E.E., & Barcellos, M.D. (2021). Role of sustainability attributes and occasion matters in determining consumers' beef choice. *Food Quality & Preference*, 88, 104075.

- Bytyqi, N., Bai, A., Peter, B., Mehaj, E., & Sertolli, A. (2023). Analysis of consumers' preferences for local cheese in Kosovo applying Conjoint Choice Analysis. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, UDC 658.89:637.3(497.115), 203-210.
- Campbell, D., Totuka, M., & Upadhyay, C.K. (2023). Attributes influencing consumer perception towards online food ordering in Rajasthan, India. *AEBMR*, 242, 42-51.
- Chaffee, O., & Ross, C.F. (2023). Older adults' acceptance of ready-to-eat meals in relation to food choice and sensory ability. *Journal of Food Science*, 28, 1-18.
- Churchill, G.A. (1995). *Marketing Research: methodological foundations*. The Dryden Press Series in Marketing, 1(6), 251-252.
- Curutchet, A., Tarrega, A., & Arcia, P. (2023). Changes in consumers interest on cheeses with health benefits and different manufacture types over the last decade. *CyTA-Journal of Food*, 21(1), 72-81. DOI: 10.1080/19476337.2022.2162973
- Godde, C.M., Croz, D.M., Mayberry, D.E., Thornton, P.K., & Herrero, M. (2021). Impacts of climate change on the livestock food supply chain; a review of the evidence. *Global Food Security*, 28, 100488.
- Gracia, A., & Magistris, T. (2016). Consumer's willingness to pay for indigenous meat products: the case of a Spanish sheep breed. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14(2), 128-126.
- Green, P.E., & Krieger, A.M. (1991). Segmenting markets with conjoint analysis. *Journal of Marketing*, 55(4), 20-31.
- Grunert, K.G., & Aachmann, K. (2016). Consumer reactions to the use of EU quality labels on food products: A review of the literature. *Food Control*, (59), 178-187.
- Grunert, K.G., Loose, S.M., Zhou, Y., & Tinggaard, S. (2015). Extrinsic and intrinsic quality cues in Chinese consumers' purchase of pork ribs. *Food Quality & Preference*, (42), 37-47.
- Kalaycı, Ş. (2005). *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*. Ankara: Asil Yayın Dağıtım A.Ş.
- Kotler, P., & Armstrong, G. (2004). *Principles of Marketing, 9th Edition*, Prentice Hall, New Jersey.
- Magalhaes, D.R., Maza, M.T., Prado, I.N.D., Fiorentini, G., Kirinus, J.K., & Campo, M.D.M. (2023). An Exploratory study of the purchase and consumption of beef: Geographical and cultural differences between Spain and Brazilian. *Foods*, 11, 129.
- Malhotra, N.K. (1993). *Marketing Management Bases for International Market Segmentation: An Alternate Look at the Standardization Debate*. Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA.
- McLean, K.G., Hanson, D. J., Jervis, S.M., & Drake, M.A. (2017). Consumer perception of retail pork bacon attributes using adaptive choice-based conjoint analysis and maximum differential scaling. *Journal of Food Science*, 82(11), 2659-2668.
- Mesías, J.F., Fernández, J.A., Horrillo, A., & Escribano, A.J. (2023). An Approach to the perceptions of Spanish consumers on food sustainability through the use of projective techniques. *New Medit*, 22(1), 35-52.
- Murphy, M., Cowan, C., & Mehaan, H. (2004). A Conjoint analysis of Irish consumer preferences for farmhouse cheese. *The National Food Centre*, 106(4), 288-300.
- Noor, A.Y.M., Toiba, H., Stiawan, A.W.M, & Nutjannah, N. (2023). Indonesian consumers' preferences and willingness to pay for certified vegetables: A Choice-Based Conjoint Approach. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, 10, 4-26. DOI: 10.1080/08974438.2023.2187916
- Ong, A.K.S., Prasetyo, Y.T., Esteller, A.J.D., Bruno, J.E., Lagorza, K.C.O., Oli, L.E.T., Chuenyindee, K.T., Persade, S.F., & Nadlifatin, R. (2023). Consumer preference analysis on the attributes of Samgyeopsal Korean cuisine and its market segmentation: Integrating conjoint analysis and K-means clustering. *PLoS ONE*, 18(2), e0281948. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281948>
- PTB, (2022). Polatlı Ticaret Borsası buğday fiyatları endeksi. Retrieved from: <https://www.polatliborsa.org.tr/fiyat-endeksleri/bugday/bugday-fiyat-endeksi>.
- PTB, (2022a). Polatlı Ticaret Borsası un fiyatları endeksi. Retrieved from: <https://www.polatliborsa.org.tr/fiyat-endeksleri/un/un-fiyat-endeksi>.
- Racette, C.M., & Drake, M.A. (2022). Consumer perception of natural hot-pepper cheeses. *Journal of Dairy Science*, 105(3), 2166–2179.
- Realini, C.E., Font i Furnols, M., Sanudo, C., Montossi, F., Oliver, M.A., & Guerrero, L. (2013). Spanish, French and British consumers' acceptability of Uruguayan beef, and consumers' beef choice associated with country of origin, finishing diet and meat price. *Meat Science*, (95), 14-21.
- Rojas-Downing, M.M., Nejadhashemi, A.P., Harrigan, T., & Woznicki, S.A. (2017). Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 16, 145-163.
- Roselli, L., Cicia, G., Cavallo, V., Giudice, T.D., Carlucci, D., Clodove, M.L., & Gennaro, B.D. (2018). Consumers' willingness to buy innovative traditional food products: The case of extra-virgin olive oil extracted by ultrasound. *Food Research International*, 108, 482-490.
- Schiano, A.N., Harwood, W.S., Gerard, P.D., & Drake, M.A. (2020). Consumer perception of the sustainability of dairy products and plant-based dairy alternatives. *Journal of Dairy Science*, 103(12), 11228–11243.
- Seo, S., & Kim, M.K. (2023). Consumers' neophobic and variety-seeking tendency in food choices according to their fashion involvement status: An exploratory study of Korean consumers. *Foods*, 12, 1278.
- Skreli, E., İmami, D., Chan, C., Canavari, M., Zhillima, E., &

- Pire, E. (2017). Assessing consumer preferences and willingness to pay for organic tomatoes in Albania: A conjoint choice experiment study. *Spanish Journal of Agricultural Res.*, 15(3), 1-13.
- SPSS Conjoint 20.0 (2020). *SPSS Conjoint User's Guide*, London: Chicago: IL.
- TEPGE (2022). *Durum ve Tahmin, Buğday*. TEPGE Yayın No: 362, ISBN: 978-625-8451-57-3. Retrieved from: <http://arastirma.tarimorman.gov.te/tepge>
- Topcu, Y. (2012). The integrated marketing approach as a rural development tool. In R.S. Adisa (Ed.), *Rural development-contemporary issue and practices* (pp. 257-282). Croatia: InTech-Open Access Publisher, ISBN: 978-953-307-942-4.
- Topcu, Y. (2019). Determining product profiles based on consumers' consumption satisfaction towards drinking milk with the region of origin: Case of Iğdır province. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(3), 268-278.
- Topcu, Y. (2019a). Bölge orjinli içme sütü profilleri için tüketicilerin ödeme istekliliği ve piyasa payları: Iğdır ili Örneği. *TURJAF*, 7(7), 981-988.
- Topcu, Y., & Sarı, M.M. (2019). Bölge orjinli konvansiyonel içme sütü tüketim memnuniyeti ve ödeme istekliliği: TRA 1 Bölgesi örneği. *ICAFOP 3rd. International Conference*, (pp. 1298), April 16-18, 2019, Trabzon, Turkey.
- Topcu, Y., & Çavdar, M. (2022). Tüketicilerin PGI tescilli Gümüşhane ev tipi dut ürünleri tüketim tercihleri: Gümüşhane örneği. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26 (2), 214-227. DOI: 10.29050/harranziraat.1026266.
- TÜİK, (2022). Erzurum İlçe Nüfusları ve İlçelere Göre Hane Halkı Sayıları. Retrieved from: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Nufus-ve-Demografi-109>
- TÜİK, (2023). Tüketici Fiyat Endeksleri (TÜFE). Retrieved from: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Tuketici-Fiyat-Endeksi-Nisan-2023-49653>.
- TÜİK, (2023a). Üretici Fiyat Endeksleri (ÜFE). Retrieved from: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yurt-Ici-Uretici-Fiyat-Endeksi-Nisan-2023-49396>.
- Wang, B., Shen, C., Cai, Y., Liu, D., & Gai, S. (2022). The purchase willingness of consumers for red meat in China. *Meat Science*, 192, 108908.
- Widyaningrum, D., & Muhammad, A.A. (2023). Customer preference in food vendor during the Covid-19 pandemic: A case study of university student. *Earth Environmental Science*, 1168, 012042. DOI: 10.1088/1755-1315/1168/1/012042.



İç Anadolu Bölgesinde yetişen madımak (*Polygonum Cognatum* Meissn.) otunun yem değerinin belirlenmesi

Determination of nutritive value of knotweed (*Polygonum Cognatum* Meissn.) hay grown in Central Anatolia Region

Tuğba BAKIR^{1*}, Yakup BİLAL², Bilal SELÇUK³, Hülya AKÇAM⁴, Adem KAMALAK⁵, Çağrı Özgür ÖZKAN⁶

¹⁻⁶Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Kahramanmaraş/Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-2185-7137>, ²<https://orcid.org/0000-0001-9785-5395>, ³<https://orcid.org/0000-0001-9136-5707>, ⁴<https://orcid.org/0000-0002-6784-1782>, ⁵<https://orcid.org/0000-0003-0967-4821>, ⁶<https://orcid.org/0000-0003-1752-8293>

ÖZ

To cite this article:

Bakır, T., Bilal, S., Selçuk, B., Akçam, H., Kamalak, A., Özkan, Ç. Ö. (2023). The effects of different irrigation levels and irrigation intervals on cotton cultivation: a study on yield, yield components, and fiber quality parameters. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27(4): 574-582.

DOI: 10.29050/harranziraat.1313650

*Address for Correspondence:

Tuğba BAKIR

e-mail:

tgbacengzz@gmail.com

Received Date:

13.06.2023

Accepted Date:

08.09.2023

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Çalışmada, farklı illerden (Kırıkkale, Kırşehir, Sivas, Tokat ve Yozgat) mayıs ayında hasat edilen madımak (*Polygonum cognatum* meissn) otlarının kimyasal kompozisyonları, nispi yem değerleri (NYD), in vitro gaz üretimi (GÜ), metabolik enerji (ME) ve organik madde sindirim derecesini (OMSD) saptamak amacıyla yürütülmüştür. Madımak otlarının kimyasal içeriklerinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir (P<0.001) İç Anadolu Bölgesinde hasat edilen madımak otlarının ham protein içerikleri (HP) %22.83 -27.98 arasında bulunmuştur. Madımak otlarının nötral deterjan lifi (NDF) ve asit deterjan lifi (ADF) değerleri sırasıyla %37.53 - 41.53 ve %28.64 - 31.21 arasında saptanmıştır. Madımak otlarının nispi yem değerleri (NYD) 144.14 – 165.05, metabolik enerji (ME) 8.18 – 9.37 MJ/kg KM⁻¹ ve organik madde sindirim dereceleri (OMSD) %62.68 - 70.37 arasında bulunmuştur. Kırşehir ilinden hasat edilen madımak otu HP oranı %28.70, Tokat ilinden hasat edilen madımak otunun NDF oranı %37.53, ADF oranı %28,64 ve Kırıkkale ilinden hasat edilen madımak otunun NYD' i 165,05 bulunmuştur. Gaz üretimleri açısından Kırşehir ili 31.46 ml, metan üretim oranı (CH₄) bakımından Kırıkkale ili %13.07 ile öne çıkmıştır. Sonuç olarak farklı illerden hasat edilen madımak otlarının potansiyel bir kaba yem kaynağı olabileceği ve yem tüketim miktarları üzerine etkilerini görmek için in vivo çalışmalara gereksinim olduğu söylenebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: İn vitro gaz üretimi, Madımak otu, metabolik enerji, nispi yem değeri

ABSTRACT

This study was carried out to determine the chemical composition, relative feed value (RFV), in vitro gas production (GP), metabolic energy (ME), and organic matter digestibility (OMD) of knotweed (*Polygonum cognatum* meissn) grasses harvested in May from different provinces (Kırıkkale, Kırşehir, Sivas, Tokat, and Yozgat). Significant differences were detected in the chemical contents of knotweed grasses (P 0.001). The crude protein contents (CP) of knotweed grasses harvested in the Central Anatolia Region were found to be between 22.83 and 27.98%. Neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) values of the knotweed grasses were found between 37.53 and 41.53% and 28.64 and 31.21%, respectively. Relative feed values (RFV) of knotweed grasses were found between 144.14 and 165.05, metabolic energy (ME) between 8.18 - 9.37 MJ/kg KM⁻¹, and organic matter digestibility (OMD) between 62.68 - 70.37%. The CP rate of knotweed harvested from Kırşehir province was 28.70%, the NDF rate of knotweed harvested from Tokat province was 37.53%, the ADF rate was 28.64%, and the RFV of knotweed harvested from Kırıkkale province was 165.05. In terms of gas production, Kırşehir province stood out with 31.46 ml, and Kırıkkale province stood out with 13.07% in terms of methane production rate (CH₄). As a result, it can be concluded

that knotweed grass harvested from different provinces can be a potential roughage source, and in vivo studies are needed to see their effects on feed intake amounts

Key Words: In vitro gas production, knotweed hay, metabolic energy, relative feed

Giriş

Son zamanlarda hayvancılık endüstrisi geleneksel yöntemleri bırakarak modern yöntemlere yönelmiştir. Ancak gelişmekte olan ülkelerde modernizasyon sağlansa da hayvancılık sektöründe yine de ciddi sorunlar görülmektedir. Hayvancılık işletmelerindeki organizasyonun belirli bir kısmı yetiştirme ve sağlıkla ilgili olmasına rağmen işletmenin en önemli bölümünü hayvan besleme ve yemleme oluşturmaktadır. Ruminant hayvancılık işletmelerinin en büyük gideri yem maliyetleri olmakla birlikte, bu gider toplam maliyetin içinde %60-70 oranında olmaktadır (Boğa ve Çevik, 2012). Ruminant hayvanlara belirli sınırlar içerisinde verildiğinde hayvanlarda herhangi bir toksik etki göstermeyen, enerji ve protein ihtiyaçlarını karşılayabilen, organik ve inorganik besin maddelerine yem denilmektedir (Kutlu, 2008). Birçok bölgede çiftçiler, geniş getiren hayvanlarının beslenmesinde kaba yem eksikliği sorunuyla mücadele etmektedirler. Bu nedenle çiftçiler, kaba yem ihtiyacını karşılamak için alternatif yem kaynaklarına yönelmektedirler (Kılıç ve Abdiwali, 2016). Kaba yemlerin ruminant rasyonlarında kullanılmadan önce besin madde içerikleri, sindirim dereceleri ve bu yemlerin ne kadarının metabolik enerjiye dönüşeceği belirlenmesi önemli olmaktadır (Ørskov & McDonald, 1979). Ayrıca metabolize olabilir enerjinin ruminant hayvanlarda yaşama payı için kullanım etkinliği yaklaşık olarak %72, laktasyon için kullanım etkinliği yaklaşık %60 ve besi için kullanılma etkinliği ise yaşına bağlı olarak %30-56 arasında olduğu bildirilmiştir (Ergün ve ark., 2020). Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan yem bitkileri mevcudiyetinin hayvancılığın ihtiyaç duyduğu nitelikli kaba yem ihtiyacını tam olarak karşılama potansiyeli bulunmamaktadır. Bu nedenle yetiştiriciler farklı karakterdeki kaba yem kaynaklarına yönelmektedir (Gülümser ve ark., 2021). Alternatif kaba yem kaynağı olarak düşünülen madımak otu (*Polygonum cognatum* Meissn.) Polygonaceae ailesine ait çok yıllık yeşil yapraklı ve

farklı iklim şartlarına dayanıklı yabancı bir bitkidir (Pekdemir ve ark., 2020; Demirgöl ve ark., 2022). Madımak otu Türkiye’de Erzurum ve Sivas başta olmak üzere Anadolu’nun değişik şehirlerinde doğal olarak yetişmektedir (Pekdemir ve ark., 2020). Bununla birlikte, madımak otu Bursa ile Erzurum illeri arasında kalan, 300-3000 rakımlarda farklı iklim şartlarına dayanıklı ve doğal olarak da yetişebilmektedir (Davis, 1967; Baytop, 1984). İç Anadolu bölgesindeki çiftçilerin bu bitkiye artan talebi karşılamak üzere tarımsal üretime başladıkları bildirilmiştir (Önen ve ark., 2014). Madımak otu halk arasında sebze olarak tüketilmesi, Türk halk hekimliğinde diüretik, diyabet gibi hastalıkların tedavisinde kullanılmasından dolayı talebin artışı bildirilmiştir (Tatlı, 1988; Baytop, 1999; Saraç ve ark., 2018)

Çalışmada farklı illerde yetişen madımak otunun kimyasal kompozisyonlarının, in vitro gaz üretimlerinin, metabolik enerji değerlerinin ve nispi yem değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmada kullanılan Madımak (*Polygonum cognatum* Meissn.) otları 2022 yılı Mayıs ayında doğal olarak yetişen Kırşehir Kaman, Kırıkkale Keskin, Sivas Zara, Tokat Zile ve Yozgat Yerköy ilçesinden toplanmıştır. Toplanan madımak otları gölgede 1 hafta kurutularak analiz için laboratuvara getirilmiştir. Kurutulmuş olan madımak otları 1 mm’lik elekten geçebilecek boyutta değirmende öğütülerek kimyasal analizlere hazır hale getirilmiştir.

Kimyasal analizler

Madımak otlarının kimyasal içeriklerinin belirlenmesi için kuru madde (KM), ham kül (HK), ham yağ (HY), ham protein (HP) AOAC (1990)’a göre üç tekerrür olacak şekilde yapılmıştır. Nötral deterjan lif (NDF) ve Asit deterjan lif (ADF) içerikleri ise Van Soest ve ark., (1991)’e göre belirlenmiştir. Madımak otlarının kondanse tanen (KT) içerikleri Makkar ve

ark., (1995)'nin bildirdiği yöntemle yapılmıştır.

Fermantasyon parametrelerinin belirlenmesi

Değirmende öğütülen madımak otları hassas terazide 0.2 gr ± tartılarak 100 ml hacimli cam şırıngalara koyulmuştur. Cam şırıngaların pistonları alt ve üst kısımlardan 2-3 parmak temiz kalacak şekilde vazelin sürülmüştür. Daha sonra cam şırıngalar 30 ml çizgisine gelecek şekilde itilmiştir ve şırıngaların uçlarında bulunan cam hortumlardaki klipsler ile kapatılmıştır. Özel bir kesimhaneden 3 baş kıvırcık ırkı koyundan rumen sıvısı alınmıştır. Önceden hazırlanmış olan yapay tükürük sıvısı üzerine kesimhaneden alınan rumen sıvısı homojen olarak karıştırılıp süzülerek dökülmüştür (10 ml Rumen sıvısı + 20 ml yapay tükürük). Cam şırıngalara hazırlanan karışımdan 30 ml eklenerek 39oC sıcaklıkta bulunan su banyosuna 3 tekerrür olacak şekilde örnekler 24 saat inkübasyona bırakılmıştır (Menke ve ark., 1979). Metan üretimlerinin belirlenmesi

İnkübasyon sonunda cam şırıngalarda oluşan gazların ölçümleri Infrared metan analiz cihazıyla (Sensor Europe GmbH, Ekrath, Germany) belirlenmiştir. Cihazda ölçülen sonuçlar % ve ml olarak belirtilmiş ve aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanmıştır (Goel ve ark., 2008).

$$\text{CH}_4 (\text{ml}) = \text{GÜ} (\text{ml}) * \text{CH}_4 (\%)$$

Bu denklikte;

GÜ: 24 saatlik fermantasyon sonucundaki gaz üretimi 200 mg KM.

Metabolik enerji değerlerinin belirlenmesi

Madımak otlarının metabolik enerji içerikleri (ME) ve organik madde sindirim dereceleri (OMS) Menke ve Steingass, (1988)' in belirttiği formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{ME (Mj/kg KM)} = 2.2 + (0.136 * \text{GÜ}) + (0.057 * \text{HP}) + (0.002859 * \text{HY}^2)$$

$$\text{OMSD (\%)} = 14.88 + 0.8893 * \text{GÜ} + 0.448 * \text{HP} +$$

0.651 * HK

ME: Metabolik enerji (Mj/kg)

GÜ: Gaz üretimi (ml)

HP: Ham protein (%)

HY: Ham yağ (%)

HK: Ham kül (%)

OMSD: Organik madde sindirim derecesi (%)

Nispi yem değerlerinin belirlenmesi

Van Soest ve ark., (1991)' nin bildirmiş olduğu formüle göre NDF ve ADF değerleri hesaplanmıştır. Farklı illerden hasat edilen madımak otlarının nispi yem değerleri (NYD) Van Dyke ve Anderson, (2000)' nun bildirmiş oldukları formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{KMS(\%)} = (88.9 - (0.779 * \% \text{ADF}))$$

$$\text{KMT (\%)} = (120 / \% \text{NDF})$$

$$\text{NYD} = (\% \text{KMS} * \% \text{KMT}) / 1.29$$

Bu denklikte;

KMS (%): Kuru Madde Sindirimi

KMT (%): Kuru Madde Tüketimi

NYD: Nispi Yem Değeri.

İstatistik analizi

Yapılan çalışma sonucunda oluşan parametreler SPSS 20.0 (2011) paket programı ile varyans analizine tabii tutulmuştur. Grupların ortalamalarının karşılaştırılmasında Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (Duncan, 1955).

Bulgular ve Tartışma

Madımak otlarının kimyasal içerikleri

Türkiye'nin bazı illerinden hasat edilen madımak otlarının kimyasal içerikleri Çizelge 1' de verilmiştir. Madımak otlarının kimyasal içerikleri toplandığı illere göre önemli seviyede farklılıklar belirlenmiştir (p<0.05).

Çizelge 1. Türkiye'nin bazı illerinden hasat edilen madımak otlarının kimyasal içerikleri
Table 1. Chemical compositions of knotweed hays harvested from certain provinces of Turkey.

Madımak Otları	KM (%)	HK(%)	HP(%)	HY(%)	NDF(%)	ADF(%)	KT(%)
Kırıkkale	91.68 ^{ab}	6.02 ^a	22.83 ^a	5.14 ^a	41.67 ^c	31.21 ^c	10.36 ^c
Kırşehir	91.69 ^{ab}	10.70 ^b	28.70 ^e	4.89 ^a	40.21 ^{bc}	29.36 ^{ab}	7.82 ^b
Sivas	91.76 ^b	7.96 ^b	23.97 ^b	5.40 ^a	39.19 ^{ab}	30.55 ^{bc}	10.35 ^c
Tokat	91.53 ^a	8.57 ^c	27.98 ^d	7.47 ^b	37.53 ^a	28.64 ^a	4.12 ^a
Yozgat	92.01 ^c	11.13 ^d	25.84 ^c	5.74 ^a	39.23 ^{ab}	30.52 ^{bc}	9.34 ^{bc}
SHO	0.058	0.13	0.18	0.26	0.52	0.53	0.70
P	.000	.000	.000	.000	.000	.005	.000

abcde Aynı sütunda farklı harf olan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir

KM: Kuru madde, HK: Ham kül, HP: Ham protein, HY: Ham yağ, GÜ: Gaz üretimi (200 mg KM), OMSD: Organik madde sindirim derecesi, NDF: Nötral deterjan lifi, ADF: Asit deterjan lifi, SHO: Standart hata ortalaması. P: Önem seviyesi (p<0.005).

Lamb (2004)'ın yapmış olduğu çalışmada rumen fermantasyonu faaliyetlerinin devamlılığı için rumen mikroorganizmaları enerji, vitamin, protein ve mineral maddeler ihtiyaç duymakla birlikte, bu besin maddelerinin yemlerde ya da rasyonda yetersiz olması durumunda rumen faaliyetlerinin aksayacağını bildirmiştir. Rumen faaliyetlerinin düzgün çalışması ya da rumende istenilen miktarda protein sentezlenebilmesi için ruminant hayvanların yemlerinde kuru maddesinde %12-13 ham protein içermesi gerekmektedir (Aksoy ve ark., 2000; Norton, 2012). Türkiye'nin beş farklı ilinden toplanan (Kırşehir, Kırıkkale, Sivas, Tokat ve Yozgat) madımak otlarının ham protein içerikleri %22.83- 28.70 arasında değişmekle birlikte, ham protein içeriği en yüksek Kırşehir ilinde bulunmuştur. Atalay ve Kamalak (2018)'ın yapmış olduğu çalışmada ise; madımak otunun HP değerlerinin %12.30-28.41 arasında değiştiği bildirmiştir. Çalışmada kullanılan madımak otlarının ham protein oranları hayvanların günlük protein ihtiyaçlarının epey üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. Madımak otları proteini düşük olan yemler ile karıştırılarak hayvanlara yedirildiğinde rasyonun protein oranı dengelenebilmektedir.

Bitkilerdeki kül miktarı, toplam mineral madde

miktarının belirleyicisi olmaktadır (Tunçtürk ve Özgökçe, 2015). Çalışmada kullanılan madımak otlarının ham kül içerikleri ise sırasıyla %6.02-11.13 arasında değişmekle birlikte, en yüksek ham kül içeriği Yozgat ilinden toplanan madımak otunda, en düşük ham kül içeriği ise Kırıkkale ilinden toplanan madımak otunda tespit edilmiştir. Atalay ve Kamalak (2018)'ın yapmış olduğu çalışmada madımak otunun HK değerleri %7.22-10.36 arasında değiştiği bildirilmiştir (Atalay ve Kamalak, 2018). Özer ve Aksoy (2019)'un yapmış oldukları çalışmada ise madımak otunun ham kül içerikleri %8.42-10.21 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Yapılan çalışmalardaki HK değerleri bu çalışmaya benzerlik göstermektedir. Grainger ve Beauchemin (2011)'in kapsamlı bir meta-analiz çalışmasına göre, ruminant rasyonlarında korunmamış yağların yüksek miktarlarda bulunması (>%5-6), yapısal karbonhidratların sindirimini olumsuz etkilediğini bildirmektedir. Madımak otlarının ham yağ içerikleri sırasıyla %4.89-7.47 arasında değişiklik göstermekle birlikte, en yüksek ham yağ oranı Tokat ilinden toplanan madımak otunda tespit edilmiştir. Atalay ve Kamalak (2018)'ın yapmış olduğu çalışmada madımak otunun HY değerlerinin %1.15-1.85 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada HY içerikleri

yüksek bulunduğu için yapılan çalışmaya arasında farklılık bulunmaktadır.

Farklı illerden toplanan madımak otlarının NDF ve ADF içerikleri sırasıyla %37.53- 41.67 ile %28.64- 31.21 arasında bulunmuştur. Yem bitkilerinin hücre duvarlarında ADF, selüloz ile ligninden NDF ise hemiselülozdan oluştuğu bildirilmiştir (Van Soest ve ark., 1991). Yapılan bir çalışmada yemlerde bulunan NDF miktarının yüksek olması yemlerin sindirimini azaltacağını ayrıca hayvanın fiziksel olarak tokluk hissine kapılacağını ve hayvanların yem tüketiminin de kısıtlanacağı bildirilmektedir (Van Soest, 1994). Ruminant hayvanların rasyonların da belirli bir miktarda NDF olması gerektiği ve bu oranın ise % 40' dan az olması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca ADF' nin ise %30' dan düşük olması gerektiği bildirilmiştir (Redfearn ve ark., 2006). ADF oranlarının yemlerde yüksek olması ruminant hayvanlarda verim düşüklüğüne sebebiyet vereceğinden ciddi metabolik hastalıklara neden olabilmektedir (Avellaneda ve ark., 2009; Yang ve ark., 2009). Khafipour ve ark., (2009)' nin yapmış oldukları çalışmada NDF içeriğinin %32' den fazla olmasında hayvanın yem alma kapasitesinin rumen tarafından düşeceği ve rumenin selülotik mikroorganizmalar lehine çevrileceği bildirilmiştir. NRC (2001)' e göre ruminant rasyonlarında kaba-kesif yem oranının 60/40 olması gerektiği bildirilmektedir. Yapılan çalışmada kullanılan madımak otlarını rasyona karıştırdığımızda ya da tek başına yedirildiğinde NDF ve ADF içeriklerinin istenilen seviyede olduğu çizelge 1' de görülmektedir. Atalay ve Kamalak (2018)' in yapmış oldukları çalışmada madımak otunun NDF ve ADF değerlerini sırasıyla %49.59-56.67 ile %15.53-29.95 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada NDF-ADF oranlarının Atalay ve Kamalak (2018)' in yapmış olduğu çalışmadan farklılık gösterdiği ve düşük olduğu belirlenmiştir.

Kondanse tanenler bitkilerdeki fenolik bileşikler olup ruminant beslemede hayvanların sindirim ve yem tüketimini etkileyen unsurdur. Ruminantların rasyonlarında kondanse tanen miktarı %3' e kadar kullanıldığında rumen de mikrobiyal aktiviteyi olumlu etkileyebilmekte ve %3'ün üzerinde rasyonlarda kullanılması durumunda ise hayvanlarda toksik etki gösterebilmektedir (Makkar ve ark., 2003; Jayanegara

ve ark., 2012). Bu çalışmadaki madımak otlarının KT (%) içerikleri %4.12-10.36 arasında değişmiştir. NRC (2001)'e göre Madımak otunun kondanse tanen oranı yüksek olduğu için rasyonda kullanılması durumunda, oranın düşük tutulması ile herhangi bir toksikasyona neden olmayacağı söylenebilmektedir.

Madımak otlarının İn vitro gaz ve metan üretimleri, metabolik enerjileri ve organik madde sindirim dereceleri

Yem ham maddelerinin gaz üretimi fermente olabilen madde miktarı ile ilişkili olmaktadır (Sampath, 1995). Yemlerin gaz üretimleri her ne kadar da rumende UYA ile ilişkili olsa da, gaz üretimindeki artış yemin iyi fermente olabileceğinin bir göstergesi olarak kabul edilebilmektedir (Wolin, 1960). Yemler seçilirken sadece gaz üretimlerine göre değil, aynı zamanda sindirilebilir besin miktarına ve mikrobiyal protein üretimine göre de değerlendirmek daha doğru olmaktadır (Blümmel ve ark., 1997). Farklı illerden toplanan madımak otlarının 24 saatlik fermantasyon sonuçları Çizelge 2' de verilmiştir. Madımak otlarının in vitro gaz üretimleri 31,46-41,23 ml arasında değişmiştir. Madımak otlarının 24 saatlik metan üretimleri ise; %13,07-%16.65 arasında değişmiştir. Lopez ve ark., (2010)' nin yaptıkları bir çalışmada yemleri metan üretim potansiyellerine göre sınıflandırmışlardır. Bu sınıflandırmaya göre yemler %6- 11 arasında orta anti-metanojenik, %11-14 arasında düşük anti-metanojenik ve %0 -6 arasında ise yüksek anti-metanojenik karaktere sahip olduğunu bildirmişlerdir. Metan üretim potansiyelleri açısından Kırıkkale, Sivas ve Tokat illerinden hasat edilen madımak otları düşük anti-metanojenik karakterde olduğu tespit edilmiştir. Ruminantlardan kaynaklı metan salınımı hayvanlardan sindirilebilir enerjinin %12' sine kadar enerji kaybına neden olduğu ve bu kaybın kalitesiz kaba yem kullanımı ile %15'lere kadar çıkabileceği bildirilmektedir (Johnson ve Johnson, 1995). Bu sebeple bu çalışmada Kırıkkale, Sivas ve Tokat illerinden hasat edilen madımak otları düşük anti-metanojenik karaktere sahip olmalarından dolayı hayvanlardaki sindirilebilir enerjiden kaybın azalmasında büyük rol oynayabileceği söylenebilmektedir

Çizelge 2. Türkiye'nin bazı illerinden hasat edilen madımak otlarının in vitro gaz ve metan üretimleri, metabolik enerjileri ve organik madde sindirim dereceleri

Table 2. *In vitro* gas and methane productions, metabolizable energies, and organic matter digestibilities of knotweed hays harvested from certain provinces of Turkey.

MADIMAK OTLARI	GÜ (ml)	Metan(ml)	Metan(%)	ME MJ/kg	OMSD(%)
Kırıkkale	38.70	5.09	13.07 ^a	8.84	64.09
Kırşehir	31.46	5.24	16.65 ^b	8.18	62.68
Sivas	36.17	4.95	13.67 ^a	8.56	62.97
Tokat	34.36	4.78	13.86 ^a	8.63	63.55
Yozgat	41.23	6.24	15.10 ^{ab}	9.37	70.37
SHO	4.37	0.79	0.82	0.59	3.76
P	.276	.429	.010	.422	.289

abc Aynı sütünde farklı harf olan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($P < 0.05$). GÜ: Gaz üretimi (500 mg KM), ME MJ/kg: Metabolik Enerji, OMSD(%): Organik madde sindirim derecesi SHO: Standart hata ortalaması, P: Önem seviyesi.

Farklı illerden hasat edilen madımak otlarının metabolik enerji değerleri 8.18 ile 9.37 MJ/kg KM-1 arasında değişmiştir. Atalay ve Kamalak (2018)'in yaptıkları bir çalışmada farklı dönemlerde hasat edilen madımak otunun metabolik enerji değerlerini 8.66- 11.90 MJ/kg KM-1 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmadaki madımak otlarının OMSD değerleri %62.68-70.37 arasında değişmiştir. Atalay ve Kamalak (2018)'in yapmış olduğu çalışmada ise; farklı dönemlerde hasat edilen madımak otunun OMSD değerleri %63.03-

84.73 arasında değiştiğini bildirilmişlerdir. Bu çalışmada madımak otlarının OMSD değerleri literatürde bildirilen değerler arasında bulunmuştur.

Madımak otlarının Nispi Yem Değerleri, Kuru madde sindirimi ve Kuru madde tüketimleri

Türkiye'nin beş farklı illerinden toplanan madımak otlarının nispi yem değerleri (NYD), kuru madde sindirimi (KMS) ve kuru madde tüketimleri (KMT) Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Türkiye'nin bazı illerinden hasat edilen madımak otlarının kuru madde sindirimi (KMS), kuru madde tüketimi (KMT) ve nispi yem değerleri (NYD)

Table 3. *Dry matter digestibility (DMD), dry matter intake (DMI), and relative feed values (RFV) of knotweed weeds harvested from certain provinces of Turkey.*

Madımak Otları	KMS(%)	KMT(%)	NYD
Kırıkkale	66.58 ^c	3.20 ^c	165.05 ^c
Kırşehir	65.10 ^{ab}	3.06 ^{bc}	154.51 ^b
Sivas	64.58 ^a	2.88 ^a	144.14 ^a
Tokat	65.12 ^{ab}	3.06 ^{bc}	154.40 ^b
Yozgat	66.02 ^{bc}	2.98 ^{ab}	152.71 ^{ab}
SHO	0.41	0.042	2.66

P	.005	.000	.000
---	------	------	------

abc Aynı sütünde farklı harf olan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (P<0.05).

NYD: Nispi yem değeri, KMS: Kuru madde sindirimi ve KMT: Kuru madde tüketimi. SHO: Standart hata ortalaması. P: Önem seviyesi (P<0.05).

Çalışmada madımak otlarının kuru madde sindirilebilirlikleri %64.58-66.58 arasında değişmiştir. En yüksek kuru madde sindirilebilirlikleri Kırıkkale ilinde, en düşük kuru madde sindirilebilirlikleri Sivas ilinde tespit edilmiştir. Kuru madde tüketimleri ise; %2.88-3.20 arasında değişmiştir. En yüksek kuru madde tüketimi Kırıkkale ilinde gözlemlenirken, en düşük kuru madde tüketimi Sivas ilinden toplanan madımak otunda gözlemlenmiştir. Madımak otlarının Nispi yem değerleri %144.14-165.05 arasında değişmiştir. En yüksek nispi yem değeri Kırıkkale ilinden toplanan madımak otlarında tespit edilmiştir. En düşük nispi yem değerine Sivas ilinden toplanan madımak otlarında tespit edilmiştir.

Nispi yem değeri, yem ham maddelerinin kalitesinin belirlenmesinde çok önemli etkenlerden

biridir (Gürsoy ve Macit, 2017). Nispi yem değeri yem ham maddelerinin kimyasal analizleri sonucu ortaya çıkan veriler ile yem ham maddesinin kalitesinin belirlenmesine dayanan bir yöntemdir (Kaya, 2008). Buğdaygil, baklagil ve buğdaygil+baklagil karışımlarında yemin kalite sınıfını belirlemek amacıyla, Rohweder ve arkadaşları (1978) tarafından geliştirilen NYD indeksi kullanılmaktadır. Bu indekse göre NYD >150' nin üzerinde olduğunda en kaliteli, NYD 125-150 arasında olduğunda 1. kalite, NYD 103-124 arasında olduğunda 2. kalite, NYD 87-102 arasında olduğunda 3.kalite, NYD 75-86 arasında olduğunda 4.kalite ve NYD< 75' in altında olduğunda 5. kalite olarak yer almaktadır. Bu indekse göre farklı illerden toplanan madımak otlarının kalite indeksleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Türkiye'nin bazı illerinden hasat edilen madımak otlarının NYD indeksine göre kalite tayini

Table 4. *Quality determination of knotweed weeds harvested from certain provinces of Turkey based on RFV (Relative feed value) index.*

Madımak Otları	NYD	Kalite indeksi
Kırıkkale	165.05	En kaliteli
Kırşehir	154.51	En kaliteli
Sivas	144.14	1.Kalite
Tokat	154.40	En kaliteli
Yozgat	152.71	En kaliteli

NYD: Nispi Yem Değeri

Sonuç

Farklı illerden hasat edilen madımak otlarının kimyasal kompozisyonları illere göre değişiklik göstermiş olup, istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (P<0.05). Madımak otları NDF ve ADF yönünden Tokat ili uygun bulunurken ME değerleri yönünden Yozgat ili öne çıkmıştır. Çalışmada kullanılan madımak otları hasat zamanı, yetiştirme koşulları, iklimsel farklılık ve çevre şartları sebebiyle

kimyasal kompozisyonlarının farklılık gösterebilmektedir. Bununla birlikte, madımak otlarının yüksek ham protein ve düşük anti-metanojenik karakterlerinden dolayı ruminant hayvan beslemede kabul edilebilir bir kaba yem kaynağı olabileceği belirtilebilmektedir. Bu çalışmada in vitro bulgular ile elde edilen sonuçların ruminant hayvanlar üzerinde madımak otlarının yem tüketimi ve kuru madde alımına olan etkilerinin belirlenmesi için in vivo çalışmalar ile desteklenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Çıkar Çatışması: Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması olmadığı beyan ederiz.

Yazar Katkısı: Makaleyi Yakup BİLAL ve Bilal SELÇUK tasarlamış ve analizler Hülya AKÇAM tarafından yapılmıştır. Araştırmaya konu olan madımak otları Çağrı Özgür ÖZKAN tarafından toplanılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen bulgular Adem KAMALAK tarafından incelenmiş ve makale Tuğba BAKIR tarafından yazılmıştır. Makalenin son hali tüm yazarlar tarafından okunarak onaylanmıştır.

Kaynaklar

- Aksoy, A., Macit, M., Karaoğlu, M. (2000). Hayvan Besleme Ders Kitabı. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Erzurum, 179-199.
- AOAC, (1990). Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemists 15th.edition, Washington DC, USA, s. 66.
- Atalay, A.İ., & Kamalak, A. (2018). Effect of maturity on chemical composition and nutritive value of polygonum cognatum hay. *İğdir International Conference on Multidisciplinary studies, (İğdir)*, 1784-1788.
- Avellaneda, J.H., Rodriguez, J.M.P., Gonzalez, S.S., Barcena, R., Hernandez, A., Cobos, M., Hernandez, H., Montanez, O. (2009). Effects of exogenous fibrolytic enzymes on ruminal fermentation and digestion of Guinea grass hay. *Anim. Feed Sci. and Tech.*, 149, 70–77.
- Ball, D.M., Hoveland, C.S. & Lacefield, G.D. (1996). Forage Quality in Southern Forages. Potash&Phosphate Institute. Norcross, Georgia, 124- 132s.
- Baytop, T. (1984). Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi (Geçmişte ve Bugün). İstanbul Üniv. Eczacılık Fak. İstanbul Üniv. Yayınları No: 3255, Eczacılık Fak. Yayınları No: 40, İstanbul.
- Baytop, T. (1999). Türkiye'de Bitkiler İle Tedavi: Geçmişte Ve Bugün. Nobel Tıp Kitabevleri.
- Blümmel, M., Steingass, H., & Becker, K. (1997). The relationship between in vitro gas production, in vitro microbial biomass yield and 15N incorporation and its implications for the prediction of voluntary feed intake of roughages. *British Journal of Nutrition*, 77(6), 911-921.
- Boadi, D., Benchaar, C., Chiquette, J., & Massé, D. (2004). Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: Update review. *Canadian Journal of Animal Science*, 84:319-335.
- Boğa, M., & Çevik, K.K. (2012). Ruminant hayvanlar için karma yem hazırlama programı. XIV. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, 1(3).
- Boman, R.L. (2003). New Forage Analysis: Increased Feed Efficiency Potential. *USU Dairy Newsletter*, 26, 3.
- Budak, F., & Budak, F. (2014). Yem Bitkilerinde Kalite ve Yem Bitkileri Kalitesini Etkileyen Faktörler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* ISSN: 1308-0040, E- 2146-0132, 7(1): 01-06.
- Davis, P.H. (1967). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol: 2, Edinburgh Univ. Press, Edinburgh.
- Demirgöl, F., Divriklioğlu-Kundak, M., & Sağdıç, O. (2022). Bioactive properties, antibacterial activity, and color features of *Polygonum cognatum*: The effects of frozen storage and cooking process. *Food Science and Technology*, 42.
- Duncan, D.B. (1955). Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11(1): 1-42.
- Ergün, A., Tuncer, Ş. D., Çolpan, İ., Yalçın, S., Yıldız, G., Küçükersan, M. K., ... Küçükersan, S.(2020). Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları. Ankara: Elma Yayınevi.
- Goel, G., Makkar, H.P.S., Becker, K. (2008). Effect of *Sesbania* leaves and *Fenugreek* (*Trigonella foenum-graecum* L) seed sand the extract on partitioning of nutrients from roughage-and-concentrate-based feeds to methane. *Animal Feed Science and Technology*, 147(1-3): 72-89.
- Grainger, C., & Beauchemin, K.A. (2011). Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production. *Animal Feed Science and Technology*, 166: 308-320.
- Gürsoy, E., & Macit, M. (2014). Erzurum ili meralarında doğal olarak yetişen bazı buğdaygil yem bitkilerinin in vitro gaz üretim değerlerinin belirlenmesi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 24(3), 218-227.
- Jayanegara, A., Leiber, F., & Kreuzer, M. (2012). Meta-analysis of the relationship between dietary tannin level and methane formation in ruminants from in vivo and in vitro experiments. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 96(3), 365-375.
- Khafipour, E., Li, S., Plaizier, J.C., & Krause, D.O. (2009). Rumen microbiome composition determined using two nutritional models of subacute ruminal acidosis. *Applied and environmental microbiology*, 75(22), 7115-7124.
- Kılıç, Ü., & Abdiwali, 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).
- Kutlu, H.R. (2008). Yem Değerlendirme Ve Analiz Yöntemleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, Ders Notu, Adana, 3.
- Lamb, B. (2004). "Forage Quality Influences Animal Performance". <http://www.moormans.com/Ecosyl/ForageQualityInfluencesAnimal.htm>.
- López, S., Makkar, H.P., & Soliva, C.R. (2010). Screening Plants and Plant Products For Methane Inhibitors. In *Vitro Screening of Plant Resources For Extra-Nutritional Attributes in Ruminants: nuclear and related methodologies*, 191-231.
- Makkar, H.P.S, Blümmel, M., & Becker, K. (1995). Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and their implication in gas production and true digestibility in vitro techniques. *Brit J Nutr*, 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., & Steingass, 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.

- Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., & Schneider, W. (1979). The estimation of digestibility and metabolizable energy content of ruminant feed stuffs from the gas production when the yare incubated with Rumen liquor in vitro. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 92: 217-222.
- Norton, B.W. (2012). The Nutritive Value of Tree Legumes, <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/DocPubicat/Guttshel/x5556e0j.htm>. (Erişim tarihi, 07.11.2012).
- NRC, (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th edn. NAS-NRC, Washington.
- 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.
- Önen, H., Altuntaş, E., Özgöz, E., Bayram, M., & Özcan, S. (2014). Moisture effect on physical properties of knotweed (*Polygonum cognatum* Meissn.) seeds. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31(2): 15-24.
- Özer, M.Ö., & Aksoy, M. (2019). Orta Karadeniz Bölgesi'nde sebze olarak tüketilen Madımak (*polygonum*) türlerinin beslenme durumu. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 29(2), 204-212.
- Pekdemir, S., Çiftci, M., & Karatepe, M. (2020). Elazığ'da yetişen *Polygonum cognatum* Meissn (madımak) bitki ekstraktlarının in vitro biyolojik aktiviteleri ve bazı fitokimyasal bileşenlerinin belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 18: 368-378.
- Redfearn, D., Zhang, & H., Caddel, J. (2006). Forage quality interpretations. Oklahoma State University, Division of Agricultural Science and Natural Resources. İnternette alın bilgi: <http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-2557/F-2117web.pdf> (12/02/2006).
- Richardson, C. (2001). Relative Feding Value (RFV), an Indicator of Hay Quality. OSO Extension Fact F2117. <http://clay.agr.okstate.edu/alfalfa/webnews/quality3.html>.
- Rohweder, D.A., Barnes, R., & Jorgensen, N. (1978). Proposed Hay Grading Standart Based on Laboratory Analyses for Evaluating Quality. *Journal of Animal Science*. 47: 747-759.
- Sampath, K.T., Wood, C.D., & Prasad, C.S. (1995). Effect of urea and by-products on the in-vitro fermentation of untreated and urea treated finger millet (*Eleusine coracana*) straw. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 67(3), 323-328.
- Saraç, H., Daştan, T., Demirbaş, A., Daştan, S. D., Karaköy, T., & Durukan, H. (2018). Madımak (*Polygonum cognatum* Meissn.) bitki özütlerinin besin elementleri ve in vitro antikanserojen aktiviteleri yönünden değerlendirilmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 340-347.
- SPSS, (2011). *IBM SPSS statistics for Windows*, version 20.0. New York: IBM Corp 440.
- Şerafettin, K. (2008). Kaba yemlerin değerlendirilmesinde göreceli yem değeri ve göreceli kaba yem kalite indeksi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (1), 59-64.
- Tatlı, A., 1988. Important Range Plants of Erzurum Province, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, 43 p.
- Tekce, E., & Gül, M. (2014). Ruminant Beslemede NDF ve ADF'nin Önemi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 9 (1): 63-73.
- Tuncurk, M., & Ozgokce, F. (2015). Chemical composition of some Apiaceae plants commonly used in herby cheese in Eastern Anatolia. *Turk. J. Agric. For.* 39, 55–62.
- Van Dyke, N.J., & Anderson, P.M. (2000). Interpreting a Forage Analysis. Alabama Cooperative Extension Circular ANR-890.
- Van Soest, P.J. (1994). Fiber and Physicochemical Properties of Feed in: *Nutritional Ecology of The Ruminant*. Second Edition. Cornell University Press. 140-155.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.D. & Lewis, B.A. (1991). Methods for Dietary Fibre, Neutral Detergent Fibre and Non-Starch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.
- Wolin, M.J. (1960). A theoretical rumen fermentation balance. *Journal of Dairy Science*, 43(10), 1452-1459.
- Yang, W.Z., & Beauchemin, K.A. (2009). Increasing physically effective fiber content of dairy cow diets through forage proportion versus forage chop length: chewing and ruminal Ph. *J. Dairy Sci.*, 92, 1603–1615.



Evergestis Hübner [1825]'in timpanal organ morfolojisinin karşılaştırılması (Lepidoptera: Crambidae)

A Comparativ of the tympanal organs morphology of Evergestis Hübner [1825] (Lepidoptera: Crambidae)

Selma Seven ÇALIŞKAN^{1*} , Büşra ÖZYOLCI² 

^{1,2}Gazi University, Faculty of Science, Department of Biology, Ankara, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-4406-6768>; ²<https://orcid.org/0000-0001-8800-5487>

To cite this article:

Çalışkan, S. S. & ÖZYOLCI, B. (2023). *Evergestis* Hübner [1825]'in timpanal organ morfolojisinin karşılaştırılması (Lepidoptera: Crambidae). Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 27(4): 583-588
DOI: 10.29050/harranziraat.1272140

***Address for Correspondence:**
Selma Seven ÇALIŞKAN
e-mail:
selma@gazie.edu.tr

Received Date:
30.03.2023
Accepted Date:
11.10.2023

© Copyright 2018 by Harran University
Faculty of Agriculture. Available on-line
at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ABSTRACT

Insects communicate with each other and the environment in different ways such as sound, smell and taste. One of the ways to communicate is through the sense of sound. In insects, sound is received through the tympanal organ. It is known that the tympanal organ structure and placements can be used in the classification of higher categories. In this study, hypothesis regarding to the usage of the tympanal organ features can also be used in the classification of was tested. For this purpose, tympanal morphology of the four taxa (*Evergestis frumentalis* (Linnaeus, 1761) *E. flavifuscalis* Rebel, 1903, *E. mundalis* (Guenée, 1854) and *E. umbrosalis* (Fischer von Röslerstamm, 1841)) belonging to the *Evergestis* genus in the Evergestinae subfamily were examined, analyzed and photographed.

Key Words: Crambidae, Evergestinae, *Evergestis*, tympanal organ, morphology.

Öz

Böcekler birbirleriyle ve çevreyle ses, koku, tat gibi farklı yollarla iletişim kurarlar. İletişim kurmanın yollarından biri ses duyusudur. Böceklerde ses, kulak zarı organı yoluyla alınır. Timpanal organ yapısı ve yerleşimlerinin daha üst kategorilerin sınıflandırılmasında kullanılabileceği bilinmektedir. Bu çalışmada timpanal organ özelliklerinin alt kategorilerin sınıflandırılmasında da kullanılabileceğine ilişkin hipotez test edilmiştir. Bu amaçla, Evergestinae alt familyasında yer alan *Evergestis* cinsine ait dört taksonun (*Evergestis frumentalis* (Linnaeus, 1761) *E. flavifuscalis* Rebel, 1903, *E. mundalis* (Guenée, 1854) ve *E. umbrosalis* (Fischer von Röslerstamm, 1841)) timpanal morfolojisi incelendi, analiz edildi ve fotoğraflandı.

Anahtar Kelimeler: : Crambidae, Evergestinae, *Evergestis*, timpanal organ, morfoloji.

Introduction

The Pyraloidea superfamily is one of the richest superfamilies of the Lepidoptera order in terms of the abundance of species it involves. It is in the Microlepidoptera (Hannemann, 1964; Robinson et al., 1994). The Pyraloidea comprises about 16,000 described species world-wide (Heppner, 1991; Munroe and Solis, 1999). The larvae of many species are economically important pests of crops (e. g.: sugarcane, corn, rice), and stored products such as seeds and grains (Solis, 2007). In Europe, 914 pyraloid species have been recorded so far (Nuss et al., 2004). The Pyraloidea consists of two families: Crambidae and Pyralidae.

In the order Lepidoptera, the tympanal organs of hearing are found in various anatomical positions, including the mouth parts, abdomen, and thorax (Minet and Surlykke, 2003; Yack, 2004; Faure et al., 2009). Tympanal organs were only used in the studies of Marion (1954) and Munroe (1972, 1973) as a diagnostic feature for the Pyralidae. It is found in the abdomen in the Pyraloidea family (Hasenfuss, 2000; Scoble, 1995; Yack and Fullard, 2000). The Pyraloidea is characterized by a pair of tympanal organs located on sternite two, each with a tympanum and a conjunctivum, a maxillary palpus that is usually present, a proboscis that is basally scaled, and forewing venation (Minet and Surlykke, 2003; Yack, 2004; Faure et al., 2009; Hasenfuss, 2000; Solis, 2007). The subfamilies Pyralidae and Crambidae are distinguished by the morphology of the tympanal organs (Goater et al., 2005).

The Pyralidae have a tympanal case that is almost closed, the conjunctivum and tympanum are in the same plane, and the praecinctorium is absent (Faure et al., 2009; Marion, 1954). In the Crambidae family, the conjunctivum and tympanum are in a different plane (Minet 1982; Maes 1985). The prominent maxillary palpi, with distinctive paired abdominal tympanal organs and genitals, generally distinguishes Evergestinae from other subfamilies (Goater et al., 2005). Larvae, when known, feed on Brassicaceae (Munroe, 1972); the full-fed larva spends the winter in a tough subterranean cocoon,

pupating in the spring.

Kemal and Koçak (2017) provided male genital and tympanal photographs of *Evergestis flavifuscalis* Rebel, 1903, *E. mundalis* (Guenée, 1854) and *E. umbrosalis* (Fischer von Röslerstamm, 1841) in their study, in which they published Pyralids collected from different regions of Turkey but did not make any definitions. Özyolci and Çalışkan (2022), defined and compared tympanal structures in 4 taxa belonging to Pyralinae and Phycitinae subfamilies in their study.

It is thought that the intraspecies variability in which tympanal organs are used to differentiate the super categories is low. It was compared the hypothesis that tympanal organs can also be used in the differentiation of subcategories. For this purpose, was compared the photographs of the tympanal structures of 4 species belonging to the genus *Evergestis*, (*Evergestis frumentalis* (Linnaeus, 1761) *E. flavifuscalis* Rebel, 1903, *E. mundalis* (Guenée, 1854) and *E. umbrosalis* (Fischer von Röslerstamm, 1841)) together with their parts. Aim of this study to reveal the differences of these structures between closely related species.

Material and Method

The specimens examined in this study are preserved in the Gazi University Zoology Museum and CESA collection. Before the preparation of the samples, their abdomens were cut and their tympanal organs were photographed with an Olympus SZX7 brand stereo microscope. Then, permanent preparations were prepared for detailed examination of the samples. The abdomen as a whole was boiled in 10% potassium hydroxide, passed through water and alcohol series respectively, the inside of the abdomen was cleaned with special needles and brushes, cleaned and closed in a mixture of clove oil and xylol, and turned into a permanent preparation with entellan. Permanent preparations were photographed and compared with Olympus Leica ES7 and Leica DMLB2 microscopes. The information on *Evergestis frumentalis* (Figure 1a,b) is the data of the last author's master's thesis. Tympanal terminology

definitions are taken from Maes (1985) (Figure 2a,b).

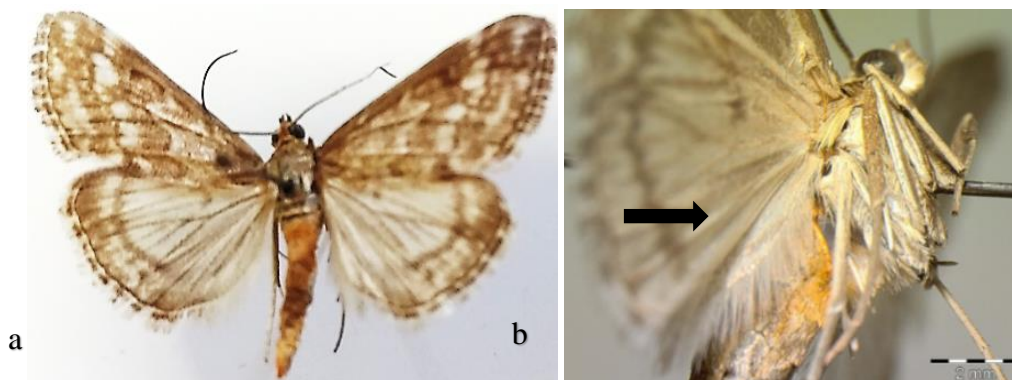


Figure 1. a: Adult of *Evergestis frumentalis* b: Abdominal tympanal organ

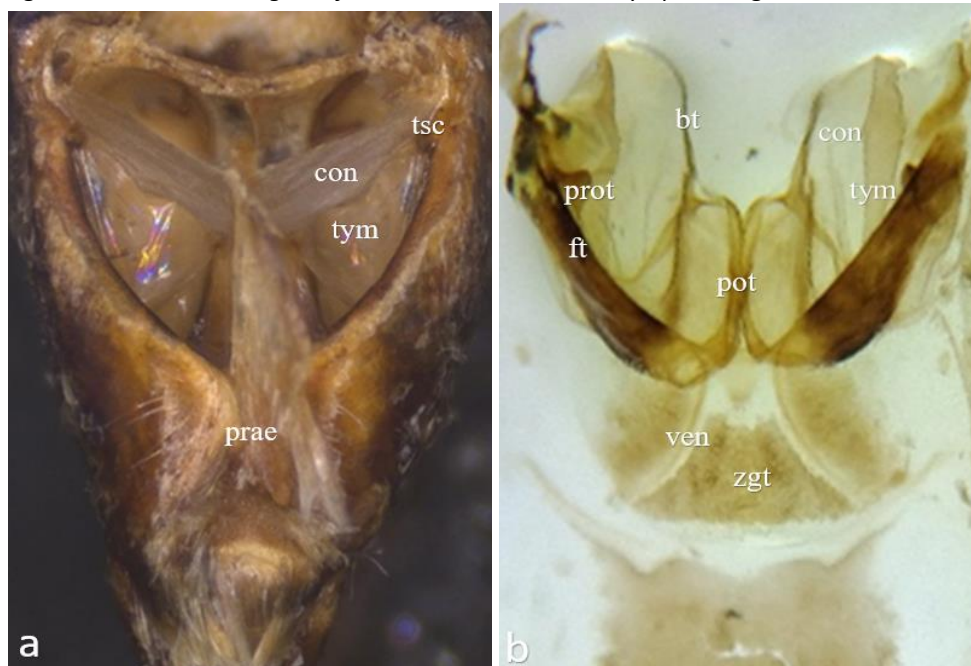


Figure 2. Tympanal organ of *E. frumentalis* a: Before preparation b: After preparation

Bulla tympani (bt): It is formed by the invagination of the first-sternite. **Conjunctivum (con):** This membrane, which is opaque when dried, attaches to the tympanum. **Fornix tympani (ft):** Framework supporting the eardrum tympanum. **Pons tympani (pot):** The median zone of the first sternite which forms a connection between the praecinctorium. **Praecinctorium (prae):** Extended hairy structure above sakkus tympanum. **Processus tympani (prot):** lobulus:

Invagination of the bulla tympani below or within the fornix tympani. **Tergo sternal sclerite (tsc):** Small sclerite anterior to the fornix tympanum and between the tergite and sclerite. **Tympanum (tym):** The very thin membrane of the organ of hearing that is transparent when dry. **Venula (ven):** Mid-lateral sclerotized rod inside the sternite. **Zona glabra**

tympani (zgt): Scaly, occasionally curved area behind the pons tympani (Maes, 1985).

Results and Discussion

Results

Seizmar (2021) described some tympanal organ structures of *Evergestis viridifuscalis* Seizmar 2021 and *E. angularis* Seizmar, 2021 species (Table 1 gives the tympanal descriptions of these species according to Seizmar). Kemal and Koçak (2017) presented tympanal photographs of *Evergestis flavifuscalis*, *E. mundalis*, *E. umbrosalis*. It was described that tympanal organ structure of these species. Comparisons of tympanal organ structures are given in Table 1.

Table 1. Comparison of tympanal organs of species of the genus *Evergestis* (pot: pons tympani, con-tym: conjunctivum-tympanum bt: bulla tympani, ft:fornix tympani,prot: processus tympani, prae: praecinctorium, ven:venula, zgt: zona glabra tympani, tsc:tergo sternal sclerite)

Tympanal organ structures	<i>E. frumentalis</i>	<i>E. flavifuscalis</i>	<i>E. mundalis</i>	<i>E. umbrosalis</i>	<i>E. viridifuscalis</i>	<i>E. angularis</i>
pot	thinly elongated	thick,long bifurcation	long,bifurcation	thick,long bifurcation	elongate	dilated
con-tym	different plane	different plane	different plane	different plane	different plane	different plane
bt	narrow	oval	oval	Oval wide	narrowly invaginated	narrowly invaginated
ft	thick	thin	large	thick	medium thickness	thin
prot	small crest shape	hump	elongated	pointed	pointlike	elliptic
prae	Unilob, fringed	Unilob, fringed	Unilob, fringed	Unilob, fringed	-	-
ven	elongated	long sloping	long corrugated	long straight	distinct	slanted, straight
zgt	prominently	narrow	expansive	wide	short	stroke-shaped
tsc	onion shaped	long-slim	long-slim	long-slim	onion shaped	quadrangular dilatation

Fornix tympani is thinner in *E. flavifuscalis* than the one in *E. umbrosalis*, *E. frumentalis* and *E. mundalis* (Figure 3e,3f,3g,3h). In *E. mundalis* and *E. umbrosalis*, the processus tympani structure is thin and pointed (Figure 3g, 3h), while in *E. frumentalis* and *E. flavifuscalis*, it is larger and humped. (Figure 3e, 3f). Processus tympani is distinctly larger in sp. *frumentalis* than others (Figure 3e). Bulla tympani structure *E. umbrosalis* is wider than other species (Figure 3h). The structure of the pons tympani is similar in all species but differs in length. The length of the

pons tympani is shorter in *E. flavifuscalis* than in the other three species (Figure 3f). Venula and zona glabra tympani differ in all 4 types (Figure 3e, 3f, 3g, 3h). Tergo sternal sclerite is bulb-shaped in *E. frumentalis* and long and thin in other species (Figure 3e). Praecinctorium structure is similar in all species, unilobal and fringed (Figure 3k,3l,3m,3n). Conjunctivum-tympanum structure is in a different plane in all species (Figure 3k, 3l, 3m, 3n).

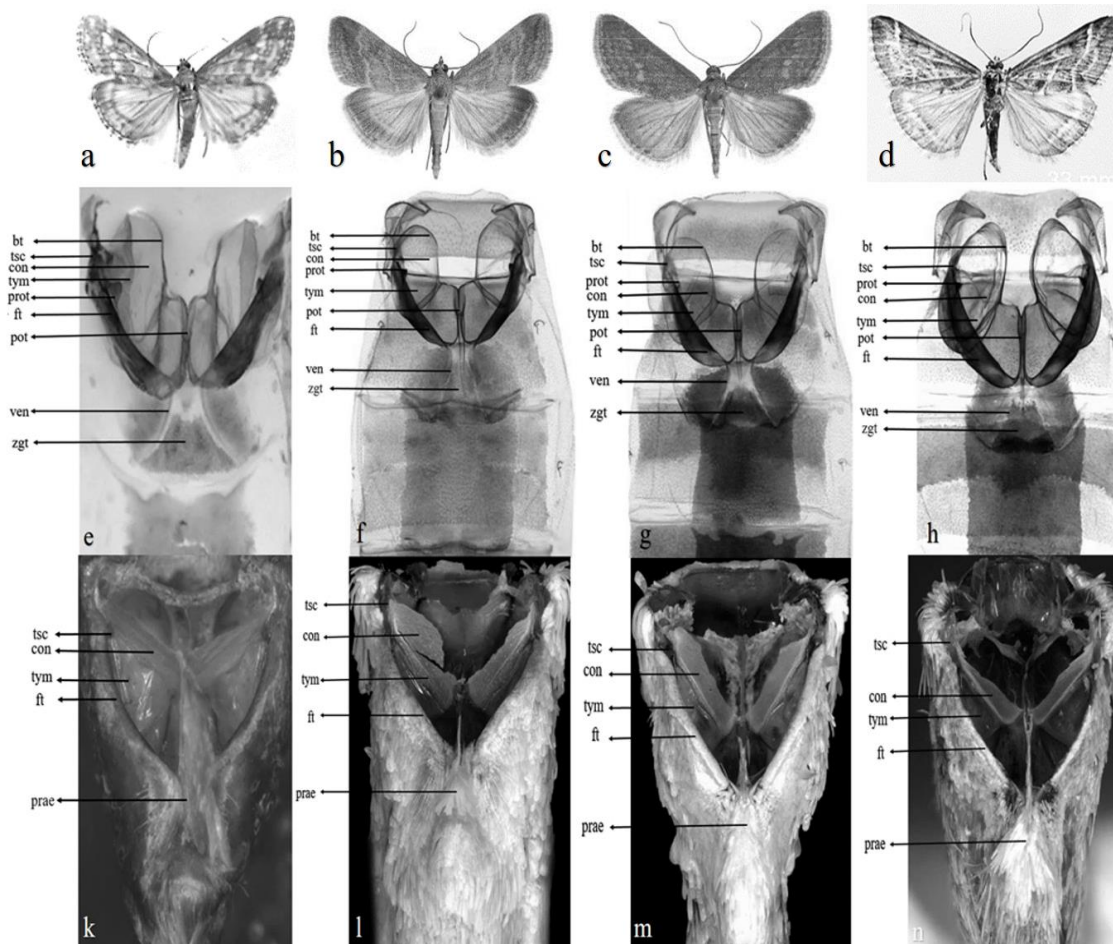


Figure 3. *Evergestis frumentalis* (a), *Evergestis flavifuscalis* (b), *Evergestis mundalis* (c), *Evergestis umbrosalis* (d) adults. *Evergestis frumentalis* after preparation tympanal organ (e), *Evergestis flavifuscalis* after preparation tympanal organ (f), *Evergestis mundalis* after preparation tympanal organ (g), *Evergestis umbrosalis* after preparation tympanal organ (h). *Evergestis frumentalis* before preparation tympanal organ (k), *Evergestis flavifuscalis* before preparation tympanal organ (l), *Evergestis mundalis* before preparation tympanal organ (m), *Evergestis umbrosalis* before preparation tympanal organ (n).

Discussion

The genus *Evergestis* Hübner, which was placed in its own Evergestinae, is currently associated with the subfamily Glaphyriinae according to the suggested classification supported by the phylogenetic study of Regier et al. (2012). The subfamily Glaphyriinae includes 326 species in 51 genera (Regier et al. 2012) and *Evergestis*, which is the largest genus of this subfamily with 79 known species worldwide. There are 32 known species in the genus *Evergestis* in Europa (Goater et al., 2005). This genus is known to be the most diverse genus in the Holarctic region (Munroe & Solis 1999) with few representatives in India, Africa, and South America (Goater et al. 2005).

One of the features that characterize the Pyraloidea, which includes *Evergestis*, is the location and morphology of the tympanal organs.

Evergestis is a genus of moths of the family

Crambidae. In Crambidae, the tympanal membrane is open anteriorly, the tympanum and conjunctivum lie at an obtuse angle and the lobulus and praesinctorium structures are present (Goater et al., 2005). In subfamily Evergestinae, the bulla tympani is open; the praesinctorium is unilobal; the tympanum and conjunctivum are in a different plane (Maes, 1985; Minet, 1982). Solis (2007) gives the following features for Evergestinae: Fenestra media forms a true dorsal counter-tympanum; praecinctorium is usually sagittal, rarely bilobed; spinulae are spiny, inserted in the anterior region of the eardrums; antero-lateral tympanic projections. In the species that was examined, the praecinctorium is single-lobed. Results support the literature information.

The intraspecies variability of tympanal organs is low. Sometimes the relative length of the venula secunda/saccus tympani can be used at the specific level. Differences in some parts of these organs of the interspecies are usually clear enough to allow for

species differentiation (Maes, 1985). The this study reveals that some parts of the tympanal organs differ between species. Characteristics such as venula, zona glabra, pons tympani and fornix tympani, which have high chitin structure, were determined as distinctive.

Conclusion

The tympanal organs of the investigated *Evergestis* genus species show Crambid type morphological design features. The result of the study supports the hypothesis that the tympanal structure can be used to differentiate subcategories. Comparative studies on the tympanal structure with more taxa will undoubtedly make important contributions to the Crambidae systematics.

Acknowledgment

We thank Dr. Muhabbet Kemal Koçak for allowing us to evaluate using adult and tympanal photographs of 3 species of the genus *Evergestis*.

Conflict of interest: The authors declared that there is no conflict of interest.

Author Contributions: Conception – S.S.Ç. (Selma Seven ÇALIŞKAN), B.Ö. (Büşra ÖZYOLCI); Design – S.S.Ç., B.Ö.; Supervision – S.S.Ç., B.Ö.; Materials – S.S.Ç.; Data Collection or Processing – S.S.Ç., B.Ö.; Analysis Interpretation – S.S.Ç., B.Ö.; Literature Review – S.S.Ç., B.Ö.; Writing – S.S.Ç., B.Ö.; Critical Review – S.S.Ç., B.Ö.

References

Faure, P. A., Mason, A. C., & Yack, J. E. (2009). *Invertebrate ears and hearing*. Encyclopedia of Neuroscience, 2035-2042.

Goater, B., Speidel, W. & Nuss, M. (2005). *Microlepidoptera of Europe*, Volume 4: Pyraloidea I. (Crambidae: Acentropinae, Evergestinae, Heliothelinae, Schoenobiinae, Scopariinae). In P. Humer & O. Karsholt (Eds.), *Stenstrup: Apollo Books*, 1-304.

Hannemann, H.F. (1964). *Kleinscmetterlinge older Microlepidoptera*. In Die Tiervelt Deutshland und Der Argrenzenden Meeresteile, Jena GDR,: Veb Gustav Fischer Verlag, 50: 403.

Hasenfuss, I. (2000). Evolutionary pathways of truncal tympanal organs in Lepidoptera (Insecta: Holometabola). *Zoologischer Anzeiger*, 239: 27– 44.

Heppner, J. B. (1991). Faunal regions and diversity of

Lepidoptera. *Tropical Lepid.*, 2 (supplement.1): 1-85.

Kemal, M. & Koçak, A. Ö. (2017). New and little known Pyraloidea of Turkey, with some faunistical notes (Lepidoptera). *Centre for Entomological Studies in Ankara, Cesa News* (130): 1-43.

Maes, K.V.N. (1985). A comparative study of the abdominal organs in Pyralidae (Lep.) I: Description, terminology, preparation technique. *Nota Lepidopterologica*, 8 (4): 341–350.

Marion, H. (1954). Révision des Pyraustidae de la faune française. *Revue française de Lépidoptérologie*, 14: 221-227.

Minet, J. (1982). Les Pyraloidea et leurs principales divisions systématiques [Lep.Ditrysia]. *Bulletin de la Société entomologique de France*, 86 (9-10): 262-280.

Minet, J. & Surlykke A. (2003). Auditory and sound producing organs. Pp. 289-323, In: Kristensen P, (Eds.) *Lepidoptera, moths and butterflies: Volume:2 Morphology, Physiology, and Development. Handbook of Zoology IV Arthropoda: Insecta*, Part 36. Berlin and New York.

Munroe, E. (1972). Pyraloidea, Pyralidae comprising subfamilies Scopariinae, Nymphulinae. In: Dominick, R. B. et al., (Eds.). *The Moths of America North of Mexico*. Fasc. 13. 1A: 1-134 London.

Munroe, E. (1973). Pyraloidea, Pyralidae comprising the subfamily Evergestinae. In: Dominick, R. B. et al., (Eds.). *The Moths of America North of Mexico*. Fasc. 13. 1C: 251-304, pls. 1-13, London.

Munroe, E. & Solis, M.A. (1999). Pyraloidea, Pp. 233-256, In: N. Kristensen (Eds.), *Lepidoptera, Moths and Butterflies* 35, 1: Evolution, Systematics, and Biogeography. *Handbook of Zoology*, 4: i-x, 1-491. Berlin New York.

Nuss, M., Segerer, A. & Speidel, W., (2004). Crambidae, Pyralidae, Thyrididae. In O. Karsholt & E. J.Van Nieukurken. *Fauna Europaea: Lepidoptera, Moths*. Fauna Europaea version 1.1. <http://www.faunaeur.org7>.

Özyolci B. & Çalışkan S.S. (2022). A comparative study of the tympanal organs in Pyralidae (Lepidoptera). *Trends in Entomology* 18: 97-102.

Regier J.C., Mitter C., Solis A.M., Hayden J.E., Landry B., Nuss M., Simonsen T.J., Yen S-H., Zwick A. & Cummings M.P. (2012). A molecular phylogeny for the pyraloid moths(Lepidoptera: Pyraloidea) and its implications for higher-level classification. *Systematic Entomology* 37: 635 – 656. DOI: 10.1111/j.1365-3113.2012.00641.x

Robinson, G. S., Tuck, K.R & Schaffer, M. (1994). *A field guide to the smaller moths of South-East Asia*. London, Kuala Lumpur, 1-246pp., 32 pls., Malaysian Nature Society, 137-179.

Scoble, M.J. (1995). *The Lepidoptera. Form, function and diversity*. New York: Oxford University Pres, 424.

Seizmar, M. (2021). Two new species of the genus *Evergestis* Hübner, 1825 (Lepidoptera, Crambidae) from the Arabian Peninsula. *Trends in Entomology*, 17: 67-76.

Solis, A. (2007). Phylogenetic studies and modern classification of the Pyraloidea (Lepidoptera). *Revista Colombiana de Entomología* 33 (1): 1-9.

Yack, J.E. & Fullard, J.H. (2000). Ultrasonic hearing in nocturnal butterflies. *Nature*, 403, 265–266.

Yack, J. E. (2004). The structure and function of auditory chordotonal organs in insects. *Microscopy Research and Technique*, 63 (6): 315–337.



Farklı sıcaklık koşullarında *Neoscytalidium novaehollandiae* etmeninin misel ve konidi gelişimi

Mycelia and conidia development of Neoscytalidium novaehollandiae at different temperature conditions

Berfin KILINÇ^{1*}, Mehmet Ertuğrul GÜLDÜR², Murat DİKİLİTAŞ³

^{1,2,3}Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Şanlıurfa 63300, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-7086-0255>; ²<https://orcid.org/0000-0002-3374-5602>; ³<https://orcid.org/0000-0002-7399-4750>

To cite this article:

Kılınç, B., Güldür, M. E. & Dikilitaş, M. (2023). Farklı Sıcaklık Koşullarında *Neoscytalidium novaehollandiae* Etmeninin Misel ve Konidi Gelişimi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27(4): 589-594
DOI: 10.29050/harranziraat.1326265

*Address for Correspondence:

Berfin KILINÇ
e-mail:
berfinkilinc@gmail.com

Received Date:

12.07.2023

Accepted Date:

11.10.2023

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Öz

Neoscytalidium cinsine ait türler son zamanlarda dünyada ve Türkiye’de kültür, peyzaj ve orman bitkilerinde önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır. *N. novaehollandiae* türü tek yıllık bitkilerde kurumalara ve iletim demetlerinde kararmalara yol açarken ağaçlarda gövde çatlamlarına kabuk altı nekrozlarına ve dal kurumalarına yol açmaktadır. Bölgemizde yeni yayılmaya başlayan bu hastalık etmenine karşı herhangi bir mücadele yöntemi bilinmemektedir. Bu çalışmada -5 ila 40°C aralığındaki farklı sıcaklık değerlerinde 3 günlük süre içinde *N. novaehollandiae* etmeninin misel gelişimleri ölçülmüştür. Hastalık etmeni 15 ve 35°C aralığında gelişme gösterirken optimum gelişimleri 25 ve 30°C aralığında bulunmuştur. Fakat etmenin misellerinin 10°C ve 40°C’lerde 4. günde gelişmeye başladığı gözlenmiştir. Bu sıcaklık çalışması *N. novaehollandiae* etmenine karşı mücadele zamanının belirlenmesinde önemli bir adım olmuş ve bölgemizde son zamanlarda ortaya çıkan ve epidemiyapma potansiyeline sahip fungal etmenin fizyolojik karakterinin aydınlatılması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Neoscytalidium novaehollandiae*, sıcaklık, gelişim, hastalık kontrolü

ABSTRACT

Species belonging to the genus *Neoscytalidium* have recently caused significant economic losses in crop, landscape and forest plants in the world and in Turkey. While *N. novaehollandiae* causes drying in annual plants and darkening of vascular bundles, it causes trunk cracks, sub-bark necrosis and drying of branches in trees. There is no known method of struggle against this disease agent, which has just started to spread in our region. In this study, mycelial growth of *N. novaehollandiae* was measured in 3 days at different temperature values between -5 and 40°C. While the disease agent developed between 15 and 35°C, their optimum development was found between 25 and 30°C. However, it was observed that the mycelias of the agent started to develop on the 4th day at 10°C and 40°C. This temperature study was an important step in determining the control time against *N. novaehollandiae* and it was aimed to enlighten the physiological character of the fungal agent that has recently emerged in our region and has the potential to cause an epidemic.

Key Words: *Neoscytalidium novaehollandiae*, temperature, growth, disease control

Giriş

Dothideomycetes sınıfına ait endofitik mantarlarının çoğu dünyada çeşitli bölgelerde çok farklı ağaçlarda kansere neden olan fırsatçı bitki patojenleridir (Chuang ve ark., 2012; Ezra ve ark., 2013; Yi ve ark., 2015). Bugüne kadar, morfolojik ve moleküler özelliklere dayalı olarak sınırlı sayıda *Neoscytalidium* türü tanılanmıştır. Bu türlerden *N. dimidiatum* türünün hem *N. novaehollandiae* (Polizzi ve ark., 2009) hem de *Scytaalidium hyalinum* (Madrid ve ark., 2009) türleri ile benzer olduğu bildirmiştir. *N. novaehollandiae* türü *Mangifera indica* (mango) (Ray ve ark., 2010), *Pistachia vera* (Antepfıstığı) (Kılınç ve ark., 2022), *Solanum lycopersicum* (domates) (Derviş ve ark., 2020), *Pinus eldarica* (çam) (Alizadeh ve ark., 2022), *Prunus dulcis* (badem) (Ören ve ark., 2020) gibi konukçularda enfeksiyon yaptığı ve yaygın olarak görüldüğü belirtilmiş, aynı konukçularda *N. dimidiatum* etmeninin de enfeksiyona yol açtığı yapılan farklı çalışmalarda ortaya konmuştur. Bu türleri birbirinden ayırt etmek için çeşitli denemeler yapılmıştır. Bununla birlikte, *N. dimidiatum*, *N. novaehollandiae*'den, *N. novaehollandiae*'nin muriform veya dikomer benzeri konidia üretme yeteneği ile ayırt edilmiştir (Pavlic ve ark., 2008). Bu muriformlar kolayca tanınmazlar ve bu nedenle *N. dimidiatum* ve *N. novaehollandiae* türleri uzun bir morfolojik gözlem periyodu boyunca benzer özellikler sergileyebilir (Mohd ve ark., 2013). Öte yandan, *S. hyalinum*, *N. dimidiatum*'un bir çeşidi veya melaninsiz olan kültürel bir mutant varyantı olduğu ifade edilmiştir (Madrid ve ark., 2009). Bu morfolojik ve mikrobiyolojik verilerin çıkarılması zaman alıcı bir süreç gerektirir ve bu sorunu çözmek için henüz doğru moleküler markörler keşfedilememiştir. Sonuç olarak, fungusun tür düzeyinde kesin olarak tanılanması zordur (Machouart ve ark., 2004). Biyolojik kontrol (Ubalua ve Oti, 2007; Louzada ve ark., 2009), ürün rotasyonu (Reis ve ark., 2011), dayanıklı çeşit kullanımı ve kimyasal kontrol (Fischer ve ark., 2005) esas alınarak daha sürdürülebilir bir üretim sistemi sağlamak en etkili kontrol yöntemidir (Onyeka ve ark., 2005). Öte yandan, ıslah programları çalışmalarına rağmen, şu anda Brezilya'da *Botryosphaeriaceae* türlerinin yol açtığı kök

çürüklüğüne dirençli sadece birkaç manyok (*Manihot esculenta*) çeşidi mevcuttur (Brito ve ark., 2020). Tarla koşullarında kök çürüklüğü hastalığına dayanıklı genotiplerin seçimindeki ana sorunlardan biri genotipi değerlendirmek için geçen süredir (yaklaşık 12 ay). Dolayısıyla bu gibi hastalıkların mücadelesinde ıslah çalışmaları zaman almaktadır, *N. novaehollandiae* da bu hastalıklardan biri olmaya adaydır.

Funguslar 45°C'de daha iyi büyüme olarak tanımlanan termofili, *Ascomycota*'nın birçok türünde görülmektedir (Raspor ve Zupan, 2006; Berka ve ark., 2011; Morgenstern ve ark., 2012). Yirminci yüzyılın başından beri termofilik türler, büyüleyici fizyolojik özellikleri ve endüstrideki potansiyel değerleri nedeniyle büyük ilgi görmüştür. Fungal termofillerin de arasında olduğu ökaryotlar için üst sıcaklık sınırını 60°C veya bunun hemen üzerindeki sıcaklıklar oluşturmaktadır (Tansey ve Brock, 1972; Powell ve ark., 2012). Yapılan bir çalışmada *Scytaalidium hyalinum*'un misel ve konidi üretimi, beş sıcaklıkta (10-, 15-, 25-, 35- ve 40°C) PDA ortamında değerlendirilmiştir (Hohenfeld ve ark., 2018). Patojen için misel gelişimi ve sporlanma için optimum sıcaklık aralığı 30 ile 36°C arasında bulunmuştur. Hastalık şiddeti 32 ila 36°C'de gözlenmiştir. Optimal büyüme koşulların 48 saatlik inkübasyondan sonra Petri kabını tamamen kaplamış olan *N. hyalinum* için optimum sıcaklık 32°C iken, daha düşük sıcaklıklarda (10°C) önemli bir büyüme gözlemlenmemiştir. Bitki köklerin 35°C'de tutulması daha büyük lezyonlu alanların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Buna karşılık, 40°C gibi daha yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında daha az zarar meydana gelmiştir. Dolayısıyla sıcaklığın artışı ile hastalık şiddeti arasında doğrusal bir ilişki tespit edilmiştir.

Bu çalışmada farklı sıcaklık değerlerinde *N. novaehollandiae* etmeninin misel ve konidi gelişimleri ölçülerek etmenin en uygun gelişme sıcaklığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar hastalık yönetimine ışık tutacaktır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Fitopatoloji laboratuvarında

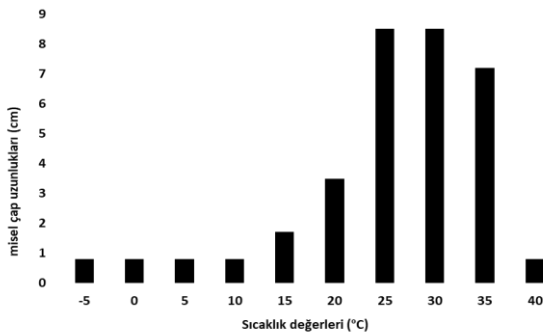
yürütülmüştür. Çalışmanın ana materyalini stok kültüründen alınan *N. novaehollandiae* (ITS bölgesi için erişim no: OL455801, LSU bölgesi için erişim no: OL589617) etmeni, PDA (Patates Dekstroz Agar) besi ortamı, spor sayımı için heamocytometer (Thoma lamı) ve diğer temel laboratuvar malzemeleri oluşturmaktadır.

Antepfıstığından izole edilen ve saflaştırılan *N. novaehollandiae* kültüründen bir parça alınarak çoğaltılmış ve çalışmada kullanılmak üzere +4°C'de muhafaza edilmiştir. Sıcaklık değerleri üçer günlük aralıklarla inkübatörde -5-, 0-, 5-, 10-, 15-, 20-, 25-, 30-, 35-, 40°C'ye ayarlanmıştır. Saf olarak gelişen genç misellerden mantar delici yardımıyla 8 mm lik diskler alınıp antibiyotik (tetracycline) ile desteklenmiş PDA besi ortamına Petri kabının ortasına gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Her sıcaklık değerinde 3. günde misellerin gelişme çapları cetvel yardımı ile yatay ve dikey yönlü ölçülmüş ve ortalamaları alınmıştır. Gelişmenin görüldüğü sıcaklık değerlerinde Thoma lamı kullanılarak 1 mL'deki konidi sayımları yapılmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Stok kültüründen alınıp saflaştırılan taze olarak çoğaltılmış ve her bir sıcaklık değeri (-5, 0-, 5-, 10-, 15-, 20-, 25-, 30-, 35- ve 40°C) için 4 tekerrürlü olarak hazırlanmış Petri kapları 3 gün süre ile inkübe edilmiştir. (Şekil 1)

N. novaehollandiae -5-, 0-, 5- ve 10°C'de herhangi bir gelişim göstermemiş, ancak 10- ve 40°C'lerde 3 günlük inkübasyon periyodu sonunda düşük düzeyde miselyal gelişme tespit edilmiştir.

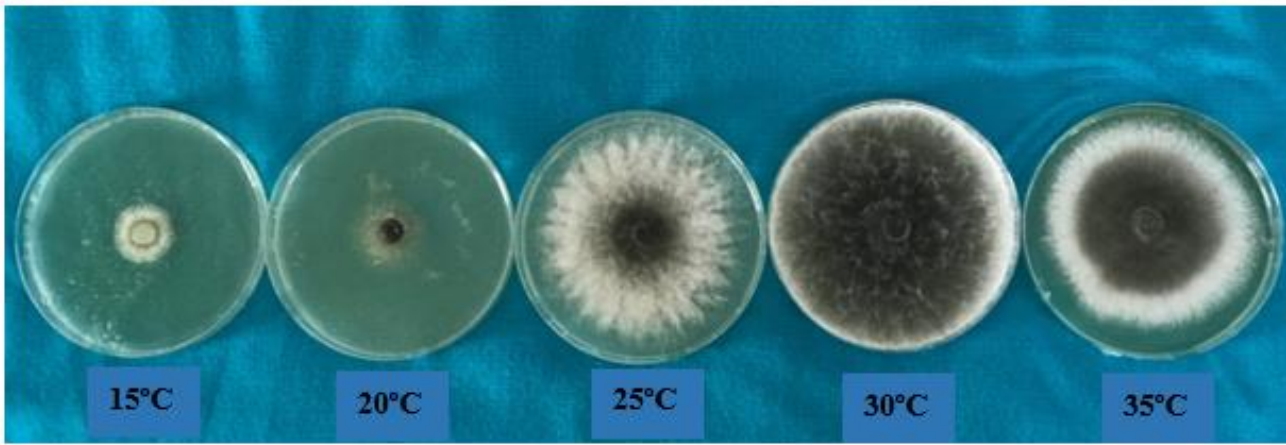


Şekil 1. Farklı sıcaklık değerlerinde *Neoscytalidium novaehollandiae* etmeninin gelişimi

Figure 1. Development of *Neoscytalidium novaehollandiae* at different temperatures

Bu durum, fungal etmenin daha uzun süren inkübasyon periyotlarında bu sıcaklıklarda gelişme gösterebileceğini ortaya koymuştur. Fungal etmenin 10 ve 40°C'lerde patolojik etki yapıp yapmayacağı bilinmemekle birlikte, bu durumun belirlenmesinin hastalık etmeninin kontrolü açısından büyük önem taşıdığı açıktır. Fungal etmen 15-35°C aralığında gelişme göstermiş, 25 ve 30°C'lerde ise optimum olarak gelişme göstermiştir. Benzer biçimde *N. hyalinum* türünün 10°C de gelişmeye başlayıp 32°C deki optimum koşullarda 48 saatte Petriyi kapladığı ve 40°C nin üzerinde konidi oluşumunda azalma meydana geldiği Hohenfeld ve ark. (2018) tarafından rapor edilmiştir.

Farklı sıcaklık koşullarında fungusun fizyolojik gelişimi Petri kaplarında "mm" olarak tespit edilmiş, fungusların gelişimleri görsel olarak da tespit edilmiştir. Buna göre, artan sıcaklıkla birlikte miselyal gelişime paralel olarak fungusun melanin pigmenti de yoğunlaşma göstermiş, 32°C'de en yüksek melanin konsantrasyonu görüntülenmiştir (Şekil 2). Yapılan bir çalışmada ejder meyvesinde sıcaklığın 15°C'den 32°C'ye yükselmesi sonucu *N. dimidiatum* etmenine ait koloninin kapladığı alan ve misel büyüme hızı artmış, ancak 37°C'de önemli ölçüde azaldığı belirtilmiştir (Mayorquin ve ark., 2016). Benzer bir çalışmada Kaliforniya'da incirde sürgün kurumalarına yol açan *N. dimidiatum* etmeninin 20 ila 35°C'deki sıcaklık aralıklarından en iyi gelişmenin 35°C'de %92'lik bir gelişme olduğu ve misel kolonizasyonu ile konidi miktarının sıcaklığın artmasıyla beraber arttığı ifade edilmiştir (Gusella ve ark., 2023). Aynı zamanda bu çalışmada da sıcaklık arttıkça konidi sayılarında da bir artış gözlenmiş, sıcaklık optimumun üzerine çıktığında ise konidi sayılarında azalma meydana gelmiştir.



Şekil 2. Farklı sıcaklıklarda gelişmeye bırakılan *Neoscytalidium novaehollandiae* etmeninin Petri kaplarındaki görüntüleri
Figure 2. Images of *Neoscytalidium novaehollandiae* in Petri dishes incubated at different temperatures

Şanlıurfa ilinde çoğu zaman 30°C nin üzerinde sıcaklığın seyretmesinin hastalığın yayılma ve enfeksiyon riskini artırdığı düşünülmektedir. Örneğin, Sadowsky ve ark. (2007) 34°C'nin üzerindeki sıcaklığın

turunçgillerde *Scytaalidium* solgunluğunu arttırdığını rapor etmişlerdir. Bu çalışmada, farklı sıcaklık koşullarında gelişen sporların sayımı yapılmış 1 mL'deki spor yoğunluğu Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Farklı sıcaklıklarda gelişmeye bırakılan *Neoscytalidium novaehollandiae* etmeninin konidi yoğunluğu
Table 1. Conidia density of *Neoscytalidium novaehollandiae* at different temperatures

		Sıcaklık değerleri (°C) Temperature values (°C)				
Conidia (mL ⁻¹)	15	20	25	30	35	
	1.08x10 ⁶	1.36x10 ⁶	8.38x10 ⁶	4.56x10 ⁶	4.41x10 ⁶	

Işık mikroskobu altında yapılan sayımlara göre spor sayısı en fazla 25°C de 8.38x10⁶ spor mL⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Sıcaklık arttıkça spor sayılarında da artış gözlemlenmiş sıcaklığın 25°C'nin altına inmesi ile veya 25°C üstüne çıkması ile yani optimum sıcaklıktan uzaklaşması sonucu konidi yoğunluğu azalmıştır. Konidi yoğunluğunun optimum sıcaklık koşullarından uzaklaşması ile düştüğü tespit edilse de farklı sıcaklık koşullarında üretilen konidi miktarının dolayısı ile yoğunluğunun herhangi bir bitkiyi enfekte etmek için yeterli olduğu görülmüştür. Buna benzer bulgular Dikilitaş (2003) tarafından da ifade edilmiş olup, NaCl koşullarında *Verticilium albo-atrum*'a ait azalan konidilerin yine de enfeksiyon yapabilme kabiliyetine sahip olduğunu ve domates bitkilerinde simptom oluşturacak seviyeye geldiğini rapor etmiştir. Fungal etmenin ekstrem koşullarda miselyal gelişmesi hız kaybetse bile, konidi üretiminin bu koşullarda bitki dayanıklılığının da düşeceği ön görüldüğünden patojenin enfeksiyon kapasitesinin artacağı düşünülmektedir. Virülenslik konusu, virülenslikle ilgili genler ile direkt ilişkili olduğundan patojenin ekstrem koşullarda gen ekspresyonu ve genlerin

aktivasyonu ile sentezlenen enzimlere bağlı olduğu bilindiğinden bu konunun ayrıca değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bununla birlikte bölgemizde Antepfıstığında hastalığın gelişimine sadece sıcaklığın değil aynı zamanda konukçu duyarlılığının da etki ettiği düşünülmektedir. Benzer biçimde yüksek sıcaklık ve konukçu duyarlılığının turunçgillerde Bortyosphaeriaceae üyesine ait türlerin Kaliforniya turunçgil bahçelerinde hastalıkları arttırdığı rapor edilmiştir (Adesemoye ve ark., 2014).

Güney Kaliforniyada yarı kurak alanlarda yetiştirilen bağlarda *N. dimidiatum*'un %15 oranında bulunduğu ve bu nedenle hastalığın epidemiyolojisinin belirlenmesi gerektiğini rapor etmişlerdir (Rolshausen ve ark., 2013). Benzer biçimde bölgemizde de hastalığın antepfıstıklarında enfeksiyon oranı %28.07-43.68 arasında değiştiği ve hastalığın epidemiyolojisinin belirlenmesinin öncelik arzettiği vurgulanmıştır (Kılınç ve ark., 2022).

Sonuç

Antepfıstığı, kayısı, badem, asma, incir, zeytin ve dut ağaçlarının ana dallarında meydana gelen derin kabuk çatlakları ve kanser gibi belirtilerden sorumlu olan *N. novaehollandiae* hastalık etmeni bu bölgede görülen yeni bir hastalık etmenidir.

Hastalık yönetimi için farklı sıcaklıklarda gelişme durumu değerlendirilmiş ve hastalık etmeninin oluşturduğu konidi miktarı hesaplanmıştır. Farklı sıcaklık değerlerine maruz bırakılan *Neoscytalidium* hastalığının yönetiminde en etkili mücadele zamanlarını belirlemek için yapılan bu çalışmada 15 °C'de hastalık etmeninin gelişmeye başladığı optimum gelişmenin ise 25-30°C aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Bu yüzden hava koşulları 15°C'ye yükselmeden önce ilk ilaçlamalar yapılmalıdır. Hastalık etmeninin sıcaklığın artmasıyla hastalık yapabilme kapasitesinin artması eş zamanlı olduğundan erken mücadele önem arz etmektedir.

En fazla sporun optimum sıcaklıkta yani 25°C'de 8.38×10^6 spor mL⁻¹ üretildiği tespit edilmiştir. Sıcaklığın optimum sıcaklığın üstüne çıkması ile konidi sayılarında azalma gözlenmiştir. Bu araştırma, problemin çözüm olanakları açısından bundan sonraki çalışmalara katkı sağlayacaktır. Fungusun sıcaklık tepkisi yanında kuraklık ve tuz stresi gibi diğer çevresel faktörlere ve pestisit toksisitesine tepkisi artan çevresel sorunlar içinde büyük önem arz etmektedir. Çünkü patolojik stres koşullarının gelecek periyotlarda tek başına tarımsal alanlarda etkili olmayacağı, abiyotik stres faktörleri ile etkileşime girerek daha fazla kayıplara yol açacağı tahmin edilmektedir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar Katkısı: Çalışma, Mehmet Ertuğrul GÜLDÜR tarafından tasarlanmış ve Berfin KILINÇ tarafından yürütülmüştür. Berfin KILINÇ makaleyi yazmış Murat DİKİLİTAŞ makaleyi okuyup gerekli düzeltmelerde bulunmuştur.

Kaynaklar

- Adesemoye, A. M. (2014). Identification of species of Botryosphaeriaceae Causing Bot Gummosis in Citrus in California. *Plant Disease*, 98:54-61.
- Alizadeh, M., Safaie, N., Shams-Bakhsh, M., & Mehrabadi, M. (2022). *Neoscytalidium novaehollandiae* causes dieback on *Pinus eldarica* and its potential for infection of urban forest trees. *Scientific Reports*, 12(1), 9337.
- Berka, R. M., Grigoriev, IV., Otilar, R., Salamov, A., Grimwood, J., Reid, I., Ishmael, N., John, T., Darmond, C., Moisan, M-C., Henrissat, B., Coutinho, P. M., Lombard, V., Natvig, D. O., Lindquist, E., Schmutz, J., Lucas, S., Harris, P., Powlowski, J., Bellemare, A., Taylor, D., Butler, G., de Vries, R. P., Allijn, I. E., van den Brink, J., Ushinsky, S., Storms, R., Powell, A. J., Paulsen, I. T., Elbourne, L. D. H., Baker, S. E., Magnuson, J., La Boissiere, S., Clutter buck, A. J., Martinez, D., Wogulis, M., Lopez de Leon, A., Rey, M. W., & Tsang A. (2011). Comparative genomic analysis of the thermophilic biomass-degrading fungi *Myceliophthora thermophila* and *Thielavia terrestris*. *Nat Biotech* 29:922–927, doi:10.1038/nbt.1976
- Brito, A. C. Q., De Mello, J. F., Câmara, M. P. S., Vieira, J. C. B., Michereff, S. J., Souza-Motta, C. M., & Machado, AR (2020). Diversity and pathogenicity of Botryosphaeriaceae species associated with black root rot and stem cutting dry rot in *Manihot esculenta*, Brazil. *European Journal of Plant Pathology*, 157, 583-598.
- Chuang, M. F., Yang, H. R., Shu, S. L., & Lai, S. Y. (2012). First report of stem canker disease of pitaya (*Hylocereus undatus* and *H. polyrhizus*) caused by *Neoscytalidium dimidiatum* in Taiwan. *Plant Dis* 96:906. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-11-0689-PDN>
- Derviş, S., Özer, G., & Türkölmez, Ş. (2020). First report of *Neoscytalidium novaehollandiae* causing stem blight on tomato in Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 102(4), 1339-1340.
- Dikilitas, M. (2003). *Effect of salinity and its interactions with Verticillium albo-atrum on the disease development in tomato (Lycopersicon esculentum Mill) and lucerne (Medicago sativa L and M. media) plants*. Swansea University (United Kingdom).
- Ezra, D., Liarzi, O., Gat, T., Hershovich, M., Dudai, M. (2013). First report of internal black rot caused by *Neoscytalidium dimidiatum* on *Hylocereus undatus* (Pitahaya) fruit in Israel. *Plant Dis* 97:1513. <https://doi.org/10.1094/pdis-05-13-0535-pdn>
- Fischer, I. H., Lourenço, S. A., Martins, M. C., Kim, A. T. H., & Amorim L (2005). Selection of resistant plant sand fungicides for the control of passion fruit collar rot, caused by *Nectria haematococca*. *Fitopatologia Brasileira* 30:250–258.
- Gusella, G., Fiore, G., Vitale, A., Felts, D. G., & Michailides, T. J. (2023). New findings on the effects of different factors involved in fig limb dieback caused by *Neoscytalidium dimidiatum* in California. *European Journal of Plant Pathology*, 1-9.
- Hohenfeld, C. S., Santana, M. P., Junior, L. R. C., de Oliveira, E. J., & de Oliveira, S. A. S. (2018). Modelling growth characteristics and aggressiveness of *Neoscytalidium hyalinum* and *Fusarium solani* associated with black and dry root rot diseases on cassava. *Tropical Plant*

- Pathology*, 43, 422-432. Kılınc, B., Güldür, M., & Dikilitaş, M. (2022). Şanlıurfa ilinde Antepfıstığı (*Pistacia vera* L.) ağaçlarında *Neoscytalidium novaehollandiae*'nin bulaşıklık oranının belirlenmesi, morfolojik ve genetik karakterizasyonu. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(1), 25-39.
- Leavitt, G. M., (1990). *The occurrence, distribution, effect and control of Botryodiplodia theobromae on Vitis vinifera in California, Arizona, and northern Mexico*. Ph.D. dissertation, University of California, Riverside.
- Louzada, G. A. S., Carvalho, D. D. C., Mello, S. C. M., Lobo Júnior, M., Martins, I., & Braúna, L. M. (2009). Antagonist potential of *Trichoderma* spp. From distinct agricultural ecosystems against *Sclerotinia sclerotiorum* and *Fusarium solani*. *Biota Neotropica* 9:145–149.
- Madrid, H., Ruiz-Cendoya, M., Cano, J., Stchigel, A., Orofino, R., & Guarro, J. (2009). Genotyping and in vitro antifungal susceptibility of *Neoscytalidium dimidiatum* isolates from different origins. *Int J Androl* 34:351–354. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2009.05.006>
- Mayorquin, J. S., Wang, D. H., Twizeyimana, M., & Eskalen, A. (2016). Identification, distribution, and pathogenicity of Diatrypeaceae and Botryosphaeriaceae associated with citrus branch canker in the southern California desert. *Plant Disease*, 100(12), 2402-2413.
- Mohd, M. H., Salleh, B., Zakaria, L. (2013). Identification and molecular characterizations of *Neoscytalidium dimidiatum* causing stem canker of red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) in Malaysia. *J Phytopathol* 161:841–849. <https://doi.org/10.1111/jph.12146>
- Morgenstern, I., Powlowski, J., Ishmael, N., Darmond, C., Marqueteau, S., Moisan, M-C., Quenneville, G., & Tsang, A. (2012). A molecular phylogeny of thermophilic fungi. *Fungal Biol* 116:489–502, doi:10.1016/j.funbio.2012.01.010
- Onyeka, T. J., Dixon, A. G. O., & Ekpo, E. J. A. (2005). Field evaluation of root rot disease and relationship between disease severity and yield in cassava. *Experimental Agriculture* 41:357–363.
- Ören, E., Koca, G., Gencer, R., & Bayraktar, H. (2020). First report of *Neoscytalidium novaehollandiae* associated with stem canker and branch dieback of almond trees. *Australasian Plant Disease Notes*, 15, 1-3.
- Pavlic, D., Wingfield, M. J., Barber, P., Slippers, B., Hardy, G. E., & Burgess, T. I. (2008). Seven new species of the Botryosphaeriaceae from baobab and other native trees in Western Australia. *Mycologia* 100:851– 866. <https://doi.org/10.3852/08-020>
- Polizzi, G., Aiello, D., Vitale, A., Giuffrida, F., Groenewald, Z., & Crous, P. W. (2009). First report of shoot blight, canker, and gummosis caused by *Neoscytalidium dimidiatum* on citrus in Italy. *Plant Dis* 93: 1215. <https://doi.org/10.1094/PDIS-93-11-1215A>
- Powell, A. J., Odenbach K. J., Bustamante, J. M., Ricken, B., Hutchinson, M. I., & Natvig DO. (2012). Thermophilic fungi in an arid land ecosystem. *Mycologia* 104:813– 825, doi:10.3852/11-298
- Raspor, P., & Zupan, J. (2006). Yeasts in extreme environments. In: Rosa C, Ga'bor P, eds. They east handbook: biodiversity and ecophysiology of yeasts. Heidelberg: Springer Berlin. p 371–417, doi:10.1007/3-540-30985-3_15
- Ray, J. D., Burgess, T., & Lanoiselet, V. M. (2010). First record of *Neoscytalidium dimidiatum* and *N. novaehollandiae* on *Mangifera indica* and *N. dimidiatum* on *Ficus carica* in Australia. *Australasian Plant Disease Notes*, 5(1), 48-50.
- Reis, E. M., Casa, R. T., & Bianchin, V. (2011). Control of plant disease by crop rotation. *Summa Phytopathologica* 37:85–91.
- Rolshausen, P. A., (2013). First Report of Wood canker caused by *Neoscytalidium dimidiatum* on Grapevine in California. *Plant Disease*, 97:1511.
- Sadowsky, A., Solel, Z., & Szejnberg, A., (2007). Effect of heat-stress predisposition on the development of *Scytaalidium* wilt of 'Star Ruby' grapefruit, caused by *Scytaalidium lignicola*. *Eur. J. Plant Pathol.*, 117:123-127.
- Tansey, M. R., & Brock, T. D. (1972). The upper temperature limit for eukaryotic organisms. *Proc Natl Acad Sci USA* 69: 2426–2428, doi:10.1073/pnas.69.9.2426
- Ubalua, A. O., & Oti, E. (2007). Antagonistic properties of *Trichoderma viride* on post-harvest cassava root rot pathogens. *African Journal of Biotechnology* 6:2447–2450.
- Urbez-Torres, J. R. (2011). The status of Botryosphaeriaceae species infecting grapevines. *Phytopathol., Mediterr.*, 50:5-45.
- Yi, R. H., Lin, Q. L., Mo, J. J., Wu, F. F., & Chen, J. (2015). Fruit internal brown rot caused by *Neoscytalidium dimidiatum* on pitahaya in Guang dong province, China. *Australas Plant Dis. Notes* 10:13. <https://doi.org/10.1007/s13314-015-0166-1>



Tarla küskütü (*Cuscuta campestris* Yunck.)'nün Bakla (*Vicia faba* L.)'nin fenolojik ve pomolojik özelliklerine etkisi

Effect of field dodder (*Cuscuta campestris* Yunck.) on phenological and pomological properties of broad bean (*Vicia faba* L.)

Tamer ÜSTÜNER^{1*}

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye.

¹<https://orcid.org/0000-0003-3584-4249>

To cite this article:

Üstüner, T. (2023). Tarla küskütü (*Cuscuta campestris* Yunck.)'nün bakla (*Vicia faba* L.)'nin fenolojik ve pomolojik özelliklerine etkisi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 27(4): 595-609
DOI: 10.29050/harranziraat.0350456

*Address for Correspondence:
Tamer ÜSTÜNER
e-mail:
tamerustuner@ksu.edu.tr

Received Date:
26.08.2023
Accepted Date:
20.11.2023

© Copyright 2018 by Harran University
Faculty of Agriculture. Available on-line
at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Öz

Çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü uygulama arazisinde 2021-2022 yıllarında yürütülmüştür. Bu çalışmada tarla küskütünün (*Cuscuta campestris* Yunck.) bakla (*Vicia faba* L.)'nin fenolojik ve pomolojik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Bakla deneme alanı tarla küskütü ile infekteli ve infekteli olmayan üzere iki karakterli ve 4 tekrarlı olarak tesadüf blokları deneme desenine göre planlanmıştır. Deneme alanında verilerin iki yıllık ortalamasına göre; *C. campestris* yoğunluğu 19.25 adet/m² olarak hesaplanmıştır. *C. campestris*'in infeksiyonu sonucunda *V. faba*'nın fenolojik özelliklerinden; bakla bitki boy gelişimini %71.79, çiçek sayısını %62.16, dal sayısını %57.90, *V. faba* hasat sayısını %55.56 ve bakla verimini %66.31 oranında olumsuz etkilemiştir. *V. faba*'nın pomolojik özelliklerinden; bakla meyve boyunu %42.52, bakla meyve ağırlığını %31.47, meyve sayısını %76.80 oranında olumsuz etkilemiştir. Bu araştırma sonucunda taze baklanın analiz sonucuna göre *C. campestris* infeksiyonu sonrasında *V. faba* meyve proteini, demir, karbonhidrat ve potasyum oranlarında sırasıyla; %24.39, 21.60, 17.78 ve 2.27 azalışa neden olmuştur. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre, *C. campestris* infeksiyonun *V. faba* kültür bitkisi için önemli bir tehdit olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bakla (*Vicia faba* L.), tarla küskütü (*Cuscuta campestris* Yunck.), yoğunluk, fenoloji ve pomoloji.

ABSTRACT

This study was carried out in the application area of Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection between 2021-2022. In this study, the effect of field dodder (*Cuscuta campestris* Yunck.) on the phenological and pomological properties of broad bean (*Vicia faba* L.) were investigated. The broad bean trial area was planned according to a randomized trial design with 4 repetitions, with two characters, infected and uninfected with field dodder. According to the two-year average of the data in the trial area; *C. campestris* density was calculated as 19.25 units/m². As a result of the infection of *C. campestris*, the phenological characteristics of *V. faba*; It negatively affected the pod plant height growth by 71.79%, the number of flowers by 62.16%, the number of branches by 57.90%, the harvest number of *V. faba* by 55.56% and the pod yield by 66.31%. From the pomological features of *V. faba*; It negatively affected pod fruit length by 42.52%, pod fruit weight by 31.47%, and fruit number by 76.80%. As a result of this research, according to the analysis results of fresh broad beans, after *C. campestris* infection, *V. faba* fruit protein, iron, carbohydrate and potassium ratios were; It caused a decrease of 24.39%, 21.60, 17.78 and 2.27%. The results obtained in this study determined that *C. campestris* infection is a significant threat to the *V. faba* cultivar.

Key Words: Broad bean (*Vicia faba* L.), field dodder (*Cuscuta campestris* Yunck.), density, phenology and pomology.

Giriş

Bakla (*Vicia faba* L.) Fabales takımı, Fabaceae familyası, *Vicia* cinsine ait, tek yıllık ve diploid yapıda bir bitkidir. Bakla özellikle gıda ve sağlık yönünden önem arz eden bir kültür bitkisidir (Karaköy ve ark., 2015). Gıda maddesi olarak; protein, diyet lifi, nişasta, mineral ve vitamin kaynağıdır (Kutos ve ark., 2003). Baklanın karbonhidrat içeriği %42-56 arasında, şeker oranı %3.1-7.1, nişasta oranı %41.2-52.7 ve lif oranı %8-13.8 arasında bulunmaktadır (Reddy ve ark., 1984; Pekşen ve Artık, 2005; Anonim, 2020).

FAO verilerine göre 2019 yılında dünya ülkelerinde bakla ekim alanı 2.577.201 ha, üretim miktarı 5.431.503 ton ve tohum verimi ise 210.75 kg da⁻¹'dir. Dünyada en fazla üretim yapan ülke Çin olup, 873 bin ha alan ile birinci sırada yer almaktadır (Anonim, 2019a). TÜİK verilerine göre Türkiye, 2020 yılında toplam 4.3 bin ha'lık ekim alanına sahiptir (Anonim, 2019b). Üretim açısından bakla; kuru fasulye, bezelye ve nohuttan sonra Dünyada dördüncü, Avrupa'da ise ikinci sırada yer almaktadır. Bakla, Türkiye yemeklik tane baklagiller içerisinde ekiliş alanı ve üretim miktarı bakımından dördüncü sırada yer almaktadır. Ülkemizin taze bakla üretim miktarı 44.000 ton olup, çoğunlukla Ege, Marmara ve Akdeniz Bölgesinde yetiştirilmektedir (Anonim, 2022a).

Baklagil yetiştiriciliğinde sorun olan birçok yabancı ot, hastalık ve zararlı bulunmaktadır. Yabancı otlar tür ve yoğunluklarına bağlı olarak bakla verim ve kalitesini önemli oranda etkilemektedir. Baklagil yetiştiriciliğinde sorun olan monokotil, dikotil ve parazit yabancı otlar büyük önem arz etmektedir (Kadıoğlu ve ark., 1997). Bu yabancı otlar ile mücadele yapılmadığı zaman çok önemli verim ve kalite kayıpları meydana gelmektedir (Üstüner ve ark., 2019).

Kültür bitkileri yetiştiriciliğinde sorun olan yabancı ot türleri içerisinde yer alan tarla küskütü tek başına önemli oranda verim ve kalite kaybına neden olmuştur. Tarla küskütü Solanaceae familyası bitki türleriyle su ve suda erimiş besin elementleri (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn vb.) yönünden

rekabete girerek Dila biberinin hem vejetatif hem de generatif gelişimini olumsuz etkilemiştir (Üstüner, 2020).

Cuscuta campestris; *Cuscuta* cinsi, Convolvulaceae familyası, Solanales takımına ait yıllık ve tam parazit bir bitkidir. Tarla küskütü tutunduğu bitkinin etrafını sararak, güneşlenme, havalanma, gelişme ve büyüme gibi fizyolojik faaliyetlerine de engel olmasından dolayı kültür bitkisini zayıf ve güçsüz bırakarak verim ve kalitenin önemli ölçüde düşmesine sebep olan tam gövde parazittir. Küskütün yaprakları olmadığındanklorofil içermez. Küsküt sahip olduğu emeçleri ile konakçı bitkilerden beslenmektedir (Yuncker, 1932; Davis, 1978; Dawson, 1984; Fang ve ark., 1995).

Davis (1978) tarafından Türkiye'de 21 adet *Cuscuta* taksonu bulunduğu, Kahramanmaraş'ta ise 2 türün doğal olarak yayılış gösterdiği bildirilmiştir. Parazit olarak yaşamasından dolayı kültür bitkisinin gelişim bozukluğuna, durmasına, hatta ölmesine sebep olur. Bitkilerin etrafını sarmak suretiyle gelişme ve büyüme gibi faaliyetlerine engel olur (Kadıoğlu, 1992). Anadolu'da kültür alanlarında bulunan küsküt türlerinin yayılışları ve konukçuları üzerinde yapılan araştırma sonuçlarına göre; kültür bitkileri üzerinde parazit olarak yaşayan önemli olan üç farklı küsküt türü (*C. campestris*, *C. approximata* ve *C. monogyna*) saptanmıştır. Bunların yanında *C. arvensis*'in de görüldüğü ve konukçularının ise şekerpancarı, soğan, yonca ve yazlık sebzeler olduğu tespit edilmiştir (Nemli, 1986). Küsküt (*C. campestris*) bitkilerin gövdesinde bulunan ve yoncanın gelişmesini engelleyip verimini düşüren en önemli sorunlardan biridir (Uygur, 1991; Kondap ve Kumar, 1993). Anadolu'da *C. campestris*'in 55 konukçusu saptanmış, çoğunlukla otsu olan bitkilerden 27'sinin tarım bitkisi olduğu anlaşılmıştır. Bu türün en yaygın olarak bulunduğu tür ise *Beta vulgaris* L. olmuştur. Bunu *Medicago sativa* L., *Trifolium* spp., *Vicia faba* L., *C. annuum* L., *Allium cepa* L., *Daucus carota* L., *Pimpinella anisum* L., *Carum carvi* L., *Nicotiana tabacum* L., *Vicia sativa* L., *Solanum melongena* L., *Cicer arietinum* L.,

Asparagus officinalis L., *Vitis vinifera* L., *Cucumis melo* L., *Solanum tuberosum* L., *Lycopersicon esculentum* Mill., *Helianthus annuus* L. ve bazı süs bitkilerinin olduğu değişik çalışmalarda bildirilmiştir (Nemli, 1978; Parker ve Riches, 1993; Dawson ve ark., 1994; Kadioğlu ve ark., 1997; Üstüner ve Öztürk, 2018; Çakır ve Üstüner, 2019; Üstüner ve Dal, 2019; Kaya ve Üremiş, 2019; Özkil ve ark., 2019; Dal ve Üstüner, 2020). Yıldırım ve Tepe (2014), Van'daki yonca alanlarındaki yonca küskütü (*C. approximata*) yoğunluğu 38 sürgün m⁻² olarak bildirmiştir.

Baklagiller küsküte duyarlılıkları bakımından farklılık gösterir. Fasulye (*Phaseolus* spp.), Hindistan'daki Çin küskütüne (*C. chinensis*) ve tarla küskütü (*C. campestris*)'ne karşı dirençli olarak belirlenmiş, ancak Fransa'da *C. lupuliformis*'e duyarlı olduğu bildirilmiştir (Rao ve Reddy, 1987; Nemli, 1986; Liu ve ark., 1991).

Cuscuta campestris tam parazit bir tür olduğu için tutunduğu konukçu bitkinin su ve besinine ortak olarak verimi düşürür. İnfekte ettiği bitkilerin zayıflamasına, bodurlaşmasına, meyve tutumunun engellenmesine veya tamamen ölümüne neden olabilmektedir (Üstüner, 2018; Üstüner, 2020; Üstüner ve Aksoy, 2021; Üstüner, 2022;). Ayrıca, küskütün virüs taşıyıcısı olduğu da bildirilmiştir (Hull, 2002; Jayasinghe ve ark., 2004). Konukçu

bitkileri infekte eden tarla küskütü, %100'e varan verim kayıpları oluşturabilmektedir (Dorr, 1987; Mishra, 2009).

Dünyada ve Türkiye'de bugüne kadar tarla küsküt (*C. campestris*)'ünün bakla (*V. faba*) fenolojik ve pomolojik özelliklerine etkisi ile ilgili bir araştırmaya rastlanılamamıştır. Bu nedenle yapılan çalışmanın amacı; Kahramanmaraş koşullarında tarla küsküt'ünün bakla fenolojik ve pomolojik özelliklerine etkisinin araştırılmasıdır.

Materyal ve Yöntem

Materyaller

Bu araştırmanın materyalleri; Bakla (*V. faba*) ve tarla küsküt (*C. campestris*) 'ü tohumundan oluşmuştur (Şekil 1). Küsküt tohumunda dormansiyi kırmak için 3 dk süreyle %1 Sülfürik asit (H₂SO₄) solüsyonunda tutulmuştur (Ustuner ve Cakır, 2018). Aynı zamanda bakla'da oluşabilecek mono ve dikotil yabancı otların zararını önlemek amacıyla el çapası kullanılmıştır (Şekil 2).

Bakla tohumları şekil, renk ve büyüklükleri bakımından çeşitlere göre büyük farklılık göstermektedir. Çok küçük daneli olanların yanında çok iri olanlara da rastlanır. Tohumların renkleri esmerimsi, yeşilimsi, sarımsı ve beyazımsı olabilir.



Şekil 1. *Vicia faba* ve *Cuscuta campestris* tohumlarının genel görünümü (Orijinal)

Figure 1. General view of *Vicia faba* and field dodder seeds (Original)



Şekil 2. İnfektesiz bakla fide parsellerinde el çapa uygulaması (Orijinal)
Figure 2. Hand hoeing in uninfected bean seedling plots (Original)

Bakla Ekolojik Özellikleri

Deneme alanının iklim özellikleri

Kahramanmaraş ili, Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesinde 38°.02' ve 38°.24' kuzey enlemi, 36°.48' ve 36°.91 doğu boylamında yer alan ve 558 m'lik rakıma sahiptir. Bu ilin merkezi Akdeniz iklimine sahiptir. Vejetasyon süresi uzun (120-200 gün) olmasına karşın sıcaklık isteği düşüktür. Ilıman iklim bitkisi olup, börülce, fasulye ve

bezelyeye nazaran soğuklara biraz daha dayanıklıdır. Bakla, tohumlarının çimlenip bitkinin toprak yüzeyine çıktığı ilk dönemde -4 ve -6 °C sıcaklıklara dayanabilir.

Deneme alanının toprak özellikleri

Deneme alanı toprak analizleri KSÜ, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme bölüm laboratuvarında yapılmıştır. Toprak özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme alanının toprak analiz değerleri

Table 1. Soil analysis values of the trial area

Toprak içeriği (Alınabilir)/ Soil content (Available)	Oran/ Rate
pH/pH	6.95
Toplam Tuz/ Total Salt (%)	0.18
Kireç/ Lime (%)	7.85
Organik Madde/ Organic Matter (%)	3.89
P (mg kg ⁻¹)	6.99
K (mg kg ⁻¹)	210
Ca (mg kg ⁻¹)	11200
Mg (mg kg ⁻¹)	648
Na (mg kg ⁻¹)	36.5
Fe (mg kg ⁻¹)	6.1
Zn (mg kg ⁻¹)	0.3
Cu (mg kg ⁻¹)	0.85
Mn (mg kg ⁻¹)	7.40
Ni (mg kg ⁻¹)	1.25
Bünye/ Structure	Killi
Kum/Sand (%)	
Silt/Silt (%)	
Kil/ Clay (%)	

Küsküt (*C. campestris* Yunc.) Tanımı ve Biyolojisi

Küsküt, *Cuscuta* cinsi ve *Cuscutaceae* familyasında yer alan tam parazit bir bitkidir (Yuncker, 1932). Ancak bitki bazı araştırmacılar

tarafından Convolvulceae familyasına dahil edilmektedir. Bitki turuncu-sarımsı renkli, ipliksi ve yapraksız gövdelidir. Küsküt gövdesi ikiye dallanarak gelişme göstermektedir.

Turuncu gövde üzerinde çiçekleri küçük olup kimos çiçek durumunda olup salkım halinde çiçekler açmaktadır. Çiçekler 2-3 mm boyunda, pedisel (çiçek sapı), çiçek boyundan kısa, çiçekler kompakt çiçek topluluklarında toplanmıştır. Kapsül 3.0-3.5 mm çapında basık yuvarlak şekillidir. Meyve kapsülü içerisinde sarımsı-turuncu renkte daha sert kabuklu tohumlar bulunur (Lawrence, 1965).

Küsküt'ün yaşam döngüsü, tohum çimlenme evresi, konukçuya tutunmadan önceki evre ve

parazitik evre konukçu üzerindeki gelişimi olmak üzere 3 evrede görülür (Şekil 3). Küsküt gövdesi konukçu bulup tutunursa yaşamını sürdürür, tutunamazsa ölür. Küskütün gövde ucu saat ibresinin aksi yönünde hareket ederek ulaştığı konukçuya sarılır (Şekil 3). Böylece konukçusundan yaşamı için gerekli su, organik ve inorganik maddeleri alır (Nemli, 1978; Agrios, 2005; Lanini ve Kogan, 2005).



Şekil 3. Tarla küsküt'ün (*C. campestris*) bakla üzerinde yaşam döngüsü (Orijinal)

Figure 3. The life cycle of field dodder (*C. campestris*) on broad bean (Original)

Yöntem

Çalışma; Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü uygulama arazisinde 2021 ve 2022 yıllarında yapılmıştır. Araştırmada bakla deneme deseni; Tesadüf blokları deneme desenine göre planlanmıştır. Deneme deseni 4 blok ve her blokta 2 parsel (İnfekteli ve infektersiz) oluşturulmuştur. Parsel boyu 5 m eni ise 4 m olarak kurulmuştur. Parseller arasında 1 m, bloklar arasında ise 2 m kenar tesir payı bırakılmıştır. Her parselde baklalar 4 sıra ve sıra arası mesafe 25 cm sıra üzeri ise 5 cm olacak şekilde ekilmiştir. Bakla ekimi sıraya ve

20 kg da⁻¹ hesabıyla 04.01.2021 ve 05.01.2022 tarihlerinde yapılmıştır. Bakla çimlenmeleri 05.02.2021 ve 07.02.2022 tarihlerinde görülmeye başlanmıştır.

Bakla deneme alanında iki karakter olup tarla küsküt (*C. campestris*) ile infekteli ve infektersiz parsellerden oluşmuştur. Dataların iki yıllık ortalaması alınmıştır.

C. campestris 11 Nisan 2021 ve 13 Nisan 2022 tarihinde toprak yüzeyine çıkmaya başlamıştır. Çıkiştandan hemen sonra konak bitki gövde ve yapraklarına ulaşmadan önce birinci el çapa ve el ile yolma uygulaması 15.04.2021 ve 2022, ikinci uygulama 30.04.2021 ve 2022, üçüncü uygulama

15.05.2021 ve 2022, dördüncü uygulama 15.06.2021 ve 2022 tarihlerinde yapılmıştır. Böylece vejetasyon dönemi boyunca bakla infektesiz olarak gelişmesini sürdürmüştür.

Cuscuta campestris yoğunluğu

Bakla deneme parsellerinde küsküt yoğunluğu; 1 m²'lik alanda küsküt ile infekteli bakla dal sayısı üzerinden hesaplanmıştır. Yabancı ot yoğunluğu ise aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Günçan, 2001).

Yoğunluk= B/n

-B= Alınan örnekte toplam birey sayısı, -n= Alınan örnek sayısı

Yabancı otlardan, dar yapraklılarda kardeş sayısı, geniş yapraklılarda birey sayısı ve tarla küsküt'ü ile infekteli bakla dal sayıları belirlenerek sayım yapılmıştır (Günçan, 2001; Üstüner, 2018; Üstüner ve Öztürk, 2018).

Bakla yetiştiriciliğinde sorun olan küsküt yoğunluğu Üstüner (2018)'in kullandığı 1-5 ölçeği esas alınarak belirlenmiştir.

Bunun için aşağıda verilen ölçütlere göre arazide gözleme dayalı değerlendirmeler yapılmıştır:

- (1) Küsküt yok,
- (2) Az bulaşık (baklalar sağlıklı ve verim kaybı gözlenmiyor)
- (3) Orta seviyede bulaşık (baklalarda gözle görülür bir zarar başlamış)
- (4) Bulaşık (baklalarda önemli ölçüde verim kaybı var)
- (5) Çok bulaşık (baklalar ölmüş)

Üstüner ve Günçan (2002) tarafından yabancı ot yoğunluk skalası kullanılmıştır.

Yoğunluk skalası;

- A. Çok yoğun (bitki ortalaması >10)
- B. Yoğun (bitki ortalaması 1-10 arası)
- C. Orta yoğun (bitki ortalaması 0.1-1 arası)
- D. Az yoğun (bitki ortalaması 0.01-0.1 arası)
- E. Nadir rastlanan (bitki ortalaması 0.01 den az)

Cuscuta campestris'in *V. faba*'nın bazı fenolojik ve pomolojik özelliklerine etkisi

Bakla bitki boyuna etkisi (cm)

Bu araştırmada 1 m² alanda *C. campestris* ile infekteli ve infektesiz *V. faba*'da bakla bitki boyu metre ile ölçülmüştür. Daha sonra her bir infekteli ve infektesiz bakla bitki boyu ortalaması alınmıştır.

Bakla çiçek sayısına etkisi (adet)

Bu araştırmada 1 m² alanda *C. campestris* ile infekteli ve infektesiz *V. faba*'da çiçek sayıları hesaplanmıştır. Daha sonra her bir infekteli ve infektesiz bakla bitkisinde çiçek sayısının ortalaması alınmıştır.

Bakla dal sayısına etkisi (adet)

Bu çalışmada 1 m² alanda *C. campestris* ile infekteli ve infektesiz *V. faba*'da dal sayıları hesaplanmıştır. Daha sonra her bir infekteli ve infektesiz bakla bitkisinde dal sayısının ortalaması alınmıştır.

Bakla hasat sayısına etkisi (adet)

Araştırmada *C. campestris* ile infekteli ve infektesiz *V. faba*'da baklalar hasat büyüklüğüne geldiğinde hasat edilerek kayıt edilmiştir. Bakla vejetasyon süresinin ilk hasattan son hasada kadar yapılan hasat sayıları kayıt edilerek toplam hasat sayısı belirlenmiştir.

Bakla verimine etkisi (kg da⁻¹)

Bakla deneme alanında infekteli ve infektesiz her uygulamadan 1m² alanda hasat edilen taze bakla meyvesi tartılarak ortalama verim miktarı hesaplanmıştır. Verim miktarı orantı formülüyle dekar üzerinden hesaplanmıştır.

Bakla meyve sayısına etkisi (adet)

Çalışmada 1 m² alanda *C. campestris* ile infekteli ve infektesiz *V. faba*'da meyve sayıları hesaplanmıştır. Daha sonra her bir infekteli ve infektesiz bakla bitkisinde meyve sayısının ortalaması alınmıştır.

Bakla meyve boyuna etkisi (cm)

Bu çalışmada 1 m² alanda *C. campestris* ile infekteli ve infektesiz *V. faba*'da bakla meyve boyu cetvel ile ölçülmüştür. Daha sonra her bir infekteli ve infektesiz bakla bitkisinde meyve boyu

ortalaması alınmıştır.

Bakla meyve ağırlığına etkisi (g)

Bu çalışmada 1 m² alanda *C. campestris* ile infekteli ve infektesiz *V. faba*'da bakla meyve ağırlığı hassas terazi ile ölçülmüştür. Daha sonra her bir infekteli ve infektesiz bakla bitkisinde meyve ağırlığı ortalaması alınmıştır.

Gübreleme

Bakla ekim esnasında DAP gübresi 4 kg da⁻¹ hesabıyla uygulanmıştır. Bakla çiçeklenme evresinde fosfor ve potasyum 4 kg da⁻¹ hesabıyla uygulanmıştır. İkinci uygulama aynı miktarlarda devam eden çiçeklenme döneminde uygulanmıştır.

Bakla meyve analizi

Taze bakla meyvesinde alınan numunelerin Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, USKİM analiz laboratuvarında Protein analizi Kjeldahl metoduna göre diğerleri ise Laboratuvar içi metoda göre analizleri yapılmıştır.

İstatistiksel analiz

Çalışma sonunda elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesi SPSS paket programı (SPSS) ile yapılmıştır. Bu verilerde (n = 10), sonuçlar üzerine parametrelerin Independent T testi ile analizi yapılmış ve ortalamalar arasındaki farklılıklar hesaplanmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Cuscuta campestris yoğunluğu

Bakla deneme alanında *C. campestris* ile infekteli ve infektesiz bakla dal sayısının iki yıllık ortalaması hesaplanmıştır. Bakla deneme alanında infektesiz bakla parsellerinde el çapa ve el ile yolma yöntemi uygulanarak *C. campestris* yoğunluğunun 0.00 adet m⁻² olması sağlanmıştır. İnfekteli parsellerde ise *C. campestris* yoğunluğu 19.25 adet m⁻² olarak hesaplanmış ve yoğunluk skalasına göre değerlendirildiğinde çok yoğun olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4, Çizelge 2).



Şekil 4. *C. campestris* ile çok yoğun infekteli *V. faba* (Orijinal)
Figure 4. *V. faba* heavily infected with *C. campestris* (Original)

Çizelge 2. *Cuscuta campestris*'in yıllara göre yoğunluğu

Table 2. Density of *Cuscuta campestris* according to years

Yıllar	2021		2022		
	Karakterler	İnfekteli	İnfektesiz	İnfekteli	İnfektesiz
T1		18.50	0.00	19.25	0.00
T2		18.25	0.00	18.75	0.00
T3		19.00	0.00	21.00	0.00
T4		19.25	0.00	20.00	0.00
Yıllık ortalama		18.75	0.00	19.75	0.00
Genel ortalama				19.25	0.00

C. campestris'in *V. faba*'nın bazı fenolojik ve pomolojik özelliklerine etkisi

Vicia faba'nın *C. campestris* ile infekte edildiğinde bazı fenolojik ve pomolojik özelliklerine etkileri

araştırılmıştır. Bunlar;

Bakla bitki boyuna etkisi (cm)

Bu araştırmada iki yıllık ortalama sonuca göre *C. campestris* ile infekteli *V. faba* da bitki boyu 19.80 cm iken infektesiz *V. faba* da 70.20 cm olarak hesaplanmıştır (Şekil 5). *C. campestris* gelişimi *V. faba* üzerinde hem yatay hem de dikey ve hızlı

olmuştur. Tarla küsküt'ü bakla bitkisinin en alt dallarından sürgün ucuna kadar tamamen sarmıştır.



Şekil 5. *C. campestris* ile infektesiz *V. faba* bitkisi ve infekteli bitki (Orijinal)
Figure 5. *C. campestris* uninfected *V. faba* plant and infected plant (Original)

Cuscuta campestris bakla bitki boy gelişimini %71.79 oranında engellemiştir. Tarla küskütü baklanın fenolojik özelliklerini önemli oranda olumsuz etkilemiştir (Çizelge 3).

Bakla çiçek sayısına etkisi (adet)

Cuscuta campestris ile infekteli *V. faba*'da çiçek sayısı 4.97 adet iken infektesiz baklada çiçek sayısı 15.0 adet bitki⁻¹ hesaplanmıştır (Şekil 6, Çizelge 3). Tarla küsküt'ü bakla çiçek sayısında %62.16 oranında azalmaya neden olmuştur.

Çizelge 3. *C. campestris*'in *V. faba* fenolojik özelliklerine etkisi

Table 3. The effect of *C. campestris* on the phenological characteristics of *V. faba*

<i>V. faba</i> Fenolojisi <i>V. faba</i> Phenology	İfekteli <i>Infected</i>	İfektlesiz <i>Uninfected</i>	t ve P değerleri <i>t and P values</i>
Bitki Boyu (cm)/ Plant Height (cm)	19.80±0.42	70.20±0.75	t=103.60, df:18, P<0.001
Çiçek sayısı (adet)/ Number of flowers (pcs)	4.97±0.12	15.00±0.14	t=19.08, df:18, P<0.001
Dal sayısı (adet)/ Number of branches (pcs)	1.52±0.25	4.30±0.53	t=8.79, df:18, P<0.001
Hasat sayısı (adet)/ Number of harvest (pcs)	4.00±0.0	9.00±0.0	t=11.40, df:18, P<0.001
Verim miktarı (kg/da)/ Yield amount (kg/da)	549.30±1.23	1630.40±1.75	t=36037.66, df:18, P<0.001



Şekil 6. *V. faba* çiçekleri (Orijinal)
Figure 6. Flowers of *V. faba* (Original)

Bakla dal sayısına etkisi (adet)

Cuscuta campestris ile infekteli *V. faba*'da dal sayısı 1.52 adet iken infektesiz baklada dal sayısı 4.30 adet bitki⁻¹ hesaplanmıştır (Çizelge 3). Tarla küsküt'ü bakla dal sayısında %57.90 oranında azalmaya neden olmuştur.

Bakla hasat sayısına etkisi (adet)

Bu araştırmada *C. campestris* ile infekteli *V. faba*'da ilk hasad 10.05.2022 tarihinde ikinci hasad 25.05.2022, üçüncü hasad 10.06.2022, dördüncü hasad 25.06.2022 tarihinde yapılmış olup toplam 4 kez hasad yapılmıştır. *C. campestris* ile infektesiz *V. faba*'da ilk hasadı 06.05.2022 tarihinde ikinci hasad 10.05.2022, üçüncü hasad 15.05.2022, dördüncü hasad 20.05.2022, beşinci hasad 25.05.2022, altıncı hasad 30.05.2022, yedinci hasad 05.06.2022

ve sekizinci hasad 10.06.2022, dokuzuncu hasad 15.06.2022 tarihinde yapılmış ve toplam 9 kez hasad yapılmıştır. *C. campestris* *V. faba* hasat sayısına %55.56 oranında negatif etki yapmıştır.

Bakla verimine etkisi (kg da⁻¹)

Bu araştırmada *C. campestris* ile infekteli *V. faba*'da dekara verim 549.3 kg iken infektesiz parsellerde ise 1630.4 kg hesaplanmıştır (Şekil 7). Tarla küsküt'ü bakla verimini %66.31 oranında azaltmıştır.



Şekil 7. Tarla küsküt emeçlerin iletim demetine penetrasyonu, bakla meyve yüzeyine tutunması, bakla dal ve yapraklara infeksiyonu (Orijinal)
Figure 7. Penetration of field dodder haustorims into the vascular bundle, attachment to the pod fruit surface, infection to pods and leaves (Original)

Tarla küsküt'ü bakla verimini olumsuz etkilediği gibi bitki vejetasyon süresini de kısaltmış ve erken dönemde bitki ölümüne neden olmuştur (Şekil 8).



Şekil 8. *C. campestris* ile infekteli *V. faba* bitkisinin kuruması (Orijinal)
Figure 8. Drying of *V. faba* plant infected with *C. campestris* (Original)

Bakla meyve sayısına etkisi (adet)

Cuscuta campestris ile infekteli *V. faba*'da

meyve sayısı 4.50 adet bitki⁻¹ iken infektesiz baklada meyve sayısı 19.40 adet bitki⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. Bakla meyvesinin genel görünümü (Orijinal)
Figure 9. General View of broad bean fruit (Original)

Tarla küsküt'ü tek başına bakla bitkisi ile rekabette önemli üstünlük sağlayarak bakla meyve tutum oranını da önemli oranda

azaltmıştır. Tarla küsküt'ü bakla meyve sayısında %76.80 oranında azalmaya neden olmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. *C. campestris*'in *V. faba* pomolojik özelliklerine etkisi

Table 4. The effect of *C. campestris* on the pomological properties of *V. faba*

<i>V. faba</i> Pomolojisi <i>V. faba</i> Pomology	İnfekteli <i>Infected</i>	İnfektesiz <i>Uninfected</i>	t ve P değerleri <i>t and P values</i>
Meyve sayısı (adet)/ Number of fruits (pcs)	4.50±0.13	19.40±0.16	t=16.99, df:18, P<0.001
Bakla meyve boyu (cm)/ pod fruit size (cm)	8.13±0.11	14.30±0.15	t=26.11, df:18, P<0.001
Bakla meyve ağırlığı (g)/ Pod fruit weight (g)	8.31±0.12	12.90±0.17	t=13.23, df:18, P<0.001

Bakla meyve boyuna etkisi (cm)

Bu araştırma sonucuna göre *C. campestris* ile infekteli *V. faba* da bakla meyve boyu ortalaması 8.13 cm iken infektesiz *V. faba* da ise 14.30 cm olarak hesaplanmıştır (Şekil 10). *C. campestris*

bakla meyve boyunda %42.52 oranında gelişimi engellemiştir.



Şekil 10. *C. campestris* ile infekteli *V. faba* meyvesi ve infektesiz meyve (Orijinal)
Figure 10. *C. campestris*-infected *V. faba* fruit and uninfected fruit (Original)

Bakla meyve ağırlığına etkisi (g)

Bu araştırmada *C. campestris* ile infekteli *V. faba* da bakla meyve ağırlığı 8.31 g iken infektesiz

meyve ağırlığı 12.90 g hesaplanmıştır (Şekil 11). *C. campestris* bakla meyve ağırlığına %31.47 oranında negatif etki yapmıştır.



Şekil 11. *C. campestris* ile infekteli *V. faba* meyvesi (Orijinal)
Figure 11. Fruit of *V. faba* infected with *C. campestris* (Original)

Bakla meyve analizi

Cuscuta campestris bakla sürgün ve yaprakların yüzeyinden sarılarak sürgün ve yapraklarda baskı oluşturmuş haustoriumları vasıtasıyla da bakla'nın besin elementlerini absorbe ederek bitki gelişimini önemli oranda engellemiştir. Taze baklanın analiz

sonucuna göre *C. campestris*, *V. faba* meyve protein, demir, karbonhidrat ve potasyum elementlerinde sırasıyla; %24.39, 21.60, 17.78 ve 2.27 oranlarında azalmaya neden olmuştur (Çizelge 5).

Çizelge 5. Taze bakla meyve besin elementi analiz sonuçları

Table 5. Results of fresh broad bean fruit nutrient analysis

Besin elementleri/ Nutrients	Analiz Sonucu/ Analysis result	Analiz Metodu/ Analysis Method
Protein (İnfekteli)/ Protein (Infected)	3.1 g	Kjeldahl metodu
Demir (İnfekteli)/ Iron (Infected)	0.98 mg	Laboratuvar içi metod
Karbonhidrat/ (İnfekteli) Carbohydrate (Infected)	3.7 g	Laboratuvar içi metod
Potasyum (İnfekteli)/ Potassium (Infected)	301 mg	Laboratuvar içi metod
Protein (İnfektesiz)/ Protein (Uninfected)	4.1 g	Kjeldahl metodu
Demir (İnfektesiz)/ Iron (Uninfected)	1.25 mg	Laboratuvar içi metod
Karbonhidrat (İnfektesiz)/ Carbohydrate (Uninfected)	4.50 g	Laboratuvar içi metod
Potasyum (İnfektesiz)/ Potassium (Uninfected)	308 mg	Laboratuvar içi metod

Kahramanmaraş ilinde yapılan bu araştırmada tarla küsküt (*C. campestris*) tohumları ilk yıl 11

Nisan 2021 ikinci yılda ise 13 Nisan 2022 tarihinde toprak yüzeyine çıkmaya başlamıştır. *C.*

campestris çimlenme tarihi ülkemizde yapılan çalışmalardan Tamer ve Nemli (2012) hava sıcaklığı 15.5 °C'de çimlenmenin görüldüğü, Üstüner (2020) ise Kahramanmaraş ilinde 15-25 °C'de aralığında ilk çimlenmenin görüldüğünü bildirmiştir. Çalışmalar arasında benzerlik bulunmaktadır.

Bu çalışmada *C. campestris* yoğunluğu, yoğunluk skalasına göre çok yoğun olarak hesaplanmış olup elde edilen bulgulara göre; *C. campestris*'in infeksiyonu sonucunda *V. faba*'nın fenolojik özelliklerinden; bakla bitki boy gelişimi %71.79, çiçek sayısı %62.16, dal sayısı %57.90, *V. faba* hasat sayısı %55.56 ve bakla verimi %66.31 oranında olumsuz etkilenmiştir. *V. faba*'nın pomolojik özelliklerinden; bakla meyve boyu %42.52, bakla meyve ağırlığı %31.47 ve meyve sayısı %76.80 oranında negatif etkilenmiştir.

Üstüner (2020) tarafından Kahramanmaraş ilinde yapılan çalışmada *C. campestris* ile infekteli Dila biberi çiçeklenme oranında % 7.5 azalışa neden olduğu bildirilmiştir. *C. campestris* ile infekteli biber meyve boyu %2.2, meyve eni %0.4 gelişimi engellenmiştir. *C. campestris* biber dal ve gövdesinde oluşturduğu emeçler vasıtasıyla konukçusunun besin elementlerini kullanmıştır (Üstüner, 2020). Yapılan diğer çalışmalarda *C. campestris* ile infektensiz bakla meyve boyu Terzopoulos ve ark. (2003) 5-14 cm, Güvenç (2022) 10.68-14.70 cm, Koç ve Orak, (2016) 9-17 cm arasında değiştiğini bildirmiştir.

Cuscuta campestris ile infekteli biberde bitki boyunda %7.71'lik azalışa sebep olduğu hesaplanmıştır (Üstüner, 2020). Bu konuda yapılmış diğer çalışmalarda *C. campestris* ile infektensiz bakla bitki boyu Gençkan (1983) 40-120 cm, Şehirali (1988) 42-150 cm, Sepetoğlu (1992) 20-200 cm arasında, Alan ve Geren (2006) kısa boylu çeşitler 37.86-50.13 cm arasında uzun boylu çeşitler 79.4-130.1 cm arasında değiştiği bildirilmiştir.

Türkiye'de yapılan çalışmalarda; *Cuscuta* spp.'nin neden olduğu ürün kaybı %20-57 arasında değiştiği ancak %91'e kadar da çıkabildiği belirlenmiştir (Nemli ve Öngen, 1982). Üstüner ve Öztürk (2018) Kahramanmaraş ilinde küskütlü ve küskütsüz şeker pancarı parsellerinde sırasıyla; kök

verimi 57.4 ve 83.1 t ha⁻¹, yaprak verimi 18.4 ve 32.9 t ha⁻¹, arıtılmış şeker verimi 8.2 ve 12.4 t ha⁻¹ olarak bulunmuştur. Bu çalışma sonucuna göre *C. campestris* şeker pancarı verim ve kalitesini önemli oranda düşürmüştür. Çakır ve Üstüner (2019) tarafından yapılan çalışmada *C. campestris*'in mercimek verim ve kalitesini önemli oranda etkilediği bildirilmiştir. Üstüner (2020) tarafından yapılan çalışma sonuçlarına göre, *C. campestris* ile infekteli biberde meyve ağırlığı %1.12 g azalış göstermiştir. Bu konuda yapılmış diğer çalışmalarda küsküt ile infektensiz baklanın üç çeşidiyle yapılan çalışmada bakla meyve ağırlığı 13.3-24.9 g arasında değişmiştir (Güvenç, 2022), küsküt ile infektensiz diğer çalışmalarda Sağlamtimur ve ark, (1990) bakla verimi 800-1800 kg da⁻¹ arasında, Manga ve ark. (1995) 1000-1500 kg da⁻¹, Pekşen ve Artık (2005) 897.48-1620.33 kg da⁻¹ arasında olduğunu bildirmiştir. Diğer ülkelerde tarla küsküt'ünün verim kaybı ile ilgili yapılan çalışmalarda ise; Lanini (2004), tarla küsküt'ünün domateste % 75, Bewick ve ark., (1988) havuçta % 70-90, Lanini ve Kogan, (2005) *Cuscuta pentagona*'nın domateste % 50-75, yonca alanlarında % 50, havuç alanlarında ise % 70-90, Mishra ve ark., (2007) *Guizotia abyssinica*'da % 86, *Phaseolus radiatus*'da % 82, *Sesamum orientale*'de % 67, *Cajanus cajan*'da % 25, Mishra (2009) kırmızı biberde % 60-65, domateste % 72, nohutta % 86, yoncada % 60-70 ve mercimekte % 87 oranında verim kaybı tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada taze baklanın analiz sonucuna göre *C. campestris* infeksiyonu sonrasında *V. faba* meyve protein elementinde %24.39, demir %21.60, karbonhidrat %17.78 ve potasyum'da %2.27 azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Tarla küsküt'ü gelişimi için konak bitkisinin protein, demir, karbonhidrat ve potasyum besin elementlerini değişen oranlarda kullandığı tespit edilmiştir. *C. campestris* ile infektensiz baklanın 100 gramında yaklaşık 1.10 mg demir, 4.40 g karbonhidrat 3.60 g protein, 305 mg potasyum bulunmaktadır (Anonim, 2020; 2022b). Infektensiz bakla çeşitleri arasında en yüksek protein oranı Sevilla çeşidinde (%19.92) belirlenmiştir. Yıllar arasında da önemli farklılıkların belirlendiği

karakterde, ikinci yıla ait protein oranı (%19.48), birinci yıldan (%18.42) daha yüksek olduğu da dikkati çekmiştir (Heinzmann, 1981; Şehirali, 1988; Cevheri ve Avcioglu, 2004). İnfektesiz baklada elde edilen bulgular ile önceki literatürler arasında benzerlik görülmüştür. İnfekteli baklada elde edilen sayısal değerlerin infektesiz bitkilerden düşük olması tarla küskütün'den ileri geldiği düşünülmektedir.

Bu çalışma sonucu ile ülkemizde ve diğer ülkelerde yapılan çalışma sonuçları genel anlamda benzerlik gösterirken sayısal olarak değişkenlik göstermiştir. Bunun nedeni *C. campestris* çimlenme zamanı, *C. campestris* yoğunluğu, kültür bitkilerin farklılığı, infeksiyon dönemi, rakım, iklim ve toprak faktörlerin farklılık göstermesi olabileceği değerlendirilmektedir.

Sonuç

Kahramanmaraş koşullarında yürütülen deneme alanında verilerin iki yıllık ortalama sonuçlarına göre; *C. campestris* Nisan ayının ilk haftasında itibaren hava sıcaklığının 12-14 °C üzerine çıktığı zamanda çimlenmeye başladığı gözlenmiştir.

Cuscuta campestris'in infeksiyonu sonucunda *V. faba*'nın araştırılan fenolojik özelliklerinden; bakla bitki boy gelişimini, çiçek sayısını, dal sayısını, *V. faba* hasat sayısını ve bakla verimini %71.79-55.56 arası değişen oranlarda olumsuz etkilemiştir. *V. faba*'nın pomolojik özelliklerinden; bakla meyve boyunu, bakla meyve ağırlığını, meyve sayısını %76.80-%31.47 arası değişen oranlarda negatif etkilemiştir. Bu sayısal değerlerin istatistiki analizi sonucunda *C. campestris*'in infeksiyonu neticesinde *V. faba*'nın araştırılan fenolojik ve pomolojik özelliklerine olumsuz etkinin önemli olduğu tespit edilmiştir.

Tarla küskütü baklanın içerdiği bazı besin elementlerini kendi gelişimi için kullandığı gözlenmiştir. İnfekteli bakladan elde edilen besin elementi sayısal değerlerin infektesiz baklaya göre düşük olması, tarla küskütünün gelişimi için konak besin elementlerini değişen oranlarda kullandığını göstermiştir.

Cuscuta campestris infeksiyonu sonucu *V. faba*'da oluşturduğu simptomlar; bakla fide evresinde önce yapraklarda kuruma çiçek evresinde bodurluk, güneş ışığını engelleyerek bitkinin zayıf kalması, meyve tutumunda azalma ve bakla vejetasyon süresini kısaltmadır. Bakla birçok kültür bitkisinin aksine güçlü kök sistemi ve hızlı büyüme özelliğinde olmasına rağmen erken evrede infekte olduğunda gelişmenin önemli oranda durduğu ve bitki ölümünün gerçekleştiği gözlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, *C. campestris*'in yoğunluğa bağlı olarak *V. faba* için önemli bir tehdit olduğunu göstermiştir.

Teşekkür

Bu proje (2022/3-36 LAP), KSÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim birimince desteklediği için teşekkür ederim.

Çıkar çatışması

Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

- Agrios, G.N. (2005). Plant pathology, Fifth Edition. Burlington: Elsevier Academic Press.
- Alan, Ö. & Geren, H. (2006). Ödemiş-İzmir koşullarında yetiştirilen bazı bakla (*Vicia faba* var. *major*) çeşitlerinin tohum verimi ve diğer bazı özellikleri üzerinde bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(1): 13-20.
- Anonim, (2019a). Broad bean cultivation area by country, FAOSTAT, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Anonim, (2019b). İllere göre bakla ekim alanları, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>
- Anonim, (2020). Baklanın besinsel içeriği, TÜRKOMP (Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı), <http://www.turkomp.gov.tr/food-bakla-216>,
- Anonim, (2022a). Bakla yetiştiriciliği. <http://ziraatkutuphanesi.com/bakla-yetistirciligi.html#:~:text=Bir%20dekar%20alandan%20taze%20bakla,300%20kg%20dane%20hasat%20edilebilir>.
- Anonim, (2022b). Taze bakla besin değeri. https://www.google.com/search?q=bakla+potasyum+%C3%A7eri%C4%9Fi&sca_esv=559959589&biw=1280&bih=661&sxsr=AB5stBjxstGtuZv1Mu7C1zIQcViuE8csg%3A1692960728259&ei=2lfoZJ_8Du_Zxc8P2bG

- jqA8&ved=0ahUKEwifM2W0veAAxXvbPEDHdnYCPU4FBDh1QMIDw&uact=5&oq=bakla+potasyum+i%C3%A7eri%C4%9Fi&gs_lp=Egnd3Mtd2l6LXNlcnAiGGJha2xhIHbvdGFzeXVtIGnDp2VyacSfaTIFEAAyYogQyBRAAGKIEmgUQABiiBDIFEAAyYogRIkRIQkAIYiw5wAXgBkAEAmAGkAaABoAOqAQmWlJ04AQPIAhttps.
- Çakır, S. & Üstüner, T. (2019). Küsküt'ün (*Cuscuta campestris* Yunck.) mercimek (*Lens culinaris* L.) bitkisel ve agronomik özelliklerine etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Cevheri, A.C. & Avcıoğlu, R. (2004). Kışlık ikinci ürün olarak tahıl+baklagil karışımlarından yararlanma olanakları üzerinde bir araştırma, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, (Basılmamış Dr.Tezi), Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Dal, S. & Üstüner, T. (2020). Kahramanmaraş İli nohut (*Cicer arietinum* L.) ekim alanlarında küsküt (*Cuscuta* spp.) ve yabancı ot yoğunluğunun, nohut bitkisinin morfolojik ve agronomik özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Davis, P.H. (1978). Flora of Turkey and east aegian island. Edinburg University Press.
- Dawson, J.H. (1984). Control of *Cuscuta* in alfalfa. In: Proceedings 3rd International Symposium Parasitic Weeds, (pp. 188-199), 7-9 may 1984, Aleppo, Suriya.
- Dawson, J.H., Musselman, L.J., Wolswinkel, P. & Dorr, I. (1994). Biology and control of *Cuscuta*. *Review of Weed Science*, 6: 265–317.
- Dorr, I. (1987). The haustorium of *Cuscuta*-new structural results, in Proceedings of the 4th International Symposium on Parasitic Flowering Plants, Marburg, Germany: Philipps-University, P:163-170.
- Fang, R.C., Musselman, L. J. & Plitmann, U. (1995). *Cuscuta* in C.Y. Wu and P.H. Raven (eds.), Flora of China, Science Press, Beijing, and Missouri Botanical Garden Press, 16,322-325.
- Gençkan, S. (1983). Yem bitkileri tarımı. Ege üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Günçan, A. (2001). Yabancı otlar ve mücadelesi. Konya: Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Basımevi Yayını.
- Güvenç, İ. (2022). Genel ve Özel sebzecilik. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Heinzmann, F. (1981). Assimilation von Luftstickstoff durch verschiedene Leguminosenarten und dessen Verwertung durch Gefreidenachfrüchte, Diss, Hohenheim, p:132.
- Hull, R. (2002). Matthews' plant virology, Elsevier, Academic Press, California, USA, XVIII, 1001p, Plant Virology, Elsevier, Academic Press, California, USA, XVIII, 1001p.
- Jayasinghe, C., Wijesundara, D.S.A., Tennekoon, K.U. & Marambe, B. (2004). *Cuscuta* species in the lowlands of SriLanka, their host range and host-parasite association. *Tropical Agricultural Research*, 16: 223-241.
- Kadioğlu, I. (1992). Küsküt (*Cuscuta* spp.) ve mücadelesi, Herboloji Haberleri. *ÇÜ, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü*, 3(5): 1-11.
- Kadioğlu, İ., Uluğ, E. & Üremiş, İ. (1997). Akdeniz Bölgesi yemeklik baklagillerinde (nohut, fasulye) görülen yabancıotlar ile yaygınlık ve yoğunluklarının belirlenmesi. *Türkiye II Herboloji Kongresi*, (s. 195-203), 1-4 Eylül 1997, İzmir, Türkiye.
- Karaköy, T., Demirbaş, A., Yörük, V., Toklu, F., Baloch, F., S., Durukan, H., Öztürk, M., Ton, A., Anlarsal, A.E. & Özkan, H. (2015). Türkiye orijinli bakla (*Vicia faba* L.) genotiplerinin soğuga dayanıklılık yönünden incelenmesi üzerine bir araştırma. 11. *Tarla Bitkileri kongresi*, (s. 430-433), 7-10 Eylül, Çanakkale, Türkiye.
- Kaya, H. & Üremiş, İ. (2019). Hatay ili soğan tarlalarında bulunan yabancı otların yaygınlık ve yoğunluklarının belirlenmesi. *MKU Tarım Bilimleri Dergisi*, 24 (1): 21-30.
- Koç, S. & Orak, A. (2016). Tekirdağ koşullarında yetiştirilen bakla (*Vicia faba* L.) genotiplerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Kondap, S.M. & Kumar, R.M. (1993). Management of *Cuscuta* in croplands and fallows, Integrated weed management for sustainable agriculture. *Proceedings of the international symposium* (Hisar, India, 18-20 November), *Indian Society of Weed Science*, (pp. 407-411), 18-20 November 1993, Hisar, India.
- Kutos, T., Golob, T., Kac, M. & Plestenjak, A. (2003). Dietary fibre content of dry and processed beans. *Food Chemistry*, 80: 231-235.
- Lanini, W.T. (2004). Economical methods of controlling dodder in tomatoes. *Weed Science Society*, 56, 57-59.
- Lanini, W.T. & Kogan, M. (2005). Biology and management of *Cuscuta* in crops. *Cienciae Investigacion Agraria*, 32, 165-179.
- Lawrence, H. M. (1965). Taxonomy of Vascular Plants. The Macmillan Company, Newyork, 823.
- Liu, Z.Q., Fer, A. & Lecocq, F.M. (1991). L'imazaquine: Un herbicide prometteur pour la lutte curative contre la Cuscute (*Cuscuta* spp.) dans les cultures de soja (*Glycine max*). *Weed Research*, 31: 33-40.
- Manga, İ., Acar, Z. & Ayan, İ. (1995). Baklagil yem bitkileri. Samsun: 19 Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Ders kitabı.
- Mishra, J.S., Moorthy, B.T.S., Bhan, M. & Yaduraju, N.T. (2007). Relative tolerance of rainy season crops to field dodder (*Cuscuta campestris*) and its management in niger (*Guizotia abyssinica*). *Crop Protection*, 26: 625-629.
- Mishra, J.S. (2009). Biology and management of *Cuscuta* species. *Indian Journal Weed Science*, 41(1 & 2), 1-11.
- Nemli, Y. (1978). Çiçekli parazitlerden *Cuscuta* L, 'nin Anadolu türleri üzerindeki morfolojik ve sistematik araştırmalar. Doçentlik Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Nemli, Y. & Öngen, N. (1982). Türkiye'nin Trakya bölgesi küsküt türleri (*Cuscuta* spp.) üzerinde taksonomik araştırmalar. *Doğa Bilim Dergisi*, 6(3), 147-154.
- Nemli, Y. (1986). Anadolu'da kültür alanlarında bulunan küsküt türleri (*Cuscuta* spp.); yayılışları ve konukçuları üzerinde araştırmalar, *Ege üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(3), 11-21.
- Özgil, M., Torun, H., Eymirli, S., Üremiş, İ. & Tursun, N. (2019). Determination of weed frequencies and densities in sunflower (*Helianthus annuus* L.) fields in Adana province. *MKU Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(2): 87-96.

- Parker, C. & Riches, C.R. (1993). *Cuscuta* species, the dodders; and cassytha filiformis, In parasitic weeds of the worlds: Biology and control. CAB international, Wallingford, UK, pp, 183-223.
- Pekşen, E. & Artık, C. (2005). Antibesinsel maddeler ve yemeklik tane baklagillerin besleyici değerleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(2): 110-120.
- Rao, P.N. & Reddy, A.R.S. (1987). Effect of china dodder on two pulses: greengram and cluster bean - the latter a possible trap crop to manage china dodder. 4th *International Symposium. Parasitic Flowering Plants*, (pp. 665-674), 1-3 August 1987, Marburg, Germany.
- Reddy, N.R., Pierson, M.D., Sathe, S.K. & Salunkhe, D.K. (1984). Chemical, nutritional and physiological aspects of dry bean carbohydrates. *Food Chemistry*, 13(1): 25-68.
- Sağlamtimur, T.V., Tansı, H. & Baytekin, T. (1990). Yem bitkileri yetiştirme. Adana: Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Kitabı.
- Sepetoğlu, H. (1992). Yemeklik dane baklagiller. İzmir: Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Kitabı.
- Şehirali, S. (1988). Yemeklik dane baklagiller. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Kitabı.
- Tamer, Ş.R. & Nemli, Y. (2012). Farklı sıcaklıkların, bazı yeşil gübrelerin ve bitki eksudatlarının küskütün (*Cuscuta campestris* Yunck.; *C. approximata* Bab.) çimlenmesi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Terzopoulos, P.J., Kaltsikes, P.J. & Bebeli, P.J. (2003). Collection, evaluation and classification of Greek populations of faba bean (*Vicia faba* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 50: 373-381.
- Ustuner, T & Cakir, S. (2018). Dormancy breaking studies of Dodder (*Cuscuta* spp.) was problem in greenhouse tomato. The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics (EPSTEM), *International Conference on Research in Education and Science*, (pp. 167-178), 28 April-1 May 2018, Marmaris, Turkey.
- Uygur, F.N. (1991). Yoncada *Cuscuta* spp. (Küsküt, Veremotu) kontrolü. *Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü Herboloji Haberleri*, 2(3): 1-5.
- Üstüner, T. & Güncan, A. (2002). Niğde ve yöresi patates tarlalarında sorun olan yabancı otların yoğunluğu ve önemi ile topluluk oluşturmaları üzerine araştırmalar. *Türkiye Herboloji Dergisi*, 5(2), 30-42.
- Üstüner, T. (2018). The effect of field dodder (*Cuscuta campestris* Yunck.) on the leaf and tuber yield of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Turkish journal of Agriculture and Forestry*, 42,348-353.
- Üstüner, T. & Öztürk, E. (2018). Şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) tarımında küskütün (*Cuscuta campestris* Yunc.) verim ve kalite etkisi. *Bitki Koruma Bülteni*, 58 (1), 32-40. Available from: https://www.researchgate.net/publication/324113841_Seker_pancari_Beta_vulgaris_l_tariminda_kuskutun_Cuscuta_campestris_Yunc_verim_ve_kalite_etki_si#fullTextFileContent [accessed Aug 19 2023].
- Üstüner, T., Girgel, Ü. & Cakir, S. (2019). The effect of field dodder (*Cuscuta campestris* Yunck.) on the agromorphological features of lentil (*Lens culinaris* L.). 3rd *International Conference on Advanced Engineering Technologies*, (pp. 50-58), 19-21 September 2019, Bayburt, Turkey..
- Üstüner, T. & Dal, S. (2019). Kahramanmaraş'ta nohut tarlalarında küsküt türleri, yoğunluğu ve rastlama sıklığının belirlenmesi. 1. *Uluslararası Göbeklitepe Tarım Kongresi IGAC*, (pp. 782-790), 22-25 Ekim 2019, Şanlıurfa, Türkiye.
- Üstüner, T. (2020). Tarla küsküt'ün (*Cuscuta campestris* Yunck.) Dila biberi (*Capsicum annum* L.) fenolojik ve pomolojik özelliklerine etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(1): 53-63. DOI:10.29050/harranziraat.621271
- Üstüner, T. & Aksoy, E.O. (2021). Yabancı ot biliminde güncel konular, Parazit yabancı otlar. Ankara: *Iksad publishing house*.
- Üstüner, T. (2022). Maydanoz [*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss.] yetiştiriciliğinde tarla küskütü (*Cuscuta campestris* Yunck.)'nün verim ve kaliteye etkisi. *Turkish Journal of Weed Science*, 25 (2022): 122-133.
- Yıldırım, S. & Tepe, I. (2014). Van'da yoncada küçük tohumlu yonca küskütü (*Cuscuta approximata* Bab.)'nün dağılımı ve yoğunluğu. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24 (1): 42-50.
- Yuncker, T.G. (1932). The genus *Cuscuta*. *Memoirs of the Torrey Botanical Club*, 18,113-331.



Toprak bileşenlerinin bazı fosfor fraksiyonlarına etkisi

Effect of soil components on some phosphorus fractions

İlknur YURDAKUL^{1*}, Sadık USTA²

¹Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yenimahalle, Ankara

²Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Anabilim Dalı, Dışkapı, Ankara

¹<https://orcid.org/0000-0002-0430-5958>; ²<https://orcid.org/0000-0001-5739-9962>

ÖZ

To cite this article:

Yurdakul, İ. & Usta, S. (2023). Toprak bileşenlerinin bazı fosfor fraksiyonlarına etkisi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 27(4): 610-623
DOI: 10.29050/harranziraat.1357243

*Address for Correspondence:

İlknur YURDAKUL

e-mail:

ilknur.yurdakul@tarimorman.gov.tr

Received Date:

08.09.2023

Accepted Date:

12.12.2023

Bitki yetiştiriciliğinde makro bitki besin elementi olan fosfor (P) bitki gelişiminde önemli bir besin kaynağıdır. Topraklarda yeterli P olmasına karşın bitkinin bu P'dan faydalanamadığı durumlar bitki gelişiminin kısıtlanmasına neden olmaktadır. Bu amaçla alınabilir P problemleri olan ağır bünyeli iki toprakta çalışma yapılmıştır. Toprakta kireç, organik madde ve demir oksitler uzaklaştırılarak P fraksiyonlarına etkileri takip edilmiştir. Organik madde giderme işlemi (OG) için toprağa %30'luk H₂O₂ ilave edilerek ısıtma işlemi yapılmış fazla H₂O₂ yıkanarak uzaklaştırılmıştır. Kireç giderme işlemi (KG) için toprağa 1.0 N HCl çözeltisi ilave edilmiş, kabarma tamamlandığında toprak yüzeyindeki su yıkanarak sifonlanmıştır. Kireç, organik madde ve demir giderme işlemi (KODG) için toprak üzerine 0.5 M NaHCO₃, 0.3 M Na₃C₆H₅O₇ çözeltisi ve Na-dithionite ilave edilerek su banyosunda ısıtılıp, buharlaştırılmış, renk beyazlaşınca kadar işleme devam edilmiştir. Her iki toprak için tek tek ve ardışık bileşen uzaklaştırma işlemi yapılarak OG, KG, Kireç ve organik madde giderme işlemi (KOG) ile KODG konuları oluşturulmuştur. Farklı ön işlemlerden geçirilerek toprak bileşenleri uzaklaştırılmış toprakların P-adsorpsiyon maksimumları (S_{max}) bulunmuştur. Elde edilen denge çözeltisi P miktarları (C) ve adsorplanan P (S) verileri kullanılarak Langmuir adsorpsiyon izoterminin doğrusallaştırılmış denklemi oluşturulmuştur. P fraksiyonları, yaş yakma, kuru yakma ve NaHCO₃ (pH 8.5) ekstraksiyonu kullanılarak tayin edilmiştir. Düver ve Harran serisinde toplam fosfor (P_T) 804 ve 858 mg kg⁻¹, organik fosfor (P_o) 430 ve 340 mg kg⁻¹, inorganik fosfor (P_i) 374 ve 518 mg kg⁻¹, Olsen fosforu (P_{Ois}) 4.10 ve 11.67 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Toprak bileşenlerinin giderilmesi ile P_T arasındaki regresyon, Düver serisinde önemli olmuştur (0.795*). Giderme işlemleri P_T değerinde azalma gerçekleştirmiş ve istatistiki anlamda önemli olmuştur (F=10.24*, P<0.05; F=16.95**, P<0.01). Giderme işlemleri ile P_i miktarı arasındaki regresyon ilişkisi (0.905* ve 0.789*) önemli olmuştur. Düver serisinde istatistiki önem F=31.43**, P<0.01 iken Harran serisinde F=51.15**, P<0.01 elde edilmiştir. Her iki toprakta konular arasındaki önemlilik sırasıyla (F=6.06*, P<0.05; F=8.59*, P<0.05) %5 seviyesinde olmuştur. P_T'un en düşük olduğu noktada (her üç bileşenin de topraktan uzaklaştırıldığı durum) S_{max} değerinin de düşük olduğu görülmüştür. P_T miktarındaki değişime karşın S_{max} değişimi Düver serisi toprağında önemli olmamış, Harran serisi toprağında önemli olmuştur (F=7.75, P<0.05). Toprak bileşenlerinin giderilmesi toprağın S_{max} ve P_T miktarlarında artışa neden olurken P_{Ois} miktarında azalmaya neden olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fosfor fraksiyonu, demir, organik madde, kireç, toprak

- ABSTRACT

Phosphorus (P), a macro plant nutrient element in plant cultivation, is an important nutrient source for plant growth. Despite sufficient P in the soil, there are situations where the plant cannot utilize this P, leading to constraints in plant growth. To address this, studies were conducted on two heavy-textured soils with P availability issues. The effects of removing lime, organic matter, and iron oxides from the soil were monitored on P fractions. For organic matter removal (OG), 30% H₂O₂ was added to the soil and heated, and excess H₂O₂ was washed away. For the lime removal process (KG), 1.0 N



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

HCl solution was added to the soil, and when swelling was completed, the water on the soil surface was washed and siphoned. For lime, organic matter and iron removal process (KODG), 0.5 M NaHCO₃, 0.3 M Na₃C₆H₅O₇ solution and Na-dithionite were added to the soil, heated in a water bath and evaporated, and the process continued until the color turned white. OG, KG, lime and organic matter removal process (KOG) and KODG subjects were created by removing components individually and sequentially for both soils. P-adsorption maximums (S_{max}) of soils from which soil components were removed by undergoing different pre-treatments were found. The obtained equilibrium solution P amounts (C) and adsorbed P (S) data were used to create the linearized equation of the Langmuir adsorption isotherm. The P fractions were determined using wet digestion, dry digestion and NaHCO₃ (pH 8.5) extraction. In the Düver and Harran series total phosphorus (P_T) was found to be 804 and 858 mg kg⁻¹, organic phosphorus (P_o) was 430 and 340 mg kg⁻¹, inorganic phosphorus (P_i) was 374 and 518 mg kg⁻¹, Olsen phosphorus (P_{Ols}) was 4.10 and 11.67 mg kg⁻¹. The regression between removal of soil components and P_T was significant (0.795*) in the Düver series. Removals resulted in a decrease in the P_T value and was statistically significant ($F=10.24^*$, $P<0.05$; $F=16.95^{**}$, $P<0.01$). The regression relationship between removal processes and P_i amount was significant (0.905* and 0.789*). While statistical significance was obtained as $F=31.43^{**}$, $P<0.01$ in the Düver series, $F=51.15^{**}$, $P<0.01$ in the Harran series. The significance between the subjects in both soils was at the level of 5%, respectively ($F=6.06^*$, $P<0.05$; $F=8.59^*$, $P<0.05$). It was observed that at the point where P_T was lowest (when all three components were removed from the soil), S_{max} was also low. While there was no significant change in S_{max} in response to changes in P_T in the Düver series soil, it was significant in the Harran series soil ($F=7.75$, $P<0.05$). The removal of soil components led to an increase in S_{max} and P_T amounts of soil, while causing a decrease in the amount of P_{Ols} .

Key Words: Phosphorus fraction, iron, organic matter, lime, soil

Giriş

Fosfor (P) bitkilerde, enerji transferinin yapılmasını, şekerlerin ve nükleik asitlerin oluşmasını, genetik özelliklerinin belirlenmesini, DNA'nın oluşumunu, hücre bölünmesini, çiçek ve meyve oluşumunu etkileyen önemli bir besindir (Foth, 1984; Plaster, 1992; Aktaş ve Ateş, 1998; Boşgelmez ve ark., 2001; McCauley et al., 2009) Bitkiler P'ü fotosentez, solunum, nükleik asit ve zar biyosentezinde ve enzimlerde kullanmaktadır (Xu et al., 2019; Hawkesford et al., 2022). Fosfor, bitkiler tarafından ortofosfatlar şeklinde alınmaktadır (Cong et al., 2020). Toprağın katı fazından çözeltisine P geçişi nedeniyle iki faz (Labil ve inlabil P havuzu) denge halinde kalabilmektedir. Hedley et al. (1982) fraksiyonasyonlarının labil P havuzu (reçine-P ve NaHCO₃-P) metotları doğal P alımını taklit ettiği için yaygın olarak kullanılmaktadır (Hou et al., 2018; Johnson et al., 2003; Negassa and Leinweber, 2009; Klotzbücher et al., 2019, Gu et al., 2020).

immobilizasyon/mineralizasyon ve bitki alımı/bitki parçalanması gibi kimyasal ve biyolojik etkiler altındadır (Campbell and Edwards, 2001). Bununla birlikte bitkiler simbiyotik ilişkide oldukları mikorizal mantarlar ile toprak çözeltisinden az miktarda inorganik fosforu (P_i , ortofosfat-HPO₄²⁻ ya da H₂PO₄⁻) alabilmekte (Lambers, 2021), organik fosfor (P_o) kök salgıları ve hidroliz ile alınabilmektedir (Ghahremani et al., 2019).

Toprakta hareketsiz P'un mobilizasyonu, karboksilat veya fosfataz salınımı ile absorbe edilmiş inorganik fosfor (P_i) veya P_o 'un ayrışarak yarıyışlı formlara dönüşümü ile oluşmaktadır. Bu mekanizma bitkilerin küme kökleri ve mikorizal mantar türleri ile sağlanmaktadır. Bitkiler mantarlarla mikorizal kolonizasyon oluşturularak çok sayıda kök oluşturur ve kök rizosferine uzak bölgelerin P'una ulaşabilir (Mai et al., 2019, Lambers, 2021).

Genelde topraklarda toplam fosfor (P_T) 500-1000 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir (Schulte and Kellikng, 1996). Toplam P_i 'un %75'i asidik topraklarda demir/alüminyum fosforu (Fe/Al-P) ve alkali topraklarda kalsiyum fosforu (Ca-P)'dan oluşmakta ve toprağa ilave edilen P'dan bu formlar etkilenmezken Olsen fosforu/alınabilir fosfor (P_{Ols}) etkilenmektedir (Marschner et al., 2005; Voort,

Topraktaki P dinamiği, adsorpsiyon/desorpsiyon, çökme/tekrar çözünme,

2010). Organik fosfor yarı kurak iklim bölgelerinde P_r 'un önemli bir bölümünü oluşturmakta, toprağın P_o 'unun pek çoğu Fe-P ve Al-P'u olarak tutulmakta ve P_i 'un çoğu ise Ca-P'u formunda tutulmaktadır (Cross and Schlesinger, 2001). Kireçli topraklarda P_i daha fazla kalsiyum fosfatlar halinde bulunmakta (%69-71) gerisi demir fosfatlar olarak tutulabilmektedir (Cross and Schlesinger, 2001; Shen et al., 2003). Ağır metal kirliliğinin söz konusu olduğu topraklarda P_o fraksiyonu kirliliğin olmadığı topraklara göre Fe/Al-P formunda daha fazla bulunmaktadır (Wagai and Mayer, 2007; Zhang et al., 2008). Kireçli topraklarda P hareketliliği düşük olurken, P fiksasyonunda demir oksitler ve kalsit etkisi görülmekte, bitki kökleri hidroksil (OH⁻) ve hidrojen (H⁺) salgılayarak rizosfer pH'sını hızla değiştirmektedirler (Bertrand et al., 1999).

Toprak bileşenlerinden organik madde (Li et al., 2007), kireç (Carreira et al., 2006; Sardi and Csatho 2002; Braschi et al., 2003; Gahrooe, 2003) ve demir oksitler (Castro and Torrent, 2003; Li et al., 2007) yüksek kireçli kurak bölge topraklarında P adsorpsiyonunu etkilemektedir. Bu topraklarda P, Ca-fosfat olarak çökelp alınabilirliği azalmaktadır (Sardi and Chasto, 2002; Braschi et al., 2003; Gahrooe, 2003). Organik maddenin düşük olduğu topraklarda fosfor adsorpsiyon maksimumu (S_{max}) Fe ve Al bileşiklerinin etkisinde kalmaktadır (Wang et al., 2005; Tajamul et al., 2019). Toprağa P_i ve tavuk gübresi ilavesi yapılarak dikey P hareketi oluşmaktadır (Gebirim, 2010). Organik P ve P_i ilavelerinin yapıldığı toprakların P adsorpsiyonunda P_o ve P_i arasında bir yarış oluşmakta ve P_o hızlıca adsorbe olurken P_i 'un desorpsiyonu gerçekleşmektedir (Berg and Joern, 2006). Reddy ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada tropikal topraklara buğday+soya artıkları+ P_i ilave edilmesi ile NaHCO₃ ile ekstrakte edilen P ve NaOH ile ekstrakte edilebilir P artarken HCl ile ekstrakte edilebilir P azalmıştır.

Aritma çamuru ardışık fraksiyonlama yöntemi (CaCl₂, NaHCO₃, NaOH, HCl ve HNO₃+HClO₄) ile ekstrakte edilen P dağılımında, toprağın labil fraksiyonu (CaCl₂ ile ekstrakte edilen P ve) orta labil fraksiyonunu (NaOH ile ekstrakte edilen P) %11.2'den %20.3'e yükseltmektedir (Munhoz et

al., 2011). Orman topraklarında, organik yüzey katmanı bulunmuyorsa, bağlı olmayan P formları (reçine-P, NaOH ile ekstrakte edilen P) ve organik formlar (NaHCO₃ ile ekstrakte edilen P, NaOH ile ekstrakte edilen P, HCl ile ekstrakte edilen P) diğer bağlı P formlarından (HCl ile ekstrakte edilen P, kalıntı P) daha düşük konsantrasyonda olmaktadır (Chacon and Dezzio, 2004).

Toprakta bitkinin alabileceği formda kalan P, tarım topraklarında bitkilere P sağlanması açısından önemli rol oynamaktadır (Matar et al., 1992; Gallet et al., 2003). Bitkilerin bakiye P'dan %22.5 ile 62.7 oranında faydalandığı bilinmektedir (Gallet et al., 2003). Aşırı miktarda uygulanan P'lu bileşiklerin bakiye etkileri nedeniyle gübrelemeden önce var olan P'un dikkate alınması gereklidir (Amrani et al., 1999). Tarım topraklarındaki P uygulamaları, sanayi atıkları ve çevresel atıklardan dolayı ortaya çıkan çevre sorunlarının idaresi ve P yönetim stratejileri için P'un topraktaki dinamiğinin anlaşılması, etken faktörlerin yeterli çalışmalarla ortaya konulması önemlidir. Fosforun etkin ve ekonomik yönetim stratejisinin oluşturulması için fraksiyonlarının, dinamiklerinin ve ağır bünyeli topraklardaki etkileşimlerinin bilinmesi gereklidir. Toprakta P fazlalığı suların kirlilik riskini de artırarak, olumsuz etkilerde bulunulacağı için ayrıca önemlidir (Carpenter et al., 1998). Organik maddenin, kirecin ve demir oksitlerin toprakların P'u üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmalar, ardışık fraksiyonlama ile P fraksiyonlarının karşılaştırıldığı çalışmalar yapılmış olmakla birlikte, toprakta P tutulmasını etkileyen toprak bileşenlerinin, toprakta varlığı/yokluğu durumunda kıyaslamaların yapıldığı çalışmalar fazla değildir. Topraklar tarafından P'un adsorpsiyon ve desorpsiyonunu bilmek, toprak kalitesi ve gübre kullanım etkinliğinde önemlidir (Zhou and Li, 2001; Nwoke et al., 2004). Toprak bileşenlerinin, P adsorplama kapasitesine etkileri ve bu etkinin P formlarına katkısının bilinmesi, pratik çalışmalarda, gübrelerin daha etkin kullanımına, olayın toprak yapısı bakımından açıklanmasına önemli yorumlar katacağı gibi ülkemizde bu yönde yeni bilgilere ulaşma fırsatı da verecektir. Sağlıklı ve verimli ürün

yetiştirebilmek için toprak bileşenlerinin olduğu ve olmadığı durumları kıyaslamak sureti ile toprağın P formlarındaki değişikliğini ortaya koymak üzere bu çalışma planlanmıştır. Çalışmada kurak bölgenin ağır bünyeli, kireci orta ve yüksek olan iki toprak kullanılmıştır. Toprak strüktür bileşenleri topraktan tek tek ve birlikte uzaklaştırılmış ve her uzaklaştırma işleminden sonra elde edilen ön işlem görmüş toprak ile işlem görmemiş toprakta P fraksiyonlarının (P_T , P_o , P_{Ois} ve P_i) tayini yapılarak toprak bileşenlerinin etkileri değerlendirilmiştir.

Materyal ve Metot

Materyal

Toprak özellikleri

Çalışma, Vertisol büyük toprak grubunda yer alan İç Anadolu Bölgesi, Düver serisi toprağı ve Güney Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan, Harran serisi toprağı ile gerçekleştirilmiştir. Düver serisi ağır bünyeli, alt katmanları geçirimsiz, kurak dönemde hegzagonal çatlakları olan bir topraktır (Arcak, 2003). Harran serisi ağır bünyeli, horizonlarındaki kil mineralleri dağılımlarına göre smektit ve paligorskit silikat killerinin baskın olduğu anlaşılmaktadır. Alt katmanlarda kireç cepleri bulunmaktadır (Dinç ve ark., 1988; Öztürkmen ve ark., 2021).

Metot

Çalışmada Düver ve Harran serisine ait ağır bünyeli iki toprakta bazı toprak bileşenleri uzaklaştırılarak bileşenlerin fosfor fraksiyonlarına etkisi kontrol edilmiştir. Toprak örnekleri, 0-20 cm derinlikten (Jackson, 1962) alanı temsil edecek şekilde tarladan alınan örneklerin harmanlanması ile elde edilmiştir. Toprak bileşenlerinden OG için %30'luk H_2O_2 ilavesi ve fazlasının yıkama ile uzaklaştırılması Hartge (1971) göre gerçekleştirilmiştir. Kireç giderme işlemi için 1.0 N HCl çözeltisi kullanılarak yıkama yapılmış ve fazla su sifonlanarak uzaklaştırılmıştır (Uzunoğlu, 1992). Kireç organik madde ve demir oksitlerin giderilmesi için 5 ml 0.5 M $NaHCO_3$ ve 40 ml 0.3 M $Na_2C_2O_4$ çözeltisi üzerine Na-ditiyonit ($Na_2S_2O_4$) ilave edilerek, karışım rengi beyazlaşınca kadar

Aquiera ve Jackson (1953) ile Mehra ve Jackson (1960) yöntemlerine uygun çalışma yapılmıştır.

Toprak bileşenlerinden her birinin uzaklaştırma işlemi her iki toprak için tek tek ve ardışık olacak şekilde OG, KG, KOG ile KODG olacak şekilde konular oluşturulmuştur. Bu işlemler çoklu tekrar edilerek analizler için yeterli olabilecek miktarda bileşenleri giderilmiş topraklar biriktirilmiştir. Uzaklaştırma işlemi yapılmamış doğal iki toprak ile tek tek ve ardışık uzaklaştırma işlemleri yapılmış sekiz farklı toprak elde edilmiştir. Toplamda 10 farklı bileşenlere sahip toprak kullanılarak fosfor fraksiyonları (P_T , P_o ve P_i) tayin edilmiştir.

Farklı ön işlemlerden geçirilerek toprak bileşenleri (kireç, organik madde ve demir) giderilmiş toprakların P-adsorpsiyon maksimumları bulunmuştur. P-adsorpsiyon maksimumunun bulunması için KH_2PO_4 çözeltisi ile hazırlanmış 0–50 mg P L^{-1} içerikli çözeltiler ile 0.01 M $CaCl_2$ çözeltileri hazırlanmıştır. 1.00 g hava kuru toprak kullanılmak sureti ile bu çözeltilerden 25 ml üzerine ilave edilerek 25 °C'de 24 saat çalkalanmıştır. Elde edilen çözelti Whatman No:42 filtre kağıdı ile filtre edilip sıvı fazı ayrılıp dengedeki fosfor konsantrasyonu spektrofotometre (Jenway 6300) ile tayin edilmiştir (Pierzynski, 2000). Elde edilen denge çözeltisi fosfor miktarları (C) ve adsorplanan fosfor (S) verileri kullanılarak Langmuir adsorpsiyon izoterminin aşağıda verilen doğrusallaştırılmış denklemi oluşturulmuştur (Denklem 1). Langmuir P-adsorpsiyon izoterm grafiğinin eğim ($S_{max}=1/eğim$) ve kayma ($k=1/(kayma*S_{max})$) değerleri kullanılarak S_{max} ve k hesaplamaları yapılmıştır (Guilherme et al., 2000; Pant and Reddy, 2001; Allen, 2002).

$$C/S = 1/kS_{max} + C/S_{max}(1)$$

S : Adsorplanan fosfor miktarı (mg kg^{-1})

C : Denge çözeltisinin fosfor konsantrasyonu (mg L^{-1})

S_{max} : Fosfor adsorpsiyon maksimumu (mg kg^{-1})

k: Fosfor yükleme enerjisi

Toprak analizlerinde kullanılan metotlar

Toprak örnekleri hava kuru özelliklerde 2 mm'lik elekten geçirilmiştir. Toprakların bünyesi

hidrometre metodu (Bouyoucous, 1951) kullanılarak, su ile doygunluk toprak saf su ile doyurularak, toprak reaksiyonu, suya doyurulmuş toprakta pH-Metre (Jenway 3510) kullanılarak, alınabilir potasyum, 1 N $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (pH 7.0) ekstraksiyonunda fleymfotometre ile (Model PFP7) ölçülerek, toplam kireç, Scheibler kalsimetresi kullanılarak tayin edilmiştir (Richards, 1954, Martin and Reeve, 1955). Toplam tuz, kondaktivimetre aleti (Jenway 4520 Conductivimeter) ile tayin edilmiştir (Richards, 1954; Yurdakul, 2018). Organik madde miktarı, hot plate (Lab Tech EG20B)'de organik maddenin yakılması ve demir sülfat ile geri titrasyon yapılarak tayin edilmiştir (Walkley and Black, 1934). Alınabilir fosfor, 0.5 M NaHCO_3 (pH 8.5) ekstraksiyonunda spektrofotometre (Jenway 6300) ile tayin edilmiştir (Olsen et al., 1954). Katyon değişim kapasitesi (KDK) 1 M sodyum asetat metoduna göre (Polemio and Rhoades, 1977) yapılmıştır. Toplam fosfor tayininde HClO_4 ile yakma metodu (Page et al., 1982) kullanılmıştır. Toplam demir asit karışımı ile yakılarak AAS ile (Jackson, 1958) tayin edilmiştir. Bileşenleri giderilerek biriktirilen sekiz toprak ve doğal iki toprak numunesinde fosfor fraksiyonları tayin

edilmiştir. Toplam fosfor tayininde HClO_4 ile yakma metodu (Page et al., 1982) kullanılmıştır. Organik P 550 °C'de kuru yakma metoduna göre belirlenmiştir (Page et al., 1982), Olsen fosforu, 0.5 M NaHCO_3 (pH 8.5) ekstraksiyonu kullanılarak (Olsen et al., 1954) tayin edilmiştir. İnorganik fosfor, P_T ile P_O farkından hesap yöntemi (Saygan, 2007) ile bulunmuştur.

Analiz ve değerlendirme yöntemleri

Ağır bünyeli iki toprakta toprak bileşenlerinin (organik madde, kireç ve demir oksitler) uzaklaştırılması durumunda fosfor fraksiyonları arasındaki fark kontrolü ve işlemler arasındaki ilişkinin kontrolü MSTAT programı kullanılarak yapılmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Düver serisi toprağının bünyesi killi, reaksiyonu orta derecede alkalın, kireç içeriği orta derecede, organik madde ve alınabilir P miktarı düşük bir topraktır. Harran serisi toprağının bünyesi killi, reaksiyonu hafif alkalın, kireç miktarı fazla, organik madde miktarı az, alınabilir P miktarı orta seviyededir (Çizelge 1).

Çizelge1. Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 1. Some physical and chemical properties of soils

	Kum Sand	Silt Silt	Kil Clay	pH	Tuz Salt	CaCO ₃	OM	KDK	P	P _{Ols}	P _T	P _O	Fe _T
Top. Soil	%				dS/m	%		me/100g	%	kg/da	mg/kg		%
1	1.79±0.06	28.47±0.12	69.74±0.08	8.09±0.03	1.50±0.07	12±0.57	1.88±0.03	36.51±0.57	0.016±0.006	2.3±0.42	804±1.41	430±7.07	3.12±0.03
2	14.79±0.01	28.62±0.06	56.59±0.13	7.64±0.04	1.51±0.04	24±0.71	1.95±0.14	31.29±0.30	0.054±0.004	6.2±0.42	858±1.41	340±7.07	1.19±0.06

1: Düver serisi (0-20cm), 2: Harran serisi (0-20 cm), pH: Toprak reaksiyonu, OM: Organik madde, KDK: Katyon değişim kapasitesi
P: Alınabilir fosfor, P_{Ols}: Olsen fosforu, Toplam demir: Fe_T

Fosfor adsorpsiyon maksimumları

Düver serisinin doğal ve toprak bileşenleri giderilmiş toprağına ait S_{max} değerleri 182-125 mg kg^{-1} arasında bulunmuştur. Kirecin daha yüksek olduğu ve pH değerlerinin daha fazla olduğu (Çizelge 2), Düver serisi toprağının adsorpsiyon kapasitesi daha fazla bulunmuştur (Shen et al.,

2019). En yüksek S_{max} KG toprağında ve KOG toprağında (182 mg kg^{-1}) bulunmuştur. En düşük S_{max} değeri ise KODG toprakta 125 mg kg^{-1} olarak bulunmuştur (Çizelge 3). Harran serisi toprağında S_{max} 161-92 mg kg^{-1} arasında belirlenmiştir. En yüksek S_{max} değeri KOG topraktan 161 mg kg^{-1} olarak elde edilirken, en düşük S_{max} değeri her üç

bileşenin de topraktan uzaklaştırıldığı KODG konusundan 92 mg kg^{-1} olarak elde edilmiştir (Çizelge 3). Çalışmada Düver serisine ait doğal toprakta S_{\max} 167 mg kg^{-1} ve Harran serisine ait doğal toprakta S_{\max} 156 mg kg^{-1} bulunmuştur.

Gaziantep yöresi topraklarının S_{\max} $58\text{--}113.3 \text{ mg kg}^{-1}$ (Derici and Ağca 1999), killi topraklarda S_{\max} $48\text{--}1429 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında olması (Valladares et al., 2003) çalışmada bulunan S_{\max} değerleri ile örtüşmektedir.

Çizelge 2. Toprak bileşenleri uzaklaştırılmış toprakların reaksiyonları

Table 2. Reactions of soils from which soil components have been removed

Toprak	Doğal toprak	OG toprak	KG toprak	OKG toprak	KODG toprak
	Natural soil	OG soil	KG Soil	OKG soil	KODG soil
			pH (%)		
1	8.09	7.90	6.98	7.10	9.18
2	7.64	7.80	7.29	6.96	9.01

1: Düver serisi (0-20 cm), 2: Harran serisi (0-20 cm)

OG: Organik madde giderilmiş, KG: Kireç giderilmiş, OKG: Organik madde kireç giderilmiş, KODG: Organik madde kireç demir oksitler giderilmiş

Çizelge 3. Toprakların fosfor adsorpsiyon değerleri

Table 3. Phosphorus adsorption values of soils

Konular Subjects	S_{\max} (mgkg^{-1})	k (Lmg^{-1})	r^2	Langmuir eşitliği Langmuir equality
Düver				
Toprak Soil	167	8.57	0.902	$y = 0.006x + 0.0007$
OG toprak OG soil	143	14.00	0.992	$y = 0.007x + 0.0005$
KG toprak KG soil	182	18.33	0,999	$y = 0.0055x - 0.0003$
KOG toprak KOG soil	182	2.62	0.861	$y = 0.0055x + 0.0021$
KODG toprak KODG soil	125	0.49	0.837	$y = 0.008x + 0.0165$
Harran				
Toprak Soil	156	12.8	0.988	$y = 0.0064x + 0.0005$
OG toprak OG soil	154	9.29	0.967	$y = 0.0065x + 0.0007$
KG toprak KG soil	156	10.67	0.987	$y = 0.0064x - 0.0006$
KOG toprak KOG soil	161	0.91	0.973	$y = 0.0062x + 0.0068$
KODG toprak KODG soil	92	8.38	0.989	$y = 0.0109x + 0.0013$

OG: Organik madde giderilmiş, KG: Kireç giderilmiş, KOG: Kireç ve organik madde giderilmiş, KODG: Kireç organik madde ve demir giderilmiş

Toprak bileşenlerinin fosfor fraksiyonları ile ilişkileri

Düver ve Harran serisi toprağı P_T içeriğı sırası ile 804 ve 858 mg kg^{-1} P_o içeriğı 430 ve 340 mg kg^{-1} P_i içeriğı 374 ve 518 mg kg^{-1} P_{ois} içeriğı 4.10 ve 11.67 mg kg^{-1} olarak bulunmuştur (Çizelge 4). Türkiye topraklarının P_T içeriğini belirlemek için yapılan çalışmalarda en yüksek P_T 978 mg kg^{-1} ile Çarşamba ovasında, en düşük P_T ise 449 mg kg^{-1} miktarında Trakya yöresinde tespit edilmiştir (Kacar ve Katkat, 1997). Kireç taşı ve benzeri ana materyalden oluşmuş toprakların P_T içeriğı ana materyal kaynağı

kireç olmayanlara göre daha yüksektir (Frossard et al., 2000; George et al., 2003). Düver serisi ve Harran serisinin doğal topraklarının P_o 'u P_T 'lerinin %54-40'ını oluşturmuştur. Genelde toprakların organik fosfor miktarı ile toplam fosfor miktarı arasındaki oran 3/4 olarak belirtilmektedir (Walker and Adams, 1958). Doğal toprağın P_o ile işlem (organik madde, kireç ve demir giderme) yapılmış toprakların P_o değerleri arasındaki farkın giderme işlemleri esnasında serbest kalan P 'un P -adsorpsiyon yüzeyleri tarafından tutulmasından kaynaklanmış olabileceğı düşünölmektedir. Bu

olay inorganik fosfor artışına neden olmuştur (Benzing and Richardson, 2005).

Çizelge 4. Giderme işlemi yapılmış toprakların P fraksiyonlarının miktarları
Table 4. Quantities of the P fractions of the removed soils

Konular	P _T (mgkg ⁻¹)	P _o (mgkg ⁻¹)	P _i (mgkg ⁻¹)	P _{ois} (mgkg ⁻¹)
Düver Serisi				
Toprak (Soil)	804	430	374	4.10
OG toprak	338	-	338	23.06
KG toprak	372	170	202	139.71
KOG toprak	216	-	216	68.95
KODG toprak	135	-	135	67.79
Harran Serisi				
Toprak (Soil)	858	340	518	11.67
OG toprak	406	-	406	17.27
KG toprak	405	128	277	97.00
KOG toprak	277	-	277	109.00
KODG toprak	277	-	277	76.77

OG: Organik madde giderilmiş, KG: Kireç giderilmiş, KOG: Kireç organik madde giderilmiş, KODG: Kireç, organik madde ve demir giderilmiş

Toprak bileşenlerinin uzaklaştırılmasının toplam fosfora etkisi

Toprakta peş peşe gerçekleştirilen giderme işlemleri sonucunda P_T değerinde dikkate değer bir azalma gerçekleşmiştir (Çizelge 4, Şekil 1). Toprak bileşenlerinin giderilmesi ile P_T arasındaki regresyon ilişkisi Düver serisinde önemli olmuştur ($r^2= 0,795^*$)(Çizelge 5). Toprakta uzaklaştırılan her bileşene göre toprağın P_T miktarı biraz daha azalmıştır. Organik maddenin giderilmesi P_T değerini normal toprağa göre Düver serisinde %58, Harran serisinde %47 azaltmıştır. Organik madde, mineral P ve mineral ve toplam Fe arasında denge rolü oynamaktadır, P'un demir tarafından tutunmasında aracıdır (Voort, 2010). Diğer konularla kıyaslandığında P_T'da kireç giderilmiş konu ile organik madde giderilmiş konu arasında büyük bir fark oluşmamıştır. P_T'da en çok azalma konuların birlikte giderildiği durumlarda olmuştur. P_T'un büyük bir bölümünü oluşturan P_i'un %75'i Fe/Al-P ve Ca-P'undan oluştuğu için giderilen Ca ve Fe toplam fosforun azalmasına neden olmuştur (Yang et al., 2002). Düver serisinde her üç toprak bileşeninin giderildiği konudan 135 mg kg⁻¹ P_T elde edildiği bunu organik ve kirecin birlikte giderildiği

konunun takip ettiği (216 mg kg⁻¹) görülmektedir. Düver serisinde P_T meydana gelen azalma istatistiki anlamda önemli olmuştur ($F=10.21^*$, $P<0.5$) (Çizelge 6). Harran serisinde ikili ve üçlü giderme işlemleri sonucunda P_T'da azalma gerçekleşmekle birlikte iki giderme işleminin birbirleri arasında fark oluşmamıştır. Harran serisi toprağında giderme işlemleri ile P_T ilişkisi istatistiksel anlamda önemli olmuştur ($F=16.95^{**}$, $P<0.01$). Bu durumun oluşmasında Harran toprağının diğer toprağa göre daha düşük demir içeriğine sahip olması nedeniyle Ca-P ve organik madde ile tutulup giderme işleminden sonra açığa çıkan P'un Fe tarafından adsorplanmadığını göstermektedir. Nitekim organik maddenin olmadığı durumda adsorpsiyona asıl etki metal bileşikler tarafından gerçekleştirilmektedir (Chacon and Dezzio, 2004). Organik maddenin ve kirecin ayrı ayrı giderildiği toprakların P_T değerlerinin de diğer topraklar içerisinde en yüksek değerler olduğu görülmektedir (Çizelge 4). Bu olay toprağın P havuzunu daha fazla P_o ve CaCO₃'a bağlı fosforun oluşturduğunu düşündürmektedir (Samadi, 2006). Toprağın bileşenlerinin giderilmesinin P_T üzerine etkisi Düver serisi ve Harran serisi topraklarında önemli

olmuştur ($F=10.21^*$, $P<0.05$), ($F=16.95^{**}$, $P<0.01$) (Çizelge 6).

Çizelge 5. Bazı toprak özellikleri ile fosfor formlarının regresyon (r^2) parametreleri
Table 5. Regression (r^2) parameters of some soil properties and phosphorus forms

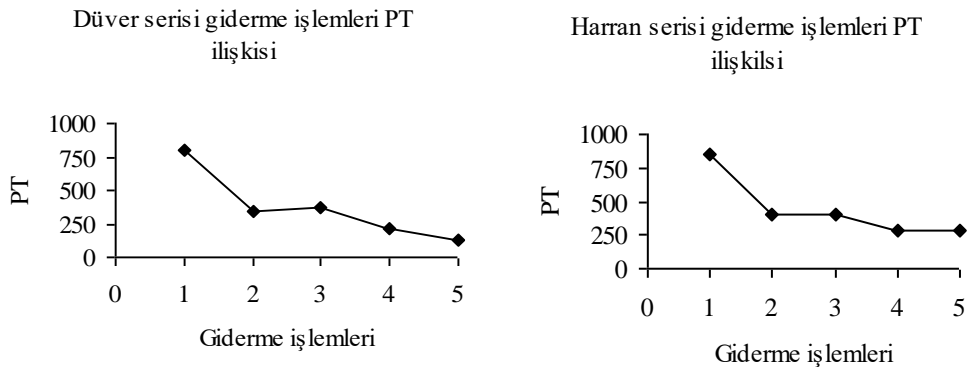
Konular Subjects	P_T		P_i		P_{Ols}	
	1	2	1	2	1	2
P_T	-	-	-	-	-	-
P_i	0.648	0.822*	-	-	-	-
P_{Ols}	0.232	0.504	0.531	0.839*	-	-
S_{max}	0.106	0.128	0.025	0.113	0.132	0.013
T_G	0.795*	0.724	0.905*	0.789*	0.273	0.603

1: Düver serisi, 2: Harran serisi, TG: Toprak bileşeni giderme işlemleri, *: $P<0.05$

Çizelge 6. Bazı toprak özellikleri ile fosfor formlarının varyasyon (F) kriterleri
Table 6. Criteria for variation (F) of phosphorus forms with some soil properties

Konular Subjects	P_T		P_i		P_{Ols}	
	1	2	1	2	1	2
P_T	-	-	-	-	-	-
P_i	0.93	0.63	-	-	-	-
P_{Ols}	6.98*	12.26**	14.57**	30.01**	-	-
S_{max}	3.36	7.75*	4.11	16.93**	14.53**	11.47**
T_G	10.21*	16.95**	31.43**	51.15**	6.06*	8.59*

1: Düver serisi, 2: Harran serisi, TG: Toprak bileşeni giderme işlemleri, *: $P<0.05$, ** $P<0.01$



1: Doğal toprak, 2: OG toprak, 3:KG toprak, 4: OKG toprak, 5: OKDG toprak

Şekil 1. Toprağın bileşenlerini giderme işlemlerinin P_T miktarlarına etkileri

Figure 3. Effects of soil decomposition processes on P_T amounts

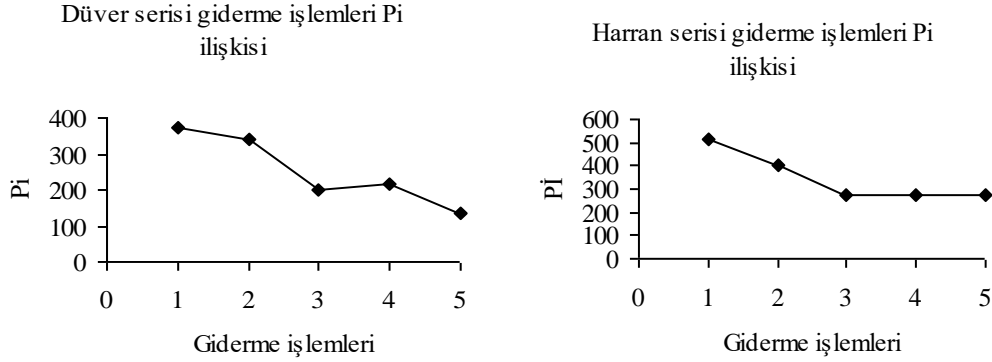
Toprak bileşenlerinin uzaklaştırılmasının inorganik fosfora etkisi

Topraklarda giderme işlemleri ile P_i miktarı arasındaki regresyon ilişkisi Düver serisi ve Harran serisi toprağında 0.905^* ve 0.789^* ile önemli olmuştur (Çizelge 5). Düver serisinde istatistiki önem $F=31.43^{**}$, $P<0.01$ iken Harran serisinde $F=51.15^{**}$, $P<0.01$ elde edilmiş ve toprak bileşenlerini giderme işlemlerinin P_i üzerine etkisi önemli olmuştur (Çizelge 6). Topraklarda gerçekleştirilen her giderme işlemi sonunda P_i 'da azalma meydana gelmiştir (Şekil 2). En düşük pH değeri kireç giderme işleminden sonra 6.98-7.29 olarak elde edilmiştir. Topraklardan demir giderme

işlemi sonucunda toprak pH değerinde 9.01-9.18 arasında yükselme oluşmuştur. Ortamda kireç varken giderilen Fe/Al ortam pH'sında yükselmeye neden olmakta açığa çıkan PO_4^{3-} Ca tarafından adsorplanmaktadır (Benzing and Richardson, 2005) (Çizelge 2). Bitkilerin toprak çözeltisinden P_i (Ortofosfat) alımında toprak reaksiyonu önemli bir etken olmakla birlikte, bitki özelliklerinin de toprak pH'sı üzerine etkisi bulunmaktadır. Azalan pH değerlerinde de P_i alımının arttığı, fosfor az olduğu zaman toprağın P tamponlama kapasitesi ile P difüzyon kapasitesinin de önemliliği ortaya çıkmaktadır (Lambers, 2022). Düver serisi ve Harran serisi toprağında kirecin topraktan

uzaklaştırılmasının P_i miktarına etkisi diğer bileşenlerin uzaklaştırılmasından fazla olmuştur. Her iki topraktaki kireç miktarının bu olayda etken olduğu görülmektedir (Carreira et al., 2006). Kurak ve yarı kurak iklimlerde kirecin toprakların P_i miktarında dominant faktör olduğu görülmektedir. Toprakta üç bileşen (organik madde, kireç ve demir oksitler) birlikte uzaklaştırıldığında P_i değeri

en düşük miktar olan 135-277 mg kg^{-1} seviyesine inmiştir (Çizelge 4, Şekil 2). Ortamdan kireç giderildiğinde açığa çıkan fosfor Fe/Al tarafından tutulmakta iken Fe'li bileşiklerin de giderilmesi ile P-adsorpsiyon alanlarındaki eksilmeden dolayı, P_i 'da azalma oluşmuştur (Benzing ve Richardson, 2005).



1: Doğal toprak, 2: OG toprak, 3: KG toprak, 4: OKG toprak, 5: OKDG toprak

Şekil 2. Toprağın bileşenlerini giderme işlemlerinin P_i miktarlarına etkileri
Figure 4. Effects of soil decomposition processes on P_i amounts

Toprak bileşenlerinin giderilmesinin Olsen fosforuna etkisi

Toprak bileşenlerinin (kireç, organik madde ve demir oksitler) giderilmesi ve P_{Ois} arasındaki regresyon ilişkisi Düver serisi (0.273) ve Harran serisi (0.603) toprağında önemli olmazken (Çizelge 5), her iki toprakta konular arasındaki önemlilik sırasıyla $F=6.06^*$ ve $F=8.59^*$ olarak %5 seviyesinde olmuştur (Çizelge 6). Organik maddenin topraktan giderilmesi P_{Ois} 'unu Düver serisinde, normal toprağın 5 katından daha fazla (4.1-23.06 mg kg^{-1}), Harran serisinde ½ katı (11.67-17.27 mg kg^{-1}) arttırmıştır.

Organik maddenin parçalanarak topraktan giderilmesi esnasında ortaya çıkan P_o , P-adsorpsiyon yüzeyleri tarafından adsorplanarak P_i 'un açığa çıkmasına neden olmuştur (Chacon and Dezzo, 2004; Voort, 2010). Bununla beraber diğer giderme işlemleri ile kıyaslandığında en az artışı bu işlem oluşturmuştur. Bikarbonatta ekstrakte olabilen P_{Ois} 'nun toprağın organik C, kil ve okzalatta ekstrakte olabilen Al, Fe ve mangan (Mn) ile pozitif, pH ve $CaCO_3$ ile negatif korelasyon verdiği (Turner et al., 2003, Benzing ve Richardson,

2005), bu olaya organik maddenin olmadığı durumda P-adsorpsiyonunda etkenlik mineral yüzeyleri ile olduğu ve alkalın ortamda organik maddenin parçalanmasının serbest minerallerin oluşumuna neden olarak da bir miktar P' u adsorplayarak diğer bileşenlere göre daha az artış sağladığı görülmektedir (Chacon and Dezzo, 2004; Voort, 2010). Düver serisi toprağında ortamdan sadece kirecin uzaklaştırılması P_{Ois} 'unu en fazla arttıran etki olmuştur, Harran serisinde sadece kireç giderme ve kireç ile organik maddenin birlikte giderilmesi işlemlerinin birbirleri arasında fark oluşmamıştır. Olsen fosforu en fazla bu giderme işlemlerinden sonra elde edilen toprakta bulunmuştur. Çünkü, kalsiyum karbonat P-adsorpsiyonunu artırarak yarayışlı fosforun azalmasına neden olmaktadır. $CaCO_3$ 'ün giderilmesi fosforun açığa çıkmasına ve yarayışlılığının artmasına neden olmaktadır (Tisdale et al., 1985; Laljee, 2012). Düver ve Harran serisi topraklarının bileşenlerinin üçlü giderildiği ortamlarda P_{Ois} 'da yaklaşık aynı değerlere ulaşılmış (67.79 – 76.77 mg kg^{-1}) ve P_{Ois} miktarında doğal toprağa göre çok fazla artış oluşmuştur. P-adsorpsiyon özelliği olan

bileşenlerin giderilmesi ile killerin P-adsorplama kabiliyeti toprağın fosforunu tutan ana özellik olarak ortaya çıkmaktadır. Bu durumda P_{Ols} 'nin artışına meydan vermektedir. Nitekim faklı tampon kapasitelerine, toprak bileşenlerinin etkisi, sırasıyla Demir>kil>değişebilir Alüminyum olarak belirtilmektedir (Bahl and Singh, 2009).

Toplam fosfor ile fosfor adsorpsiyon maksimumu ilişkileri

Her iki toprakta da P_T 'nin en düşük olduğu noktada (her üç bileşenin de topraktan giderildiği durum) S_{max} 'nin en düşük olduğu görülmektedir (Çizelge 4). P_T ile S_{max} arasındaki regresyon ilişkisi Düver serisinde önemli olmazken (Çizelge 5), Harran serisi toprağında önemli olmuştur (Çizelge 6). Düver serisinde P_T 'da artış olması (ortamda demirli bileşikler mevcut), Harran serisinde P_T 'da artış olmasa da ortamda demirli bileşiklerin varlığı S_{max} 'da artış oluşturmuş olabilecektir. Düver serisinde ortamda kirecin olmadığı durumda da P_T artışı ile S_{max} artışı devam etmiştir. Nitekim biyokatinin kalsiyumu çöktürüldüğünde en fazla ekstrakte edilebilir P elde edildiği, kireçli topraklarda en çok HCl'de ekstrakte edilen P bulunduğu bunun da Ca-P'u olduğu, Fe/Al ile düşük korelasyon elde edildiği, kurak bölge topraklarında P tutulması ve fiksasyonunda $CaCO_3$ 'ün birincil etkili olduğu bildirilmektedir (Bertrant et al., 1999; Carreira et al., 2006). Harran serisinde ortamda kirecin olmadığı durumda P_T artışı ile S_{max} 'da değişim oluşmamıştır. İnorganik P'un dolayısı ile P_T 'un önemli bir bölümünü Ca-P ve Fe/Al-P oluşturmaktadır. Bu özelliklerin toprakta bulunması S_{max} 'nin artmasında etkili olmuştur (Wang et al., 2005; Benzing and Richardson, 2005). Kalsiyumlu ve demirli bileşiklerin ortamda bulunmasına karşın, organik maddenin uzaklaştırılması ile P_T arttırılsa dahi S_{max} değerinde düşüş oluşturmuştur. Bu da asıl P-adsorpsiyon alanlarını işgal etmede kirecin etkisinin organik maddenin etkisinden daha fazla olduğunu göstermekle birlikte, parçalanmış organik maddenin bir kısmının Fe/Al bileşenleri üzerindeki P-adsorpsiyon yüzeylerini işgal etmiş olmasından kaynaklanmaktadır (Alam, 1999; Zhang et al.,

2008). Her üç bileşenin de toprakta bulunduğu konumda normal toprakta P_T artışına karşın S_{max} değerinde azalma oluşmuştur. Bunda da toprak bileşenlerinin kendilerinin P-adsorplama yeteneklerinin yanı sıra diğer P-adsorpsiyon alanlarını işgal etmeleri etkili olmuştur. Sadece toprak bileşenlerinin uzaklaştırıldığı konularda, P_T ve S_{max} ilişkisini pH'yı göz önüne alarak değerlendirdiğimizde düşük P_T ve düşük S_{max} değerinde en yüksek pH değerini görmekte iken, yüksek P_T ve yüksek S_{max} değerinde de en düşük pH değerini görmekteyiz. Düşük pH değerlerinde ortamda kirecin olmaması demirli bileşiklerin adsorpsiyon güçlerinin artmasına neden olarak P_T 'u yükseltmektedir. Toprak reaksiyonunun yüksek olduğu ortamda (organik madde, kireç ve demirli bileşiklerin giderildiği durum) P-adsorpsiyonunda etken yüzeylerin topraktan uzaklaştırılmış olması S_{max} değerinin azalmasını açıklamaktadır.

Sonuçlar

Düver serisi ve Harran serisi toprağının P_T içeriği 804 ve 858 $mg\ kg^{-1}$ P_o içeriği 430 ve 340 $mg\ kg^{-1}$ P_i içeriği 374 ve 518 $mg\ kg^{-1}$ P_{Ols} içeriği de 4.10 ve 11.67 $mg\ kg^{-1}$ olarak bulunmuştur. Toprakların P_T ve P_i 'u toprak bileşenlerinin giderilmesi ile azalmış, en fazla azalma da her üç bileşenin de giderildiği durumda gerçekleşmiştir. Olsen fosforu her iki toprakta da kireç giderildiği konumda en fazla artışı oluştururken, her üç bileşeninde giderildiği konumda yine artış göstermiştir. Giderme işlemleri esnasında açığa çıkan P, tercih edilerek adsorlanmış bu fosfor P_{Ols} miktarını arttırmıştır. Toprak bileşenlerinin giderilmesi, toprağın S_{max} ve P_T miktarlarına azaltma etkisinde bulunurken, P_{Ols} miktarında artmaya neden olmuştur. Ekonomik ve çevreye dost bir gübreleme programı yapabilmek için toprağın P_T , S_{max} ve P_{Ols} miktarlarının bilinmesi ve aralarındaki ilişkinin sorgulanması, gübreleme programının bu bilgiler ışığında gerçekleştirilmesi, verimlilik ve çevre koruma anlamında önemlidir.

Ekler

Bu çalışmada kullanılan veriler Ağır Bünyeli

Toprakta Bazı Toprak Bileşenlerinin Fosfor Adsorpsiyon Kapasitesine Etkilerinin Langmuir İzotermi ile Araştırılması (TOVAG-1060300) projesinin bir bölümünden alınmıştır. Proje TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Yazarlar TÜBİTAK'a desteklerinden dolayı teşekkür ederler.

Çıkar Çatışması: Bu çalışmada çıkar çatışma beyanı gereksinimi bulunmamaktadır. Çalışmanın tamamı makalenin yazarı tarafından yapılmıştır.

Yazar Katkısı: Fikir/hipotez, materyal, metot, araştırma, veri toplama ve işleme, veri analiz, görselleştirme, veri yönetim, yazma, gözden geçirme ve düzeltme İlknur YURDAKUL tarafından yapılmıştır.

Etik Kurulu Kararı: Yayın etik kurulu gerektirmemektedir.

Kaynaklar

Allen, D. (2002). Standarditaion of Soil Test for Phosphorus. Chemistry Centere (Wa), Grains Research and Development Corporation: Part 1 Sorption.

Amrani, M., Westfall, D.G., & Moughli, L. (1999). Evaulation of residual and cumulative phosphorus effects in contrasted moroccon calcareous soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 55:231-238. <https://doi.org/10.1023/A:1009855609746>.

Aquiera, N.H., & Jackson, M.L. (1953). Iron oxide removal from soils and clays. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 17: 359-364. <https://doi.org/10.2136/sssaj1953.03615995001700040015x>

Arcak, Ç. (2003). Toprak Ve Gübre Araştırma Enstitüsü Sarayköy Araştırma Ve Deneme İstasyonu Toprakları. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü, Teknik Rapor No:3, Ankara.

Bahl, G.S., & Singh, N.T. (2009). Phosphorus diffusion in soils in relation to some edaphic factors and its influence on P uptake by maize and wheat. *The Journal of Agricultural Science*, 107(2): 335-341. <https://doi.org/10.1017/S002185960008713X>.

Benzing, P., & Richardson, C.J. (2005). CaCO₃ Causes underestimation of NaOH extractable phosphorus in sequential fractionations. *Soil Sci.*, 170(10): 802-809. DOI: 10.1097/01.ss.0000190501.98437.d1.

Berg, A., & Joern, S.B.C. (2006). Sorption dynamics of organic and inorganic phosphorus compounds in soil. *J. Environ Qual.*, 35(5):1855-62. <https://doi.org/10.2134/jeq2005.0420>.

Bertrand, I., Hinsinger, P., Jaillard, B., & Arvieu, J.C. (1999). Dynamics of phosphorus in the rhizosphere of maize

and rape grown on synthetic phosphated calcite and goethite. *Plant and Soil*, 211(1):111-119. <https://doi.org/10.1023/A:1004328815280>.

Bhadoria, S.P., Steringrobe, B., Claassen, N., & Liebersbach, H. (2002). Phosphorous efficiency of Wheat and sugar beet seedlings grown in soil with mainly calcium or iron and aliminium phosphate. *Plant and Soil*, 246:41-52. <https://doi.org/10.1023/A:1021567331637>.

Blake, L., Johnston, A.E., Poulton, P.R., & Goulding, K.W.T. (2003). Changes in soil phosphrus fractions following positive and negative phosphorus balances for long periods. *Plant and Soil*, 254:245-261. <https://doi.org/10.1023/A:1025544817872>.

Bouyoucus, G.J. (1951). A Recalibration of The Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soil. Contribution from the Soil Science Department of the Michigan Agricultural Experiment Station, East Lansing, Mich. Authorized for publication by the Director as Journal Article No:1199. <https://doi.org/10.2134/agronj1951.00021962004300090005x>.

Braschi, N.C., Ciavatta, C., Giovannini, C., & Gessa, C. (2003). Combined effect of water and organic matter on phosphorous availability in calcareous soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 67:67-74. <https://doi.org/10.1023/A:1025143809825>.

Bolat, İ. & Kara, Ö. (2017). Bitki Besin Elementleri: Kaynakları, İşlevleri, Eksik ve Fazlalıkları. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19(1): 218-228. DOI: 10.24011/barofd.251313

Campbell, K.L. & Edwards, D.R. (2001). Phosphorus and Water Quality. W. F. Ritter and A. Shirmonhammadi (Ed.), *Agricultural Nonpoint Source Pollution, Waterahed Management and Hydrology*, 91-107 Boca Raton, New York. Washington. D.C.

Carpenter, S.R., Caraco, N.F., Correll, D.L., Howarth, R.W., Sharpley, A.N., & Smith, V.H. (1998) Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecol. Appl.*, 8:559-568.

Carreira, J.A., Vinegla, B., & Lajtha, K. (2006). Secondary CaCO₃ and precipitation of P-Ca compounds control the retention of soil P in arid ecosystems. *J. Arid Environ.*, 64(3):460-473. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.06.003>.

Castro, B., & Torrent, J. (2003). Phosphate sorption by calcareous vertisols and inceptisols as evaluated from extended P- sorption curves. *Eur. J. Soil Sci.*, 49(4):661-667. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.1998.4940661.x>.

Chacon, N., & Dezzeo, N. (2004). Phosphorus fractions and sorption processes in taken in forest-savanna sequence of the gran in southern Venezuela. *Biol Fertil. Soils*, 40:14-19. <https://doi.org/10.1007/s00374-004-0733-7>.

Condron, M.L. (2003). Dynamics and Availability of Organic Phosphorus in Soil. Proceedings of 2nd Internal Symposium on Phosphorus Dynamics in the Soil Plant Contium p: 14-15.

Cong, W.F., Suriyagoda, L.D.B., & Lambers, H. (2020). Tightening the phosphorus cycle through phosphorusefficient crop genotypes. *Trends Plant Sci.*, 25:967-75.

- Cross, A.F., and Schlesinger, W. (2001). Biological and geochemical controls on phosphorus fractions in semiarid soils. *Biogeochemistry*, 52:155-172. <https://doi.org/10.1023/A:1006437504494>.
- Derici, M.R., ve Ağca, N. (1999). Phosphorus adsorption of the soils of the gaziantep kayalık plain. *Tr. J. Agriculture and Forestry, Tübitak*, 23(2):395-400.
- DİE (1998). Tarımsal Yapı (Üretim, Fiyat, Değer). Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü Yayınları, DİE Matbaası, Ankara.
- Dinç, U., Şenol, S., Sayın, M., Kapur, S., Güzel, N., Derici, R., Yeşilsoy, N.Ş., Yeğingil, İ., Sarı, M., Kay, a Z., Aydın, M., Kettaş, F., Berkman, A., Çolak, A.K., Yılmaz, K., Tunçgöğüs, B., Çavuşgil, V., Özbek, H., Gülüt, K.Y., Karaman, C., Dinç, O., Öztürk, N., ve Kara, E.E. (1988). Güneydoğu Anadolu Bölgesi Toprakları (GAT) 1. Harran Ovası. TÜBİTAK Tarım ve Ormanlık Grubu Güdümlü Araştırma Projesi Kesin Sonuç Raporu, Proje TOAG-534.
- Elser, J.J., Bracken, M.E.S., Cleland, E.E., Gruner, D.S., Harpole, W.S., Hillebrand, H., Ngai, J.T., Seabloom, E.W., Shurin, J.B., & Smith, J.E. (2007). Global analysis of nitrogen and phosphorus limitation of primary producers in freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 10:1135-42. doi:10.1111/j.1461-0248.2007.01113.x.
- Frossard, E., Condron, L.M., Oberson, A., Sinaj, S., & Fardean, J.C. (2000). Processes governing phosphorus availability in temperate soils. *Journal of Environmental Quality*, 29(1):15-23. <https://doi.org/10.2134/jeq2000.004724250029000100003x>.
- Gahrooe, R.F. (2003). Increased microbial activity affects the extractable phosphorus in Ca-rich arid and semi-arid soils. Proceedings of 2nd Internal Symposium on Phosphorus Dynamics in the Soil-Plant Contium 46-47.
- Gallet, A., Flish, R., Ryser, J., Nosberger, J., Frossard, E., & Sinaj, S. (2003). Uptake of residual phosphate and freshly applied diammonium phosphate by lolium perenne and trifolium repens. *J. Plant Nutr. Sci.*, 166(5): 557-567. <https://doi.org/10.1002/jpln.200321075>.
- Gebirim, F.O., Novais, R.F., Silva, I.R., Schulthais, F., Vergütz, L., Procopio, L.C., Moreira, F.F., & Jesus, G.L. (2010). Mobility of inorganic and organic phosphorus forms under different levels of phosphate and poultry litter fertilization in soils. *R. Brass. Ci. Solo*, 34:1195-1205. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000400019>.
- George, T.S., Richardson, A.E., Hadobas, P.A., & Simpson, R.J. (2003). Rhizosphere Limitations to The Efficiency of Phytase-Phtate Interactions. Proceedings of 2nd Internal Symposium on Phosphorus Dynamics in the Soil-Plant Contium, 48-49.
- Ghahremani, M., Tran, H., Biglou, S.G., O'Gallagher, B., She, Y.M., & Plaxton, W.C. (2019). A glycoform of the secreted purple acid phosphatase AtPAP26 copurifies with a mannose-binding lectin (AtGAL1) upregulated by phosphate-starved Arabidopsis. *Plant Cell Environ*, 42:1139-57.
- Gu, C., Wilson, S.G., & Margenot, A.J. (2020) Lithological and bioclimatic impacts on soil phosphatase activities in California temperate forests. *Soil Biol. Biochem.*, 141:107633. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.107633>.
- Guilherme, L.R.G., Curi, N., Silva, M.L.N., Reno, N.B. & Machado, R.A.F. (2000). Phosphorus Adsorption in Lowland Soils From Minas Gerais State Brazil. *Revista Brasileira De Ciencia Do Solo*, 24(1), 27-34.
- Hartge, K.H. (1971). Die Physikalische Untersuchung Von Böden. Enke Verlag Stuttgart. pp. 31-50.
- Hawkesford, M.J., Cakmak, I., Coskun, D., De Kok, L.J., Lambers, H., et al. (2022). Functions of macronutrients. In Marschner's Mineral Nutrition of Plants, ed. Z Rengel, I Cakmak, PJ White. London: Elsevier. 4th Ed.
- Hedley, M., Stewart, J. & Chauhan, B. (1982). Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46:970-976. <https://doi.org/10.2136/sssaj1982.03615995004600500017x>
- Hou, E., Tan, X., Heenan, M., & Wen, D. (2018) A global dataset of plant available and unavailable phosphorus in natural soils derived by Hedley method. *Sci. Data.*, 5:180166.
- Jackson, M.L. (1958). Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall. Inc. Eng. Cliffs. New Jersey, USA. UW-Madison Libraries Parallel Press. Amazon.co.uk. <https://books.google.com.tr>.
- Jacson, M. L. (1962). Soil Chemical Analysis, New Jersey: Prentice-Hall, Inc. Eng. Cliffs.
- Johnson, A.H., Frizano, J., & Vann, D.R. (2003) Biogeochemical implications of labile phosphorus in forest soils determined by the Hedley fractionation procedure. *Oecologia*, 135:487-499. <https://doi.org/10.1007/s00442-002-1164-5>
- Kacar, B. ve Katkat, V.A. (1997). Tarımda Fosfor. Bursa, Ticaret Borsası Yayınları. Yayın No: 5, Bursa.
- Klotzbücher, A., Kaiser, K., Klotzbücher, T., Wolff, M., & Mikutta, R. (2019) Testing mechanisms underlying the Hedley sequential phosphorus extraction of soils. *J. Soil Sci. Plant. Nutr.*, 182:570-577. <https://doi.org/10.1002/jpln.201800652>
- Laljee, B. (2012). Phosphorous Fixsation as Influenced by Soil Characteristics of Some Mauritian Soils. University of Mauritius. <http://www.gov.mu/portal/sites/ncb/moa/farc/am as97/html/p15.htm>.
- Lambers, H. (2021). Annual review of plant biology phosphorus acquisition and utilization in plants. *Annual Review of Plant Biology.*, 73:17-42. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-102720>
- Li, M., Hou, Y.L., & Zhu, B. (2007). Phosphorus sorption-desorption by purple soils of China in relation to their properties. *Aust. J. Soils.*, 45:182-189. <https://doi.org/10.1071/SR06135>
- Mai, W., Xue, X., Feng, G., Yang, R., & Tian, C. (2019). Arbuscular mycorrhizal fungi—15-fold enlargement of the soil volume of cotton roots for phosphorus uptake in intensive planting conditions. *Eur. J. Soil Biol.*, 90:31-35. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2018.12.002>
- Marschner, P., Solaiman, Z., & Rengel, Z. (2005). Growth, phosphorous uptake and rhizosphere microbial-

- community. Composition of a phosphorous-efficient wheat cultivar in soils differing in pH. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168:343–51. <https://doi.org/10.1002/jpln.200424101>.
- Martin, A.E., & Reeve, R. (1955). A rapid manometric method for determining soil carbonate. *Soil Sci.*, 79(3):187-197.
- Matar, A., Torrent, J., & Ryan, J. (1992). Soil and fertilizer phosphorus and crop responses in the dryland mediterranean zone. *Advances in Soil Science*, 18:81-146. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-2844-8_3.
- Mehra, O.P. & Jackson, M.L. (1960). Iron Oxide Removal From Soil and Clays by a Dithionite-Citrate System Buffered With Sodium Bicarbonate. Proc.7th Natl. Conf. on Clays and Clay Minerals, 317–327, New York.
- Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical methods. SSSA Book Series No. 5. Soil Science Society of American Society of Agronomy. 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711, USA. Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods-SSSA Book Series No: 5.
- Munhoz, R.O., Berton, R.S., & Camargo, O.A. (2011). Phosphorus sorption and redistribution on soil solid phase in a Brazilian Haplorthox amended with biosolids. *Applied and Environmental Soil Sci., Special Issue:7* <https://doi.org/10.1155/2011/283061>.
- McCauley, A., Jones, C. & Jacobsen, J. (2009). Nutrient Management. Nutrient management module 9 Montana State University Extension Service. Publication, 4449-9, 1–16.
- Negassa, W. & Leinweber, P. (2009). How does the Hedley sequential phosphorus fractionation reflect impacts of land use and management on soil phosphorus: A review. *J. Plant. Nutr. Soil. Sci.* 172:305–325. <https://doi.org/10.1002/jpln.200800223>
- Nwoke, O.C., Vanlauwe, B., Diels, J., Sanginga, N., & Osonubi, O. (2004). The Distribution of phosphorus fractions and desorption characteristics of some soils in the moist savanna zone of West Africa. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 69:127–141. <https://doi.org/10.1023/B:FRES.0000029677.09424.ef>.
- Oehl, F., Frossard, E., Fliessbach, A., Dubois, D., & Oberson, A. (2004). Basal organic phosphorus mineralization in soils under different farming systems. *Soil Biology and Biochemistry Soil Biology and Biochemistry*, 36(4):667–675. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2003.12.010>.
- Olsen, S.R., Cole, V., Watanable, F.S., & Dean, L.A. (1954). Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. U. S. Dept. of Agr. Cir., 939, Washington. D.C.
- Öztürkmen, A.R., Ramazanoğlu, E., Çakmaklı, M. & Çakmaklı E. (2021). Harran ovası yaygın toprak serilerinin su tutma eğrilerinin belirlenmesi, *BEU Journal of Science*, 10(3):1009-1018. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.877500>
- Page, A.L., Miller, R.H., & Keeney, D.R. (1982). Methods of Soil Analysis. Chemical and Mikrobiological Properties. Second Edition. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc. Publisher, Madison, Wisconsin, USA.
- Pant, H.K., & Reddy, K.R. (2001). Phosphorus sorption characteristics of estuarine sediments under different redox conditions. *Journal of Environmental Quality*, 30:1474–1480. <https://doi.org/10.2134/jeq2001.3041474x>
- Pierzynski, G.M. (2000). Methods of Phosphorus Analysis for Soils, Sediments, Residuals and Waters. Department of Agronomy, Southern Cooperative Series Bulletin No:396, 2004 Throckmorton Plant Sciences Ctr. Kansas State University, Ks 66506–5501, Manhattan.
- Polemio, M., & Rhoades, J.D. (1977). Determining cation exchange capacity: new procedure for calcareous and gypsiferous soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41(3):524-528. <https://doi.org/10.2136/sssaj1977.03615995004100030018x>.
- Reddy, D.D., Rao, S.A., & Singh, M. (2005). Changes in P fractions and sorption in an alfisol following crop residues application. *J. of Plant Nutrition and Soil Sci.*, 168(2):241-247. <https://doi.org/10.1002/jpln.200421444>
- Richards, L.A. (1954). Diagnosis and Improvement Saline and Alkaline Soils. U. S. Dep. Agr. Handbook 60.
- Richardson, A.E. (1994). Soil Microorganisms and Phosphorus Availability. Pankhurst, C. E.; Doube, B. M.; Gupta, V. V. S. R.; Grace, P. R.(eds.) Book chapter: Soil biota: management in sustainable farming systems. pp.50-62 ref.107. ISBN: 9780643055995, Record Number: 19951907604, Publisher: CSIRO Publications
- Ron, V.M., Edwards, A.C., Shand, C.A., & Cresser, M.S. (1993). Phosphorus fractions in soil solution: influence of soil acidity and fertilizer addition. *Plant and Soil*, 148:175-183. <https://doi.org/10.1007/BF00012855>.
- Samadi, A. (2006). Phosphorus Sorption characteristics in relation to soil properties in some calcareous soils of Western Azarbaijan province. *J. Agric. Sci. Technol.*, 8:251-264.
- Sardi, K., & Csatho, H. (2002). Studies on The Phosphorus Adsorption of Different Soil Types and Nutrient Levels. 17.Wcss., Thailand.
- Sattari, S.Z., Bouwman, A.F., Giller, K.E., & Van Ittersum, M.K. (2012) Residual soil phosphorus as the missing piece in the global phosphorus crisis puzzle. *Proc Natl Acad Sci.*, 109:6348–6353. <https://doi.org/10.1073/pnas.111367510>
- Schulte, E.E., & Kelling, K.A. (1996). Soil and Applied Phosphorus. Understanding Plant Nutrients. A2520. University of Wisconsin System Board of Regents and University of Wisconsin Extension, Cooperative Extension.
- Shah, T.J, Rai, A.P, & Ma, A. (2019). Relationship of Phosphorus Fractions with Soil Properties in Mothbean Growing Acid Soils of North Western Indian Himalayas, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, <https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1604730>
- Shen, J., Rengel, Z., Tang, C., & Zhang, F. (2003). Role of phosphorus nutrition in development of cluster roots and release of carboxylates in soil-grown lupinus albus. *Plant and Soil*, 248:199-206.

- <https://doi.org/10.1023/A:1022375229625>.
- Saygan, E.P. (2007). Harran ovasındaki bazı toprak serilerinin fosfor fraksiyonları. T.C. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Toprak Anabilim Dalı, <http://acikerisim.harran.edu.tr>.
- Tisdale, J.L., Nelson, W.L., & Beaton, J.D. (1985). Soil and Fertilizer Phosphorus in Soil Fertility and Fertilizers. Macmillan Publishing Company, New York, U.S.A. 189-248.
- Turner, B.L., Cade-Menun, B.J., & Westermann, D.T. (2003). Organic phosphorus composition and potential bioavailability in semi-arid Arable soils of Western United States. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 67(4):1168-1179. <https://doi.org/10.2136/sssaj2003.1168>.
- U.S. Salinity Laboratory Staff (1954). Methods for Soil Characterization Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils Agricultural Handbook. No: 60. U.S.A. Washington, D.C.
- Uzunoğlu, S. (1992). Toprak Bünyesi ve Analiz Metotları. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:184, Teknik Yayın No: T-64, Ankara.
- Valladares, G.S., Pereira, M.G., & Dos Anjos, U.H.C. (2003). Phosphate sorption in low activity clay soils. *Bragantia Campinas*, 62(1), 111-118.
- Vance, C.P., Uhde-Stone, C., & Allan, D.L. (2003) Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New Phytol.*, 157:423-447. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00695.x>
- Voort, J. (2010). The effect of carbon on grass-encroachment in the Dutch coastal dunes. Master Thesis Research. Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamic.
- Wagai, R., & Mayer, M.R. (2007). Sorptive stabilization of organic matter in soils by hydrous iron oxides. *Geochimical et Cosmochimica Acta*, 71(1):25-35. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2006.08.047>.
- Walker, T.W., & Adams, A.F.R. (1958). Studies on soil organic matter:1. influence of phosphorus content of organic phosphorus in grassland soil. *Soil Sci.*, 85(6): 307-318.
- Walkley, A., & Black, I.A. (1934). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, 37(1): 29-38.
- Wang, S., Jin, X., Pang, Y., Zhao, H., Zhao, W., & Wu, F. (2005). Phosphorus fractions and phosphate sorption characteristics in relation to the sediment compositions of shallow lakes in the middle and lower reaches of Yangtze River region, China. *J. of Colloid and Interface Sci.*, 289:339-346. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2005.03.081>.
- Xu, X., Zhu, T., Nikonorova, N., & De Smet, I. (2019). Phosphorylation-mediated signalling in plants. In Annual Plant Reviews Online, ed. JA Roberts, pp. 909-32. Chichester, UK: Wiley and Sons
- Yang, J.E., Jones, C.A., Kim, H.J., & Jacobsen, J.S. (2002). Soil inorganic phosphorus fractions and Olsen-P in phosphorus-responsive calcareous soils: Effects of fertilizer amount and incubation time. *Soil Sci. And Plant Analysis*, 33(5-6): 855-871. <https://doi.org/10.1081/CSS-120003071>.
- Zhang, R., Wu, F., Liu, C., Fu, P., Li, W., Wang, L., Liao, H., & Guo, J. (2008). Characteristics of organic phosphorus fractions in different trophic sediments of lakes from the middle and lower reaches of Yangtze River region and Southwestern Plateau, China. *Environmental Pollution*, 152(2):366-372. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.024>.
- Zhou, M., & Li, Y. (2001). Phosphorus sorption characteristics of calcareous soils and limestone from the southern everglades and adjacent farmlands. *Soil Science Society of America Journal*, 65(5):1404-1412. <https://doi.org/10.2136/sssaj2001.6551404x>.



Characterization and suitability assessment of soils in rain forest zone southwest Nigeria for cassava, maize and rice production using parametric method

Nijerya'nın güneybatısındaki yağmur ormanı bölgesindeki toprakların manyok, mısır ve çeltik üretimi için parametrik yöntem kullanılarak karakterizasyonu ve uygunluğunun değerlendirilmesi

Olakunle A FAWOLE ^{1*}, Julius O OJETADE ², Sikiru A MUDA ³

¹Department of Sustainable Forest Management, Forestry Research Institute of Nigeria, Ibadan, Oyo State Nigeria

^{2,3}Department of Soil Science and Land Resources Managements, Obafemi Awolowo University, Ile- Ife, Osun State, Nigeria

¹<https://orcid.org/0000-0003-3165-0447>; ²<https://orcid.org/0000-0002-4544-5682>; ³<https://orcid.org/0000-0001-7042-224X>

To cite this article:

Fawole, Olakunle A, Ojetade, Julius O. & Muda, Sikiru A. (2023). Characterization and suitability assessment of soils in rain forest zone southwest Nigeria for cassava, maize and rice production using parametric method. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 27(4): 624-642
DOI: 10.29050/harranziraat.1299165

*Address for Correspondence:

Fawole, Olakunle A
e-mail:
fawole.aa@frin.gov.ng

Received Date:

18.05.2023

Accepted Date:

07.12.2023

© Copyright 2018 by Harran University
Faculty of Agriculture. Available on-line
at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ABSTRACT

The study assessed the properties of soils derived from medium-grained granite gneiss, developed their taxonomic classification, established soil suitability groups for the selected arable crops production, and proposed sustainable land management practices to improve soil sustainability. Four soil profile pits were established along each of the two topo-sequences identified at the site in compliance with FAO/UNESCO standards. From the identified genetic horizons, soil samples were collected and subjected to routine physical and chemical analyses in the laboratory for characterization and suitability assessment. Data generated from the analyses were subjected to descriptive and inferential statistics. Employing a parametric approach, land attributes observed in the field were merged with those established in the laboratory and crop requirements to produce soil suitability classes. The soils encountered were classed according to the USDA classification system as Typic Isohyperthermic Paleustult, Plinthic Isohyperthermic Paleustult, and aquic Psamment. They were further classified as Lixisol, Plinthic Lixisol, and Fluvisol (WRB), in that order. The actual suitability revealed that all the soil series were presently unsuitable for crop production. Potentially Typic Isohyperthermic Paleustult soil was rated moderately suitable while Plinthic Isohyperthermic Paleustult and Ustipsamment soils were rated marginally suitable for cassava and maize production. All the soils, however, are both actual and potentially unsuitable for rice production. Slope, soil nutrient availability and nutrient retention together with physical characteristics were the key agronomic constraints of the soils encountered in the studied area. Although the soils have a complex relationship, the investigation indicated that they are not homogeneous and vary in potentiality with different physiographic units; as a result, different management techniques at different physiographic positions are required to ensure the sustainable use of soil resources.

Key Words: Soil suitability, Arable crops, Granite gneiss, Taxonomic classification, isohyperthermic and Paleustult.

Çalışmada, orta taneli granit gnaysı üzerinde oluşmuş toprakların özellikleri değerlendirilmiş, bunların taksonomik sınıflandırması yapılmış, mısır, maniok ve pirinç üretimi için toprak uygunluk sınıfları belirlenmiş ve toprak sürdürülebilirliğini artırmak için bir arazi yönetimi stratejisi önerilmiştir. İki topografik kesitte, FAO/UNESCO standartlarına uygun olarak her bir topografik kesit boyunca dört toprak profili açılmıştır. Tanımlanan genetik horizonlardan toprak örnekleri toplanmış ve karakterizasyon ve uygunluk değerlendirmesi için fiziksel ve kimyasal parametreler açısından analiz edilmiştir.

Analizlerden elde edilen veriler tanımlayıcı ve çıkarımsal istatistiklere tabi tutulmuştur. Parametrik ve CBS tekniklerinin kullanılmasıyla, saha gözlemlerinde gözlemlenen arazi özellikleri, laboratuvarında belirlenenler ve bitki gereksinimleri ile birleştirilerek toprak uygunluk sınıfları oluşturulmuştur. Çalışma bölgesinde haritalanan topraklar, USDA'ye göre Typic isohyperthermic Paleustults, Plinthic isohyperthermic Paleustults ve Aquic Psamments olarak sınıflandırıldı. Bu topraklar WRB'ye göre sırasıyla Lixisol, Plinthic Lixisol ve Fluvisol olarak sınıflandırıldı. Gerçek uygunluk, tüm toprak serilerinin şu anda bitki üretimi için uygun olmadığını ortaya koymuştur. Potansiyel olarak Typic isohyperthermic Paleustults topraklar, orta derecede uygun olarak değerlendirilirken, Plinthic isohyperthermic Paleustults ve Aquic Psamments topraklar, maniyoğ ve mısır üretimi için marjinal olarak uygun olarak değerlendirilmiştir. Ancak, tüm topraklar hem gerçekte hem de potansiyel olarak pirinç üretimi için uygun değildir. Çalışma alanındaki toprakların başlıca tarımsal kısıtlamaları, toprak fiziksel özellikleri, besin maddelerinin bulunabilirliği, besin maddelerinin tutulması ve eğim idi. Çalışma, topraklar yakın ilişkili olmalarına rağmen, homojen olmadıklarını ve farklı fizyografik birimlerde farklı potansiyellere sahip olduklarını ortaya koymuştur; bu nedenle, toprak kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını sağlamak için farklı fizyografik konumlarda farklı yönetim tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Orta taneli granit gnays, Taksonomik sınıflandırma, Tipik İzohipertermik Paleustults, Plintik İzohipertermik Paleustults ve Aquic Psamments

Introduction

Soil is a valuable nonrenewable resource that can be found all over the planet. Different types of soil behave differently, provide critical support in terms of food security to human existence and play a critical role in a wide range of human activities and society (FAO, 2015). The resource is vital to the health of the Earth's biosphere. It is essential to maintain healthy soil, its functions, and its qualities to sustain agricultural output and food security (Blum, 1993; De Groot et al., 2002; European Commission, 2006). As a result, every effort to wisely use land must begin with an understanding of the nature, type, and spatial distribution of soils in a region as established by land resource surveys (Thapinta and Hudak, 2003). It has been identified that in any location, a lack of information on soil resources contributes to the problem of soil degradation and global food crises, among other things, because of improper land resource use and management (Esu, 2004). Research has indicated that soils currently in their native state are found on a few landscapes across the globe, based on its characteristics and possibilities, each piece of land is best suited for a specific land use (Opeyemi, 2008).

Due to the anthropogenic activities, the earth's surface is being drastically altered, and man's presence on the planet together with the use of land has had a significant impact on the natural ecosystem (Wilkie and Finn, 1996; Briney, 2008). This problem is aggravated by a lack of knowledge about land's potential, which leads to land

management techniques that are unrelated to its acceptable potential and at large socioeconomic situations (FAO, 2015). Nigeria is currently implementing a program of increasing cultivated area and increased crop output that involves a continuous cropping system of some arable crops including Maize (*Zea mays*), rice (*Oryza sativa*), and cassava (*Manihot esculenta*) because of their global relevance in response to the current global food crisis (Nwite et al., 2012).

These arable crops are among the most important staple food crops that play great roles in the rural economy of Southwestern (SW) Nigeria, and by extension, their use is vital for both humans and livestock. Because of their enormous relevance to human survival and contribution to food security, there is a need to boost production (Ezedinma et al., 2006). Domestic production for each of these crops has yet to satisfy demand due to less viable agricultural inputs, the cropping system, and, most importantly, a lack of information on the crops' land adaptability potential. Increased crop production and sustaining it can only be achieved if there is a better understanding of the soil's suitability potential in the area.

Nigerian agriculture and indeed African agriculture have not succeeded in meeting the continuously changing needs of the citizenry (Chukwu et al., 2013). Persistent food insecurity and failure to supply adequate quantities of raw materials to industries are stark realities. These are attributed to many factors, among which soil resource illiteracy is that hinders agricultural

development in some parts of Nigeria (Chukwu *et al.*, 2013). This is not a surprise as similar observations had been made in most parts of Africa (Ololade *et al.*, 2010). Some of the reasons for this situation are related to lack of soil survey reports of most rural communities and Local Government Areas (LGAs). However, agricultural activities had been taking place in the study area from time immemorial, nevertheless, up till date, no documented studies have been carried out to determine the suitability of the area for the specific crop production. Detailed information on the soils is still very limited, yet, there is the need to generate soil data to improve agricultural production and for detailed knowledge of the potential and agronomic limitations of the soils for their sustainable management and use.

Evaluating soil genesis characteristics and suitability potential is crucial in the land use planning process because it guides decisions on land utilization in such a way that the soil's resources are optimally exploited, and a sustainable land management strategy is accomplished. Therefore, this study is aimed at documenting the soils properties such as morphological, physical, and chemical properties in the study region to classify them, evaluate their suitability for rice, cassava, and maize production, and recommend land management strategies for long-term crop production at an optimal level.

Materials and Methods

Study area

An integrated farm settlement located at Alaye village, near Ikire in Irewole Local Government Area of Osun State in southwest Nigeria was selected as the study location owing to its immense contribution to agricultural output within the southwestern Nigeria. The region which is situated within the rainforest zone, and is characterized by underlying Precambrian Basement complex rocks in Southwestern Nigeria (Rahaman, 1988), lies within 7°21'40"N and 4°11'00"E with a land expanse of about 271 square kilometers and a population of 143,599 people

(NPC, 2007). The location like other parts of Nigeria has an equatorial climatic system with wet (April - October) and dry (November - March) seasons marked by occasionally high humidity. FMANR, (1990) reports that the average daily atmospheric temperature all year-round ranges between 25 °C and 35 °C, which is moderately high, and has a narrow range between the monthly mean minimum (25.0 / 27.9°C) and maximum temperatures (33.8/ 35.0°C). The point at which the temperature is mostly felt (high temperature regime) which falls within February and March coincides with the start of rains, while the lowest temperature regime which falls within July and August marks the peak period of rainfall. The selected arable crops together with other crops such as yam, cacao, watermelon, and a variety of peppers are among the most important crops in the area.

Fieldwork

On the field, the free method of soil survey was employed, taking into consideration geological and geomorphological properties, with the use of a base map developed to identify soil units. The observations were based on Smyth and Montgomery's (1962) soil-landscape relationship. Random sampling was carried out across the study area within each of the physiographic units which in turn guided in citing of profile pits. Following that, standard profile pits which are eight (8) in number were established by the various soil units along various physiographic positions observed throughout the area. Cluster sampling at 0-15cm and 15-30cm depth was also carried out across the study area both within and outside each of the physiographic unit to assess the fertility status of the top and sub soils and examine the soil morphology. Soil morphological descriptions according to the identified genetic horizons from each soil profile pit established were performed and soil samples were collected following the FAO/UNESCO (2006) recommendations. The soil samples were transferred to the laboratory for the analysis. A soil core sampler was also used to collect undisturbed soil samples to determine soil

bulk density (Blake and Hartge, 1986).

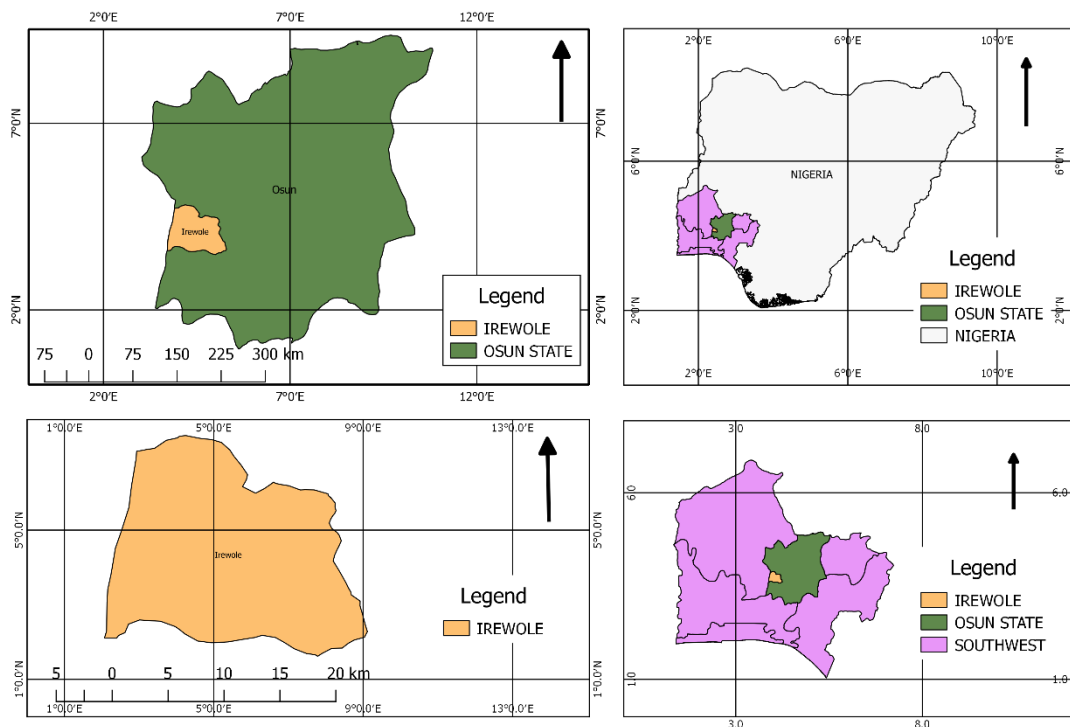


Figure 1. Map of the area under investigation

Laboratory analyses

Soil samples collected from different horizons together with the cluster soil sample across the area were air-dried, gently crushed, and passed through a 2 mm sieve size to separate gravel content from other soil components. The portions of the soil that are less than 2 mm were retained for physical and chemical procedures.

Soil bulk density was carried out with the use of the core method as reported by (Blake and Hartge, 1986), while Bouyoucos hydrometer method (Bouyoucos, 1965) as reported by (Gee and Or, 2002) was used to evaluate the particle size distribution of the soil samples employing the use of 0.2 M sodium hydroxide as the dispersing agent. Soil pH was determined in both water and 1.0 M KCl solution using a 1:1 soil/solution mixture (Thomas, 1996). Total exchangeable acidity and Al of the soil samples were evaluated by titration using 1.0 M KCl solution for extraction (Sims, 1996) and titrated with 0.05N NaOH solution (Bertsch and Bloom, 1996 and Sims, 1996). Exchangeable cations were determined by extracting with 1.0 N ammonium acetate (NH₄OAc) solution (Thomas, 1982). Concentrations of Ca, Na and K in the extract were determined using a flame

photometer while that of Mg was determined using an atomic absorption spectrophotometer (AAS). The effective CEC (ECEC) was estimated by the summation of exchangeable cations (bases) and exchangeable Al (Sumner and Miller, 1996). The soil organic carbon was evaluated by the Walkley-Black method (Nelson and Sommers, 1996), total nitrogen in the soil samples was determined by the Kjeldahl method (Bremner, 1996) and available phosphorus was determined by the Bray-1 method (Kuo, 1996). Selected extractable micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe and Co) contents of the soil samples were determined by extracting the soils with 0.5 sodium-ethylenediaminetetraacetic acids (Na-EDTA) solution and the concentrations of the elements in the filtrate were then determined with the use of atomic absorption spectrophotometer (AAS). However, the soil's electrical conductivity (EC) was determined in deionized water.

All the data generated were subjected to inferential and descriptive statistics that include the coefficient of variation and correlation to determine the relationship between the soil, its geographical location and its productive potential as related to their physical and chemical

properties.

Soil development and classification

A modified version of Bilzi and Ciolkosz's (1977) and Meixner and Singer's (1981) field morphology rating systems were utilized to assess pedological development by quantitatively evaluating the relative distinctiveness of horizons and determining the relative development of the soils. All of this, together with the laboratory results of the physical and chemical properties of the soils, was used for soil classification into different taxonomic groups.

Land suitability parametric approach

Land characteristics observed in the field were combined with those identified in the laboratory to provide the necessary land qualities needed to determine crop suitability. The suitability classes were obtained from the matching, according to the rating guidelines specified by Sys (1985). The land indices were then determined before being converted to suitability classes using Storie's (1976) equation. The suitability index (S_i) was then transformed into the suitability class using the conversion table developed by Sys *et al.* (1991).

The land characteristics that were selected for the rating were those that have been found to contribute to the growth and yield of maize, rice and cassava to avoid repetition of characteristics that may depress the final land index. Therefore, all the land qualities expressed by one characteristic were rated together. As such, a single rating of the soil texture was made regarding the capacity to retain nutrients, water availability, permeability, and drainage.

Land qualities/ characteristics

The following land qualities/characteristics were employed as the basis for assessment in the parametric approach for rice, maize, and cassava suitability.

- (i) Climate: annual rainfall, mean temperature (c)
- (ii) Soil physical characteristics: soil depth, texture, clay content (s)

- (iii) Wetness: drainage (w)
- (iv) Topography: slope percent (t)
- (v) Nutrient availability (f): pH, N, P, K, Mn, Fe, Cu, Zn
- (vi) Nutrient retention capacity (n): organic matter, base status, and effective cation exchange capacity (ECEC).

Application of the ratings

The land characteristics (LC) for each soil type were matched with the land use requirements for rice, maize, and cassava. Suitability classes were then derived from the matching. Land indices were calculated before converting them to suitability classes using the equation as developed by Storie (1976):

$$S_i = A \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \dots \frac{n}{100}$$

Where, S_i is the suitability index, A is index of the most limiting characteristic, B is the index of topography, C is the index of moisture availability, n is the index of nth characteristic. The index of suitability (S_i) was then converted to the suitability class using Sys (1978) conversion table.

Results and Discussion

Relationship between landforms and soil morphology in the research area

Medium-grained granite and gneisses were reported as the parent materials of the soils along the top sequences under investigation are derived from. Smyth and Montgomery (1962) classified similar soils formed on similar rock types as Ondo association (Local classification). The sequence of soils along the topography was Balogun, Ondo, Oba and Jago series which are located at the different physiographical positions of the top sequence (upper, middle, lower slope, and valley bottom) respectively. Changes in slope position and drainage conditions influence the color and texture of the soils in the area down to the Jago series at the valley bottom. Well drained, with sandy loam topsoil overlying sandy clay loam to

sandy clay subsurface were the characteristics observed among the soils that occupied the higher elevation position, a characteristic observed in practically all the pedons under study. Conditions favourable for iron segregation, most likely in the form of plinthites might have played out at a time with the presence of iron stone gravels in-situ in residual upland soils as observed in some of the profiles. A sufficient supply of iron, alternating wet and dry seasons, and typically flat land surfaces with seasonally wet soils, such as those found in the research area, are requirements for this process Ogunwale *et al.* (1975).

Physical properties of the soils

Table 1a and b display the soils' bulk density and particle size distribution information. Across the top sequences, sand to sandy loam is the observable characteristics of the soil texture for surface horizons. Clay loam texture, except a few pedons that were more clayey was the composition of the B and BC horizons as noted in the area. The soils' sand percentage varied from 57 to 92%, however, it followed an irregular pattern down the profiles, except for pedon 6, where the maximum sand content occurred at the surface and declined with profile depth. This observation was applicable to all the topographical segments on the two top sequences. Amusan (1991) reported that the translocation of colloidal clay particles deep into the profile with percolating water as well as selective erosion and transportation of fine particles to the lower slope position during heavy rains was responsible for the

higher content of sand in the surface horizon.

The soils silt concentrations as observed on the field ranged from 3% to 19%. The soils generally have low silt contents, which is a characteristic of most Nigerian soils (Ojanuga, 1975), most especially the soils from the basement complex in southwest Nigeria according to reports from Mbagwu *et al.* (1983) and Okusami and Oyediran (1985) which is consistent with the study. The clay content ranged from 02 to 35%, it increased generally with depth to a maximum, perhaps caused by the interaction of illuviation and eluviation and then decreased in the BC horizon. Ojanuga (1978) observed a similar pattern in the Ife and Ondo soils in southwestern Nigeria. This could be a result of sorting of soil material by biological and agricultural activities, clay migration, surface erosion by run-off or a combination of these factors. In general, clay content was higher in the intermediate and lower slope positions compared to the valley bottom position. The soil bulk density measured ranged between 1.09 g cm⁻³ in the Ap horizon and 1.65 g cm⁻³ in the subsurface. Root penetration becomes an issue when bulk density surpasses 1.6 g cm⁻³, but high total porosity in soils is typically linked with low bulk density (Payne, 1988). Except for the valley bottom, where the trend varies, the bulk density value often increased with depth to reach a maximum. However, as shown by the deep roots of plants into deeper depth in some cases, the higher values at depth in the profiles seem to have not produced any barriers to plant root penetration.

Table 1 (a). Soils physical characteristics along Transect 1

Horizon	Depth in (cm)	Total sand	Silt	Clay	Silt/Clay Ratio	Bulk density (g/cm ³)	Textural class
---------	---------------	------------	------	------	-----------------	-----------------------------------	----------------

Profile 01 (Upper slope) (Balogun series)							
Ap	0-15	75	19	06	3.17	1.10	Sandy Loam
AB	15-65	80	12	08	1.50	1.28	Loamy Sand
Bt1	65-140	80	08	12	0.67	1.55	Sandy Loam
Bt2	140-175	57	08	35	0.23	1.58	Sandy Clay
Profile 02 (Mid- slope) (Ondo series)							
Ap	0-15	83	11	06	1.83	1.15	Lomay Sand
AB	15-55	89	07	04	1.75	1.57	Sand
Bt1	55-115	75	07	18	0.39	1.61	Sandy Loam
Bt2	115-160	64	12	24	0.50	1.64	Sandy Clay Loam
Profile 03 (Lower slope) (Oba series)							
Ap	0-10	69	19	12	1.58	1.23	Sandy Loam
AB	10-40	77	15	08	1.88	1.36	Sandy Loam
Bt1	40-85	77	11	12	0.92	1.42	Sandy Loam
Bt2	85-140	83	05	12	0.42	1.55	Loamy Ssand
Profile 04 (Valley bottom) (Jago series)							
Ap	0 -12	70	18	12	1.5	1.23	Sandy Loam
AB	12 – 45	84	10	06	1.67	1.48	Loamy Sand
Bg	45 – 70	75	15	10	1.5	1.41	Sandy Loam

Table 1 (b). Soils physical characteristics along Transect 2

Horizon	Depth in (cm)	Total Sand	Silt	Clay	Silt/Clay Ratio	Bulk density (g/cm ³)	Textural class
Profile 05 (Upper slope) (Balogun series)							
Ap	0-15	88	08	04	2.00	1.22	Sand
AB	15-55	86	08	06	1.33	1.43	Loamy Sand
Bt1	55-100	84	06	10	0.60	1.52	Loamy Sand
Bt2	100-150	90	03	07	0.43	1.60	Sand
BC	150-195	73	07	20	0.35	1.65	Sandy Clay Loam
Profile 06 (Mid-slope) (Ondo series)							
Ap	0-20	90	06	04	1.50	1.09	Sand
AB	20-60	76	04	20	0.20	1.38	Sandy Clay Loam
Bt1	60-95	67	06	27	0.22	1.44	Sandy Clay Loam
Bt2	95-160	61	14	25	0.56	1.65	Sandy Clay Loam
Profile 07 (Lower slope) (Oba series)							
Ap	0-25	90	08	02	4.00	1.34	Sand
B1	25-65	86	10	04	2.50	1.43	Loamy Sand
B2	65-145	90	04	06	0.67	1.45	Sand
BC	145-180	73	03	24	0.13	1.65	Sandy Clay Loam
Profile 08 (Valley bottom) (Jago series)							
Ap	0-11	75	19	06	3.17	1.54	Sandy Loam
AB	11-35	80	14	06	2.33	1.48	Loamy Sand
Bg	35-60	92	06	02	3.00	1.26	Sand

Chemical properties of the soils

The chemical characteristics of the pedons under investigation are shown in Tables 2a and 2b. (Orimoloye *et al.*, 2019) justified the classification of soils investigated as slightly acidic to neutral as observed from the pH (H₂O) values that ranged from 5.2 to 6.8 and pH (1M KCl) values ranging from 4.1 to 6.1. In general, pH decreased with increasing soil depth and followed no definite pattern. Sharu *et al.* (2013) observed and reported similar trends in some of the soils of

southwest Nigeria. The surface soil horizons were medium to neutral acid class (pH 6.1 – 6.9), while the subsurface soils, B and C-horizon were slightly acid to medium acid having pH values that ranged from 5.2 – 6.7. The pH range across the profiles in 1M KCl was lower than the pH in water (H₂O), thus the difference in soil pH values between the pH in KCl and H₂O (as expressed by $\Delta\text{pH} = \text{pH}(\text{KCl}) - \text{pH}(\text{H}_2\text{O})$) were all negative ranging from -0.1 to -2.2. This implies that the silicate clay minerals predominate over oxides (Van Raij *et al.*, 1972).

Landon (1991) revealed that a pH range of 5.5-7.0 is the ideal range for most crops. Heavy rainfall, the acidity of the parent rock, crop removal around the study region, and other factors have been proposed as potential contributors to the amount of acidity in the soils in the study area. The research areas receive between 1200 and 1400 mm of rain annually, with the majority of that falling between five to seven months in the year, this pattern of rainfall is assumed to be responsible for leaching and colloidal translocation which is a common occurrence in the humid tropics (Amusan, 1991). The higher pH values observed at the soil surface could potentially be attributed to nutrients bio cycling and the liming the effects of bush burning which is a common practice in the area.

The total exchangeable bases decreased with soil depth, except for some cases where this was due to nutrient biocycling. Other possible explanations include differential weathering that had taken place, plant uptake, and leaching losses. In general, there was a higher accumulation of bases in the surface horizon of the soils (3.24–9.22 cmol(+) kg⁻¹). Exchangeable calcium and sodium, as earlier discovered in most tropical soils dominated the exchangeable sites of the soils under investigation. Calcium and magnesium concentrations vary at random as the soil depth increases and changes in slope position. Exchangeable potassium (K⁺) and sodium (Na⁺) concentrations in soil ranged from 0.08 to 0.53 cmol(+)kg⁻¹ and 0.22 to 1.32 cmol(+) kg⁻¹, respectively. Due to their mobility within the soil, these low values suggested that the soils under consideration originated from low K⁺ and Na⁺ content sources or had been depleted by plant uptake or leaching. Higher values observed at the pedons' surface horizon may be due to a higher level of organic materials. However, the readings varied erratically down the soil profile.

Soil organic matter (SOM) values ranged from 0.18 to 4.81% and decreased with increasing soil depth. SOM concentrations were higher on the soil surface than in the subsoil, likely because the topsoil contained more decomposable plant

components. Akinbola *et al.* (2006), reported that surface horizons are the site where organic materials disintegrate and humified, hence the reason for the higher organic matter contents encountered. The subsurface horizons' SOM ranged from 0.18 to 2.87%. Adepetu (1986) rated SOM percentage into three categories: >2.5% rated high; between 1.5-2.5% are rated medium, and low values ranged between 0-1.5%. The overall organic matter content of the soils studied was often less than 2%, with a few exceptions yielding higher values. These higher values were most likely caused by the transfer of organic materials from one part of the topography to another, resulting in erosional deposition at the valley bottom. The effect of high temperature and relative humidity on organic matter mineralization, or rather the degradative effect of agriculture and other land use and management activities, such as the regular burning of farm wastes, which destroys most of the organic compounds that could have been provided to the soil could be attributed as the reasons for the low organic matter encountered in the area. Exchangeable soil acidity (Al³⁺ and H⁺) levels varied from 0.1 to 1.4 cmol (+) kg⁻¹. The exchangeable acidity of all the examined pedons exhibited little variation, and the values were essentially constant with soil depth. Exchangeable Al³⁺ was observed to account for a higher proportion of overall acidity in the soils studied, subsequent increases in Al³⁺ will result in aluminium toxicity, reducing plant nutrient availability if the soil is not adequately managed.

Effective cations exchange capacity (ECEC) values in the soils under investigation ranged from 3.38 to 9.42 cmol (+) kg⁻¹ soil and are adjudged generally from low to medium going by Esu (1987) ratings that put the values as 6 = low, 6-12 medium, and >12 = high. The values were higher in most of the surface horizons of all the soils studied than in the subsoil, most likely due to the impacts of organic carbon on the soil exchange sites. Research has revealed that low ECEC values were compatible with low soil organic carbon content, particularly in the B-horizons, which is not

unconnected most likely to the kaolinitic nature of the soil clay (Yakubu and Ojanuga, 2009). In most of the horizons investigated, as the soil depth increased, the ECEC values decreased. This is an indication that the soil's ability to hold plant nutrients is limited, underlining the significance of effective soil management. Total nitrogen concentrations in the soil are severely low, having values that are less than 1 g/kg across the pedons. Surface soils had total nitrogen contents ranging from 0.07 to 0.13% and subsurface soils had total nitrogen contents ranging from 0.02 to 0.11%. Total nitrogen percentages were classed as low (0.10%), medium (0.10 - 0.20%), and high (>0.20%) (Sobulo and Adepetu, 1987). Low nitrogen values in soils are most likely caused by a rapid rate of soil organic matter decomposition, a high rate of leaching, and loss because of soil erosion (Solarin and Ayolagha, 2006). Total nitrogen values fluctuated irregularly with depth in the area, which could be attributed to the influence of continuous cultivation, a common practice on most Nigerian soils that are accompanied by constant crop residue removal. Values of the soils' Extractable Micronutrients concentration revealed that Fe ranged from 80.0 to 520.0 mg/kg, Zn from 0.25 to 1.52 mg/kg, Co from 0.12 to 13.46 mg/kg, and Mn from 0.90 to 13.0 mg/kg with an irregular distribution down the soil profiles. Fe concentration was higher in all the pedons studied, probably because of the mineral composition of the underlying rock or transported materials, uptake of essential nutrients by plants, leaching of cations due to heavy rainfall or erosion, or a combination of these factors. The higher values recorded may lead to the occlusion of some plant nutrients, such as phosphorus and so unavailable for plant uptake, as well as the lower exchangeable cations found in the soils under study. This can be handled with a good soil management system.

The range of the soils' electrical conductivity (EC) was 0.01 to 1.32 dS/m. All the soils' EC values were typically less than 2 dS/m. Brady and Weil (1999) stated that soils with EC values less than 2 dS/m were neither saline nor sodic. Many plants typically experience salt stress when the soil EC

surpasses 2.0 dS/m salt index (Hanlon *et al.*, 1993).

The correlation studies of soil physical and chemical parameters along the top sequences (Table 3) revealed the levels of interaction and importance among the soil properties. Positive and significant relationships thus suggested that the more components in the soils, the more available they were, and vice versa for every negative and significant association.

The genesis of the soil

In general, all the pedons studied have comparable morphological, physical, and chemical properties, which are highly correlated with landforms and landscapes. The results suggest that pedogenic processes operating in the study area that might have led to soil formation are decomposition and humification of organic materials as evidenced by the dark color of the topsoils, illuviation/ eluviation/ colloidal transformation, and leaching. This could be beneficial for predicting the spatial distribution of soil characteristics that are directly related to local land use and management in the area.

Soil classification (Local system)

The report of Smyth and Montgomery's (1962) soil survey work in central western Nigeria served as a reference for the local classification of the soils. The characteristics of the parent material, bedrock type, physiographic position, drainage, and soil morphology were all taken into consideration. The parent rock of the Ondo Association soils encountered in the area is medium-grained granite and gneisses (Smyth and Montgomery, 1962). The soils at the upper slope position from the two transects under investigation were therefore classified as Balogun series, Mid slope position as Ondo series, lower slope position as Oba series, and the soils that occupied valley bottom position in the top sequences as Jago series, a member of Jago association.

Higher category classification (Taxonomic)

All the pedons studied exhibited subsoil clay bulge that is distinctive with low activity clay, ECEC at 125

cm below the top boundary of the kandic horizon is reported low with a slightly acidic subsoil horizon (USDA, 2010). All these classified the pedons examined as Ultisol. The soils encountered in the area are mineral soils with high color values and chromas but low SOM concentration. The soils are dried for a period that was above 90 days but less than 180 days. Periaswamy and Ashaye, (1982) and Okusami and Oyediran (1985) reported a moisture regime of soils encountered in southwestern Nigeria as ustic, placing the soils in the Ustult suborder. Amusan and Ashaye (1991) have reported an isohyperthermic soil temperature regime in southwestern Nigeria, although the landscape is old and geologically stable with ochric epipedon, making the profiles pale. The soils at the upper and mid slope position are thus classified as Typic isohyperthermic Paleustult in the USDA Soil Taxonomy, while soils at the lower slope position that displayed a plinthic material within its 100 below soil surface are classified as Plinthic isohyperthermic Paleustult, soils of Jago series at the valley bottom position were classified as Ustipsamment (Soil Survey Staff, 2006). However, employing the FAO/UNESCO

system of classification, Upper and mid slope soils were classified as Chromic Lixisol owing to the displayed presence of argillic B horizon that is reported to be low in CEC, base saturation with high chroma. Lower slope soils with plinthic material are Plinthic Lixisol and the soils at the valley bottom as Fluvisol respectively.

Land characteristics and qualities

The climatic condition of the area in terms of the amount of rainfall, rainfall distribution and temperature were favorable for the cultivation of the three crops. All the pedons regardless of their position on the top sequence were deep (140 cm to 195 cm) while groundwater table was encountered at a depth of 75 cm and 60 cm in Profiles 4 and 8 respectively. All the mapping units were well drained except for the two pedons that occupied the valley bottom, and this was due to their location on the top sequences. The fertility of the soils was low, and the slope of the area is moderate to slightly steep of about 2 to 6% and the sand content was high.

Table 2a. Selected chemical properties of soils along transect 1 in the studied area

Horizon	Depth (cm)	pH (H ₂ O)	pH KCl	ΔpH	EC (dS/m)	Exchangeable Bases				OM (%)	Exch. Acidity		Sum of Bases	ECEC	Base sat. (%)	Al. Sat. (%)	Total N (%)	Avail. P	Mn	Co (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Cu	Zn
						Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺		Al ³⁺	H ⁺											
Profile 01 (Upper slope) Balogun series																							
Ap	0-15	6.3	5.3	-1.0	0.59	3.09	0.79	0.53	0.47	3.56	0.4	0.2	4.88	5.28	92	8	0.10	47.66	2.70	8.58	88.00	3.60	0.72
AB	15-65	6.1	5.1	-1.0	0.70	2.61	0.41	0.19	0.32	1.34	0.2	0.3	3.53	3.73	95	5	0.06	17.28	1.10	9.32	80.00	3.40	0.59
Bt1	65-140	5.7	5.6	-0.1	0.95	4.51	0.52	0.31	0.36	0.74	0.3	0.3	5.70	6.00	95	5	0.08	29.07	1.30	9.50	166.00	2.20	0.85
Bt2	140-175	5.2	4.8	-0.4	0.90	3.80	0.98	0.27	0.65	0.41	0.7	0.3	5.70	6.40	89	11	0.02	33.12	4.30	9.60	96.00	2.20	1.49
Profile 02 (Mid- slope) Ondo series																							
Ap	0-15	6.8	5.9	-0.9	0.71	3.32	0.66	0.51	0.65	2.68	0.4	0.2	5.14	5.54	93	7	0.12	75.21	0.90	9.51	118.00	4.10	1.50
AB	15-55	6.6	6.2	-0.4	0.31	3.09	0.46	0.29	0.57	1.68	0.4	0.3	4.41	4.81	92	8	0.07	34.14	1.10	10.47	122.00	2.90	0.62
Bt1	55-115	6.5	6.1	-0.4	0.75	3.09	0.39	0.27	0.57	0.74	0.1	0.4	4.32	4.42	98	2	0.04	18.08	1.10	10.84	80.00	2.10	0.78
Bt2	115-160	6.5	5.4	-1.1	0.52	4.28	0.69	0.29	0.65	0.67	0.4	0.3	5.91	6.31	94	6	0.06	11.49	1.30	10.87	520.00	2.00	1.52
Profile 03 (Lower slope) Oba series																							
Ap	0-10	6.9	5.2	-1.7	0.49	2.61	1.07	0.27	1.32	3.05	0.4	0.3	5.27	5.67	97	7	0.13	12.34	4.60	11.43	510.00	7.70	1.38
AB	10-40	6.7	5.9	-0.8	0.61	2.85	0.98	0.13	0.72	1.27	0.3	0.3	4.68	4.98	93	6	0.08	6.42	1.50	10.63	486.00	5.60	0.83
Bt1	40-85	6.5	6.1	-0.4	1.12	2.85	1.05	0.13	0.65	1.07	0.2	0.2	4.68	4.88	94	4	0.08	6.08	1.00	5.66	120.00	6.40	1.07
Bt2	85-140	6.1	5.7	-0.4	1.32	3.09	1.03	0.17	0.75	0.4	0.2	0.3	5.04	5.24	96	4	0.05	69.12	1.90	11.67	106.00	1.90	1.50
Profile 04 (Valley bottom) Jago series																							
Ap	0-14	6.1	4.5	-1.6	0.52	3.7	2.05	0.23	0.24	4.81	0.6	0.4	6.22	6.42	97	3	0.13	32.12	13.00	5.44	386.00	3.10	0.48
AB	14-50	5.7	4.3	-1.4	0.56	2.9	1.67	0.12	0.22	2.87	0.5	0.3	4.91	5.11	96	4	0.11	28.14	7.10	7.32	356.00	2.44	0.25
Bg	50-75	5.7	4.1	-1.6	1.11	2.2	1.67	0.08	0.24	2.01	0.7	0.4	4.19	4.39	95	5	0.07	14.44	8.12	9.10	368.00	2.28	0.51

Table 2b. Selected chemical properties of soils along transect 2 in the studied area

Horizon	Depth cm	pH H ₂ O	pH KCl	ΔpH	EC (dS/m)	Exchangeable Bases				Total N (%)	OM (%)	Exchangeable Acidity		Sum of Bases	ECEC	Base sat. (%)	Al. Sat. (%)	Avail. P	Mn	Co	Fe (mg/kg)	Cu	Zn
						Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺			Al ³⁺	H ⁺										
Profile 05 (Upper slope) Balogun series																							
Ap	0-15	6.5	5.2	-1.3	0.32	2.61	0.66	0.49	0.57	0.07	3.02	0.4	0.2	4.33	4.73	91	8	10.82	4.60	11.50	192.00	1.50	0.39
AB	15-55	6.5	5.2	-1.3	0.40	2.85	0.56	0.15	0.54	0.03	1.07	0.2	0.3	4.10	4.30	95	5	10.14	7.10	12.89	112.00	1.70	0.38
Bt1	55-100	6.3	5.0	-1.3	0.51	3.56	0.54	0.21	0.54	0.05	0.54	0.3	0.3	4.85	5.15	94	6	22.14	1.20	12.60	170.00	1.30	0.40
Bt2	100-150	5.9	5.8	-0.1	0.46	3.56	0.64	0.42	0.72	0.02	0.4	0.7	0.3	5.34	6.04	88	12	14.87	1.00	11.97	152.00	0.60	0.42
BC	150-195	5.7	5.5	-0.2	0.52	2.61	0.95	0.33	0.79	0.02	0.67	1.1	0.4	4.68	5.80	81	19	19.44	1.30	11.54	80.00	0.70	1.24
Profile 06 (Mid- slope) Ondo series																							
Ap	0-20	6.6	5.2	-1.4	0.14	2.38	0.61	0.42	0.61	0.13	1.68	0.4	0.2	4.02	4.42	91	9	10.82	1.30	12.82	120.00	0.10	0.41
AB	20-60	6.1	5.7	-0.4	0.04	2.85	0.46	0.23	0.29	0.09	0.87	0.4	0.3	3.83	4.23	91	9	14.70	1.10	12.27	94.00	0.90	0.40
Bt1	60-95	5.7	4.8	-0.9	0.03	2.38	0.74	0.25	0.40	0.09	1.14	0.1	0.4	3.77	3.87	97	3	12.84	1.40	13.46	112.00	2.50	0.57
Bt2	95-160	5.4	5.1	-0.3	0.06	2.38	0.90	0.40	0.43	0.05	0.54	0.4	0.3	4.11	4.51	91	9	10.82	1.20	12.73	138.00	0.20	0.41
Profile 07 (Lower slope) Oba series																							
Ap	0-25	6.5	5.4	-1.1	0.02	2.14	0.49	0.29	0.32	0.12	1.07	0.4	0.3	3.24	3.64	89	11	15.72	1.10	12.25	194.00	0.50	0.39
B1	25-65	6.0	5.5	-0.5	0.02	2.14	0.38	0.27	0.29	0.08	0.81	0.3	0.3	3.08	3.38	94	9	13.01	1.40	0.12	198.00	0.20	0.36
B2	65-145	5.8	5.5	-0.3	0.09	3.56	0.62	0.19	0.40	0.03	0.81	0.2	0.2	4.77	4.97	96	4	24.34	2.20	0.53	146.00	1.60	0.67
BC	145-180	5.2	5.0	-0.2	0.02	2.76	1.05	0.15	0.75	0.04	0.87	0.3	0.2	4.71	4.91	96	4	14.11	2.44	1.12	244.00	1.12	0.42
Profile 08 (Valley bottom) Jago series																							
Ap	0-11	6.7	4.5	-2.2	0.03	4.7	4.05	0.23	0.24	0.13	1.45	0.4	0.2	9.22	9.42	98	2	32.22	7.10	6.43	520.00	5.11	0.31
AB	11-35	6.2	4.3	-1.9	0.01	3.2	5.67	0.12	0.22	0.05	0.86	0.4	0.3	9.21	9.41	98	2	23.66	4.22	8.22	296.00	5.42	1.50
Bg	35-60	5.9	4.1	-1.8	0.17	2.2	5.67	0.08	0.24	0.03	0.18	0.6	0.3	8.19	8.39	98	2	15.55	6.23	13.46	354.00	6.86	1.52

Suitability evaluation using parametric approach

The suitability of the soils for the selected crops (maize, rice, and cassava) was evaluated using the physical and chemical parameters of the pedons across the study area, as suggested by Sys (1985). The parametric approach thus, assigns a numerical rating to each limitation, with no limitation (highly suitable) being 100%, low limitation (highly suitable) being 95%, moderate limitations (moderately suitable) being 85%, severe limitations (marginally suitable) being 60%, and very severe limitations (not suitable) being 40%. Suitability classes were established based on the nature and severity of the constraints. They were often tied to the specific land index value. Soils were classified based on their suitability for the cultivation of a given crop. The rating scores were determined by combining land characteristics/land qualities and crop requirements to develop suitability classes (Tables 4 a, b, and c) for the various mapping units in the study region. Soils were placed in classes according to their suitability to produce specific crop.

Actual suitability defines the soil's suitability for crop production in its current state when correctable limits (in this case, nutrient availability - N, P, K, Mn, Cu, Fe, Zn) are not modified. Potential suitability (p) evaluates crop performance when fertilizers are given to rectify fertility deficiencies during cropping. This presentation is required since the distinction between actual and potential suitability is merely a management factor.

The actual (a) suitability examination revealed that the soils are not presently (N1) suitable for commercial cultivation of maize, rainfed rice, and cassava in their current state. The soils, on the other hand, were graded as moderately suitable (S2) at the upper, middle, and lower slope position but marginally suitable (S3) at the valley bottom for maize production. Potential suitability for cassava production at the upper and lower slope position were rated moderately suitable (S2), while those at the mid slope and valley bottom were rated marginally suitable (S3). However, all the soils in the area are potentially not suitable

(N1) for upland rice.

Physical factors are the primary agronomic restrictions of these soils such as texture, structure and coarse fragments, nutrient availability, and nutrient retention such as nitrogen and organic matter contents of the soils and perhaps their position on the topography (slope) in the order of severity.

Suitability assessment of the soils using GIS based approach

The following steps were followed in the GIS environment: Database was created for the soil properties collected on the field using Microsoft Excel. The soil map of the areas were produced in GIS environment using digital elevation model guided by the field data; Land quality maps were produced using Boolean operations; Diagnostic queries on the spatial and attribute data was carried out to compare soil characteristics/qualities with crop requirements for maize, rice and cassava; and thereafter, overlay and intersection functions performed on the land quality maps generated to produce the soil suitability maps.

The suitability map of the studied area using GIS for maize production was mapped as permanently not suitable, not suitable, marginally suitable, and moderately suitable. About 15% of the area was mapped as permanently not suitable, 50% not suitable, 25% marginally suitable and the remaining 10% was mapped as moderately suitable for maize production. The area mapped as not presently suitable was occupied by soils of Balogun and Jago series, Figure 2. The suitability map of the area for rice production showed a different result from that maize. About 80% of the study area was mapped as marginally suitable and the remaining 20% was not presently suitable for rice production, figure 2.

The suitability map of the area for cassava production showed that about 50% of the study area was presently not suitable (N1) and 40% marginally suitable (S3) while 10% are moderately suitable (S2) for cassava production. The area mapped as not presently suitable was occupied by the soils of Balogun and Jago series, figure 3.

Table 4 a. Aggregate Suitability evaluation scores of the soils from the study area for maize production using parametric approach

Soil Profiles	Soil series name	Topography slope (t)	Drainage (w)	Moisture Avail (m)	Physical soil properties (s)			Nutrient availability (f)							Nutrient retention (n)		Suitability	
					Texture	Gravel	Soil Depth	N	P	K	Mn	Zn	Cu	ECEC	Base Sat	Organic Matter	Index	Class
1	Balogun	85	100	100	95	95	100	95	100	100	40	40	60	60	100	95	4	NS a
		85	100	100	95	95	100	-	-	-	-	-	-	-	100	-	77	S2 p
2	Ondo	95	100	100	85	95	100	95	100	100	40	40	60	85	100	95	6	NS a
		95	100	100	85	95	100	-	-	-	-	-	-	-	100	-	77	S2 p
3	Oba	95	100	100	85	95	100	95	100	95	40	40	60	85	100	95	5	NS a
		95	100	100	85	95	100	-	-	-	-	-	-	-	100	-	77	S2 p
4	Jago	100	85	100	60	100	95	95	100	95	60	40	60	60	100	95	4	NS a
		100	85	100	60	100	95	-	-	-	-	-	-	60	100	95	48	S3 p

a = actual suitability when characteristic (f) is not corrected. p = potential suitability after the correction of characteristic (f).

Table 4 b. Aggregate suitability evaluation scores of the soils from the study area for cassava production using parametric approach

Soil Profiles	Soil series name	Topography slope (t)	Drainage (w)	Moisture Avail (m)	Physical soil properties (s)			Nutrient availability (f)							Nutrient retention (n)		Suitability		
					Texture	Gravel	Soil Depth	N	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu	ECEC	Base Sat	Organic Matter	Index	Class
1	Balogun	85	95	100	95	85	100	95	100	100	100	40	85	95	60	100	85	6	NS a
		85	95	100	95	85	100	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	65	S2 p
2	Ondo	85	95	100	85	60	100	95	100	100	100	40	60	95	85	100	85	4	NS a
		85	95	100	85	60	100	-	-	-	-	-	-	-	100	-	41	S3 p	
3	Oba	95	95	100	95	85	100	95	100	100	100	40	60	95	85	100	85	4	NS a
		95	95	100	95	85	100	-	-	-	-	-	-	-	100	-	73	S2 p	
4	Jago	95	60	100	95	95	85	95	100	100	100	60	60	95	60	100	60	5	NS a
		95	60	100	95	95	85	--	-	-	-	-	-	-	-	100	-	44	S3 p

a = actual suitability when characteristic (f) is not corrected. p = potential suitability after the correction of characteristic (f).

Table 4 c. Aggregate suitability evaluation scores of the soils from the study area for rain fed rice production using parametric approach

Soil Profiles	Soil series name	Topography slope (t)	Drainage (w)	Rainfall	Temp.	Physical soil properties (s)				Nutrient availability (f)							Nutrient retention (n)			Suitability	
						Texture	Struc ture	Coarse Frag	Soil Depth	pH	N	P	K	Fe	Zn	Mn	ECEC	Base Sat	Organic Matter	Index	Class
1	Balogun	85	100	100	100	95	85	40	100	100	40	95	100	100	85	100	40	100	100	4	NS a
		85	100	100	100	95	85	40	100	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	27	NS p
2	Ondo	95	100	100	100	85	85	40	100	100	40	100	100	100	85	95	60	100	100	5	NS a
		95	100	100	100	85	85	40	100	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	27	NS p
3	Oba	95	100	100	100	95	85	40	100	100	40	100	95	100	60	100	60	100	100	5	NS a
		95	100	100	100	95	85	40	100	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	31	NS p
4	Jago	100	60	100	100	95	85	60	95	100	40	100	95	100	60	100	40	100	95	2	NS a
		100	60	100	100	95	85	60	95	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	28	NS p

a = actual suitability when characteristic (f) is not corrected. p = potential suitability after the correction of characteristic (f)

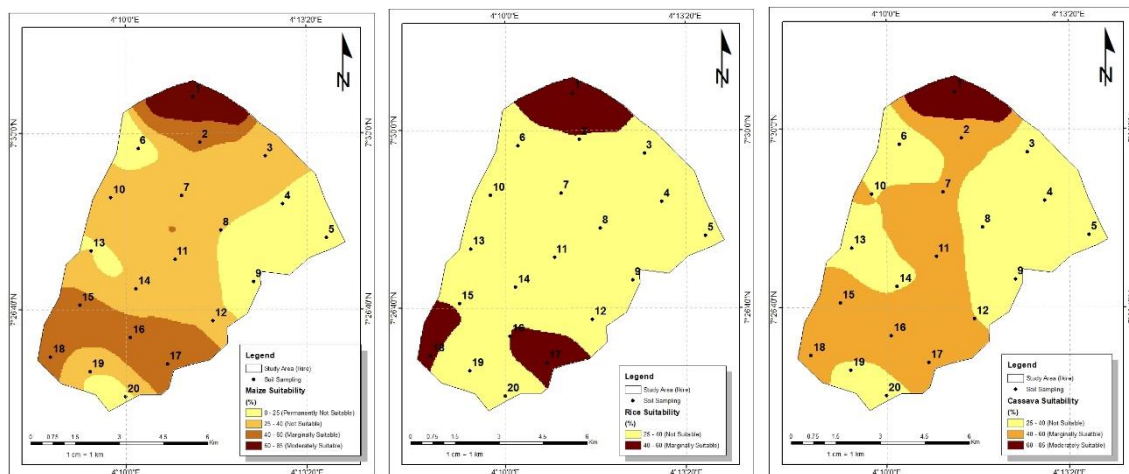


Figure 2 A. Map showing the suitability order of the study site for Maize production, B: Map showing the suitability order of the study site for Rice production, C: Map showing the suitability order of the study site for Cassava production

Conclusion and Recommendation

The purpose of the study was to characterize and classify the soils in the study region, as well as to evaluate their suitability for maize, cassava, and rice production using a parametric method, to suggest land management strategies for sustainable crop production. The soils in the area differ in their suitability for the selected crops based on their agronomic constraints ranging from texture, nutritional makeup, position on the topography and the ecological region.

The study thus revealed that although the soils are not homogeneous, they are closely related. Different soil types are present on the landscape because of pedogenesis, which was influenced by physiography in the studied area. Hydrolytic weathering and leaching of bases are the main pedogenetic processes that appear to have evolved the soils, together with lessivation, mobilization and immobilization of iron, and cyclic climatic change. As a result, this study demonstrated the need to adopt different management practices such as prevention and control of soil erosion through practicing of cross slope farming at the upper slope position, deep ploughing to break up the plinthic material at the subsoils and promote tuberization in cassava, practicing of crop rotation to sustain fertility status of the soils over a long time, avoidance of soils at the low level for root and tuber crops. In the same vein, considering the economy of liming in an area

with low pH to meet the agronomic requirements for each soil type at the various physiographic positions to ensure the sustainable use of soil resources.

Conflict of interest: None existed before, during and after the research work.

Author contributions: F.O.A was responsible for the selection of the study site, topic, performing all the laboratory analyzes, writing and submitting the manuscript. O.J.O. & M.S.A was involved in the collation and analysis of the results and proof reading of the whole manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

References

- Adepetu, J. A. 1986. Soil fertility and fertilizer requirement in Oyo, Ogun and Ondo States. *Federal Ministry of Agriculture and Water Resources (Publ), Lagos*
- Akinbola, G. E., Ojetade, J. O. & Olaleye, A. O. (2006). Variability of soil properties along two toposequences on Basement Complex in southwestern Nigeria, *Discovery and Innovation* 18(1):44-52.
- Amusan, A. A. (1991). Pedogenesis in granitic gneiss of humid Tropical southwestern Nigeria. Ph.D. Thesis. Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria.
- Amusan, A. A. & Ashaye, T. I. (1991). Granitic-gneiss derived soils in humid forest tropical southwestern Nigeria I: Genesis and classification. *Ife Journal of Agriculture* 13 (1

- & 2): 1-20.
- Bertsch, P. W. & Bloom, P. R. (1996). Aluminum. In Sparks, D. L. (ed.), *Methods of Soil Analysis Part 3: SSSA Book Series No. 5. Soil Science Society of America Inc., American Society of Agronomy Inc.*, Madison, Wisconsin, 517 – 550pp.
- Bilzi, A. F., & E. J., Ciolkosz, (1977). A field morphology rating scale for evaluating pedological development. *Journal of Soil Sci.* 124:45-48.
- Blake, G. R. & Hartge, K. H. (1986). Bulk density. In *Methods of Soil Analysis Part 1. SSSA Book Series No. 9 Soil Science Society of America Inc., American Society of Agronomy Inc.*, Madison, Wisconsin, 363 – 376pp.
- Blum WEH (1993). Soil protection concept of the council of Europe and integrated soil research. In: Eijsackers HAP, Hamers T, editors. *Integrated Soil and Sediment Research: A Basis for proper protection.* Kluwer Academic Publishers pp. 37-47.
- Bouyoucos, G. J. (1965). The hydrometer method improved making particle size analysis of soils. *Soil Science Society of America Proceeding* 26: 917 – 925.
- Brady, N. C. & Weil, R. R. (1999). *The nature and properties of Soils.* (12th edition), by Prentice- Hall, Inc. Pearson Education Upper Saddle River, New Jersey. Pp. 321 – 766.
- Bremner, J.M. (1996) Nitrogen Total. In: Sparks, D.L., Ed., *Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods, SSSA Book Series 5, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 1085-1122pp.*
- Briney, A. (2008). GIS. An overview. An overview of Geographical Information Systems. http://geography.about.com/od/geography/nter/a/gi_soverview.htm. (Accessed 25 September 2009)
- De Groot R. S, Wilson M. A, and Boumans R. M. J., (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods, and services. *Ecol. Econ* 41: 393-408.
- Esu, I. E., (1987). Fertility status and management of some upland basement complex soils in the Nigerian tropical savanna region. *Nig. J. Soil Sci.*, 7: 155-183.
- Esu, I.E., (2004). Soil characterization and mapping for food security and sustainable environment in Nigeria. *Proceedings of the 29th Annual Conference of the Soil Science Society of Nigeria*, December 6-10, 2004, University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria, pp: 20-24.
- European Commission (2006). Proposal for a directive of the European Parliament and of the council establishing a framework for the soil protection of soil and amending directive 2004/35/EC. Brussels 22/09/2006 Com(2006)232 final, 30p.
- Ezedinma CI, Okafor C, Asumugha GN, & Nweke F (2006). Trends in farm labour Productivity and implications for cassava industrialization in Nigeria. *Proceeding of the 40 th Annual Conference of the Agricultural Society of Nigeria* held at NRCRI Umudike, Abia State. Oct. 16 th – 20 th, 109-115pp
- FAO (2015). Crop Water Information: Maize. Food and Agriculture Organization Water Development and Management unit. Blum
- FAO/UNESCO, (2006). World Reference Base for Soil Resources: A Framework for International Classification, *Correlation and Communication.* Food and Agriculture Organization, Rome, Italy, ISBN-13: 9789251055113, 128pp.
- FMANR (Federal Ministry of Agriculture and Natural Resources) (1990). Literature review on soil fertility investigations in Nigeria. 5 2:92-95; 5:252-261pp.
- Gee, G. W. & Or. (2002). Particle size analysis. In: J. H. Dane and G. C. Topp (eds) *Methods of soil analysis part 4, Physical methods.* Soil Science Society of America Book series no. 5, *American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison*, pp 255-293.
- Hanlon, E.A., B.L. McNeal, & G. Kidder. (1993). *Electrical Conductivity Interpretations.* Fla. Coop. Extn. Ser., IFAS, Univ. of Fla., Gainesville, FL. (In Press).
- Kuo, S. (1996). Phosphorus. In Sparks, D. L. (ed.), *Methods of Soil Analysis Part 3: SSSA Book Series No. 5. Soil Science Society of America Inc., American Society of Agronomy Inc.*, Madison, Wisconsin, pp 869 – 920.
- Landon, J. R., (1991). *Booker Tropical Soil Manual. A Handbook of Soil Survey and Agricultural Land Evaluation in the Tropic and Subtropics.* 1st ed. Longman, London, pp105.
- Mbagwu, J., Lal, R. & Scott, T. W. (1983). Physical properties of three soils in Southwestern Nigeria, *Soil Science* 136 (1):48-55.
- Meixner & Singer's (1981). Use of a field

- morphology rating system to evaluate soil formation and discontinuities. *Soil Science* 131(2): 114-123.
- Nelson, D. W. & Sommers, L. E. (1996). Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. In Sparks, D. L. (ed.), *Methods of Soil Analysis Part 3: SSSA Book Series No. 5. Soil Science Society of America Inc., American Society of Agronomy Inc.*, Madison, Wisconsin, pp 961-1010.
- NPC (National Population Commission) (2007), *Result of 2006 National Population Census*. Abuja: Federal Government Official Gazette.
- Nwite, J. N., Mbah C. N., Okonkwo, C. I., & Obi, M. E., (2012). Analysis of the physical conditions of a contaminated typic Haplustult amended with organic wastes. *Int. Res. J. Agric. Sci. Soil Sci.* 1(2):058-063
- Ogunwale, J. A., Ashaye, T. T., Odu, C. T. & Fayemi, A. A. (1975). Characterization of selected sandstone derived soil in the ecological zones of Nigeria. *Geoderma* 13: 331-347.
- Ojanuga, A. G. (1978). Genesis of soils in the metamorphic forest & region of southwestern Nigeria *Pedolomorphie pedologie* xxviii. 1: 105-117.
- Ojanuga, A.G., (1975). Morphological physical and chemical characteristics of soils of Ife and Ondo areas. *Nig. J. Sci.*, 9: 225-269.
- Orimoloye, J. R., Amadi Rapheal K. A. S. & Akinbola, G. E. (2019). Characterization and agricultural potentials of some pedons derived from sandstone parent rock near Abeokuta, Southwestern Nigeria. *J. Soil Sci. Environ. Manage.* Vol.10 (5), pp. 82-93, July 2019.
<https://doi.org/10.5897/JSSEM2018.0733>
- Okusami, T. A. & Oyediran, G. O. (1985). Slope-Soil relationship on an Aberrant Toposequence in Ife area of southwestern Nigeria; Variabilities in soils properties. *Ife Journal of Agriculture*. University of Ife, Nigeria 7 (1&2) 1-15.
- Opeyemi, Z. A., (2008). Monitoring the growth of settlement in Ilorin Nigeria. (A GIS and remote sensing approach). *International Archives of photogrammetric, remote sensing and spatial information science*, vol. xxxvii, part B6b. Beijing.
- Payne, D. (1988). Soil structure, tilth, and mechanical behaviour. p. 378-411. In A Wild (ed.) *Russell's soil conditions & plant growth*. Longman Scientific & Technical, Burnt Mill, England.
- Periaswamy, S. P. & Ashaye, T. I. (1982) Updated classification of some south-western Nigerian soils. *Ife J Agric.* 4 (1 & 2), 25-36.
- Rahaman, M. A (1988): Recent advances in the study of the basement complex of Nigeria. *Symposium on the Geology of Nigeria*, Obafemi Awolowo University, Nigeria.
- Sharu, M. B., M. Yakubu, S. S. Noma & A. I. Tsafe, (2013). Characterization and classification of soils on an agricultural landscape in dingyadi district, Sokoto State, Nigeria. *Nig. J. Basic Applied Sci.*, 21: 137-147.
- Sims, J. T. (1996). Lime Requirement. In Sparks, D. L. (ed.), *Methods of Soil Analysis Part 3: SSSA Book Series No. 5. Soil Science Society of America Inc., American Society of Agronomy Inc.*, Madison, Wisconsin, pp 491 – 516.
- Smyth, A. J. & Montgomery, R. F. (1962). Soils and land use in central western Nigeria. *Western Nigeria Government*, Ibadan Pp 265.
- Sobulo, R. A. & Adepetu, J. A. (1987). Soil Science for the Development of Africa. Soil fertility status of Africa soils. Paper presented at the 1st O. A. U. *International Soil Congress*, Accra, Ghana, Pages 18-22.
- Soil Survey Staff (2006). *Keys to soil taxonomy*, 10th edition. USDANRCS. US Government Printing Office, Washington, DC, USA. 332p.
- Solarin, L. O. & Ayolagha, G. A. (2006). Characterization and Classification of Cement dust-polluted soils in Sagamu area, southwestern Nigeria. *Nigeria Journal of Soil Science* 16: 24-34.
- Storie R.E. (1976): *Storie Index Soil Rating* (revised 1978). Spec. Publ. Div. Agric. Sci. No. 3203, University of California, Berkeley.
- Sumner, M. E. & Miller, P. W. (1996). Cation Exchange Capacity and Exchange Coefficients. In Sparks, D. L. (ed.), *Methods of Soil Analysis Part 3: SSSA Book Series No. 5. Soil Science Society of America Inc., American Society of Agronomy Inc.*, Madison, Wisconsin, pp 1201 – 1230.
- Sys C., Van Ranst E., & Debaveye J. (1991): *Land evaluation. Part II: Methods in Land Evaluation*. Agric. Pub. No. 7, General Administration for Development Cooperation, Brussels.
- Sys, C. (1985) *Land evaluation, Part I*, 11 & 111. ITC, University of Ghent, Belgium, 343 p.
- Thapinta, A., & Hudak, P., (2003). Use of geographic information systems for

- assessing groundwater pollution potential by pesticides in Central Thailand. *Environmental International* 29, 87–93pp
- Thomas, G. W. (1982). Exchangeable cations. Pp. 159–165. In A.L. Page *et al.*, (ed.) *Methods of soil analysis*. Part 2. 2nd ed. Agron.Monogr.19. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Thomas, G. W., (1996). Soil pH and Soil Acidity. In Sparks, D. L. (ed.), *Methods of Soil Analysis Part 3: SSSA Book Series No. 5 Soil Science Society of America Inc., American Society of Agronomy Inc.*, Madison, Wisconsin, pp 363 – 376pp.
- United States Department of Agriculture (2010). Soil Survey staff, 2010 Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture (USDA), 9th ed., Pages 263-285pp.
- Van Raij B. & Peech M. (1972). Electrochemical properties of some Oxisols and Alfisols of the Tropics. *Soil Sci Soc Am J* 36: 587-593.
- Wilkie, D.S. & Finn, J.T. (1996), *Remote Sensing Imagery for Natural Resources Monitoring*. Columbia University Press, New York. Pp 295.
- Yakubu, M. & A.G. Ojanuga, (2009). Pedogenesis, Weathering Status and Mineralogy of the Soils on Ironstone Plateau (Laterites). Sokoto, Nigeria.

HARRAN TARIM ve GIDA BİLİMLERİ DERGİSİ

YAZIM KURALLARI

1. Makale, **Microsoft Word programında, Calibri** yazı karakterinde, **1.15 satır aralığında, 12 punto** düz metin ve tek sütun olarak yazılmalıdır.
2. Kenar boşlukları; **sol, sağ, alt ve üst- 3 cm** bırakılarak, her satıra ardışık olarak **satır numarası** verilerek hazırlanmalıdır.
3. Yazar(lar) makalenin ne türde bir yazı (**Araştırma makalesi, derleme, teknik not vb.**) olduğunu belirtmelidir.
4. **Türkçe başlık 14 punto (koyu ve ortalı)** küçük harflerle (Başlığın sadece ilk kelimesinin baş harfi büyük) ve düz yazılmalıdır. **İngilizce başlık 12 punto** ve ortalı yazılmalıdır.
5. Yazar isimleri **Adı SOYADI** kuralına göre Türkçe başlık sonrası **12 punto (koyu, ortalı ve düz)** ve bir boşluk bırakılarak yazılmalı, yazar isimlerinin sonuna adres için üst simge olarak rakam, sorumlu yazarı belirtmek için ise * simgesi verilmelidir. **Adres satırı** yazar isimleri sonrasında 1 boşluk bırakılarak **10 punto (normal, düz ve ortalı)** yazılmalıdır.
6. Adres satırından sonra 1 boşluk bırakılarak yazarların ORCID numaraları yazılmalıdır. ORCID satırının altına, sorumlu yazar e-posta adresi belirtilmelidir.
7. Metin genel olarak;
 - **Öz,**
 - **Abstract,**
 - **Giriş,**
 - **Materyal ve Metot,**
 - **Araştırma Bulguları ve Tartışma,**
 - **Sonuçlar,**
 - **Ekler**
 - **Kaynaklar** şeklinde olmalıdır.
8. Ana başlıkların yazımında koyu olarak kelimelerin sadece baş harfleri büyük yazılmalıdır. İkincil ve üçüncül başlıklarda sadece ilk kelimenin baş harfi büyük, diğer kelimeler küçük, koyu değil ve italik yazılmalıdır. Metin ana başlıkları, metin başlangıcı ve sonunda olmak üzere 1' er boşluk bırakılmalıdır. Alt başlıklardan önce 1 boşluk bırakılmalı, ancak sonrasında boşluk bırakılmamalıdır. Tüm başlıklar girinti verilmeden sola yaslı olarak yazılmalıdır.
9. **Metin içerisinde kaynak gösterimi (Yazar, yıl)** esasına göre yapılmalıdır. Metin içerisinde iki yazarlı bir kaynağın gösteriminde, metin Türkçe ise (**ilk yazar soyadı ve ikinci yazar soyadı, yıl**) kuralı uygulanmalıdır. İki kenden fazla yazarın bulunduğu kaynakların gösteriminde (**ilk yazarın soyadı ve ark., yıl**) kuralı uygulanmalıdır.
Örneğin: (Mamay, 2020), (İkinci ve Bolat, 2018); (Söylemez ve ark., 2019),
10. Makale İngilizce olarak yazılacaksa (**ilk yazar and ikinci yazar, yıl**) ve (**ilk yazarın soyadı et al., yıl**) kuralı uygulanmalıdır.
Örneğin: (Söylemez, 2018), (Bolat and Mamay, 2015), (Mamay et al., 2010).
11. Metin içerisinde birden fazla kaynağa aynı anda atıf yapılacak ise; kaynaklar yayınlandıkları yıl dikkate alınarak kronolojik olarak sıralanmalıdır.
12. **ÖZ (ABSTRACT):** Başlık sola yaslı olmalı, 10 punto, koyu, paragraf başında girinti verilmemelidir. Türkçe ve İngilizce metin 300 kelimeyi aşmayacak şekilde, 10 punto ve 1 satır aralığında yazılmalıdır. Öz ile Anahtar Kelimeler ve Abstract ile Key Words arasında tek

satır boşluk (10 punto, düz) bırakılarak metnin hemen altında en fazla 5 adet **Anahtar Kelimeler (Key Words)** yazılmalıdır. Key Words ile ana metin (Giriş) arasında iki satır boşluk bırakılmalıdır.

13. Makalelerde fotoğraf, grafik, çizim vb. "**Şekil**" olarak, Tablolar ise "**Çizelge**" olarak ifade edilmelidir.
14. Çizelge ve Şekiller ardışık olarak numaralandırılmalıdır (Şekil 1. veya Çizelge 1.). "Şekil" ve "Çizelge" içerikleri 1 satır aralıklı ve **10 punto** olarak hazırlanmalıdır.
15. Çizelge başlıkları çizelgenin üstünde, şekil başlıkları ise şekillerin altında ilk harf büyük olacak şekilde 1 satır aralıklı **10 punto** olarak yazılmalıdır.
16. **Türkçe yazılmış makalelerde Şekil ve Çizelge başlıklarının İngilizceleri, Türkçe başlığın hemen altında *italik* olarak yazılmalıdır.** (Makale İngilizce olarak yazılmışsa, Şekil ve Çizelge başlıklarının Türkçe karşılıkları yazılmayacaktır)

Şekil 1. Araştırma bahçesinde tespit edilen ortalama sıcaklık, ortalama nispi nem ve aylık yağış miktarı ortalaması değerleri (2007-2011 yılları ortalaması)

Figure 1. The average temperature, average relative humidity and average monthly rainfall data detected in the research garden (average of the years 2007-2011)

Çizelge 2. Şeftali çeşitlerinin 2007 - 2011 yılları arasındaki fenolojik gözlem sonuçları

Table 2. Phenological observation results of peach cultivars for between 2007 and 2011

Türkçe yazılmış makalelerde Çizelge ile Şekillerin içerisinde bulunan parametrelerin İngilizce karşılıkları bu parametrelerin hemen altına *italik* olarak yazılmalıdır. (Makale İngilizce olarak yazılmışsa, Şekil ve Çizelgelerin içerisinde belirtilen parametrelerin Türkçe karşılıkları yazılmayacaktır.)

Çizelge 3. Denemede yer alan şeftali çeşitlerinin bazı pomolojik özellikleri

Table 3. Some pomological properties of peach varieties

Çeşitler Varieties	Meyve ağırlığı(g) Fruit weight (g)	Meyve eni (mm) Fruit width (mm)	Meyve boyu(mm) Fruit length (mm)	Çekirdek ağırlığı (g) Kernel weight (g)
Cardinal	78.19 f	50.73 d	48.48 c	5.06 d
Cresthaven	129.58 b	61.69 bc	59.56 b	8.31 bc

17. Makale metni ve Çizelge-Şekil içerisinde bildirilen ondalık rakamlar, **nokta** ile ayrılmalıdır. (123.87; 0.987 vb.).
18. Çizelge-Şekillerden önce ve sonra **bir satır boşluk** bırakılmalıdır.
19. Makale yazımında "**Uluslararası Birim Sistemi**" (SI)'ye uyulmalıdır. Buna göre; g/l yerine **g l⁻¹**, mg/l yerine **mg l⁻¹** ya da **ppm** kullanılmalıdır. Yüzde ile belirtilen ifadeler açıklayıcı olmalıdır. Örneğin; %3 yerine **%3 (w/v)**, **%3 (v/v)**, **%3 (w/w)** şeklinde belirtilmelidir.
20. **Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi Kaynaklar listesinin bildirişinde APA Formatını kullanmaktadır.** Buna göre kaynaklar listesi aşağıdaki kurallar çerçevesinde hazırlanmalıdır.

1. DERGİ YAYINLARINA ATIF VERME

1.1. Tek yazarlı makale

Mamay, M. (2015). Nar yaprakbiti [*Aphis punicae* Passerini (Hemiptera: Aphididae)]'nin Şanlıurfa ili nar bahçelerindeki bulaşıklık haritası. *Türkiye Entomoloji Bülteni*, 5(3), 159-166.

1.2. İki yazarlı makale

Soylemez, S., & Pakyurek, A. Y. (2017). Responses of rootstocks to nutrient induced high EC levels on yield and fruit quality of grafted tomato cultivars in greenhouse conditions. *Applied ecology and environmental research*, 15(3), 759-770. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1503_759770

1.3. İki den fazla yazarlı makale

Mamay, M., Ünlü, L., Yanık, E., Doğramacı, M., & İkinci, A. (2016). Efficacy of mating disruption technique against carob moth, *Apomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) in pomegranate orchards in Southeast Turkey (Şanlıurfa). *International Journal of Pest Management*, 62(4), 295-299.

İkinci, A., Mamay, M., Unlu, L., Bolat, I., & Ercisli, S. (2014). Determination of heat requirements and effective heat summations of some pomegranate cultivars grown in Southern Anatolia. *Erwerbs-Obstbau*, 56(4), 131-138. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10341-014-0220-8>

2. KİTAPLARI KAYNAK GÖSTERME

2.1. Kaynak kitap ise,

Mohsenin, N. N. (1970). *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. New York: Gordon and Breach Science Publishers.

2.2. Kaynak kitaptan bir bölüm ise,

Author, A. A. (Year). Chapter title. In E. E. Editor (Ed.), *Title of book: And subtitle* (pp. pages). Place: Publisher.

2.3. Editörlü kitap

Yeşilyaprak, B. (Ed.). (2003). *Gelişim ve öğrenme psikolojisi*. Ankara: Pegema Yayıncılık.

2.4. Yazarı bilinmeyen kaynakları veya internet kaynaklarını kaynak olarak gösterme;

Anonymous (2005). Tereyağı, diğer süt yağı esaslı sürülebilir ürünler ve sadeyağ tebliği. Türk Gıda Kodeksi, Tebliğ No: 2005/19, Ankara.

FAO, (2015). Statistical data of FAO. Retrieved from: <http://faostat.fao.org/site/567/default.asp>.

3. YÜKSEK LİSANS ve DOKTORA TEZLERİNE ATIF VERME

Doktora ya da yüksek lisans tezlerine elektronik veri tabanlarından, kurumsal arşivlerden ve kişisel web sayfalarından erişilebilir. Eğer bir teze ProQuest doktora ve yüksek lisans tezleri veri tabanından ya da diğer bir kaynaktan erişildiyse, atıfta bu bilgi verilmelidir. Bir veri tabanı servisinde mevcut olan bir doktora ya da yüksek lisans tezi için aşağıdaki kaynak gösterme biçimi kullanılır:

3.1. Yayınlanmamış tez

Mamay, M. (2013). *Determination of population development and infestation ratio of carob moth [Apomyelois ceratoniae Zell. (Lepidoptera:Pyralidae) in pomegranate orchards in Sanliurfa province and using mating disruption technique for its control* (Yayımlanmamış doktora tezi). Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

Söylemez, S. (2014). *Effects of nutrient induced salinity levels and rootstocks on plant growing, yield and some fruit quality features at soilless grown grafted tomatoes* (Yayımlanmamış doktora tezi). Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

3.2. Yayınlanmış tez

May, B. (2007). *A survey of radial velocities in the zodiacal dust cloud*. Bristol, UK: Canopus Publishing.

4. SEMPOZYUM VE TOPLANTI BİLDİRİLERİNE ATIF VERME

Mamay, M. (2017). Population density of overwintering larvae of Carob Moth [*Apomyelois (=Ectomyelois) ceratoniae* Zell. (Lepidoptera: Pyralidae)] in pomegranate orchards in Southeastern Anatolia. SEAB 2017. *Proceedings of the 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity*, (pp. 235), 05-08 July 2017, Minsk, Belarus.

İkinci, A. & Mamay, M. (2017). Effects of fruit thinning on morphological, physico-chemical properties, bioactive compounds, antioxidant activity and pest & disease control in pomegranate fruit (*Punica granatum* L.) *International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies*, (pp. 642), 15-17 May 2017, Cappadocia, Turkey.

Sönmez, C., Mamay, M. & Söylemez, S. (2019). Determination of the effect of different hydroponic culture and different NH₄:NO₃ ratio on the density of aphid [*Aphis* spp. (Hemiptera: Aphididae)] population in greenhouse lettuce. *1st International Gobeklitepe Agriculture Congress (IGAC-2019)*, (pp. 599-604), 25-27 November, Şanlıurfa, Turkey.

Not: Yukarıda yer alan kaynak gösterimlerde bulamadığınız farklı materyal veya konu başlıklarındaki kaynak bildirişleri için internetteki APA Kaynak Gösterimi ile ilgili web sayfalarından ya da aşağıdaki linkteki bilgilerden yararlanabilirsiniz.

https://libguides.library.usyd.edu.au/ld.php?content_id=47913440

Şencan, İ., ve Doğan, G. (2017). Bilimsel yayınlarda kaynak gösterme, tablo ve şekil oluşturma rehberi: APA 6 Kuralları. *Türk Kütüphaneciliği Dergisi*, Ankara.

https://www.tk.org.tr/APA/apa_2.pdf

HARRAN TARIM ve GIDA BİLİMLERİ DERGİSİ
YAZAR REHBERİ

1. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi'ne gönderilen makaleler Dergi Yayın Kurulu tarafından belirlenen yazım kurallarına göre yazılmalıdır.
2. Makaleler, **Dergipark Sistemi üzerinden online** olarak yüklenmelidir.
3. Tüm yazarlar tarafından imzalanan **Telif Hakkı Devir Sözleşmesi** ve **Makale Kontrol Listesi** (sorumlu yazar tarafından imzalanacak) makale ile birlikte sisteme yüklenmelidir.
4. **iThenticate Programı Benzerlik Raporu** (**%20**'yi geçmemelidir) ve gerekli ise **Etik Kurul Kararı** makale ile birlikte sisteme yüklenmelidir.
5. Hazırlanacak olan makale metni genel olarak;

- **Öz,**
- **Abstract,**
- **Giriş,**
- **Materyal ve Metot,**
- **Araştırma Bulguları ve Tartışma,**
- **Sonuçlar,**
- **Ekler,**
- **Beyanlar**
 - **Çıkar Çatışması**
 - **Yazar Katkısı**
- **Kaynaklar** bölümlerinden oluşmalıdır.

6. **Başlık:** Kısa ve açıklayıcı olmalı, **Calibri** yazı karakterinde, **14 punto, koyu**, düz, ortalanarak ve küçük harflerle (Başlığın sadece ilk kelimesinin baş harfi büyük) yazılmalıdır. Başlık tercihen 15 kelimeyi geçmemelidir. İngilizce başlık Türkçe başlığı tam olarak karşılamalı, 12 punto ve koyu yazılmalıdır.

7. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi'ne yayınlanması için makalenin ilk gönderiminde **yazar isimleri, kurum isimleri, adresleri, ORCID numaraları ve e-posta bilgileri yer almamalıdır.**

8. Makalenin hakem değerlendirmesi tamamlandıktan ve makale Yayın Kurulu tarafından kabul edildikten sonra, 7. maddede yer alan yazar isimleri ve diğer bilgiler, hakem önerilerine göre yeniden düzenlenmiş olan makale sayfası üzerine yazıldıktan sonra, Dergi web sayfasında yer alan düzenlenmiş makaleyi gönder sayfasından Dergi sistemine yüklenmelidir. **Kontrol edilmiş veya düzeltilmiş olan makale, yeni bir makale gibi Dergi web sayfasından yüklenmemelidir.**

9. Yazar isimleri **Adı SOYADI** kuralına göre Türkçe başlık sonrası **12 punto (koyu, ortalı ve düz)** ve bir boşluk bırakılarak yazılmalı, yazar isimlerinin sonuna adres için üst simge olarak rakam, sorumlu yazarı belirtmek için ise * simgesi verilmelidir. Adres satırı yazar isimleri sonrasında 1 boşluk bırakılarak **10 punto (normal, düz ve ortalı)** yazılmalıdır. Adres satırından sonra 1 boşluk

birakılarak yazarların ORCID numaraları yazılmalıdır. ORCID satırının altına sorumlu yazar e-posta adresi belirtilmelidir.

10. **ÖZ:** Çalışmanın yürütüldüğü yer ve zamanını, amacını, yöntemini ve sonuçları içermelidir. Sola yaslı, 10 punto, koyu, paragraf başında girinti verilmemelidir. Türkçe ve İngilizce metin 300 kelimeyi aşmayacak şekilde 10 punto ve 1 satır aralığında yazılmalıdır. Öz ile Anahtar Kelimeler ve Abstract ile Key Words arasında tek satır boşluk (10 punto, düz) bırakılarak, metnin hemen altında en fazla 5 adet **Anahtar Kelimeler (Key Words)** yazılmalıdır. Key Words ile ana metin (Giriş) arasında iki satır boşluk bırakılmalıdır.

11. **Giriş:** Bu bölümde; çalışma konusu, gerekçesi, konu ile doğrudan ilgili önceki çalışmalar ve çalışmanın amacı verilir. Bu bölümde; çalışmanın konusu özetlenmeli, konu hakkındaki mevcut bilgi doğrudan ilişkili önceki çalışmalarla değerlendirilmeli ve bilgi üretimine ihtiyaç duyulan hususlar vurgulanıp çalışma ile ilişkilendirilmelidir. Son olarak çalışmanın amacı net ve açık bir şekilde ifade edilmelidir.

12. **Materyal ve Metot:** Bu bölümde; çalışmada kullanılan canlı ve cansız materyaller, uygulanan yöntemler, değerlendirilen ölçütler, uygulanan deneme desenleri veya örnekleme yöntemleri ile istatistiksel analizler gerektiğinde kaynaklarla da desteklenerek, açık ve net biçimde anlatılmalıdır. Yeni veya değiştirilmiş yöntemler, aynı konuda çalışanlara araştırmayı tekrarlama olanağı verecek nitelikte açıklanmalıdır. Bu amaçla gerektiğinde alt başlık kullanılmalıdır.

13. **Araştırma Bulguları ve Tartışma:** Çalışmada elde edilen bulgular şekil ve çizelgeler yardımıyla ve istatistiksel analizlere dayalı olarak açık ve net bir biçimde verilmelidir. İstatistikî olarak önemli bulunan faktörler, uygulanan istatistik analiz tekniğine uygun karşılaştırma yöntemi ile yorumlanarak ilgili istatistikler üzerinde harflendirme yapılmalıdır. Aynı veriler hem grafik hem de çizelge ile verilmemeli, konuya en uygun araç seçilmeli, anlatımda tekrarlayan cümle ve ifadelerden kaçınılmalıdır. Tartışma kısmında, uyum ve zıtlık açısından önceki çalışmalarla karşılaştırılmalı, doldurduğu bilgi açığı vurgulanmalı, önceki bölümlerdeki ifadelerin olduğu gibi tekrarından kaçınılmalıdır.

14. **Sonuçlar:** Bu bölümde; elde edilen nihai sonuçlar ve varsa öneriler, bilime ve uygulamaya katkısıyla birlikte kısa ve öz olarak verilmelidir.

15. **Ekler:** Çalışmayı destekleyen kurum ve kuruluşlar ile çalışmaya katkı sağlayanlar bu kısımda ifade edilmelidir. Ayrıca, makalenin lisansüstü tezlerden üretilip üretilmediği, abstract olarak kongre ve sempozyumlarda sunulup sunulmadığı da Ekler bölümünde belirtilmelidir.

16. **Beyanlar (Declarations)**

Çıkar Çatışması: Kişiler makalelerin etik ilkeler çerçevesinde değerlendirilebilmesi ve bağımsız bir süreç yürütülebilmesi için olası çıkar çatışmaları ile ilgili olarak yayın kurulunu bilgilendirmelidir. Ekonomik veya kişisel fayda sağlanan durumlar çıkar çatışmasını meydana getirir. Bilimsel sürecin ve yayınlanan makalelerin güvenilirliği; bilimsel çalışmanın planlanması, uygulanması, yazılması, değerlendirilmesi, düzenlenmesi ve yayınlanması sırasında çıkar çatışmalarının objektif bir şekilde ele alınmasıyla doğrudan ilişkilidir. Makale ile ilgili çıkar çatışması söz konusu değilse, "**makale yazarları, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder**" ifadesi yazılmalıdır.

Yazar Katkısı: Çalışmanın tasarlanması, planlanması, kurulması, yürütülmesi, verilerin analizi ve

makalenin yazılmasında içeriğe bilimsel açıdan katkı sağlayan her bir yazarın makaleye katkı şekli belirtilmelidir. Yazar katkıları, örnek olarak “**MM çalışmayı tasarlayarak denemeleri kurmuş, MM ve AA çalışmayı yürütmüş, BB verileri analiz etmiş, MM, AA ve BB makaleyi yazmıştır**” şeklinde ifade edilebilir.

17. **Kaynaklar:** Makalede atıfta bulunulan literatürlere Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi Yayın Kurulu tarafından belirlenen **yazım kurallarına göre** yazılmalıdır.

Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi Yazım Kuralları için ...

18. **Kısaltmalar ve Semboller:** Makale başlığı ve başlıklarda kısaltma kullanılmamalıdır. Gerekli olan kısaltmalar kavramların ilk geçtiği yerde parantez içinde verilmelidir. Kısaltmalarda ve sembollerin kullanımında ilgili alanın evrensel kurallarına uyulması zorunludur.

19. **Formüller:** Makalelerde formüller “Eşitlik” olarak adlandırılmalı ve italik olarak yazılmalıdır. Makalede birden fazla eşitlik varsa numaralandırılmalı, numara formülün yanında sağa dayalı olarak parantez içinde gösterilmelidir.

20. Makaleye ardışık olarak **satır ve sayfa numarası** verilmelidir.

21. **Calibri** karakterinde, **12 punto** ve **1.15 satır** aralıklı yazılan makale **20 sayfa**yı geçmemelidir.

22. Yayınlanmasına karar verilen eserler, sadece şekilsel olarak, yukarıda yer alan bilgiler doğrultusunda yeniden düzenlenmeli, yazar(lar)ca herhangi bir eklenti ya da çıkartma yapılmamalıdır.

23. Makale içerisinde, dergi basıldığı haliyle görünen hataların sorumluluğu yazarlara aittir. Yayın Kurulundan kaynaklanan basım hataları için ise düzeltme yayınlanabilir.

24. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi; yazarlardan makale gönderimi, değerlendirilmesi ve basım aşamalarında herhangi bir basım ücreti almamaktadır.

MANUSCRIPT WRITING RULES

1. The manuscript should be written in Microsoft Word program, in Calibri font, **1.15** line spacing, **12** pt. plain text and a single column.
2. Margins; **Left, right, bottom and top 3 cm** should be left, and each row should be prepared consecutively by giving the line number.
3. Author (s) should indicate the type of manuscript (**Research Manuscript, Review, Technical Note** etc.).
4. **The English title should be written in 14 pt (bold and centered)** lowercase letters (only the first word of the title is capitalized) and in plain text. The Turkish title should be written in 12 font size and centered.
5. Author names should be written in **12 pt. (Bold, centered and plain)** and a space after the title according to the Name SURNAME rule, followed by a number as superscript for the address and a * symbol to indicate the corresponding author. Address line should be written after the author names, leaving **1 space and 10 pt (normal, straight and centered)**.
6. Authors' ORCID numbers should be written, leaving 1 space after the address line. Under the ORCID line, the responsible author e-mail address must be specified.
7. The text should generally be in the following form;
 - **Abstract**
 - **Introduction**
 - **Material and Method,**
 - **Results and Discussion,**
 - **Conclusions**
 - **Acknowledgement**
 - **References**
8. In the writing of main titles, only the initials of the words should be capitalized in bold. In secondary and tertiary titles, only the first letter of the first word should be capitalized, other words should be in small, not bold and italic. There should be 1 space each, including the main headings of the text, the beginning and the end of the text. 1 space should be left before subtitles, but no spaces should be left after them. All titles should be left justified without indenting.
9. Reference should be cited **in the text based on (Author, year) rule**. In the presentation of a reference with two authors in the text, the rule (**first author's surname and second author's surname, year**) should be applied. In the display of sources with more than two authors (**first author's surname et al., year**) rule must be applied.

For example; (Bilgili, 2020), (Bilgili and vanEs, 2018); (Bilgili et al., 2019).

10. If more than one reference will be cited at the same time in the text; Referencens should be ordered chronologically, considering the year they were published.

11. **ABSTRACT:** Title should be left justified, 10 pt, bold, not indented at the beginning of the paragraph. Turkish and English texts should be written in 10 font size and 1 line spacing, not exceeding 300 words. **A maximum of 5 Key Words** should be written just below the text, leaving a single line space (10 pt., Plain) between Abstract and Keywords, and Öz (Turkish Abstract) and Key Words. Two lines of space should be left between Key Words and the main text.

12. Photographs, graphics, drawings, etc. should be expressed as "Figure" and Tables as "Tables".

13. Tables and Figures should be numbered consecutively (Figure 1. or Table 1.). Contents of "Figure" and "Table" should be prepared with 1 line spacing and 10 pt.

14. Table titles should be written above the table, and figure titles should be written below the figures in 10 pt, 1 line spacing with the first letter capital.

15. Figure and Table titles should be written in italics;

Figure 1. The average temperature, average relative humidity and average monthly rainfall data detected in the research garden (average of the years 2007-2011) Table 2. Phenological observation results of peach cultivars for between 2007 and 2011

16. Decimal numbers in the manuscript text and Table-Figure should be separated by **a period**. (123.87; 0.987 etc.).

17. One blank line should be left before and after the table-figures.

18. Manuscript writing should comply with the "International Unit System" (SI). According to this; Use g l-1 instead of g / l, and mg l-1 or ppm instead of mg / l. Percentages should be descriptive. For example; It should be specified as 3% (w / v), 3% (v / v), 3% (w / w) instead of 3%.

19. Harran Journal of Agriculture and Food Sciences uses **APA Style** in the submission of the sources list. Accordingly, the list of references should be prepared in accordance with the following rules.

19.1. **Citation to journal publications;**

19.1.1. Single author manuscripts;

Mamay, M. (2015). Infestation map of pomegranate aphid [*Aphis punicae* Passerini (Hemiptera: Aphididae)] in Şanlıurfa province pomegranate orchards. Turkey Entomology Bulletin, 5(3), 159-166.

19.1.2. Two-author manuscripts;

Soylemez, S., & Pakyurek, A. Y. (2017). Responses of rootstocks to nutrient induced high EC levels on yield and fruit quality of grafted tomato cultivars in greenhouse conditions. Applied Ecology and Environmental Research, 15(3), 759-770. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1503_759770

19.1.3. Manuscripts with more than two authors;

İkinci, A., Mamay, M., Unlu, L., Bolat, I., & Ercisli, S. (2014). Determination of heat requirements and effective heat summations of some pomegranate cultivars grown in Southern Anatolia. Erwerbs-Obstbau, 56(4), 131-138. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10341-014-0220-8>.

19.2. Referencing Books;

19.2.1. If the source is a book;

Mohsenin, N. N. (1970). Physical Properties of Plant and Animal Materials. New York: Gordon and Breach Science Publishers.

19.2.2. If it is a chapter from the source book;

Author, A. A. (Year). Chapter title. In E. E. Editor (Ed.), Title of book: And subtitle (pp. pages). Place: Publisher.

19.2.3. Edited book;

Yeşilyaprak, B. (Ed.). (2003). Development and learning psychology. Ankara: Pegema Publishing.

19.3. Citing sources of unknown author or internet sources;

Anonymous (2005). Butter, other milk fat-based spreads and plain butter notification. Turkish Food Codex, Communiqué No: 2005/19, Ankara.

FAO, (2015). Statistical data of FAO. Retrieved from: <http://faostat.fao.org/site/567/default.asp>.

19.4. Citing Master's and Doctoral theses;

Doctorate or master theses can be accessed from electronic databases, corporate archives and personal web pages. If a dissertation is accessed from the ProQuest database of doctoral and master's theses or any other source, this information should be provided in the reference. For a doctorate or master thesis available in a database service, the following citation format is used;

Unpublished thesis;

Mamay, M. (2013). *Determination of population development and infestation ratio of carob moth [Apomyelois ceratoniae Zell. (Lepidoptera:Pyralidae)] in pomegranate orchards in Sanliurfa province and using mating disruption*

technique for its control (Unpublished doctoral dissertation). Harran University, Graduate School, Şanlıurfa.

Söylemez, S. (2014). *Effects of nutrient induced salinity levels and rootstocks on plant growing, yield and some fruit quality features at soilless grown grafted tomatoes* (Unpublished doctoral dissertation). Harran University, Graduate School, Şanlıurfa.

Published thesis; May, B. (2007). A survey of radial velocities in the zodiacal dust cloud. Bristol, UK: Canopus Publishing.

19.5. Citing Symposium and Meeting Papers

Mamay, M. (2017). Population density of overwintering larvae of Carob Moth [*Apomyelois (=Ectomyelois) ceratoniae* Zell. (Lepidoptera: Pyralidae)] in pomegranate orchards in Southeastern Anatolia. SEAB 2017. *Proceedings of the 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity*, (pp. 235), 05-08 July 2017, Minsk, Belarus.

Ikinci, A. & Mamay, M. (2017). Effects of fruit thinning on morphological, physico-chemical properties, bioactive compounds, antioxidant activity and pest & disease control in pomegranate fruit (*Punica granatum* L.) *International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies*, (pp. 642), 15-17 May 2017, Cappadocia, Turkey.

Sönmez, C., Mamay, M. & Söylemez, S. (2019). Determination of the effect of different hydroponic culture and different NH₄:NO₃ ratio on the density of aphid [*Aphis* spp. (Hemiptera: Aphididae)] population in greenhouse lettuce. *1st International Gobeklitepe Agriculture Congress (IGAC-2019)*, (pp. 599-604), 25-27 November, Şanlıurfa, Turkey.

Note: You can use the web pages related to **APA Referencing Style** on the internet.

TELİF HAKKI DEVİR SÖZLEŞMESİ

Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi Yayın Kurulu Başkanlığına

Eserin Adı:

Yazar(lar);

- Sunulan makalenin yazar(lar)ın orijinal çalışması olduğunu;
- Tüm yazarların bu çalışmaya bireysel olarak katılmış olduklarını ve bu çalışma için her türlü sorumluluğu aldıklarını;
- Tüm yazarların sunulan makalenin son halini gördüklerini ve onayladıklarını;
- Makalenin başka bir yerde özet dışında basılmadığını veya basılmak için sunulmadığını;
- Makalede bulunan metnin, şekillerin ve dokümanların başkalarına ait Telif Haklarını ihlal etmediğini taahhüt ederler.

Bununla birlikte, yazarların veya varsa yazarların işverenin;

- Patent hakları;
- Yazar(lar)ın kitaplarında veya diğer çalışmalarında makalenin tümünü ücret ödemeksizin kullanma hakkı;
- Makaleyi satmamak koşuluyla kendi amaçları için çoğaltma hakkı gibi fikri mülkiyet hakları saklıdır.
- Makalenin herhangi bir bölümünün başka bir yayında kullanılmasına Harran Tarım ve Bilimleri Dergisi yayımcı kuruluş olarak belirtilmesi ve Dergiye atıfta bulunulması şartıyla izin verilir.

Ben / Biz, telif hakkı ihlali nedeniyle üçüncü şahıslarla istenecek hak talebi veya açılacak davalarda Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi Editörlerinin hiçbir sorumluluğunun olmadığını, tüm sorumluluğun yazarlara ait olduğunu, ayrıca makalede hiçbir suç unsuru veya kanuna aykırı ifade bulunmadığını, araştırma yapılırken kanuna aykırı herhangi bir malzeme ve yöntem kullanılmadığını taahhüt ederim/ederiz.

1. Yazarın Bilgileri			
Adı SOYADI			
Kurum Adresi			
ORCID Numarası		Tarih	imza

2. Yazarın Bilgileri			
Adı SOYADI			
Kurum Adresi			
ORCID Numarası		Tarih	imza

Telif Hakkı Devir Sözleşmesi tüm yazarlarca imzalandıktan sonra tek bir form olarak sisteme yüklenmelidir)

Lütfen arka sayfaya geçiniz.

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/harranziraat>

e-ISSN: 2587-1358