



Yıl / Year: 2022 Cilt / Volume: 26 Sayı / Number: 3

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. Mehmet Ali ÇULLU

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

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

Dr. Öğr. Üyesi Selçuk SÖYLEMEZ
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa

Yabancı Dil Editörleri
(Foreign Language Editors)

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

Mizanpaj Editörü
(Typesetting Editor)

Dr. Öğr. Üyesi Selçuk SÖYLEMEZ

Cilt (Volume): 26
Sayı (Issue): 3
Yıl (Year): 2022

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

Mizanpaj Editörü: Dr. Öğr. Üyesi Selçuk SÖYLEMEZ

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: 23.09.2022

Yılda dört kez yayınlanır

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

Yıl/year: 2022

Cilt/volume: 26

Sayı/number: 3

Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi
Hakemli Olarak Yayınlanmaktadır

Bu Sayıya Katkıda Bulunan Hakemler
(Alfabetik Sıraya Göre Yazılmıştır)

Prof. Dr. Ayfer Alkan TORUN

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

Prof. Dr. Hasan Sungur CİVELEK

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü

Prof. Dr. Mehmet ÖZ

Bursa Uludağ Üniversitesi, Mustafakemalpaşa Meslek Yüksekokulu

Prof. Dr. Memet İNAN

Adıyaman Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü

Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Doç. Dr. Ahmet ÇELİK

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

Doç. Dr. Ahmet DEMİRBAŞ

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sivas Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel Ve Hayvansal Üretim, Organik Tarım

Doç. Dr. Ahmet Levent İNANÇ

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Doç. Dr. Cumali ÖZASLAN

Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü

Doç. Dr. Fatih Mehmet YILMAZ

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Doç. Dr. Fatma HEPSAĞ

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gıda Teknolojisi Bölümü

Doç. Dr. Hüseyin ARSLAN

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla bitkileri Bölümü

Doç. Dr. Mahmut TEPECİK

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

Doç. Dr. Mustafa KÜSEK

KSÜ Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü

Doç. Dr. Nevran Eylem AKMAN GÜNDÜZ

OMÜ Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü

Doç. Dr. Tamer ÜSTÜNER

KSÜ Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü

Doç. Dr. Timuçin EVEREST

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü

Doç. Dr. Ulaş ACARÖZ

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin/Gıda Hijyeni Ve Teknolojisi Bölümü

Doç. Dr. Yasin DEMİR

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

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Sabri ÜNSAL

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

Dr. Öğretim Üyesi Doğan ARSLAN

Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KARACAOĞLU

Malatya Turgut ÖZAL Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Murat KARACA

Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Orhan Mete KILIÇ

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Raziye KOÇAK

Selçuk Üniv. Çumra MYO Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Shahid FAROOQ

Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Tuncer ÇAKMAK

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Besin/Gıda Hijyeni Ve Teknolojisi Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Yasin YAKAR

Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

İçindekiler / Contents

Araştırma Makaleleri / Research Articles

<p>Kırşehir ili şeker pancarı (<i>Beta vulgaris</i> L.) üretim alanlarında yayılış gösteren yabancı otların flora, yaygınlık ve yoğunluklarının belirlenmesi <i>Determination of flora, frequency and densities of weeds spreading in sugar beet (<i>Beta vulgaris</i> L.) production areas in Kırşehir province</i> Melih YILAR, Yusuf BAYAR, Kadir AKAN, İlker TÜRKAY</p>	268-279
<p>Influence of host diet on the biological characteristics of <i>Bracon hebetor</i> Say (Hymenoptera: Braconidae) <i>Konukçu besinin <i>Bracon hebetor</i> Say (Hymenoptera: Braconidae)'un bazı biyolojik özelliklerine etkisi</i> Ezgi DEMİRAY, Hilal TUNCA COSİC</p>	280-289
<p>Biber meyvelerinde hasat sonrası çürümelere sebep olan bazı fungal hastalık etmenlerine karşı Isothiocyanate bileşiklerinin antifungal etkilerinin belirlenmesi <i>Determination of the antifungal effects of Isothiocyanate compounds against some fungal agents that cause postharvest rot in pepper fruits</i> Mehmet ATAY, Soner SOYLU</p>	290-302
<p>Pesticide residues in vegetables and fruits from Istanbul by LC-MS/MS <i>İstanbul'da satışa sunulan bazı meyve ve sebzelerde LC-MS/MS ile pestisit kalıntılarının tespiti</i> Burcu ÇAKMAK SANCAR, Meryem AKHAN, Muhsin ÖZTÜRK, Özer ERGÜN</p>	303-315
<p>Fermente edilmiş pseudo-tahılların glutensiz ekmek üretiminde kullanımı: Fiziksel ve tekstürel özellikler üzerine etkileri <i>Use of fermented pseudo-cereals in gluten-free bread production: Effects on physical and textural properties</i> Saliha YEŞİL, Hacer LEVENT</p>	316-326
<p>Effects of antioxidant and physicochemical properties on antimicrobial activity of sumac (<i>Rhus coriaria</i> L.) plant spices which are collected from the southeastern anatolia region of Turkey <i>Türkiye'nin güneydoğu anadolu bölgesinden toplanan sumak (<i>Rhus coriaria</i> L.) bitki baharatlarının antioksidan ve fizikokimyasal özelliklerinin antimikrobiyal aktivitelerine etkisi</i> Fatma ÖZAYDIN, Hasan VARDİN</p>	327-335

Psyllium, bezelye ve yulaf diyet liflerinin depolama süresi boyunca ayranın fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisi <i>Effect of dietary fiber sources such as psyllium, oat and pea on the physicochemical and microbiological properties of ayran during storage</i> Halil YALÇIN, İlhan GÜN, Ali SOYUÇOK	336-348
Determining consumers' attitudes towards organic products by factor analysis: The example of organic product markets <i>Faktör analizi ile tüketicilerin organik ürünlere yönelik tutumlarının belirlenmesi: Organik ürün pazarları örneği</i> Ayca Nur SAHIN DEMIREL, Murad YERCAN	349-357
Ana ve ikinci ürün koşullarında yetiştirilen susam (<i>Sesamum indicum</i> L.) çeşitlerinin bazı önemli tarımsal ve kalite özelliklerinin karşılaştırılması <i>The comparison of some important agronomic and quality characteristics of sesame (<i>Sesamum indicum</i> L.) varieties grown as a main and double crop</i> Halil BAKAL	358-370
Farklı gübre uygulamalarının pamukta (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) verim, verim unsurları ve lif kalitesine etkileri <i>Effects of different fertilizer applications on yield, yield components and fiber quality in cotton (<i>Gossypium hirsutum</i> L.)</i> Vedat BEYYAVAŞ, Şevin Nur YILMAZ, Cevher İlhan CEVHERİ, Suat CUN	371-379
Tuz stresi altındaki tütün bitkisine yapraktan silisyum (Si) uygulamalarının etkileri <i>Effects of foliar silicon (Si) applications on tobacco plant under salt stress</i> Ahmet KINAY, Halil ERDEM	380-388
Bendimahi alt havzası potansiyel erozyon riskinin CORINE ve ICONA modelleri kullanılarak haritalanması <i>Mapping potential erosion risk in Bendimahi sub-basin using CORINE and ICONA models</i> Hande ÖZVAN, Büşra ARIK, Onur ŞATIR, Pınar BOSTAN	389-404

Kırşehir ili şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) üretim alanlarında yayılış gösteren yabancı otların flora, yaygınlık ve yoğunluklarının belirlenmesi

Determination of flora, frequency and densities of weeds spreading in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production areas in Kırşehir province

Melih YILAR^{*1}, Yusuf BAYAR², Kadir AKAN³, İlker TÜRKAY⁴

^{1,2,3} Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kırşehir

⁴ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak ve Bitki Besleme Bölümü, Kırşehir

¹<https://orcid.org/0000-0001-5963-4743>; ²<https://orcid.org/0000-0001-8393-7218>;

³<https://orcid.org/0000-0002-1612-859X>; ⁴<https://orcid.org/0000-0002-6373-4357>

To cite this article:

Yılar, M., Bayar, Y., Akan, K. & Türkay, İ. (2022). Kırşehir ili şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) üretim alanlarında yayılış gösteren yabancı otların flora, yaygınlık ve yoğunluklarının belirlenmesi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(3): 268-279.

DOI: 10.29050/harranziraat.1071821

*Address for Correspondence:

Melih YILAR

e-mail:

melih.yilar@ahievran.edu.tr

Received Date:

11.02.2022

Accepted Date:

29.06.2022

© 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

İnsanların yaşamında temel besin maddelerinden biri olan şekerin, üretim kaynaklarından birisi de önemli bir endüstri bitkisi olan şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.)'dir. Şeker pancarı, Kırşehir ilinde üretim miktarı en fazla olan bitkisel üründür. Çalışmada Kırşehir ili Merkez, Akpınar, Boztepe, Kaman ve Mucur ilçeleri şeker pancarı üretim alanlarında sorun olan yabancı otlar ve bunların yaygınlıkları ile yoğunluklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Sürvey çalışmaları; 2021 yılı Haziran-Eylül aylarında Kırşehir şeker pancarı üretim alanlarını temsil edebilecek şekilde rastgele seçilen 39 noktada 60 tarlada gerçekleştirilmiştir. Çalışma da 1 m²'lik çerçeve kullanılarak üretim alanının büyüklüğüne göre tarlayı temsil edebilecek sayıda örnek alan değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, 1 parazit, 6 monokotiledon ve 50 dikotiledon olmak üzere toplam 23 familyaya dahil 57 yabancı ot türü belirlenmiştir. Asteraceae 14 tür ile (%24,6) üretim alanlarında en fazla tür içeren familya olarak kaydedilmiştir. *Chenopodium album* L. (%78.3), *Amaranthus retroflexus* L. (%75), *Convolvulus arvensis* L. (%53.3), *Amaranthus albus* L. (%46), *Chrozophora tinctoria* (L.) ve *Sinapis arvensis* L. (%33) en yaygın belirlenen türler olarak saptanmıştır. Şeker pancarı üretim alanlarında çok yoğun (YSD:A) ve yoğun (YSD:B) düzeyde yabancı ot türü belirlenmemiş, ancak m²'de 2.55 adet ile *C. album* orta yoğunlukta (YSD:C) olduğu saptanmıştır. Üretim alanlarında *Cuscuta* türlerinin %11.6 rastlanma oranıyla düşük yaygın, 0.216 adet/m² yoğunluk değeriyle düşük yoğunlukta (YSD:E) olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak; Kırşehir şeker pancarı üretim alanlarında sorun olan yabancı ot türleri saptanmış olup bu türlerin yaygınlık ve yoğunlukları da belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yabancı ot, Rastlanma sıklığı, Yoğunluk, Şeker pancarı, Sürvey, Kırşehir

ABSTRACT

Sugar beet is one of the most important industrial crops and the source for sugar production, which is one of the basic nutrient in people's lives. Sugar beet has the highest are under cultivation in Kırşehir province. This study aims the determination of the problematic weed species, their prevalence and density in sugar beet production areas of Kırşehir Province (Center, Akpınar, Boztepe, Kaman and Mucur districts). Surveys were conducted through in vegetation period, June-September, 2021. A total of 39 randomly selected sites in 60 fields representing the Kırşehir sugar beet production areas were surveyed. In the surveys, 1 m² quadrat are used, numbers of quadrates are determined for each field according to the size of the area to represent the field, and data related to the species, frequency and density were recorded. A total of 57 weed species belonging to 23 families including 1 parasite, 6 monocotyledons and 50 dicotyledons were recorded. Asteraceae was the most prevalent family 14 species (24.56%) in the surveyed areas. *Chenopodium album* L. (78.3%), *Amaranthus retroflexus* L. (75%), *Convolvulus arvensis* L. (53.3%), *Amaranthus albus* L. (46%), *Chrozophora tinctoria* (L.) and *Sinapis arvensis* L. (33%) were the most commonly observed species. There were no very dense

(YSD:A) and dense (YSD:B) weed species observed in sugar beet production areas. The *C. album* had medium density (YSD: C), i.e., 2.55 plants per m². It was determined that *Cuscuta* species were less prevalent (11.6%) with low density (YSD:E) (0.216 units/m²). As a result; the species, frequency and density of weeds that can cause problems in sugar beet production are determined in Kırşehir.

Key Words: Weeds, Frequency, Density, Sugar beet, Survey, Kırşehir

Giriş

Önemli endüstri bitkilerinden birisi olan şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.), insanların yaşamında temel besin maddelerinden bir olan şekerin ham madde kaynağıdır. Chenopodiaceae familyasının bir üyesi olan şeker pancarı, şeker üretimi amacıyla yetiştirildiğinde tek yıllık, tohum üretimi için yetiştirildiğinde de iki yıllık bir endüstri bitkisidir (Özer ve Ertunç, 2005). Şeker, ham madde kaynağı olan “şeker kamışı”, tropik ve subtropik iklim kuşağında yetiştirilebilirken, “şeker pancarı” güney yarım kürede 30° güney enlemleri ile kuzey yarım kürede ülkemizin de içinde bulunduğu 60° kuzey enlemleri arasında farklı iklim kuşakları ve uygun yetiştiricilik alanların da üretilebilmektedir (Gencer, 1988).

Dünyada 56 ülkede şeker pancarı üretilmekte olup, 2020 yılında 4,43 milyon ha⁻¹ alanda şeker pancarı üretimi yapılmış ve yaklaşık 252 milyon ton üretilmiştir (Faostat, 2022). Ülkemizde ise 33.811 ha⁻¹ alanda şeker pancarı üretimi gerçekleştirilmiş ve yaklaşık 23,02 milyon ton milyon ton ürün elde edilmiştir. Kırşehir İli ve ilçelerinde 2020 yılında 50.533 da⁻¹ alanda 405.583 ton şeker pancarı üretimi yapılmıştır (TUİK, 2022). Diğer bitkisel ürünler de olduğu gibi şeker pancarı üretiminde de verim kayıplarına neden olan başlıca bitki koruma etmenleri hastalık, zararlı ve yabancı otlardır. Yabancı otlar, kültür bitkisi ile rekabete girmesinin (besin maddesi, suyu ve ışık için) yanı sıra şeker pancarında görülen farklı hastalıklara konukçuluk ederek enfeksiyon kaynağı da olabilmektedirler. Şeker pancarında, sadece yabancı otlar nedeniyle meydana gelen ürün kayıpları ortalama %5.8’dir. Asya kıtasında yer alan ülkelerde bu kayıplar %45 düzeyine kadar ulaşabilirken, Türkiye’de bu oranın %6-40 arasında olabildiği bilinmektedir (Akça ve Işık, 2016). Şeker pancarı tohumunun çimlenmesi, yabancı ot tohumlarının çimlenmesi ile

karşılaştırıldığında daha geç olduğu için yabancı otlar kısa sürede pancar fidelerinden daha fazla büyüebilmektedirler. Şeker pancarı üretim alanlarında sorun olan yabancı otlar tek yıllık, çok yıllık ve iki yıllıklardır (Akça ve Işık, 2016). Ayrıca şeker pancarı üretiminde sorun olan tam parazit küsküt (*Cuscuta* sp.) yine önemli bir yabancı ot olup değişen düzeylerde verim ve kalite kayıplarına neden olmaktadır (Üstüner, 2018; Üstüner ve Öztürk, 2018). Yabancı otlardan kaynaklanan verim kayıplarını en aza indirebilmenin yollarından birisi de şekerpancarı tarlalarında yayılış gösteren yabancı ot türlerinin tespit edilmesi ve biyolojilerinin bilinmesine bağlıdır. Bu bağlamda, şeker pancarı üretimi yapılan birçok üretim alanının da sorun olan yabancı ot türleri ve bunların yoğunluklarının belirlenmesi üzerine farklı çalışmalar yürütülmüştür. Kahramanmaraş ili ve ilçeleri şeker pancarı üretim alanlarında sorun olan en önemli yabancı ot türleri sırasıyla; *Amaranthus retroflexus* L. (Kırmızı köklü tilki kuyruğu), *Chenopodium album* L. (Sirken), *Convolvulus arvensis* L. (Tarla sarmaşığı), *Solanum nigrum* L. (Köpek üzümü), *Sinapis arvensis* L. (Yabani hardal), *Amaranthus* spp. (Horoz ibiği) ve *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B. (Darıcan) olarak saptanmıştır (Tursun ve ark., 2003). Sakarya’nın Söğütü, Ferizli, Karasu, Adapazarı, Akyazı, Erenler, Pamukova, Hendek, Kaynarca ve Taraklı ilçeleri şeker pancarı üretim alanlarında; *Setaria* spp. (Kirpi darı), *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B. (Darıcan), *Sorghum halepense* (L.) Pers. (Kanyaş), *Portulaca oleracea* L. (Semizotu), *Chenopodium album* L. (Sirken), *Amaranthus retroflexus* L. (Kırmızı köklü tilki kuyruğu), *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (Köpek dişi ayrığı), *Solanum nigrum* L. (Köpek üzümü), *Polypogon* sp. (Tavşanayağı), *Heliotropium ellipticum* LEDEB. (Bozot) yoğunluk ve rastlanma sıklığı yönüyle önemli yabancı otlar olarak öne

çıkıştır (Çal, 2013; Çal ve Kara, 2020). Van'ın Merkez, Erciş ve Gevaş ilçeleri ile Bitlis'in Ahlat ilçesinde yürütülen bir çalışma da Van Gölü Havzası şeker pancarı üretim alanların da önemli olarak değerlendirilen yabancı ot türleri; *Chenopodium album* L. (Sirken), *Amaranthus retroflexus* L. (Kırmızı köklü tilki kuyruğu), *Polygonum aviculare* L. (Çobandeğneği), *Sinapis arvensis* L. (Yabani hardal), *Convolvulus arvensis* L. (Tarla sarmaşığı), *Cirsium arvense* (L.) Scop. (Köygöçüren) ve *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B. (Darıcan) olarak tespit edilmiştir (Özkan, 2007). Şeker pancarı üretim alanlarında yabancı otların kontrol edilmesi için yürütülen kimyasal uygulama çalışmalarında üretim alanlarında baskın olarak öne çıkan yabancı otların *A. retroflexus*, *C. arvense*, *C. album*, *Polygonum convolvulus* ve *C. arvensis* türleri olduğunu rapor edilmiştir (Bezgin ve ark., 2015).

Türkiye'nin farklı şeker pancarı üretim alanlarında yabancı otların bulunuş, yaygınlık ile yoğunlukları veya benzer amaçlı olarak yürütülen çalışma sonuçları birlikte değerlendirildiğinde baskın yabancı ot türleri benzerlik göstermekle birlikte yoğunlukları ve rastlanma sıklıkları değişebilmektedir. Diğer taraftan üretim alanlarında, yayılış gösteren yabancı ot türlerinde de farklılıklara rastlanabilmektedir. Bu nedenle şeker pancarı üretim alanlarında yabancı otlardan kaynaklanan verim kayıplarının en aza indirebilmek için baskın olan yabancı ot türlerinin başarı ile kontrolü için entegre mücadele yöntemlerinin geliştirilmesine ve bu programlara uyulmasına bağlıdır. Bu çalışma; Kırşehir ili şeker pancarı üretim alanında sorun olan yabancı ot florası ile tespit edilen türlerin rastlanma sıklıkları ve yoğunluklarının belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Metot

Materyal

Araştırma materyalini, Kırşehir ili ve ilçelerindeki bazı şeker pancarı üretim alanlarındaki yabancı otlar oluşturmuştur. Çalışma

şeker pancarı üretim alanlarında tespit edilen yabancı ot türleri ile bunların rastlanma sıklıkları ve yoğunluklarının belirlenmesi amacıyla 2021 yılında (vejetasyon döneminde) yürütülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü döneme ilişkin iklimsel veriler Çizelge 1'de verilmiştir (Anonim, 2022). Yürütülen sürvey çalışmaları sonucu 39 noktada 60 adet üretim alanı incelenmiştir (Çizelge 2 ve Şekil 1). Arazi çalışmalarında tespit edilen yabancı otların bilimsel isimlendirmeleri "Flora of Turkey (Davis 1965-1989)" ve "bilinen yaygın Türkçe genel isimlendirmeleri" Uluğ ve ark. (1993) tarafından yayınlanan çalışmalar öncelikle dikkate alınarak yapılmıştır.

Yöntem

Sürvey çalışmaları

Sürvey çalışmaları şekerpancarı üretimin daha fazla yapıldığı, Kırşehir ili Merkez ile Akpınar, Boztepe, Kaman ve Mucur ilçelerinde 2021 yılı Haziran-Eylül ayları arasında yürütülmüştür. İncelenecek üretim alanlarının imkanlar ölçüsünde coğrafik konumu ve üretim alan büyüklükleri dikkate alınarak homojen örnekleme yapılmasına dikkat edilmiş ve örnekleme tesadüfi olarak yapılmıştır. Sürveyler sırasında benzer üretim alanları için mümkün olan en fazla uzaklık ve farklı vejetasyon ile farklı coğrafik özellikleri içeren noktalardaki tarlaların incelenmesi tercih edilmiştir. Sürveyler sırasında üretim alanlarında tespit edilen yabancı otların tür düzeyinde teşhisleri Dr. Melih YILAR tarafından yapılmış ve kayıt altına alınmıştır. Sürveyler sırasında tür düzeyinde tanımlanamayan yabancı otlar için, her tür ayrı bir naylon torbaya alınarak tanımlanmak üzere Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Herboloji Laboratuvarına getirilmiştir. Bitki örneklerinin tür düzeyinde laboratuvar ortamında teşhisleri Dr. Melih YILAR ve Dr. TÜRKAY tarafından yapılmıştır.

Tarlalarda bulunan yabancı ot yoğunluklarının belirlenmesi, tarlaların büyüklüklerine göre uygulanan 1m x 1m boyutunda bir kuadrat içerisindeki yabancı otların türlere göre sayımı yapılarak değerlendirilmiştir. İncelenen tarlanın

büyüklüğüne göre sayımlar yapılmış olup, 5.0 da'a kadar olan üretim alanlarında aynı tarla içinde 4 farklı yerden, 5.1-10.0 da olan alanlarda 6, 10.1-20.0 da olan alanlarda 8, 20.1-50.0 da olan alanlarda 12 ve 50.1 da'dan daha büyük alanlarda 16 farklı yerde çerçeve atılarak sayımlar yapılmıştır (Akça ve Işık, 2016). Teşhis edilen türlerin rastlanma sıklığı ve yoğunlukları da aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır (Odum, 1971; Uygur, 1991).

Rastlanma Sıklığı (RS) = $100 \times n/m$

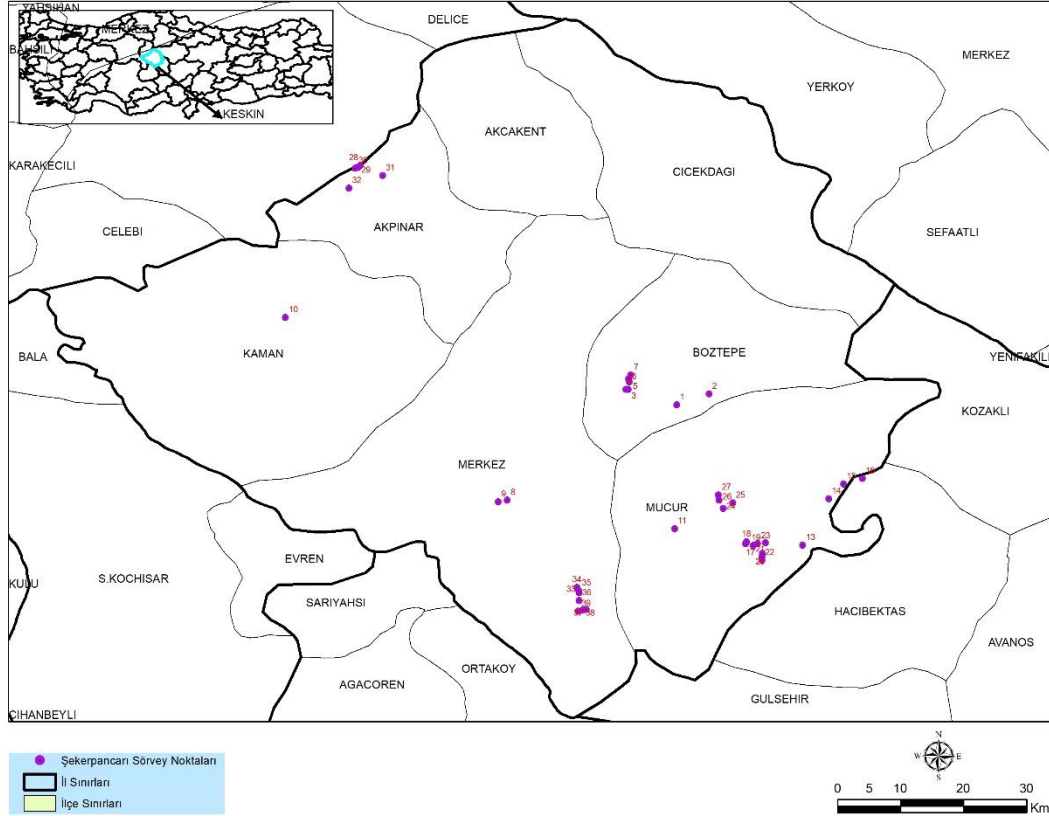
n: Yapılan örnekleme türün bulunma sayısı

m: Toplam örnekleme sayısı

Yoğunluk = B/n

B= Alınan örnekte toplam yabancı ot sayısı

n= Alınan örnek sayısı



Şekil 1. Kırşehir ilinde sürvey yürütülen lokasyonlar

Figure 1. Surveyed locations within the Kırşehir province

Sürvey yapılan üretim alanlarında teşhis edilen yabancı otların yaygınlık ve yoğunluk değerlendirmelerine göre sınıflandırılması ve önemli türlerin belirlenmesi ile skala değerleri Arslan (2018) tarafından yürütülen çalışmaya

benzer şekilde yapılmış ve Çizelge 3' de verilmiştir. Teşhis edilen bitkiler Raunkiaer (1934) tarafından geliştirilen "bitki yaşam formu kategorilerine" (Çizelge 4) göre de ayrıca ifade edilmiştir (Raunkiaer, 1934).

Çizelge 1. Sürveylerin yürütüldüğü ayların iklimsel verileri (Anonim, 2022).
Table 1. Climatic data of the months of the surveys (Anonymous, 2022)

İlçeler Districts		Mart March	Nisan April	Mayıs May	Haziran June	Temmuz July	Ağustos August	Toplam yağış mm) Total rainfall (mm)
Akpınar	Sıcaklık °C	3.31	10.63	16.83	17.01	22.57	22.35	
	Nem (%)	72.28	60.83	47.54	63.39	46.28	47.2	
	Yağış (mm)	1.91	1.06	0.18	1.91	0.16	0.11	5.33
Boztepe	Sıcaklık °C	2.77	10.42	16.32	17.45	22.51	21.79	
	Nem (%)	73.52	61.12	49.61	58.75	44.95	49.39	
	Yağış (mm)	2.42	0.42	0.219	0.513	0.03	0.15	3.752
Kaman	Sıcaklık °C	3.40	10.78	17.01	17.26	22.82	22.69	
	Nem (%)	67.31	87.7	46.66	60.97	44.75	44.45	
	Yağış (mm)	0.4	0.93	0.25	1.69	0.08	0.08	3.43
Merkez	Sıcaklık °C	4.56	12.1	18.2	19.35	24.95	31.85	
	Nem (%)	65.8	56.27	45.54	55	40.32	43.35	
	Yağış (mm)	2.99	0.6	0.26	1.07	0.02	0.16	5.1
Mucur	Sıcaklık °C	3.50	11.01	17.37	18.33	23.79	22.95	
	Nem (%)	68.15	56.58	44.45	53.95	40.75	45.92	
	Yağış (mm)	2.64	0.60	0.35	0.77	0.14	0.35	4.85

Çizelge 2. Sürvey yapılan alanlar ve incelenen tarla sayısı
Table 2. The surveyed areas and the number of examined fields

Lokasyon Location	Sürvey yapılan alanlar Surveyed areas	İncelenen tarla sayısı Number of fields examined
Merkez	9	10
Mucur	17	24
Kaman	1	2
Boztepe	7	16
Akpınar	5	8
Toplam	39	60

Çizelge 3. Tespit edilen yabancı otların yoğunluk ve yaygınlıklarının derecelendirilmesi
Table 3. The grading the density and frequency of the detected weeds

Yaygınlık Frequency			Yoğunluk Density		
Simge Symbol	Anlamı Meaning	Oran Ratio	Simge Symbol	Anlamı Meaning	Oran Ratio
Ç	Çok yaygın	≥%50	A	Çok yoğun	≥10 adet m ²
Y	Yaygın	%25-49	B	Yoğun	5.00 - 9.99 adet m ²
O	Orta yaygın	%13-24	C	Orta yoğun	1.00 - 4.99 adet m ²
N	Düşük yaygın	≤%12	D	Düşük yoğun	0.10 - 0.99 adet m ²
			E	Çok düşük yoğun	0.01 - 0.09 adet m ²
			F	Nadir	<0.01 adet m ²

Bulgular ve Tartışma

Sürvey çalışmaları sonucunda Kırşehir ili şeker pancarı üretim alanlarında 1 adet parazit, 6 adet monokotiledon ve 50 adet dikotiledon olmak üzere toplam 23 familyada yer alan 57 yabancı ot türü teşhis edilmiştir (Çizelge 4).

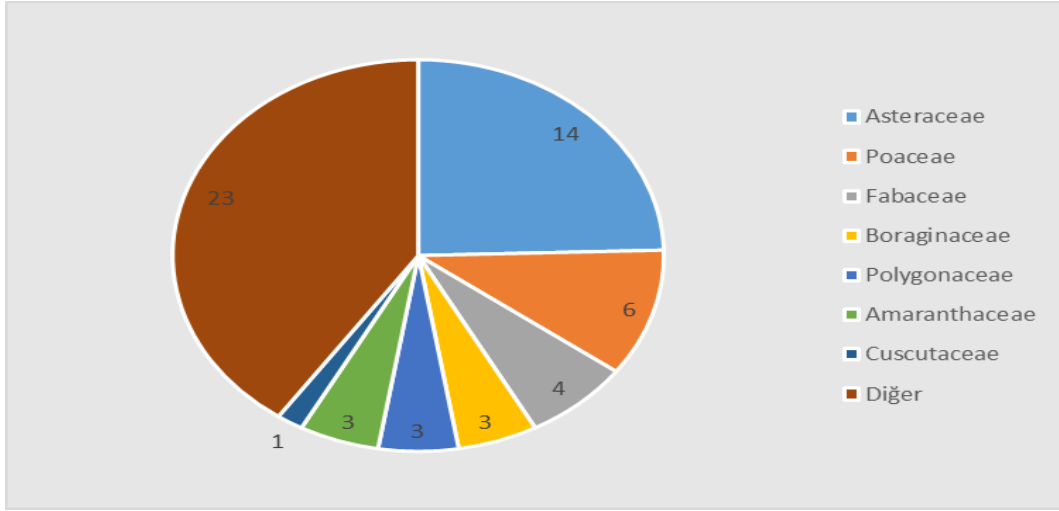
Sonuçlar familya düzeyinde değerlendirildiğinde Asteraceae familyası, 14 tür ile (%24.6) en sık rastlanan familya olarak belirlenmiş olup bu familyayı sırasıyla, 6 tür ile (%10.5) Poaceae, 4 tür ile (%7.0) Fabaceae, 3 tür

ile (%5.3) Polygonaceae, Boraginaceae, Malvaceae ve Amaranthaceae, 2 tür ile (%3.5) Apiaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Chenopodiaceae ve Euphorbiaceae, 1 tür ile (%1.8) Convolvulaceae, Cuscutaceae, Lamiaceae, Nitrariaceae, Plantaginaceae, Primulaceae, Portulacaceae, Recedaceae, Rubiaceae, Solanaceae ve Zygophyllaceae familyaları izlemiştir (Şekil 2).

Büyüme bitki yaşam formu kategorileri sistemine göre; Tespit edilen yabancı ot türlerinin 32 adet (%56.1) tek yıllık, 16 adet (%28.1) çok

yıllık, 2 adet (%3.5) tek yıllık veya çok yıllık, 2 adet (%3.5) tek yıllık ve iki yıllık, 1 adet (%1.8) 2 yıllık, 1 adet (%1.8) iki yıllık/çok yıllık, 1 adet (%1.8) iki yıllık veya monokarpik, 1 adet (%1.8) tam parazit, tek yıllık, 1 adet (%1.8) tek yıllık/iki yıllık yaşam formundadır (Çizelge 4). Benzer şekilde Raunkiaer (1934)'in bitki yaşam formu kategorileri sistemine

göre; Therophyte formlar 30 tür (%52.6) ile baskın türler olup, diğer formlar 19 tür (%33.3) Hemicryptophyte, 3 tür (%5.3) Hemicryptophyte/Geophyte, 2 tür (%3.5) Geophyte, 1'er tür ile (%1.8) Chamaephyte, Phanerophyte, Therophyte/Hemicryptophyte olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4).



Şekil 2. Kırşehir ili şeker pancarı üretim alanlarında sorun olan yabancı otların familya düzeyine göre dağılımı

Figure 2. Distribution according to family level of weeds that problem in sugar beet production areas in Kırşehir province

Kırşehir ili yazları sıcak ve kurak bir iklime sahip olmasının yanı sıra, topografik varyasyon ve biyotik stres faktörlerin etkisiyle Raunkiaer (1934)'in bitki yaşam formu kategorileri göre, Therophyte formlarının baskın olmasına neden olduğu düşünülmektedir. Benzer coğrafya ve iklim şartlarında Therophyte formlarının baskın formlar olduğuna ilişkin benzer bulgulara Heneidy ve Bidak (2001), Önen ve ark. (2018) araştırmalarında da rastlanılmaktadır. Ayrıca inceleme yapılan alanlarda tek yıllık türlerin daha baskın olduğu tespit edilmiştir. Bu yönleri ile üç araştırma örtüşmektedir. Büyüme bitki yaşam formu kategorileri sistemine göre; Tek yıllık yabancı ot türlerinin baskın olmalarının nedeni, kısa ömürlerine ve olumsuz iklim koşullarında dahi çoğalabilmek için daha fazla üreme materyali oluşturmalarından kaynaklanabilir (Sans ve Masalles, 1995; Önen ve ark., 2018). Çalışmanın yürütüldüğü coğrafya ve iklime benzer sayılabilecek Kayseri ilinin bazı şeker pancarı üretim alanların da tek yıllık türlerin daha baskın

olduğu bildirilmiştir (Akça ve Işık, 2016). Bu yönüyle de dört araştırma da örtüşmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde şeker pancarı tarlalarında ekonomik olarak önemli olduğu bildirilen yabancı ot tür sayısının 51 olup, bu türlerden 45 türün tek yıllık ve 6 türün çok yıllık türler olduğu rapor edilmiştir. Bu türler içinde en önemli 8 yabancı ot türünün; *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., *Cirsium arvense* L., *Avena fatua* L., *Convolvulus arvensis* L., *Helianthus annuus*, *Echinochloa crus-galli* L. ve *Kochia scoparia* L. olduğu bildirilmiştir (Schweizer, 1979). Kırşehir ili şeker pancarı üretim alanlarında yaygın olarak belirlenen türler; *C. album*, *A. retroflexus*, *C. arvensis*, *Sonchus oleraceus* L., *Salsola kali* L., *Polygonum aviculare* L. olarak kaydedilmiştir. Farklı kıtalarda olsa bile baskın/önemli türlerin kısmen benzer olması dikkat çekicidir.

Çizelge 4. Kaydedilen yabancı ot türlerinin bayer kodları, yaşam formları, rastlanma sıklığı, yoğunluğu, yaygınlık ve yoğunluk skala değeri
Table 4. Life forms, frequency of occurrence, density, frequency, Bayer codes, prevalence and density scale value of recorded weed species

Familyası Family	Bilimsel adı Scientific name	Yaygın Türkçe adı Common Turkish name	Bayer kodu Bayer code	Bitki yaşam formu Plant life form		Rastlanma sıklığı (%) Frequency (%)	Yoğunluk (adet/m ²) Density (number/m ²)	YaSD*	YoSD**
				Büyüme Growth	Hayat formu (Raunkiaer)				
Amaranthaceae	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Kırmızı köklü tilki kuyruğu	AMARE	Tek yıllık	Therophyte	75	0.7830	Ç	D
	<i>Amaranthus albus</i> L.	Yatık horoz ibiği	AMAAL	Tek yıllık	Therophyte	46	0.6925	Y	D
	<i>Beta</i> spp.	Erkek pancar, Yabani pancar	BEAVX	Tek yıllık veya iki yıllık	Hemicryptophyte	33	0.211	Y	D
Apiaceae	<i>Bifora radians</i> M.Bieb.	Kokar ot	BIFRA	Tek yıllık	Hemicryptophyte	1.6	0.027	N	E
	<i>Ferula communis</i> L.	Çakşır	FERCO	Çok yıllık	Hemicryptophyte	11.6	0.066	N	E
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Eşek marulu	SONOL	Tek yıllık/ iki yıllık	Hemicryptophyte	30	0.118	Y	D
	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	Köygöçüren	CIRAR	Çok yıllık	Geophyte	10	0.1548	N	D
	<i>Centaurea depressa</i> Bieb.	Peygamber çiçeği	CENDE	Tek yıllık	Therophyte	1.66	0.0055	N	F
	<i>Chondrilla juncea</i> L.	Karakavuk	CHOJU	İki yıllık / Çok yıllık	Hemicryptophyte/Geophyte	9.08	0.083	N	E
	<i>Lactuca serriola</i> L.	Yabani marul	LACSE	İki yıllık	Hemicryptophyte	23	0.104	O	D
	<i>Centaurea solstitialis</i> L.	Güneş dikeneni	CENSO	Tek yıllık	Therophyte	15	0.1108	O	D
	<i>Xanthium spinosum</i> L.	Zincir pıtrak	XANSP	Tek yıllık	Therophyte	10	0.113	N	D
	<i>Xanthium strumarium</i> L.	Domuz pıtrağı	XANST	Tek yıllık	Therophyte	16.6	0.069	O	E
	<i>Helianthus annuus</i> L.	Ayçiçeği	HELAN	Tek yıllık	Therophyte	1.6	0.027	N	E
	<i>Cichorium intybus</i> L.	Karahindiba	CICIN	Tek yıllık	Hemicryptophyte	6.6	0.066	N	E
	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.	Şivan otu	ERICA	Tek yıllık	Therophyte	1.6	0.016	N	E
	<i>Cyanus depressus</i> (M.Bieb.) Soják	Gökbaş	CENDE	Tek yıllık	Therophyte	1.6	0.027	N	E
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	Tarla papatyası	ANTAR	Tek yıllık	Therophyte	1.6	0.027	N	E
	<i>Acroptilon repens</i> (L.) DC.	Kekre	CENRE	Çok yıllık	Hemicryptophyte/Geophyte	5	0.083	N	E
Brassicaceae	<i>Boreava orientalis</i> Jaub. Et Spach	Sarı ot	BOAOR	Tek yıllık	Hemicryptophyte	1.6	0.027	N	E
	<i>Sinapis arvensis</i> L.	Yabani hardal	SINAR	Tek yıllık	Therophyte	33	0.153	Y	D
Boraginaceae	<i>Anchusa azurea</i> L.	Sığır dili	ANCIT	Tek yıllık	Hemicryptophyte	3.3	0.011	N	E
	<i>Buglossoides arvensis</i> (L.) I.M.Johnst.	Tarla taş kesen otu	LITAR	Tek yıllık	Hemicryptophyte	1.6	0.027	N	E
	<i>Echium vulgare</i> L.	Adi engerek otu	EHIVU	İki yıllık veya monokarpic	Hemicryptophyte	1.66	0.003	N	E
Caryophyllaceae	<i>Gypsophila pilosa</i> Hudson	Tarla çöveni	GYPPI	Tek yıllık	Therophyte	3.3	0.066	N	E
	<i>Gypsophila paniculata</i> L.	Çöven otu	GYPPA	Çok yıllık	Therophyte	1.6	0.027	N	E
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium album</i> L.	Sirken	CHEAL	Tek yıllık	Therophyte	78.3	2.55	Ç	C

	<i>Salsola kali</i> L.	Döngele-Soda otu	SASKA	Tek yıllık	Therophyte	25	0.225	Y	D
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia condylocarpa</i> Bieb.	Sütleğen	EPHHL	Çok yıllık	Therophyte	1.66	0.0166	N	E
	<i>Chrozophora tinctoria</i> (L.)	Bambul otu	CRZTI	Tek yıllık	Therophyte	33	0.163	Y	D
Fabaceae	<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	Meyan bitkisi	GYCGL	Çok yıllık	Phanerophyte	3.3	0.014	N	E
	<i>Medicago sativa</i> L.	Yabani yonca	MEDSA	Çok yıllık	Hemicryptophyte/Geophyte	1.6	0.0055	N	F
	<i>Vicia faba</i> L.	Bakla	VICFX	Tek yıllık	Therophyte	1.6	0.027	N	E
	<i>Trifolium repens</i> L.	Üçgül	TRFAR	Çok yıllık	Hemicryptophyte	1.6	0.027	N	E
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Tarla sarmaşığı	CONAR	Çok yıllık	Hemicryptophyte	53.3	0.87	Ç	D
Cuscutaceae	<i>Cuscuta campestris</i> Yunck.	Küsküt	CVCCA	Tam parazit, Tek yıllık	Therophyte	11.6	0.216	N	D
Lamiaceae	<i>Salvia aethiopis</i> L.	Habeş adaçayı	SALAE	Tek yıllık veya Çok yıllık	Therophyte	1.6	0.027	N	E
Malvaceae	<i>Abutilion theophrasti</i> Medik	İmam pamuğu	ABUTH	Tek yıllık	Therophyte	1.6	0.027	N	E
	<i>Malva neglecta</i> Wallr.	Çoban çöresi	MALNE	Tek yıllık	Therophyte	6.6	0.035	N	E
	<i>Alcea rosea</i> L.	Gülhatmi	ALGRO	Çok yıllık	Hemicryptophyte	1.6	0.027	N	E
Nitrariaceae	<i>Peganum harmala</i> L.	Üzerlik	PEGHA	Çok yıllık	Chamaephyte	1.6	0.027	N	E
Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Sinir otu	PLALA	Çok yıllık	Hemicryptophyte	1.6	0.027	N	E
Primulaceae	<i>Anagallis arvensis</i> L.	Tarla fare kulağı	ANGAR	Tek yıllık	Therophyte	1.6	0.027	N	E
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Semiz otu	POROL	Tek yıllık	Therophyte	10	0.035	N	E
Poaceae	<i>Avena fatua</i> L.	Yabani yulaf	AVEFA	Tek yıllık	Therophyte	3.33	0.014	N	D
	<i>Agropyron repens</i> (L.) P. Beauv.	Ayrık	AGRRE	Çok yıllık	Hemicryptophyte	13.3	0.1582	O	D
	<i>Avena barbata</i> Pott ex Link	Kum yulağı	AVEBA	Tek yıllık	Therophyte	1.6	0.0082	N	E
	<i>Seteria verticillata</i> (L.) P. Beauv	Yapışkan ot	SETVE	Tek yıllık veya İki yıllık	Therophyte	8.3	0.0519	N	E
	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steudel	Kamış	PHRCO	Çok yıllık	Geophyte	6.6	0.158	N	D
	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	Darıcan	ECHCG	Tek yıllık	Therophyte	30	0.2426	Y	D
Polygonaceae	<i>Polygonum aviculare</i> L.	Yabani madımak	POLAV	Tek yıllık	Therophyte	20	0.114	O	D
	<i>Polygonum cognatum</i> Medik.	Madımak	POLCG	Çok yıllık	Hemicryptophyte	1.6	0.027	N	E
	<i>Polygonum convolvulus</i> L.	Sarmaşık çoban değneği	POLCO	Çok yıllık	Hemicryptophyte	1.6	0.0083	N	E
Recedaceae	<i>Reseda lutea</i> L.	Muhabbet çiçeği	RESLU	Tek yıllık veya Çok yıllık	Therophyte/ Hemicryptophyte	3.33	0.0051	N	E
Rubiaceae	<i>Galium aparine</i> L.	Dil kanatan	GALAP	Tek yıllık	Hemicryptophyte	1.6	0.027	N	E
Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i> L.	İt üzümü	SOLNI	Tek yıllık	Therophyte	23.3	0.203	O	D
Zygophyllaceae	<i>Tribulus terrestris</i> L.	Demir diken	TRBTE	Tek yıllık	Hemicryptophyte	18.3	0.2221	O	D

*YaSD: Yaygınlık skala değeri, **YoSD: Yoğunluk skala değeri

Kahramanmaraş ilinde şeker pancarı üretim alanlarında Poaceae familyasından 8 tür, Asteraceae familyasından 5 tür (Tursun ve ark., 2003), Kayseri ilinde Asteraceae familyasından 15 tür, Poaceae familyasından 8 tür (Akça, 2014), Niğde ilinde Asteraceae familyasından 3 tür (Gökçe, 2018), Sakarya ilinde Asteraceae familyasından 3 tür, Poaceae familyasından 8 tür (Çal, 2013), Uşak ilinde Asteraceae familyasından 9, Poaceae familyasından 6 tür (Akar ve Yavuz, 2020) belirlendiği rapor edilmiştir. Kırşehir ili şeker pancarı üretim alanlarında dikotiledon yabancı ot türlerinin daha fazla gözlendiği, bunlarında önemli bir kısmının da Asteraceae familyası (14 tür) üyeleri olduğu ve bu durumu Poaceae (6 tür) familyasının izlediği değerlendirilmiştir. Her beş araştırma sonucunu kısmen benzer olması yetiştirilen ürün için yabancı ot kontrol yöntemlerinin benzerliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kahramanmaraş ili şeker pancarı ekim alanlarında 1 parazit, 1 tohumuz, 2 monokotiledon ve 18 dikotiledon formda olmak üzere 22 familya da yer alan 41 yabancı ot türü rapor edilmiştir (Tursun ve ark., 2003). Kayseri ili şeker pancarı üretim alanlarında 18 familya da yer alan 56 yabancı ot türü belirlenmiş olup, bu türlerden; 15 türün Asteraceae, 8 türün Poaceae, 5 türün Chenopodiaceae ve 4 türün Amaranthaceae familyalarına dahil olup baskın türler olarak yorumlanmıştır (Akça, 2014). Kırşehir ili şeker pancarı üretim alanlarında 1 parazit, bir monokotiledon ve 21 dikotiledon olmak üzere toplam 23 familyada yer alan 56 yabancı ot türü teşhis edilmiştir (Çizelge 4). Her 3 araştırma sonucunun gerek yaşam formu düzeyin de gerek familya düzeyinde gerekse tür sayısının kısmen benzer olması yönüyle dikkat çekici olduğu düşünülmektedir. Dünya da şeker pancarı üretim alanlarında tespit edilen 250 yabancı ot türünden 60 türün daha baskın ve ekonomik düzeyde önemli olduğu bildirilmiş olup bu türlerin yaklaşık %70'i dikotiledon, %30 monokotiledon formunda yabancı otlardır (May ve Wilson, 2006). Ayrıca dikotiledon formu yabancı otların monokotiledon formu yabancı otlarla karşılaştırıldığında da

ekonomik anlamda daha zararlı olduğu Bhadra ve ark. (2020) tarafından bildirilmiştir. Benzer şekilde Schweizer ve May, (1993) tarafından yürütülen bir çalışma da üretim alanlarında dikotiledon formunda olan Chenopodiaceae, Asteraceae, Brassicaceae, ve Polygonaceae familyalarına dahil tür sayısının diğer türlerle karşılaştırıldığında daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Üç araştırma da önemli olduğu bildirilen bu yabancı ot formları veya familyalarının çalışmamızda da benzer şekilde üretim alanlarında varlığı tespit edilmiş olup yürütülen çalışma ile bu iki çalışmanın sonuçlarının benzer olduğu söylenebilir.

Şeker pancarı üretimi yapılan alanlarda benzer amaçla yürütülen survey çalışmaları birlikte değerlendirildiğinde; üretim alanlarının ekolojik koşulları, bölge de yapılan tarımsal faaliyetler, toprak yapısı, rakım, arazide daha önce bulunan bitki florası ve flora arasındaki allelopatik etkileşimler gibi faktörlere ek olarak üretim yapılan alanlarda bir önceki sezon yetiştirilen kültür bitkisindeki farklılıklar yabancı ot tür sayısını ve çeşitliliğini değişen düzeyler de etkilemektedir (Akar ve Yavuz, 2020; Bhadra ve ark., 2020). Yürütülen bu tarımsal uygulamaların sürekliliği bazı türlerin bulunma oranı ve gelişimini teşvik ederek yoğunluklarının artmasına sebep olurken bazı türlerin ise azalmasına neden olabilmektedir.

Kırşehir ili şeker pancarı ekim alanlarında *C. album* (%78.3), *A. retroflexus* (%75) en sık rastlanılan türler olarak öne çıkmıştır. Bu türleri %53.3 rastlanma sıklığı oranı ile *C. arvensis*, %46 oranı ile *Amaranthus albus* L., %33 oranı ile *Chrozophora tinctoria* (L.) ve *S. arvensis* %30 oranı ile *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. türlerinin izlediği belirlenmiştir (Çizelge 4). Benzer amaçlarla farklı araştırmacılar tarafından yürütülen çalışmalarda; ülkemizde şeker pancarı üretim alanlarında yürütülen çalışmalarda *C. album* ve *A. retroflexus* L. en yaygın türler olduğu rapor edilmiştir (Kordali, 2002; Tursun ve ark, 2003; Özkan ve Kaya, 2008; Çal, 2013; Akça, 2014; Akça ve Işık, 2016). Yürütülen çalışma ile konu üzerinde yürütülen farklı çalışmaların sonuçları karşılaştırıldığında, tüm çalışmalar da benzer

yaygın türlerin rapor edilmesinin dikkat çekici olduğu düşünülmektedir. Kırşehir ili şeker pancarı ekim alanlarında *C. arvensis*, *C. album*, *A. retroflexus* türlerinin rastlanma sıklığı yönüyle en sık rastlanan ($\geq 50\%$) türler olduğu belirlenmiş olup *Lactuca serriola* L., *P. aviculare*, *Centaurea solstitialis* L., *Agropyron repens* (L.) P. Beauv., *Tribulus terrestris* L., *Xanthium strumarium* L., *Solanum nigrum* orta düzey de diğer yaygın olarak tanımlanan (%13-24) türler olarak belirlenmiştir.

Kırşehir ili şeker pancarı üretim alanlarında yabancı otlar oluşturdukları yoğunluk yönüyle değerlendirildiğinde; 2.55 adet/m² bitki ile *C. album* türü orta yoğunluk (YSD:C) düzeyinde ve ilk sırada yer almıştır. Birim alan da en az yoğun olarak belirlenen türler ise *Medicago sativa* L. ve *Centaurea depressa* Bieb. (0.0055 adet/m²) olarak değerlendirilmiştir. Benzer şekil de Uşak ili şeker pancarı üretim alanlarında oluşturdukları yoğunluk yönüyle 2.63-1.97 adet/m² bitki ile *A. retroflexus* ve *C. album* türleri ilk sırada yer alan türler olarak değerlendirilirken; 0.27-0.23 adet/m² ile *C. arvensis* ve *Polygonum cognatum* en düşük yoğunlukta rastlanan türler olduğu rapor edilmiştir (Akar ve Yavuz, 2020). Kayseri şeker pancarı üretim alanlarında oluşturdukları yoğunluk yönüyle *A. retroflexus* (4.01 adet/m²) türü en fazla yoğunluk oluşturan yabancı ot olarak rapor edilmiştir (Akça ve Işık, 2016). Çalışmamız ile yürütülen bu iki çalışmanın yabancı otların oluşturdukları yoğunluk yönüyle kısmen örtüştüğü düşünülmektedir. *Cuscuta* spp. konukçusu olduğu bitkilerde tam parazit olarak yaşayan bir yabancı ot olup, konukçusunda önemli verim ve kalite kayıplarına neden olabilmektedir. Yürütülen çalışma kapsamında şeker pancarı ekim alanlarında, *Cuscuta* sp. türünün %11.6 rastlanma oranıyla “düşük yaygın”, 0.216 adet/m² yoğunluğu ile “düşük yoğunlukta” olduğu değerlendirilmiştir. Küsküt türlerinin en yaygın olarak görülebildiği kültür bitkilerinden biri olan şeker pancarında *Cuscuta campestris* Yunck.’in tohum veriminde %63, şeker içeriğinde %18.7-%55.4 oranlarında kayba neden olduğu rapor edilmiştir (Nemli, 1978; Nemli, 1986). Uşak şeker pancarı alanlarında yürütülen bir çalışmada *Cuscuta* türleri %26.02 rastlanma sıklığı ile yaygın, 0.05 (adet/m²)

yoğunluk ile çok düşük yoğunlukta kaydedilmiştir (Akar ve Yavuz, 2020). Tokat ili şeker pancarı üretim alanlarında farklı zamanlarda yürütülen survey çalışmalarda küsküt türlerinin rastlanma sıklıkları %26-49 (Önen, 1995) ve %32-36 (Kadioğlu ve ark., 2015) oranında yoğunluk da olduğunu rapor etmişlerdir. Kayseri ilinde yürütülen bir çalışmada şeker pancarında *Cuscuta* türlerine %46 oranında rastlandığı bildirilmiştir (Akça ve Işık, 2016). Yürütülen çalışma ile farklı illerin şeker pancarı ekim alanlarında *Cuscuta* türlerinin rastlanma sıklıkları yönüyle karşılaştırıldığında, değişen düzeylerde farklılıklar olduğu belirlenmiş olup Kırşehir ilinden daha az rastlanma sıklığına sahip oldukları değerlendirilmiştir. Bu durumun ön bitki, üretim deseninde yer verilen bitki çeşitliliği, bölgeler arasındaki farklı toprak yapısı, rakım, topoğrafya, iklim koşulları ve mücadele yöntemleri ile ilişkilendirilebilmesinin mümkün olduğu yorumu yapılmıştır.

Şeker pancarı ekim alanlarında yabancı otlar üzerine yürütülen farklı çalışmalarda *A. retroflexus* ve *C. album* türlerinin daha sık rastlanın türler olduğu dikkati çekmektedir. Söz konusu bu türler, Kırşehir koşullarında da rastlanma sıklığı ve yoğunluk oranları ile ilk sırada yer almıştır. Farklı araştırmalar da tespit edilen türlerin rastlanma sıklığı, yoğunlukları ve yabancı ot kompozisyonu yönüyle farklılık göstermesi yetiştiricilik yapılan lokasyonun iklimsel ve çevre koşulları, uygulanan ekim nöbeti sistem(ler)i, ekim tarihi, toprak yapısı, tarımsal uygulamalardaki farklılıklardan (gübreleme, sulama, toprak işleme ve uygulanan yabancı ot kontrol yöntemleri vb.) kaynaklanabilmektedir. Daha önce yürütülen benzer çalışmalarda bu farklılıklar vurgulanmış olmakla birlikte, aynı ilin yetiştiricilik alanlarında farklı iki üretim sezonun da yapılan çalışmalarda bile türlerin yaygınlık ve yoğunluklarında farklılıklar rapor edilmiştir. Önen (1995) ve Kadioğlu ve ark. (2015) tarafından Tokat ili şeker pancarı alanlarında sorun olan küsküt üzerine yürüttükleri çalışmalar birlikte incelendiğinde aynı il içinde bile küskütün farklı yıllarda farklı yoğunluklarda olduğunu tespit edilmiştir.

Sonuçlar

Yürütülen çalışma kapsamında yapılan sürveyler sırasında şeker pancarının ileri gelişme dönemlerinde veya Ağustos ayı ortasından sonra üreticilerin boylanan yabancı otları biçerek kontrol etmek istedikleri de gözlemlenmiştir. *A. retroflexus* ve *C. album* türlerinin neredeyse incelenen tüm üretim alanlarında görülen türler olması üreticilerin çiftlik gübresini yanmamış olarak toprağa uygulamasına bağlanmış olup etkili kontrol yöntemlerinin uygulanmadığı durumlarda sonraki üretim sezonlarında üretimi yapılan diğer ürünler için sorun oluşturabilecek türler olarak değerlendirilmektedir. Şeker pancarında yabancı otların verimi azaltması yanında hasadı zorlaştırmaları, oluşturdukları tohum ve toprak altı çoğalma organları ile meydana getirdikleri tohum rezervleri sonucu sonraki üretim sezonlarında da sorun oluşturmaları açısından da önem arz etmektedir. Benzer şekilde yürütülen başka bir çalışmaya rastlanmadığı için bu çalışma sonucu elde edilen veriler Kırşehir için ilk kayıt özelliği taşımakta olup bölge üreticisine ve sonraki çalışmalara yol göstereceği düşünülmektedir.

Ekler

Bu çalışma Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından ZRT.A4.21.026 nolu projesi kapsamında finanse edilmiştir. Destekleri nedeniyle Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması: Makale yazarları, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

Yazar Katkısı: Melih YILAR ve Yusuf BAYAR çalışmayı tasarlamış planlamış, Melih YILAR, Kadir AKAN ve Yusuf BAYAR çalışmayı yürütmüş, İlker Türkay tespit edilen bitkilerin teşhisini yapmış, Melih YILAR, Kadir AKAN ve Yusuf BAYAR birlikte makaleyi yazmışlardır.

Kaynaklar

- Akar, A., & Yavuz, D.Ö. (2020). Determination of species, frequencies and densities of the weeds in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivation field in Uşak province, Turkey. *Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences*, 25 (3), 461-473.
- Akça, A. (2014). Kayseri ili şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) ekiliş alanlarında bulunan yabancı otların tespiti ve yabancı ot kontrolü için kritik periyodun belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri
- Akça, A., & Işık, D. (2016). Kayseri ili şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) ekiliş alanlarında bulunan yabancı otların tespiti. *Bitki Koruma Bülteni*, 56(1), 115-124.
- Anonim, 2022. Kırşehir İli İklim Verileri www.mgm.gov.tr (Erişim tarihi: 15.01.2022)
- Arslan, Z.F. (2018). Şanlıurfa ili mısır tarlalarında bulunan yabancı otların yaygınlık ve yoğunlukları ile mücadele sorunlarına çözüm önerileri. *Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(10), 1322-1328.
- Bezhin, K., Santel, J., & Gerhards, R. (2015). Evaluation of two chemical weed control systems in sugar beet in Germany and the Russian Federation. *Plant, Soil and Environment*, 61(11), 489-495.
- Bhadra, T., Mahapatra, C.K., & Paul, S.K. (2020). Weed management in sugar beet: A review. *Fundamental and Applied Agriculture*, 5(2), 147-156.
- Çal, G. (2013). Sakarya ili şeker pancarı tarlalarında görülen önemli yabancı ot türleri, yoğunlukları ve rastlanma sıklıklarının belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Çal, G., & Kara, A. (2020). Sakarya ili şeker pancarı (*Beta vulgaris* var. *saccharifera* L.) tarlalarında görülen yabancı ot türleri, yoğunlukları ve rastlanma sıklıklarının belirlenmesi. *Türkiye Herboloji Dergisi*, 23(2):89-97.
- Davis PH (1965-1988) Flora of Turkey and The East Aegean Islands, Vol. 1-10, University of Edinburg, England.
- Faostat, (2022). Dünya şeker pancarı istatistikleri. <https://www.fao.org/faostat/en/#home> (Erişim tarihi 01.02.2022)
- Gencer, O. (1988). Genel tarla bitkileri (Endüstri Bitkileri). Çukurova Üniversitesi. Ziraat Fakültesi, Ders Kitabı, No:42, Adana
- Gökçe, L. (2018). Niğde ili şeker pancarı ekim alanlarında görülen yabancı ot türleri, yoğunlukları ve rastlanma sıklıklarının Tespiti (Yüksek Lisans Tezi). Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde
- Heneidy, S.Z., & Bidak, L.M. (2001). Biodiversity of the plant species in Bisha, Asir Region, Southwestern Saudi Arabia. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4(11), 1323-1330.
- Kadioğlu, İ., Doğan, G., & Ciğer, Ü. (2015). Şeker pancarı ekim alanlarında görülen küsküt (*Cuscuta campestris* Yunck.)'ün tanımı, zararı ve yaygınlık durumu. *İstilaç Bitkiler Çalıştayı/Invasive Plants Work*, 13-14.
- Kordali, Ş. (2002). Bayburt ili Arpa, Buğday, Mercimek ve Şeker pancarı tarlalarında görülen yabancı otlar, yoğunlukları, topluluk oluşturma durumları ve tohumların ürüne karışma oranları üzerine araştırmalar (Doktora Tezi). Atatürk Üniversitesi Fen

- Bilimleri Enstitüsü, Erzurum
- May, J.M., & Wilson, R.G. (2006.) Weed and weed control in Sugar beet, A.P. Draycott, 359-386. UK: Blackwell.
- Nemli, Y. (1978). Çiçekli parazitlerden *Cuscuta* L.'nin Anadolu türleri üzerinde morfolojik ve sistematik araştırmalar (Doçentlik Tezi). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, İzmir.
- 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.
- Odum, E.P. (1971). Fundamentals of Ecology, W.B. Saunders Company, Philadelphia, London, Toronto.
- Önen, H. (1995). Tokat Kazova'da yetiştirilen şeker pancarında sorun olan yabancı otlar ile uygulanan farklı savaş yöntemlerinin verime olan etkileri üzerine araştırmalar (Yüksek Lisans Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tokat
- Önen, H., Akdeniz, M., Farooq, S., Hussain, M., & Özasan, C. (2018). Weed flora of citrus orchards and factors affecting its distribution in western Mediterranean region of Turkey. *Planta Daninha*, 36: e018172126.
- Özer, G., & Ertunç, F. (2005). Amasya şeker fabrikası şeker pancarı ekim alanlarında Rhizomania hastalığının belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(3), 339-343.
- Özkan, O.U., & Kaya, İ. (2008). Van gölü havzası şeker pancarı alanlarında sorun olan yabancı otların belirlenmesi. *Türkiye Herboloji Dergisi*, 11(1), 8-15.
- Özkan, O.U. (2007). Van Gölü Havzası şeker pancarı alanlarında sorun olan yabancı otların belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Raunkiaer, C. (1934). The life-forms of plants and statistical plant geography. Oxford: University Press,
- Sans, F.X., & Masalles, R.M. (1995). Phenological patterns in an arable land weed community related to disturbance. *Weed Research*, 35,321-332.
- Schweizer, E.E. (1979). Sugar beet weed control - its status and future direction. Proceedings of Symposia. *IX International Congress of Plant Protection*. Washington D.C. USA.
- Schweizer, E.E., & May, M.J. (1993). Weeds and weed control. In: Cooke DA and Scott RK (Eds), *The Sugar Beet Crop*. Chapman & Hall.
- Tursun, N., Tursun, A.Ö., & Kaçan, K. (2003). Kahramanmaraş ili ve ilçelerinde şeker pancarı ekim alanlarında sorun olan yabancı otların belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6 (2),166-172.
- TUİK, 2022. Şeker pancarı istatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111> (Erişim tarihi 01.02.2022).
- Uluğ E., Kadioğlu İ., & Üremiş İ. (1993). Türkiye'nin Yabancı Otları ve Bazı Özellikleri. T.C. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı, Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yayın No:78. Adana
- Uygur, F.N. (1991). Herboloji Araştırma Yöntemleri. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Yardımcı ders Notu, Adana.
- Üstüner, T. & Öztürk, E. (2018). Şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) tarımında küskütün (*Cuscuta campestris* Yunc.) verim ve kaliteye etkisi. *Bitki Koruma Bülteni*, 58(1):32-40.
- Üstüner, T. (2018). The effect of field dodder (*Cuscuta campestris* Yunc.) on the leaf and tuber yield of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*,42:348-353.



Influence of host diet on the biological characteristics of *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae)

Konukçu besinin *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae)'un bazı biyolojik özelliklerine etkisi

Ezgi DEMİRAY¹ , Hilal TUNCA COSİC^{2*} 

^{1,2}Ankara University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, 06110, Dışkapı, Ankara

¹<https://orcid.org/0000-0005-4678-4352>; ²<https://orcid.org/0000-0003-3073-6628>

To cite this article:

Demiray, E. & Tunca Cosic, H. (2022). Influence of host diet on the biological characteristics of *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(3): 280-289.
DOI:10.29050/harranziraat.1118202

*Address for Correspondence:
Hilal TUNCA COSİC
e-mail:
htunca@ankara.edu.tr

Received Date:
18.05.2022
Accepted Date:
17.08.2022

© 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 quantity and quality of host insect diets is strongly related with the development of parasitoid offspring. To evaluate the prediction that effects of host artificial diets on the ecto-larval parasitoid *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae); *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) larvae were reared with different host diets. We used corn flour + bran (control), oat flour + bran, rye flour + bran, carob flour + bran, einkorn flour + bran, and potato flour + bran (1:1) as host diet. The number of eggs laid by the parasitoid *B. hebetor* was lowest (3.5 ± 0.41) on carob flour+ bran. The rate of developing larvae was highest on corn flour+bran (70.74%) and einkorn flour+bran (65.69%). Potato flour + bran (66.59 ± 1.34 h) and einkorn flour + bran (61.87 ± 1.26 h) are the best host diet for the parasitoid larval development time. The most suitable diet for pupal development time is potato flour + bran (212.02 ± 4.08 h) and rye flour + bran (220.85 ± 3.09 h). Considering the total development time, similarly potato flour + bran (330.21 ± 4.86 h) and rye flour + bran (341.62 ± 4.63 h) are suitable diets. Female parasitoids showed longer longevity than male parasitoids for all host nutrients, except in the case of carob flour + bran. The sex ratios of the parasitoids were affected for each host diet. The highest fecundity was obtained in mixture of potato flour + bran with 242 individuals. The results of this study can contribute to the improvement of the mass rearing of *B. hebetor* for the biological control of different pests.

Key Words: Host diet, *Ephestia kuehniella*, *Bracon hebetor*, Biology

ÖZ

Konukçu besininin kalite ve kantitesi parazitoit nesillerinin gelişimini etkilemektedir. Konukçu besininin ekto-larval parazitoit *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) üzerindeki etkisini belirlemek için konukçu *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) larvaları farklı besinlerde yetiştirilmiştir. Çalışmada kullanılan besinler mısır unu + kepek (kontrol), yulaf unu + kepek, çavdar unu + kepek, keçiboynuzu unu+ kepek, siyez unu + kepek ve patates unu + kepek (1:1)'dir. *B. hebetor*'un en az yumurta bıraktığı besin (3.5 ± 0.41) keçiboynuzu unu+ kepek karışımıdır. *B. hebetor*'un gelişen larva oranının en yüksek olduğu besin mısır unu + kepek (%70.74) ve siyez unu + kepek (%65.69) karışımlarıdır. Larval gelişim için en uygun konukçu besinleri ise patates unu + kepek (66.59 ± 1.34) ve siyez unu + kepek (61.87 ± 1.26 sa) karışımlarıdır. Pupa gelişme süresi için en uygun besinler patates unu + kepek (212.02 ± 4.08 sa) ve çavdar unu + kepek (220.85 ± 3.09 sa) olarak bulunmuştur. Parazitoitin toplam gelişme süresi dikkate alındığında benzer olarak patates unu + kepek (330.21 ± 4.86 sa) ve çavdar unu + kepek (341.62 ± 4.63 sa) uygun besinler olarak bulunmuştur. Keçiboynuzu unu + kepek besin karışımı hariç dişi parazitoitlerin yaşam süresi erkek parazitoitlerin yaşam süresinden daha uzun bulunmuştur. Parazitoitin cinsiyet oranında konukçu besinlerinden etkilendiği saptanmıştır. En yüksek doğurganlık ise 242 birey ile patates unu + kepek karışımında bulunmuştur. Bu çalışma sonuçlarının önemli zararlıların parazitoiti olan *B. hebetor*'un kitle üretimine katkı sağlayacağı kanısındayız.

Anahtar Kelimeler: Konukçu besini, *Ephestia kuehniella*, *Bracon hebetor*, Biyoloji

Introduction

Carbohydrates, proteins, and lipids are the primary nutrient compounds in all insects and play an essential role in energy storage and utilization (Clements, 1992; Candy et al., 1997; Arrese and Soulages, 2010). Parasitoid population dynamics are affected by variability in the quantity and quality of host nutrients (Godfray, 1993; Thompson, 1999; Arakawa et al., 2004; Jervis et al., 2008). The rearing strategy of parasitoids on hosts fed different nutrients could critically impact the behaviours and biological characteristics (developmental time, adult size, longevity, fecundity and sex ratio) of parasitoid progeny (Rivero and Casas, 1998; Harvey et al., 2004; Jervis et al., 2008).

The relation between the diet of the host insect and parasitoid fitness is defined in ecology as a complex multitrophic relationship (Slansky Jr, 1986; Lill et al., 2002). The quality of the host's diet is the main factor affecting the fitness of the host insect in the rearing of parasitoids. On the other hand, the fitness of the host insect is defined as the highest level of growth and development for the host (Price, 1997; Speight et al., 1999, Schowalter, 2000; Avmack and Leather, 2002). Additionally, the efficiency of a parasitoid significantly depends on its reproductive capacity. The success of oogenesis in parasitoids is associated with the nutrient biochemistry of the female parasitoid during the early stage of development (Hagen et al., 1984; Wheeler, 1996; Papaj, 2000). Especially for idiobiont parasitoids, the food source that the host represents is the primary factor determining the reproductive capacity of the parasitoid. The importance of the host diet is once again highlighted here.

The hosts of the larval idiobiont ectoparasitoid *Bracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) belong to the orders Lepidoptera, Coleoptera and Hymenoptera. *B. hebetor* is reared and sold commercially for the management of several lepidopteran species (Gerling, 1971; Cock, 1985; Nikam and Pawar, 1993; Prozell and Schöller, 2003; Amir-Maafi and Chi, 2006; Ghimire et al.,

2010). *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) is used as an effective host for current and daily mass rearing. In this study, the host *E. kuehniella* was reared on different diet combinations (potato flour + bran, oat flour + bran, rye + bran, einkorn flour + bran, corn flour + bran) to enhance the fitness of *B. hebetor*.

Materials and Methods

Rearing of *Ephestia kuehniella*

Ephestia kuehniella, which was used as a host for the experiments, was reared in a climate-controlled room at $25 \pm 1^\circ\text{C}$ and 60-70% relative humidity under 16:8 light:dark conditions. A mixture of corn flour:bran (1:1) was used as a diet for the rearing of *E. kuehniella*. To prevent possible contamination during the rearing process, the mixture was sterilized for 3 hours at 60°C . Other materials were disinfected with 1% sodium hypochlorite before use in rearing. First, a 200-gram diet mixture was weighed and added to disinfected plastic rearing containers ($19 \times 24 \times 7$ cm). On average, 1000 host eggs were added to the 200-gram diet mixture. After the completion of development, the adults were collected and transferred to a box. This process was repeated every day (Tunca and Demiray, 2021).

Rearing of *Bracon hebetor*

The parasitoid *Bracon hebetor* was reared in the climate-controlled room at a temperature of $25 \pm 1^\circ\text{C}$ and 60-70% relative humidity under 16:8 light:dark conditions. *E. kuehniella* larvae were used in the rearing of *B. hebetor*. A total of 40-45 mature larvae of *E. kuehniella* were transferred with soft forceps, and 4 pairs of parasitoids were released into the petri dish. In addition, 1-2 drops of diluted honey were rubbed on paper strips and placed in the petri dish as food for the parasitoids. After a 24-hour period, the parasitoid pairs were removed from the petri dish. Adult parasitoids that had completed their development were used both in the experiments and for the continuity of parasitoid rearing (Tunca and Demiray, 2021).

Experiments

Different nutrient mixtures were used in this study: corn flour + bran (control), oat flour + bran, rye flour + bran, carob flour + bran, einkorn flour + bran, and potato flour + bran (1:1). These mixtures were prepared by weighing 200 g of the nutrient mixtures and transferring them to plastic boxes (19 × 24 × 7 cm). Approximately 1000 *E. kuehniella* eggs were transferred to these mixtures. Then, the eggs in the plastic boxes were allowed to undergo development in the dark at 25 ± 1°C and 60-70% relative humidity under 16:8 light:dark conditions until the fifth larval period. The mature larvae of *E. kuehniella* were removed from the rearing boxes and placed into 3 cm petri dishes, after which a pair of mated female-male parasitoids, which were fed for three days, were also placed into the same petri dishes. The parasitoid pair was removed from the petri dish after 24 hours of parasitization time. The eggs laid by the female parasitoids on the host larvae reared in the different diets were examined with a stereomicroscope (Leica EZ4). The parasitoid eggs, larvae, pupae and adults were observed under the stereomicroscope to follow the biological development of the parasitoid at the same time every day. For each host nutrient, the number of eggs deposited by the parasitoid, the *B. hebetor* larval ratio, larval development time, pupal development time, total development time, sex ratio, and female and male development times were determined separately. In addition, the F1 fecundity and longevity of *B. hebetor* were investigated.

Data analysis

All data were analysed with one-way ANOVA followed by Tukey's multiple comparison test. All analyses were carried out considering the 5% significance level. Statistical analyses were performed using Minitab version 17. The percentage data were normalized using an arcsine transformation ($p_0 = \arcsine\sqrt{p}$) (Zar, 1999).

Results

The mean numbers of eggs laid by the parasitoid *B. hebetor* in *E. kuehniella* larvae that developed in the different diets are shown in Table 1. There were significant differences in the numbers of eggs laid by *B. hebetor* depending on the host nutrient (F5, 232=12.41, P<0.05); the lowest number of eggs was left by parasitoids raised on *E. kuehniella* larvae that developed in the carob flour + bran mixture (3.5 eggs), while the highest number of eggs was left by parasitoids raised on *E. kuehniella* larvae that developed in the oat flour + bran mixture (10.2 eggs).

The parasitoid larval rates are presented in Table 1 and show significant differences among means (F5, 223=2.77, P=0.019). According to the results, the maximum developing larvae rate was found in parasitoids raised on *E. kuehniella* fed with corn flour + bran (70.74%). This nutrient mixture was followed by einkorn flour + bran (65.69%), rye flour + bran (62.69%), potato flour + bran (54.70%), oat flour + bran (51.27%) and carob flour + bran (45.73%).

The effects of the host nutrients used in the experiments on the larval, pupal and total developmental times of the parasitoid *B. hebetor* are given in Table 1. The larval development times of the parasitoid significantly differed depending on the diet used to rear the host (F5, 1035=31.83, P<0.05). According to the results, the longest larval development time was found in parasitoids raised on *E. kuehniella* fed carob flour + bran (97.14 h) and oat flour + bran (82 h). The shortest larval development time was found in parasitoids raised on *E. kuehniella* fed with einkorn flour + bran (61.87 h), potato flour + bran (66.59 h) and corn flour + bran (70.52 h-control).

Table 1 The effect of tritrophic relationship on the mean number of eggs laid by the parasitoid *Bracon hebetor* in the host, the developing larvae rate, the larval development time, the pupal development time, the total development time, and the female and male development time

Properties	Potato flour+ bran	Oat flour+ bran	Rye flour+ bran	Carob flour+ bran	Einkorn flour+bran	Corn flour+bran (Control)
Average number of eggs deposit on host *	7.78±0.59 AB	10.28±0.56 A	9.58±0.87 AB	3.5±0.41 C	8.6±0.49 AB	6.92±0.34 B
The rate of developing larvae (%)	54.70 BC	51.27 C	62.69 AB	45.73 D	65.69 A	70.74 A
Larval development time (hour)*	66.59±1.34 DE n= 173	82.00± 1.33 B n=252	72.89± 1.85 C n=189	97.14± 5.61 A n= 21	61.87± 1.26 E n=211	70.52± 1.24 CD n=195
Pupal development time (hour)*	212.02± 4.08 D n=163	258.81 ± 1.22 B n=245	220.85 ± 3.09 D n=188	289.14±5.10 A n=21	249.42±1.78 B n=209	235.73±1.70 C n=191
Total development time (hour)*	330.21±4.86 D n=163	396.64±2.08 B n=245	341.62±4.63 D n=188	442.29±7.51 A n=21	366.78±2.45 C n=209	360.25± 2.49 C n=191
Female development time (hour)**	334.89±8.13 EF n=65	412.85±3.22 A n=84	359.66±7.70 CDE n=71	448±16 AB n=3	376.85±4.08 BC n=84	369.03±4.67 BCD n=85
Male development time (hour)	327.18±6.03 F n=98	388.17±2.44 B n=161	330.66±5.57 F n=117	441.33±8.49 A n=18	360.57±2.97 CD n=125	354.56±2.52 DE n=106

*:Each line is evaluated within itself, and the difference between different capital letters is statistically significant.-

**:Two lines are evaluated within themselves, and the difference between different capital letters is statistically significant.-

Table 2. The effect of tritrophic relationship on female and male longevity of parasitoid *Bracon hebetor*

Properties	Potato flour+ bran	Oat flour+ bran	Rye flour+ bran	Carob flour+ bran	Einkorn flour+bran	Corn flour+bran (Control)
Female longevity	513.6 ±34.1 A n=25	434.4 ± 25.4 B n=40	441.2 ± 35.5 B n=26	240 ± 99.9 D n=3	466.6 ± 29.2 B n=43	516 ± 52 A n=16
Male longevity	237.1± 28 D n=25	229.2± 16.7 D n=40	248.3 ± 21.3 D n=26	336 ± 24 C n=3	342.1 ± 32.2 C n= 43	210 ± 43.2 E n=16

*: The difference between different capital letters is statistically significant.-

Similarly, the pupal development time of the parasitoid significantly differed depending on the diet used to rear the host ($F_5, 1011=63.90, P<0.05$). The longest pupal development time of the parasitoid was found on the hosts reared in carob flour + bran (289.14 h), and the shortest development time was found on the hosts reared in potato flour + bran (212.02 h) and rye flour + bran (220.85 h). When the total development time of *B. hebetor* was examined, the differences among host nutrients were statistically significant ($F_5, 1011=63.49, P<0.05$). The longest total development period was found on the hosts reared in carob flour + bran (442.29 hr), and the shortest total development period was found on the hosts reared in potato flour + bran (330.21 hr) and rye flour + bran (341.62 hr).

The effects of the host diets used in the experiments on the development times of male and female parasitoids are shown in Table 1. GLM analysis showed that the interaction between host nutrients and sex was not significant ($F_5, 1005=1.26, P=0.281$). However, one-way analysis of variance revealed a significant difference ($F_{11}, 1005=34.06, P<0.05$). The longevity of male and female parasitoids differed among the host nutrients ($F_{11}, 294=11.79, P<0.05$). Female parasitoids lived longer than male parasitoids for all host nutrients, except in the case of carob flour + bran (Table 2). The sex ratios of the parasitoids

were also determined for each host nutrient. The sex ratios of the parasitoids were (1.50:1), (1.91:1), (1.64:1), (6:1), (1.48:1), and (1.24:1) (male: female) for potato flour + bran, oat flour + bran, rye flour + bran, carob flour + bran, einkorn flour + bran and corn flour + bran, respectively.

In addition, the real fecundity of *B. hebetor* that developed on host larvae reared on the different diets was calculated. In total, 242 individuals were found on the host insects reared in potato flour + bran, 175.1 individuals were found on the host insects reared in oat flour + bran, 195.4 individuals were found on the host insects reared in rye flour + bran, 69 individuals were found on the host insects reared in carob flour + bran, 182.7 individuals were found on the host insects reared in einkorn flour + bran and 229.6 individuals were found on the host insects reared in corn flour + bran flour. In addition, real fecundity graphics were created to show the numbers of individuals that a female parasitoid produced daily on each host reared in the different nutrients (Figures 1 and 2). According to Figure 2, it is clear that the parasitoid *B. hebetor* showed consistent fecundity within the tritrophic relationship. However, it was observed that the fertility period was much shorter among those parasitoids that developed on hosts reared in carob flour + bran compared to others that developed on hosts reared in the other nutrients.

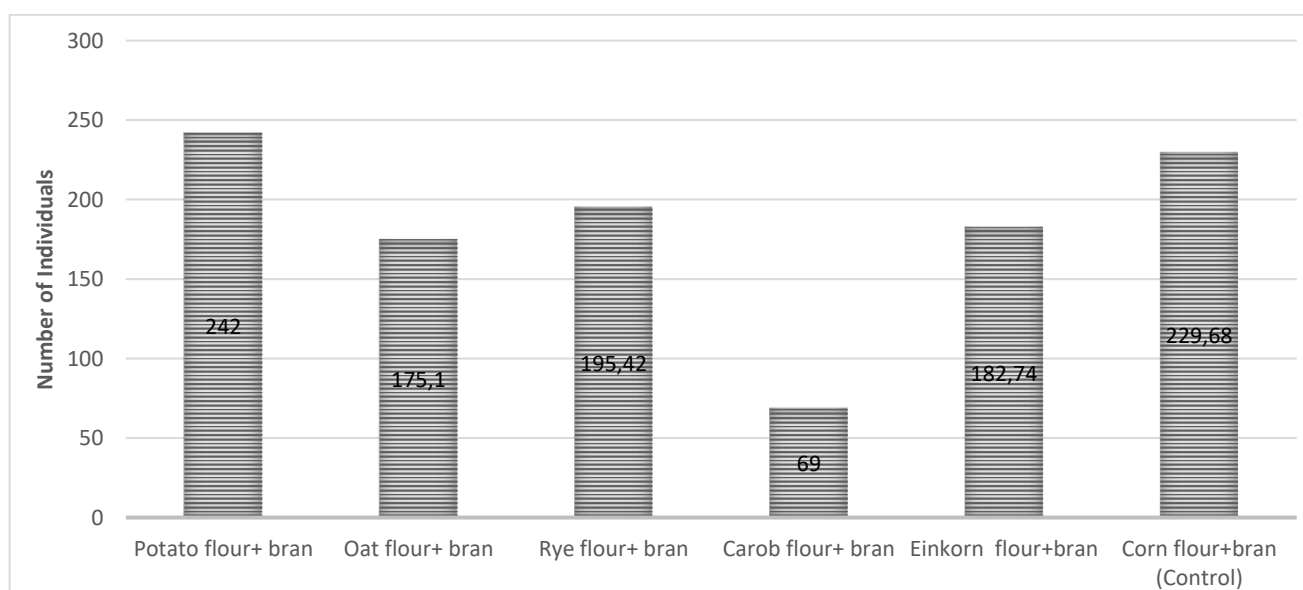


Figure 1 Real fecundity of *Bracon hebetor*, developed on host reared in each nutrient within the scope of tritrophic relationship.



Figure 2 Within the scope of tritrophic relationship, the daily number of individuals produced by the *Bracon hebetor* for each host reared on different nutrients.

Discussion

The different host diets used to rear *E. kuehniella* significantly affected the biological properties of the gregarious ectolarval parasitoid *B. hebetor*, including its development, survival and fecundity. There are many studies showing an important relationship between the host insect nutrient content (artificial food or host plant) and host preference/efficiency of the parasitoid in nature or under laboratory conditions (Campadelli and Barlotti, 1986; Fox et al., 1990; Harvey et al., 1995; Mallampalli et al., 1996; Teder and Tammaru, 2002; Coley et al., 2006; Mauricio et al., 2007; Faal-Mohammad-Ali and Shishehbor, 2013; Amadou et al., 2019).

It has been determined that the average number of eggs laid on the host by the parasitoid varies according to the nutrients used to rear the host larvae, and it is thought that the rates of *B. hebetor* larvae developing on *E. kuehniella* larvae reared in the different foods are directly related to the parasitoid. Here, corn flour + bran, einkorn flour + bran, rye flour + bran and potato flour +

bran were found to be important. When this result is combined with the larval development time, it is observed that the shortest development times are on the hosts reared in the mixtures of einkorn flour + bran, potato flour + bran and corn flour + bran. The first noteworthy observation is that these three foods have high carbohydrate ratios. The low carbohydrate and high protein contents in oat flour reduce the diet suitability for *Ephestia* larvae. Low or even zero development was observed in *Ephestia* larvae in our previous diet experiments when the protein ratio was high. Researchers think that proteins and some polysaccharides can become toxic or undesirable products during digestion. A similar situation was confirmed by researchers using rearing diets for insects with high protein content, such as soy flour and wheat germ (Fukushima, 1991; Cohen, 2004). It was expected that the high sugar content (sucrose, fructose and glucose) and fibre ratio in carob flour may cause digestive difficulties in larvae. Gilmour (1961) reported that some sugars, such as melibiose and galactosides, can be digested by insects, while some cannot. It has been stated that

sugars such as raffinose, stachyose, and α -galactosides can only be digested by insects with the enzyme α -galactosidase. On the other hand, the important reason for the slow development of the host in carob flour is the high fibre content and high levels of cellulose, hemicellulose, lignin and insoluble polyphenols in the fibre content (Goulas et al., 2016). Most insects cannot digest cellulose and use it for metabolic activities (Gilmour, 1961; House 1974). The possibility of encountering a similar situation in *Ephestia* larvae has been thought to be very high. Therefore, our study revealed that nutritional compatibility changes the growth rate of *Ephestia* larvae and that these changes affect the development of *B. hebetor*. This result is also supported by other studies (Barbosa, 1988; Van Emden, 1995; Teder and Tammaru, 2002; Mauricio et al., 2007; Faal-Mohammad-Ali and Shishehbor, 2013; Amadou et al., 2019). Additionally, nutrients that positively affect the larval development time of *B. hebetor* also appear to be advantageous in terms of the pupal development time and total development time.

In this study, there were no differences in the development times of male and female parasitoids developing on the hosts reared in the different nutrient mixtures, with the exception of the oat flour + bran and rye flour + bran mixtures. As explained above, the content of oat flour is not suitable for host larvae. No difference was observed between rice flour and corn flour in female development time. However, a shorter development time was obtained in the male development time in rice flour than in corn flour.. Rye flour has lower carbohydrate and fat contents than the other foods, and therefore rye flour was found to be a suitable food item. This situation might also cause a difference in the developmental times of male and female parasitoids. Corn flour is more economical than rice flour. A similar difference was expected in the carob flour + bran mixture, but a difference was not found between the development times of male and female parasitoids. The small difference is considered to be incidental due to the small number of samples. According to a study by Faal-Mohammad &

Shishehbor (2013), there was no difference in the development times of *B. hebetor* male and female parasitoids in the F1 generation that developed on host *E. kuehniella* reared in rice, barley, corn, and wheat flour.

The longest female parasitoid survival times were found on the hosts reared in the mixture of corn flour+ bran (516 hours) and potato flour + bran (513 hours). The longest male life expectancies of parasitoids were 342 and 336 hours on the hosts reared in the mixtures of einkorn flour + bran and carob flour + bran, respectively. A long life span of female parasitoids is advantageous for biological control applications in which parasitoids are effectively used. Therefore, the potato flour + bran mixture and corn meal + bran mixture provide ideally important nutrients for hosts of female *B. hebetor* with long longevity at the level of the tritrophic relationship. A similar study conducted by Eslampour and Aramideh (2016) showed that *Habrobracon hebetor* had the longest female and male life spans of 552 and 360 hours, respectively, on hosts reared in a mixture of whole wheat flour and 20% glycerol. It has been determined that the sex ratio of parasitoids developing on hosts reared with different diets was found to be in favour of males. However, the sex ratio appears to be most advantageous in the mixtures of potato flour + bran (1.50:1), einkorn flour + bran (1.48:1) and corn flour + bran (1.24:1). Eslampour and Aramideh (2016) found that the percentages of female *H. hebetor* developing on hosts reared in mixtures of whole wheat flour, whole wheat flour + 20% wheat germ, whole wheat flour + 20% glycerol, and whole wheat flour + 10% wheat germ + 10% glycerol were 59%, 55%, and 59%, respectively. Faal-Mohammad-Ali and Shishehbor (2013) found that the *B. hebetor* female percentages were 57%, 47%, 55% and 50% in rice, barley, corn and wheat flour, respectively. According to the results of all three studies, the host nutrient might affect the sex ratio of the parasitoid.

According to the experimental results, the highest fecundities of the parasitoids were found

on the hosts reared in a mixture of potato flour + bran (with 242 individuals) and corn flour + bran (with 229.68 individuals). The lowest fecundity of the parasitoids was determined to be 69 individuals on the hosts reared in a mixture of carob flour + bran. Eslampour and Aramideh (2016) found the fecundity of *B. hebetor* to be 102.8 individuals on hosts fed whole wheat flour, 136 individuals in whole wheat flour + 20% wheat rusheymi, 182 individuals in whole wheat flour + 20% glycerol, and 181 individuals in whole wheat flour + 10% wheat rusheymi + 10% glycerol. Another study provided a similar result; the fertility of *B. hebetor* was calculated based on the eggs laid by parasitoids. According to the results of the study, 66 eggs of parasitoids were found on hosts fed rice flour, 193.9 eggs were found on hosts fed with barley flour, 150.5 eggs were found on hosts fed with corn flour, and 106 eggs were found on hosts fed with wheat flour (Faal - Mohammad-Ali and Shishehbor, 2013). In our study, we observed that some parasitoids did not survive from the egg stage to the adult parasitoid stage. Therefore, the correct approach for calculating fertility for *B. hebetor* is based on the number of individuals. Figure 2 shows the numbers of individuals produced by parasitoids on hosts fed the different diets. However, the fecundity of parasitoids on a daily basis during their lifetimes was found to be similar.

Our study found that the diet of the host *E. kuehniella* affects the biological properties of the parasitoid *B. hebetor*. In this study, it was determined that the diets that contributed positively to the biological properties of the parasitoid were potato flour + bran, corn flour + bran and einkorn flour + bran. *B. hebetor* is an important larval parasitoid of many pests that can be found in warehouses and open fields. In addition, this parasitoid is a well-known biological control agent that has been reared en masse and used effectively for different biological control applications. We believe that this study will contribute to the mass production of *B. hebetor*.

Acknowledgements

This article is prepared according to the master thesis of Ezgi DEMİRAY. The thesis was completed in 2021 and conducted under the supervision of Associate Professor Hilal TUNCA COSİC. We are grateful to Elisabeth TABONE (INRAE) for ensuring that language of manuscript is controlled by English editing service. And also thanks to Mathilde CAPELLI (INRAE) for critically reading the manuscript.

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

Author Contributions: Hilal TUNCA COSİC was contributed as the thesis supervisor. The Master's thesis student Ezgi DEMİRAY carried out the experiment, preparation of the data, writing and correction of literatures. Hilal TUNCA COSİC carried out the statistical analysis. Both of authors were responsible for writing the manuscript.

References

- Amadou, L., Baoua, I., Ba M.N., & Muniappan, R. (2019). Development of an optimum diet for mass rearing of the rice moth, *Corcyra cephalonica* (Lepidoptera: Pyralidae), and production of the parasitoid, *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae), for the control of pearl millet head miner. *Journal of Insect Science*, 19(2):1. doi: 10.1093/jisesa/iez020.
- Amir-Maafi, M., & Chi, H. (2006). Demography of *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) on two pyralid hosts (Lepidoptera: Pyralidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 99, 84-90.
- Arakawa, R., Miura, M., & Fujita, M. (2004). Effects of host species on the body size, fecundity, and longevity of *Trissolcus mitsukurii* (Hymenoptera: Scelionidae), a solitary egg parasitoid of stink bugs. *Applied Entomology and Zoology*, 39, 177-181.
- Arrese, E. L., & Soulages, J. L. (2010). Insect Fat Body: Energy, Metabolism, and Regulation. *Annual Review Entomology*, 55, 207-225.
- Awmack, C. S., & Leather, S. R. (2002). Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review Entomology*, 47, 817-44.
- Barbosa, P., & Letourneau, D. K. (1988). *Novel Aspects of Insect-Plant Interactions*, 361p, Wiley, New York.
- Campadelli, G., & Barlotti, T. (1986). Importance of wax in the artificial diet of *Galleria mellonella* L., a substitute host for the parasite *Pseudogonia rufifrons* Wied. *Bollettino dell'Istituto di Entomologia 'Guido Grandi' della Universita delgi Studi di Bologna* 40, 1-12.

- Candy, D. J., Becker, A., & Wegener, G. (1997). Coordination and integration of metabolism in insect flight. *Comparative Biochemistry & Physiology B*, 117, 497–512.
- Clements, A. N. (1992). *The Biology of Mosquitoes*, vol. I. Chapman & Hall, London.
- Cock, M. J. W. (1985). A review of biological control of pests in the Commonwealth Caribbean and Bermuda up to 1982. *Tech. Commonwealth institute of biological control*, 9, 218, ISSN 0069-7125
- Cohen, A. C. (2004). *Insect diets science and technology*, Insect Diet and Rearing Institute, LLC, Tucson, CRC PRESS, 329, Arizona.
- Coley, P. D., Bateman M. L., & Kursar, T. A. (2006). The effects of plant quality on caterpillar growth and defense against natural enemies. *Oikos*, 115, 219–228.
- Eslampour, L., & Aramideh, S. (2016). Adult longevity, fertility and sex ratio of *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) parasitizing *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae): effect of host artificial diets. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(1), 189-192.
- Faal-Mohammad-Ali, H., & Shishehbor. P. (2013). Biological parameters of *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) parasitizing *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae): effect of host diet. *Journal Crop Protection*, 2 (4), 411-419.
- Fox, L. R., Letourneau, D. K. Eisenbach J., & Nouhuys, S. V. (1990). Parasitism rates and sex ratios of a parasitoid wasp: effects of herbivore and plant quality. *Oecologia*, 83, 414–419.
- Fukushima, D. (1991). Recent progress of soybean protein foods: chemistry, technology, and nutrition. *Food Reviews International*, 7 (3), 323–351.
- Gerling, D. (1971). Occurrence, abundance and efficiency of some local parasitoids attacking *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) in selected cotton fields in Israel. *Entomological Society of America*, 64, 492-499.
- Ghimire, M. N., & Philips, T. W. (2010). Suitability of different lepidopteran host species for development of *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). *Environmental Entomology*, 39, 449-458.
- Gilmour, D. (1961). *The biochemistry of insects*. Academic Press, New York.
- Godfray, H. C. J. (1993). *Parasitoids: Behavioural and Evolutionary Ecology*. Princeton University Press, Princeton USA ISBN:9780691000473, 488 p.
- Goulas, V., Stylos, E., Chatziathanasiadou, M. V., Mavromoustakos T., & Tzacos, A. G. (2016). Functional components of carob fruit: linking the chemical and biological space. *International Journal of Molecular Sciences*, 17, 1875.
- Hagen, K. S., Dadd, R. H., & Reese, J. (1984). The food of insects. In: Huffaker C. B. and R. L. Rabb ed. *Ecological Entomology* John Wiley & Sons, 79–112, New York.
- Harvey, J. A., Harvey, I. F., & Thompson, D. J. (1995). The effect of host nutrition on growth and development of the parasitoid wasp *Venturia canescens*. *Entomology Experimentalis et Applicata*, (75), 213–220.
- Harvey, J. A., Bezemer, T. M., Elzinga J. A., & Strand. M. R. (2004). Development of the solitary endoparasitoid *Microplitis demolitor*: host quality does not increase with host age and size. *Ecological Entomology*, 29, 35-43.
- House, H. L. (1974). *Nutrition, in the physiology of insecta*, Vol. 5, Rockstein, M. ed., Academic Press, 1–62, New York.
- Jervis, M., Eilers, J., & Harvey, J. (2008). Resource acquisition, allocation, and utilization in parasitoid reproductive strategies. *Annual Review Entomology*, 53, 361-385.
- Lill, J. T., Marquis R. J. & Ricklefs, R. E. (2002). Host plants influence parasitism of forest caterpillars. *Nature*, 417, 170–173.
- Mallampalli, N., Barbosa, P., & Weinges, K. (1996). Effects of condensed tannins and catalpol on growth and development of *Compsilura concinnata* (Diptera: Tachinidae) reared in gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae). *Journal of Entomological Science*, 31, 289–300.
- Mauricio, A., Urrutia, C. Mark, R. Wade Craig, B. D., & Steve, P. (2007). Influence of host diet on parasitoid fitness: unravelling the complexity of a temperate pastoral agroecosystem. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 123, 63–71.
- Nikam, P. K. & Pawar. C. V. (1993). Life tables and intrinsic rate of increase of *Bracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) population on *Corcyra cephalonica* (Staint) (Lepidoptera: Pyralidae), a key parasitoid of *Helicoverpa armigera* (Hbn) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Applied Entomology*, 115, 210-213.
- Papaj, D. R. (2000). Ovarian dynamics and host use. *Annual Review Entomology*, 45, 423–448.
- Price, P. W. (1997). *Insect Ecology*. 3rd edn, Wiley, New York.
- Prozell, S., & Schöller, M. (2003). Five years of biological control of stored-product moths in Germany. In: Credland PF, Armitage DM, Bell CH, Cogan PM, Highley E. (Eds.), *Advances in Stored Products Protection*. Proceedings of the Eighth International Working Conference on Stored Product Protection, 22-26 July 2002, York, UK. CABI International, Wallingford, UK, 2003, 322–324.
- Rivero, A. & Casas, J. (1999). Rate of nutrient allocation to egg production in parasitic wasp, in *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 266, 1424
- Schowalter, T. D. (2000). *Insect Ecology. An Ecosystem Approach*. Academic Press, San Diego, California
- Slansky Jr, F. (1986). Nutritional ecology of endoparasitic insects and their hosts: An overview. *Journal Insect Physiology*, 32(4), 255-261.
- Speight, M. R., Hunter M. D., & Watt A. D. 1999. *Ecology of Insects: Concepts and Applications*. Blackwell Science, Oxford.
- Strand, M. R., & Casas, J. (2008). Parasitoid and host nutritional physiology in behavioral ecology. In *Behavioral Ecology Of Insect Parasitoids: From Theoretical Approaches To Field Applications* (Eds: Wajnberg, E., Bernstein, Carlos., Alphen, Jacques van). Malden, MA ; Oxford : Blackwell Pub., 2008.
- Teder, T., & Tammaru, T. (2002). Cascading effects of variation in plant vigour on the relative performance of insect herbivores and their parasitoids. *Ecological Entomology*, 27, 94–104.
- Thompson, S. N. (1999). Nutrition and culture of entomophagous insects. *Annual Review Entomology*,

44, 561–592.

- Tunca, H. & Demiray, E. (2021). Farklı Besinlerde Yetiştirilen *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) Üzerinde Parazitoit *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae)' un Bazı Biyolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s 29.
- Van Emden, H. F. (1995). Host plant–aphidophaga

interactions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 52, 3–11.

- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical analysis*. – Prentice-Hall, upper Sadle River, NJ.
- Wheeler, D. (1996). The role of nourishment in oogenesis. *Annual Review Entomolgy*, 41, 407–431.

Biber meyvelerinde hasat sonrası çürümelere sebep olan bazı fungal hastalık etmenlerine karşı Isothiocyanate bileşiklerinin antifungal etkilerinin belirlenmesi

Determination of the antifungal effects of Isothiocyanate compounds against some fungal disease agents that cause postharvest rot in pepper fruits

Mehmet ATAY¹ , Soner SOYLU^{2*} 

¹Adıyaman Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü 02450 Kahta, Adıyaman, Türkiye

²Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü 31034 Antakya, Hatay, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0001-5751-4764>; ²<https://orcid.org/0000-0003-1002-8958>

To cite this article:

Atay, M. & Soyulu, S. (2022). Biber meyvelerinde hasat sonrası çürümelere sebep olan bazı fungal hastalık etmenlerine karşı Isothiocyanate bileşiklerinin antifungal etkilerinin belirlenmesi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(3): 290-302.
DOI:10.29050/harranziraat.1136632

*Address for Correspondence:
Soner SOYLU
e-mail:
soylu@mku.edu.tr

Received Date:
27.06.2022
Accepted Date:
26.07.2022

© 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

Depolanmış ürünlerde sorun olan fungal hastalık etmenleri, hasat sonrası ürünlerde kaliteyi sınırlandıran önemli faktörlerden biridir. Hasat sonrası kurutulmalık biberler mikotoksin üreten fungal patojenler tarafından çok sık enfekte olmaktadır. *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata* ve *Fusarium incarnatum*, birçok bitkide hasat öncesi ve sonrası dönemlerde hastalıklara neden olan potansiyel mikotoksin üretebilen önemli fungal etmenlerdir. *Brassica* spp. tarafından üretilen ve geniş antimikrobiyal etkiye sahip olan isothiocyanate (ITC)'lar, glukozinolatların biyolojik olarak aktif bozulma ürünleri ile bağlantılı allelokimyasal bileşiklerdir. Bu çalışmada, farklı kimyasal yapıdaki isothiocyanate bileşiklerden methyl isothiocyanate (MITC), 2-propenyl (Allyl) isothiocyanate (AITC), benzyl isothiocyanate (BITC) ve ethyl isothiocyanate (EITC)'ın *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata* ve *Fusarium incarnatum* izolatlarına karşı *in vitro* antifungal etkileri araştırılmıştır. Test edilen *Fusarium incarnatum*, *Aspergillus niger* ve *Alternaria alternata*'nın misel gelişimini tamamen engelleyen konsantrasyonları (MIC) baz alındığında en yüksek antifungal etkinlik MITC tarafından sırasıyla 0.06, 0.09 ve 0.09 µl petri⁻¹ konsantrasyonlarında gösterilmiştir. En düşük antifungal aktivite ise *A. niger* ile *F. incarnatum*'a karşı EITC (0.15 ve 0.21 µl petri⁻¹), *A. alternata*'ya karşı ise AITC ve BITC (0.21 µl petri⁻¹) tarafından gösterilmiştir. Farklı yapıdaki ITC'ların MIC değerlerinde genelde fungisidal etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, oldukça düşük konsantrasyonlarda antifungal etkinlik gösteren isothiocyanate'ların, depolanmış tarımsal ürünlerde bozulmalara neden fungal etmenlere karşı fumigant olarak uygulanabilir potansiyele sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Antifungal, *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Fusarium incarnatum*, isothiocyanate, mikotoksin

ABSTRACT

Fungal disease agents, which are the problem in stored products, are one of the important factors limiting the quality of post-harvest products. Dried peppers are very often infected by fungal pathogens that produce mycotoxins. *Aspergillus niger*, *Alternaria alternata* and *Fusarium incarnatum* are important fungal agents that can produce potential mycotoxins that cause disease in many plants in the pre- and post-harvest periods. The isothiocyanates (ITCs), produced by *Brassica* spp. and having broad antimicrobial activity, are allelochemical compounds with antimicrobial activities associated with the biologically active degradation products of glucosinolates. In this study, the *in vitro* antifungal effects of different isothiocyanate compounds such as methyl isothiocyanate (MITC), 2-propenyl (Allyl) isothiocyanate (AITC), benzyl isothiocyanate (BITC) and ethyl isothiocyanate (EITC) were investigated against

Aspergillus niger, *Alternaria alternata* and *Fusarium incarnatum* isolates. Based on the minimum inhibition concentrations (MIC) that completely inhibit mycelial growth, the highest antifungal activity was displayed by MITC against *Fusarium incarnatum*, *Aspergillus niger* and *Alternaria alternata* at 0.06, 0.09 and 0.09 μl petri⁻¹ concentrations, respectively. The lowest antifungal activities were shown by EITC against *A. niger* and *F. incarnatum* at 0.15 and 0.21 μl petri⁻¹, and by AITC and BITC against *A. alternata* at the concentration of 0.21 μl petri⁻¹. In addition, It has been determined that ITCs compounds generally have fungicidal effects at MIC values. The results showed that isothiocyanates, which have antifungal activity at very low concentrations, have the potential to be applied as a fumigant against fungal agents that cause spoilage in stored agricultural products.

Key Words: Antifungal, *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Fusarium incarnatum*, isothiocyanate, mycotoxin

Giriş

Biber (*Capsicum annuum* L.), Solanaceae familyasında yer alan, meyveleri gerek taze olarak gerekse de kurutmalık/baharat olarak tüketilen sebzelerden biridir. İnsan sağlığı açısından da önemli bir yere sahip olan biber meyvesi, kanserojen maddelere karşı koruyucu ve yaşlanma sürecini geciktirici etkileri olan karotenoidler (provitamin A) ve C vitamini gibi bazı antioksidan maddeler yönünden zengindir (Howard ve ark., 1994; Simonne ve ark., 1997; Wien, 1997). Dünya Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)' nün 2020 yılı üretim istatistik verilerine göre Türkiye taze biber üretiminde Dünyada 4. kurutmalık biber üretiminde ise 24. sırada yer almıştır (Anonymous, 2022).

Tarımsal ürünler gerek tarla koşullarında gerekse hasat edildikten sonra depolanmaları sırasında başta funguslar olmak üzere birçok hastalık etmeni tarafından enfekte edilirler (Tripathi ve Dubley, 2004; Shukla ve ark., 2009; Prakash ve ark., 2011). Söz konusu etmenlerden fungal etmenler hasat sonrası ürünlerde gelişmeleri ve hastalık oluşturmalarının yanısıra geliştikleri ürünler içerisinde mikotoksin olarak bilinen sekonder metabolitleri üreterek ayrıca zarara neden olurlar. Mikotoksin üreten fungal etmenler tarafından en sık enfektelenen bitkisel ürünlerden biri de biber olup (Duman, 2010) özellikle kurutmalık olarak tüketilen biberler üzerinde üretilen mikotoksinlerden kaynaklı ürün kayıpları son zamanlarda önemli bir boyuta ulaşmıştır (Ham ve ark., 2016). Mikotoksinlerin, 400'e yakın farklı üründe oluşturulduğu saptanmış olmakla beraber bunların doğrudan veya dolaylı şekilde insan ve hayvanlarda önemli sağlık sorunlarına sebep oldukları bir çok çalışmada

bildirilmiştir (Hussein ve Brasel, 2001; Smith, 2001; Weidenböner, 2014; Hontanaya ve ark., 2015; Öksüztepe ve Erkan, 2016).

Farklı fungus türleri mikotoksin oluşumuna neden olmakla beraber özellikle *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria* ve *Fusarium* cinslerine ait türlerin en önemli mikotoksin üreticisi türlerin başında gelir (McKee, 1995; Kabak ve Dobson, 2017). Hasat sonrası birçok bitkisel üründe gelişebilen *Aspergillus* türleri daha çok Aflatoxin (McKee, 1995; Uylaşer ve ark., 2005), önemli bitki patojenlerini de içeren *Alternaria* türleri Alternariol (AOH) ve Alternariol monometil (Yiannikouris ve Jouany, 2002), *Fusarium* spp. ise deoxynivalenol ve fumonisin (Hussein ve Brasel, 2001; Smith, 2001) gibi farklı mikotoksinleri ürettikleri bildirilmiştir.

Mikotoksin oluşumuna neden funguslarla mücadelede başvurulan yöntemlerin başında genellikle kimyasal pestisilerin kullanımı gelmektedir. Ancak aşırı derecede kimyasal pestisit kullanımı sonrası çevre, doğa ve insan sağlığında meydana gelen ciddi olumsuzlukların yanısıra, fungal etmenlere karşı kullanılan pestisitlere zamanla hastalık etmenlerinin dayanıklılık kazanması ve insanların kimyasal kullanımı konusunda son yıllarda bilinçlenmesiyle beraber biyolojik mücadele ajanı mikroorganizmalar, bitki uçucu yağ ve ekstraktlar ve antimikrobiyal etkinliğe sahip nanopartiküllerin etkinliklerinin irdelendiği alternatif mücadele yöntemlerinin araştırılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır (Clifford ve Lester, 1988; Smith, 2001; Soliman ve Badaea, 2002; Dwivedy ve ark., 2016; Şahin ve ark., 2021; Kara ve ark., 2022; Soylu ve ark., 2022; Türkmen ve ark., 2022).

Günümüzde, depolanan tarımsal ürünlerde sorun olan fungal etmenle mücadelede

kimyasallara alternatif olabilecek farklı bitkisel ve biyolojik mikrobiyal kökenli mücadele yöntemleri araştırılmış olmakla beraber (Soylu ve ark., 2010; Atay ve ark., 2020; Soylu ve ark., 2022) son zamanlarda doğal bitkisel kökenli bileşiklerden olan isothiocyanate'ların (ITC) antifungal/antibakteriyel etkileri üzerine araştırmalarda önem verilmeye başlanmıştır. Özellikle lahana, brokoli, karnabahar ve turp gibi bazı Brassicaceae familyası bitkilerine ait Glukosinolatlarının enzimatik hidrolizinden elde edilen biyoaktif bileşik grubu olan isothiocyanate'ların, hasat öncesi ve sonrası ürünlerde hastalık oluşturan farklı bitki patojenlerine karşı güçlü antimikrobiyal etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Delaquis ve Mazza, 1995; Mari ve ark., 1996; Mari ve ark., 2008; Troncoso-Rojas, 2009; Kurt ve ark., 2011; Wu ve ark., 2011; Ugolini ve ark., 2014; Dufour ve ark., 2015; Manyes ve ark., 2015; Kara ve Soylu, 2020).

Bu çalışmada, Türkiye ekonomisine önemli derecede katkıları olan biberde, özellikle hasat öncesi ve sonrası dönemlerde meyvelerde mikotoksin oluşturma potansiyeline sahip fungal etmenlerden *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger* ve *Fusarium incarnatum* ile kimyasal mücadeleye alternatif olabilecek farklı kimyasal yapıdaki ITC bileşiklerinden olan methyl isothiocyanate (MITC), 2-propenyl (Allyl) isothiocyanate (AITC), benzyl isothiocyanate (BITC) ve ethyl isothiocyanate (EITC) bileşiklerinin misel gelişiminin engellenmesi üzerine olan antifungal etkileri *in vitro* koşullarda araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Isothiocyanate (ITC) bileşikleri

Çalışmadaki fungal etmenlere karşı antifungal etkileri araştırılan Isothiocyanate'ler olan methyl isothiocyanate (MITC), 2-propenyl (Allyl) isothiocyanate (AITC), benzyl isothiocyanate (BITC) ve ethyl isothiocyanate (EITC) saf olarak, ticari firmadan (Sigma-Aldrich Chemical Company, Switzerland) tedarik edilmiştir. ITC'lerin antifungal etkilerinin belirleneceği denemeler öncesi her bir

bileşik etanol ile seyreltilmiş ve çalışmada hazırlanan stok çözeltileri kullanılmıştır (Kara ve Soylu, 2020).

Fungal izolatlarının biberlerden izolasyonu, tanınması ve patojenisite testleri

Aspergillus niger ve *Alternaria alternata* izolatları, Hatay ilinin önemli biber ekim alanlarındaki tarlalardan hasat aşamasındaki taze biberlerle, kurutmalık biber satışı yapan aktarlardan veya kurutulmuş kırmızı baş biberlerden PDA besi yeri üzerinde yapılan izolasyonlar sonrası elde edilmiştir. Hastalıklı olduğundan şüphelenilen biber meyvelerinden sırasıyla; hastalıklı ve sağlıklı kısımları içerecek kare şeklinde (0.5- 1 cm) kesitler alınarak bunlarda yüzey sterilizasyonu yapılmış, kesitlerin daha sonra 50 µg ml⁻¹ streptomisin sülfat antibiyotik içeren PDA besi ortamına ekimleri yapılmış ve 25 °C'de 7 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır (Atay ve ark., 2020). İnkübasyon sonunda besi ortamlarında gelişen fungus misellerinden saflaştırma işlemleri yapılmıştır. Elde edilen saf izolatlardan geliştirilen tek spor izolatların tür teşhisleri gerek morfolojik yöntemlerle (Dugan, 2006), gerekse moleküler ve MALDI-TOF tanılama teknikleri kullanılmak suretiyle belirlenmiştir (Soylu ve ark., 2020).

Tür teşhisleri yapılmış fungal izolatların biberde patojen olup olmadıklarının belirlenmesi için sağlıklı biber meyvelerinde iki şekilde patojenisite testi yapılmıştır. Birinci yöntemde spor süspansiyonları sağlıklı olgunlaşmış kırmızı biberlere hiçbir şekilde zarar vermeden doğrudan meyve içerisine (50 µl biber⁻¹) steril enjektör yardımı ile inoküle edilmiştir. İkinci yöntemde sağlıklı olgunlaşmış kırmızı biber meyveleri uç kısımlarından steril bistürü ile kesilip, aseptik olarak doku içerisine 1 adet 6 mm çapında 5 günlük fungus kültüründen alınan fungus misel disklerinin biber meyvesi içerisine yerleştirildikten sonra kesilen dokunun parafilm ile sarılması ile yapılmıştır. Her iki şekilde de inokulasyonu yapılmış biber meyveleri önce 15x25x15 cm ebatlarında steril plastik saklama kapları içerisine konulmuştur. Kapların tabanına önceden steril su

ile ıslatılmış kurutma kağıtları yerleştirilerek gerekli nem koşulları sağlanmıştır. Bu şekilde hazırlanmış ve kapağı kapalı kutular daha sonra 16:8 aydınlık/karanlık foto periyoda, 20-24 °C sıcaklığa ayarlanmış inkübatörlerde 5-10 gün süre ile inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyondan sonrası inokulasyon noktalarında tipik hastalık belirtileri gözlenmiş ve gelişen belirtilerden rezolatlar elde edilmiştir. Saf fungus izolatları *in vitro* etkinlik denemelerinde kullanılmak üzere +4 °C'de muhafaza edilmişlerdir.

ITC bileşiklerinin antifungal etkilerinin belirlenmesi

ITC bileşiklerinin fungal izolatların misel gelişimi üzerine olan antifungal etkileri *in vitro* koşullarda cam petri kaplarında (90 mm çapındaki) bulunan PDA besi yeri üzerinde araştırılmıştır (Şekil 2 ve Şekil 4). PDA besi yeri içeren (20 ml µl petri⁻¹) petri kaplarının merkezine, bir haftalık taze fungus kültürünün 6 mm çapındaki misel diskleri, miselli yüzey besi yeri ile temas edecek şekilde yerleştirilmiştir. Petri kabının üst kapağının iç yüzeyinin merkezine yapıştırılmış steril filtre kağıdına (6 mm çapında) ise mikro pipet yardımı ile ITC bileşiklerinin farklı dozları (0.09-0.21 µl petri⁻¹) emdirilmiş, uygulama yapılır yapılmaz hızlı bir şekilde kapak kapatılarak sızdırma olmaması açısından petriler parafilm ile 2-3 kez sarılmıştır. Daha sonra ise petriler ters çevrilmiş bir biçimde (üst kapak altta kalacak şekilde) 25 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. Kontrol grubu petrilere de aynı yöntemle fungus diskleri yerleştirilmiş fakat filtre kağıdına ITC bileşikleri yerine sadece steril saf su emdirilmiştir. Kontrol grubu petrilerindeki misel gelişimi tüm petri yüzeyini kapladığı zaman uygulama yapılan petrilerdeki fungus koloni çapları ölçülerek sonuçlar kontrol grubu ile kıyaslanmıştır. Her bir ITC bileşiğinin farklı dozlarının engelleme oranı ise, (%) Abbott formülüne göre hesaplanmıştır.

$$\text{Engelleme (\%)} = [(KFG-UFG)/KFG] \times 100$$

KFG = Kontrol petrilerdeki fungal gelişim (mm)

UFG = Uygulama yapılmış petrilerdeki fungal gelişim (mm)

ITC bileşiklerinin in vitro koşullarda fungisidal /fungistatik özelliklerinin belirlenmesi

ITC bileşiklerinin minimum engelleme konsantrasyonlarındaki (MIC) antifungal etkilerinin fungisidal veya fungistatik özellikte olup olmadıklarını belirlemek amacıyla herhangi bir uygulama yapılmamış taze PDA besi yeri içeren petrilere, denemeler sonucu herhangi bir hif gelişimi göstermeyen petrilerinden alınan misel diskleri yerleştirilmiş ve bu petriler 25°C'de 7 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır. Bu misel diskleri, aktarıldıkları yeni PDA besi yeri üzerinde herhangi bir gelişme göstermemişse ITC bileşiğinin antifungal etkisi fungisidal (fungus gelişimini kalıcı şekilde durduran, öldürücü), misel gelişimi yeniden başlamış ise ITC bileşiğinin antifungal etkisi fungistatik (fungus gelişimini geçici şekilde durduran) olarak kayıt edilmiştir.

Deneme deseni ve istatistik analizler

Çalışmadaki tüm *in vitro* denemeleri her petri 1 ve her ITC uygulaması ise 3 tekrerrür olacak şekilde Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre yapılmıştır. Bunun yanısıra yapılan denemeler iki farklı zamanda tekrarlanmıştır. Farklı ITC bileşiği dozlarının petrilerdeki fungus misel gelişimini engellenme oranları % oranlarına çevrilmeden önce SPSS istatistik programı (SPSS Statistics 17.0) kullanılarak tek yönlü ANOVA ile varyans analizleri yapılmış ve uygulamalar arasındaki farklılık Tukey HSD Testi ile analiz edilmiştir (P≤0.05). ITC bileşiklerinin farklı dozlarda fungus misel gelişimini %50 oranında engelleyen etkili konsantrasyonları (EC₅₀) ise, her bir ITC için farklı konsantrasyonlardan elde edilen değerlerin SPSS istatistik programı (Versiyon 11.5, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) yardımı ile Probit analizi yapılmasıyla belirlenmiştir.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Kurutmalık biber meyvelerinde çürümelere sebep olan fungal etmenlerin izolasyonu, tanılanması ve patojenisite testleri

Biber üretim alanlarında yapılan sörveyler sonrası toplanan biber örneklerinden yapılan

izolasyonlar sonucunda farklı koloni morfolojisine ait 40 fungal izolat elde edilmiştir. Elde edilen fungus kolonilerinden yapılan tek spor kültürlerinin morfolojik çalışmaları sonucu en sık karşılaşılmış fungal etmen 8 izolat ile (%20) *Aspergillus niger* olup, bu etmeni 6 izolat (%15) ile *Fusarium incarnatum*, 5 izolat (%12.5) ile *Alternaria alternata* izolatları takip etmiştir. Geri kalan diğer izolatların genelde *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Cladosporium* spp., gibi fırsatçı saprofit hastalık etmenleri olduğu belirlenmiştir. Gerek en fazla rastlanan türlerden olmaları, gerekse de bitkilerde hasat öncesi ve sonrası önemli hastalıklara sebep olmalarından dolayı bu çalışmada ITC'lerin antifungal etkileri *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger* ve *Fusarium incarnatum*'a karşı araştırılmıştır.

Morfolojik olarak ön teşhisleri yapılmış olan bu türlere ait izolatlar karşı Isothiocyanate bileşiklerinin antifungal etkileri araştırılmadan önce bunlara sağlıklı biber meyveleri üzerinde patojenisite testleri yapılmıştır. Yapılan patojenisite testleri sonrası test meyvelerinde oluşan belirtilerin, etmenlerin izole edildikleri hastalıklı biber meyvelerinde oluşan belirtilerle (içsel çürümeler, misel gelişimi, meyve kabuğunda renk açılmaları ve kararmalar) benzer oldukları belirlenmiştir. Bu meyvelerde yapılan testler sonrası inokulasyon çevresinden elde edilen re-izolatlar için ayrıca orijinal izolatlar uygulanmış

olan benzer teşhis yöntemleri uygulanmış, yapılan teşhis çalışmaları sonrası re-izolatların orijinal izolatlarla aynı türler oldukları belirlenmiş ve böylece bu izolatların biberde patojen oldukları tespit edilmiştir.

Alternaria alternata'ya karşı farklı ITC bileşiklerinin in vitro antifungal etkilerinin belirlenmesi

A. alternata'ya karşı test edilen ITC bileşiklerinin MIC değerlerine bakıldığında etkili bileşiğinin, 0.09 µl petri⁻¹ dozla methyl isothiocyanate (MITC) olduğu, bunu sırasıyla 0.18, 0.21, 0.21 µl petri⁻¹ dozları ile ethyl isothiocyanate (EITC), 2-propenyl (Allyl) isothiocyanate (AITC) ve benzyl isothiocyanate (BITC) bileşiklerinin izlediği belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda *A. alternata*'ya karşı antifungal etkileri araştırılan ITC bileşiklerinin konsantrasyonları arasında farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiş olup (Çizelge 1, Şekil 1).

Yapılan probit analiz sonucunda ITC bileşiklerinin *A. alternata*'nın misel gelişimini %50 oranında engelleyen etkili konsantrasyon (EC50) değerleri, MITC için 0.038 µl petri⁻¹, EITC için 0.110 µl petri⁻¹ ve AITC için 0.148 µl petri⁻¹ olarak hesaplanırken, en yüksek EC₅₀ değeri BITC için 0.149 µl petri⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 1 ve Çizelge 4).

Çizelge 1. Farklı ITC dozlarının fungal etmen *A. alternata*'nın misel gelişimi üzerine olan antifungal etkileri

Table 1. Antifungal effects of different ITC doses on mycelial growth of the fungal agent *A. alternata*

Doz (µl/petri)	Farklı ITC bileşiklerinin misel gelişimi (MG) ve engellenmesi (MGI) üzerine olan etkisi							
	Effects of different doses of ITC compounds on mycelial growth (MG) and inhibition (MGI)							
	AITC		BITC		EITC		MITC	
	MG (mm)	MGI (%)	MG (mm)	MGI (%)	MG (mm)	MGI (%)	MG (mm)	MGI (%)
0	84.0f	0.0	84.0f	0.0	84.0f	0.0	84.0d	0.0
1	77.7e	7.5	73.3e	12.7	73.0e	13.1	48.3c	42.5
2	66.0d	21.4	61.7d	26.6	58.0d	31.0	34.7b	58.7
3	58.3c	30.6	53.0c	36.9	44.7c	46.8	0.0a	100.0*
4	16.7b	80.2	34.0b	59.5	27.0b	67.9	nt	nt
5	0.0a	100.0*	0.0a	100.0*	0.0a	100.0**	nt	nt
EC ₅₀	0.148		0.149		0.110		0.038	

AITC ve BITC Dozları: 0, 0.09, 0.12, 0.15, 0.18, **0.21** µl petri⁻¹; EITC Dozları: 0, 0.06, 0.09, 0.12, 0.15, **0.18** µl petri⁻¹; MITC

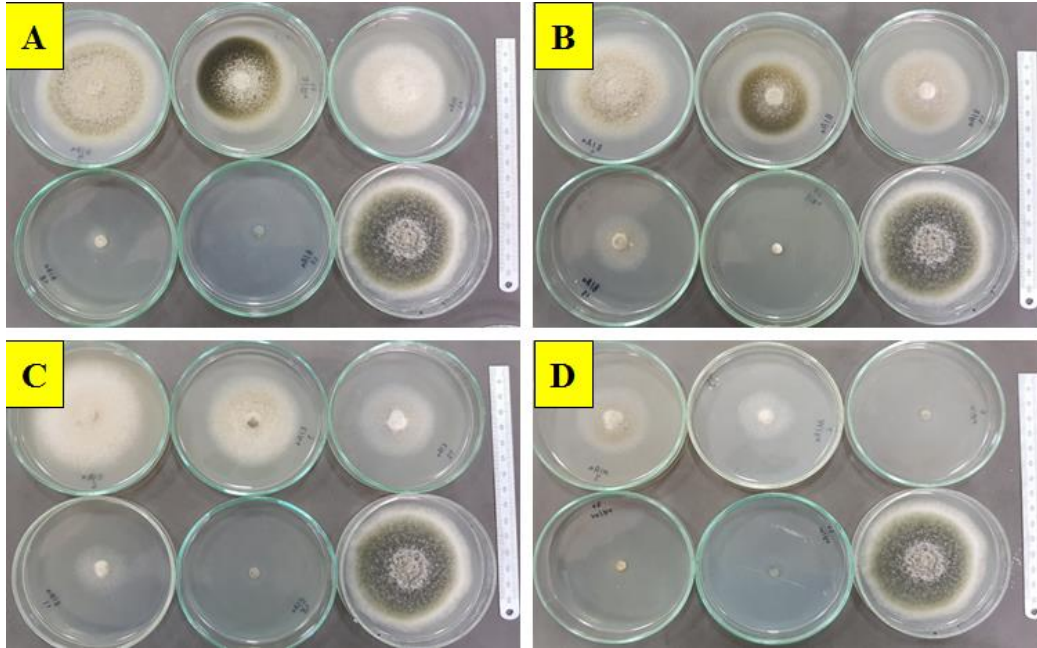
Dozları: 0, 0.03, 0.06, **0.09**, 0.12, 0.15 µl petri⁻¹; nt: bu dozda test edilmedi

Sütun içerisinde yer alan ortalama değerlerin yanındaki farklı küçük harfler, uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak Tukey HSD testine göre önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

“*” ve “**”: kullanılan bu dozda gösterilen antifungal etkinin fungisidal (*) veya fungistatik (**) özellikte olduğunu gösterir

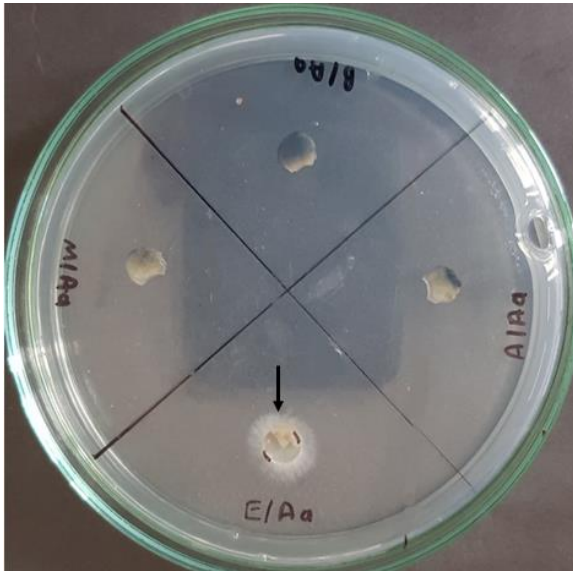
Şekil 2’de görüleceği üzere, *A. alternata*’ya karşı ITC bileşiklerinin fungus misel gelişimini engelleyen MIC değerlerindeki etkinin fungisidal veya fungistatik özelliklerde olduğu saptanmıştır.

ITC’lerden MITC, AITC ve BITC bileşiklerinin **fungisidal**, EITC bileşiğinin ise **fungistatik** etki gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 1 ve Çizelge 4).



Şekil 1. Farklı ITC bileşiklerinin fungal etmen *A. alternata*’nın misel gelişimini engelleme potansiyellerinin *in vitro* koşullarda araştırılması. Farklı konsantrasyonlarda (A) AITC, (B) BITC, (C) EITC, (D) MITC içeren petrilerdeki fungus misel gelişimleri görülmektedir

Figure 1. *In vitro* investigation of the potential of different ITC compounds to inhibit mycelial growth of the fungal agent *A. alternata*. Fungal mycelial growths are seen in petri dishes containing different concentrations of (A) AITC, (B) BITC, (C) EITC, (D) MITC



Şekil 2. *A. alternata*’ya karşı minimum engelleme konsantrasyonunda gerçekleşen antifungal etkinliğin fungisidal/fungistatik özelliğinin belirlenmesi. MIC değerlerinin gerçekleştiği petrilerden alınan misel diskleri yeni PDA besi yerinde aktarıldıklarında sadece EITC’den alınan misel diski (ok) gelişme göstermiştir

Figure 2. Determination of the fungicidal/fungistatic effect against *A. alternata* at the minimum inhibition concentration (MIC). When the mycelial discs from the petri dishes in which the MIC values were realized were transferred to the new PDA medium, only the mycelial disc from the EITC (arrow) showed mycelial development

Aspergillus niger’e karşı farklı ITC bileşiklerinin *in vitro* antifungal etkilerinin belirlenmesi

A. niger’e karşı test edilen ITC bileşiklerinin MIC değerlerine bakıldığında en etkili bileşiğinin, 0.09 μl petri⁻¹ dozla methyl isothiocyanate (MITC) olduğu, bu bileşiği sırasıyla 0.12, 0.12, 0.15 μl petri⁻¹ dozları ile 2-benzyl isothiocyanate (BITC), 2-propenyl (Allyl) isothiocyanate (AITC) ve ethyl isothiocyanate (EITC) bileşiklerinin izlediği belirlenmiştir (Çizelge 2, Şekil 3). Yapılan analiz sonucunda *A. niger*’e karşı antifungal etkileri araştırılan ITC bileşiklerinin konsantrasyonları arasında farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiş olup (Çizelge 2) ITC konsantrasyonlarının fungal hastalık etmeninin misel gelişimini % engellenmesi üzerine olan antifungal etkinlikleri ise Çizelge 4’de verilmiştir.

Yapılan probit analiz sonucunda ITC bileşiklerinin *A. niger*’in misel gelişimini %50 oranında engelleyen etkili konsantrasyon (EC50) değerleri, MITC için 0.040 μl petri⁻¹, BITC için 0.068 μl petri⁻¹ ve AITC için 0.072 μl petri⁻¹ olarak belirlenirken, en yüksek EC50 değeri EITC için 0.086 μl petri⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 2 ve Çizelge 4).

Çizelge 2. Farklı ITC dozlarının fungal etmen *A. niger*'in misel gelişimi üzerine olan antifungal etkileri
 Table 2. Antifungal effects of different ITC doses on mycelial growth of the fungal agent *A. niger*

Doz (μl /petri)	Farklı ITC bileşiklerin misel gelişimi (MG) ve engellenmesi (MGI) üzerine olan etkisi Effects of different doses of ITC compounds on mycelial growth (MG) and inhibition (MGI)							
	AITC		BITC		EITC		MITC	
	MG (mm)	MGI (%)	MG (mm)	MGI (%)	MG (mm)	MGI (%)	MG (mm)	MGI (%)
0	82.7e	0.0	82.7e	0.0	82.7f	0.0	82.7e	0.0
1	73.7d	10.9	66.7d	19.4	73.7e	10.9	72.7d	12.1
2	63.7c	23.0	53.7c	35.1	59.7d	27.8	60.0c	27.4
3	43.7b	47.2	47.7b	42.3	46.3c	44.0	50.3b	39.1
4	0.0a	100.0*	0.0a	100.0*	39.3b	52.4	0.0a	100.0**
5	nt	nt	nt	nt	0.0a	100.0*	nt	nt
EC ₅₀	0.072		0.068		0.086		0.040	

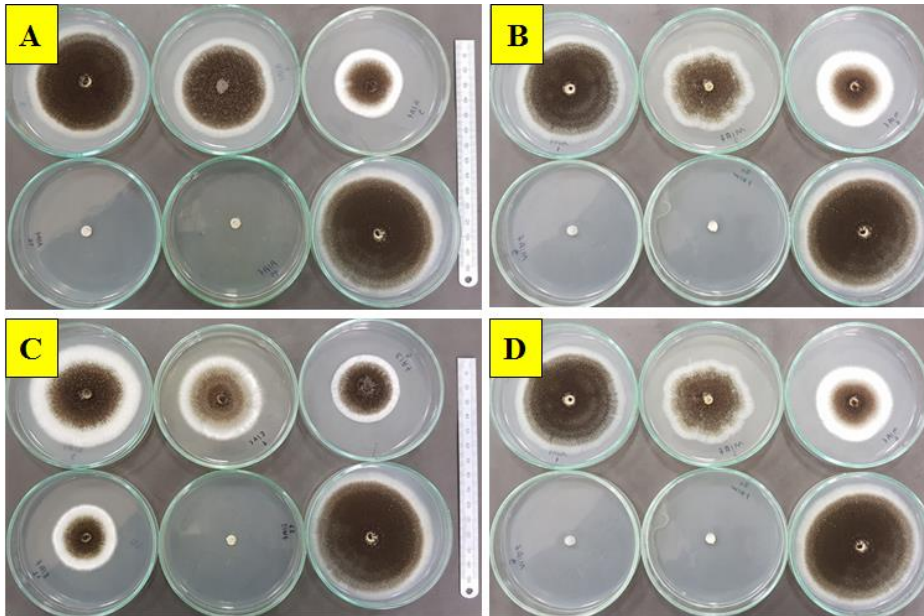
EITC, AITC ve BITC Dozları: 0, 0.03, 0.06, 0.09, **0.12**, **0.15** μl petri⁻¹; MITC Dozları: 0, 0.01, 0.03, 0.06, **0.09**, 0.12 μl petri⁻¹; nt: bu dozda test edilmedi

Sütun içerisinde yer alan ortalama değerlerin yanındaki farklı küçük harfler, uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak Tukey HSD testine göre önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05).

"*" ve "***": kullanılan bu dozda gösterilen antifungal etkinin fungisidal (*) veya fungistatik (***) özellikte olduğunu gösterir

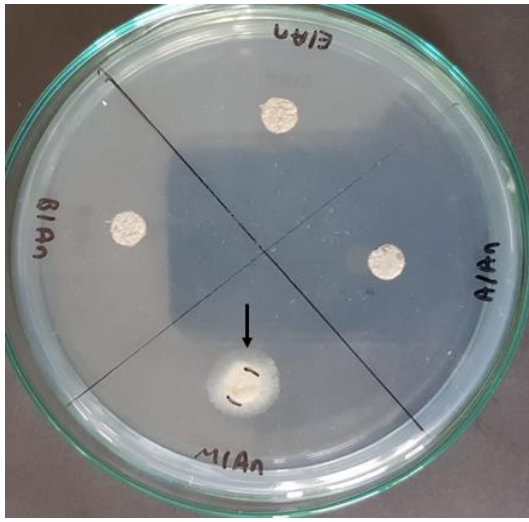
Şekil 4'de görüleceği üzere, *A. niger*'e karşı ITC bileşiklerinin fungus misel gelişimini engelleyen MIC değerlerindeki ekinin fungisidal veya fungistatik özelliklerde olduğu saptanmıştır.

ITC'lerden EITC, AITC ve BITC bileşiklerinin **fungisidal**, MITC bileşiğinin ise **fungistatik** etki gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 2 ve Çizelge 4).



Şekil 3. Farklı ITC bileşiklerinin fungal etmen *A. niger*'in misel gelişimini engelleme potansiyellerinin *in vitro* koşullarda araştırılması. Farklı konsantrasyonlarda (A) AITC, (B) BITC, (C) EITC, (D) MITC içeren petrilerdeki fungus misel gelişimleri görülmektedir

Figure 3. *In vitro* investigation of the potential of different ITC compounds to inhibit mycelial growth of the fungal agent *A. niger*. Fungal mycelial growths are seen in petri dishes containing different concentrations of (A) AITC, (B) BITC, (C) EITC, (D) MITC



Şekil 4. *A. niger*'e karşı minimum engelleme konsantrasyonunda gerçekleşen fungisidal/fungistatik etkinin belirlenmesi. MIC değerlerinin gerçekleştirildiği petrilere alınan misel diskleri yeni PDA besi yerinde aktarıldıklarında sadece MITC'den alınan misel diski (ok) gelişme göstermiştir

Figure 4. Determination of the fungicidal/fungistatic effect against *A. niger* at the minimum inhibition concentration (MIC). When the mycelial discs from the petri dishes in which the MIC values were realized were transferred to the new PDA medium, only the mycelial disc from the MITC (arrow) showed mycelial development

Fusarium incarnatum'a karşı farklı ITC bileşiklerinin *in vitro* antifungal etkilerinin belirlenmesi

F. incarnatum'a karşı test edilen ITC bileşiklerinin MIC değerlerine bakıldığında etkili bileşiğinin, 0.06 μl petri⁻¹ dozla methyl isothiocyanate (MITC) olduğu, bu bileşiği sırasıyla 0.12, 0.15 ve 0.21 μl petri⁻¹ dozları ile benzyl isothiocyanate (BITC), 2-propenyl (Allyl) isothiocyanate (AITC) ve ethyl isothiocyanate (EITC) bileşiklerinin izlediği belirlenmiştir (Çizelge 3, Şekil 5). *A. niger*'e karşı antifungal etkileri araştırılan ITC bileşiklerinin konsantrasyonları arasında farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir. Yapılan probit analiz sonucunda ITC bileşiklerinin *F. incarnatum*'un misel gelişimini %50 oranında engelleyen etkili konsantrasyon (EC₅₀) değerleri, MITC için 0.029 μl petri⁻¹, BITC için 0.050 μl petri⁻¹ ve AITC için 0.064 μl petri⁻¹ olarak belirlenirken, en yüksek EC₅₀ değeri EITC için 0.146 μl petri⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3 ve Çizelge 4).

Çizelge 3. Farklı dozlardaki ITC bileşiklerinin fungal etmen *F. incarnatum*'un misel gelişimi üzerine olan antifungal etkileri
Table 3. Antifungal effects of different doses of ITC compounds on mycelial growth of the fungal agent *F. incarnatum*

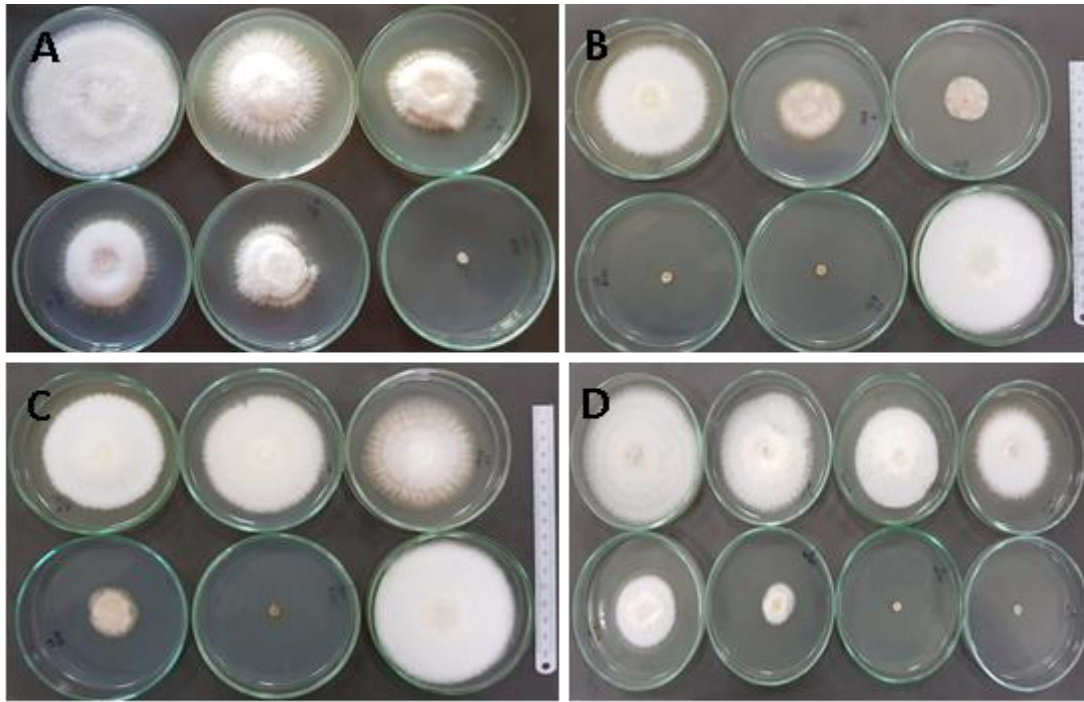
Doz (μl /petri)	AITC		BITC		EITC		MITC	
	MG (mm)	MGI (%)	MG (mm)	MGI (%)	MG (mm)	MGI (%)	MG (mm)	MGI (%)
0	90.0f	0.0	90.0e	0.0	90.0e	0.0	90.0g	0.0
1	72.3e	19.6	66.0d	26.7	70.7d	21.5	74.0f	17.8
2	64.0d	28.9	40.7c	54.8	63.7c	29.3	64.0e	28.9
3	33.7c	62.6	28.3b	68.5	62.3c	30.7	54.3d	39.6
4	8.3b	90.7	0.0a	100.0*	33.7b	62.6	43.3c	51.9
5	0.0a	100.0*	nt	nt	0.0a	100.0*	24.3b	73.0
6	nt	nt	nt	nt	nt	nt	0.0a	100.0*
EC ₅₀	0.064		0.050		0.146		0.029	

AITC ve BITC Dozları: 0, 0.03, 0.06, 0.09, **0.12, 0.15**, 0.18 μl petri⁻¹; EITC Dozları: 0, 0.09, 0.12, 0.15, 0.18, **0.21**, 0.24 μl petri⁻¹; MITC Dozları: 0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, **0.06** μl petri⁻¹; nt: bu dozda test edilmedi. Sütun içerisinde yer alan ortalama değerlerin yanındaki farklı küçük harfler, uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak Tukey HSD testine göre önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05).

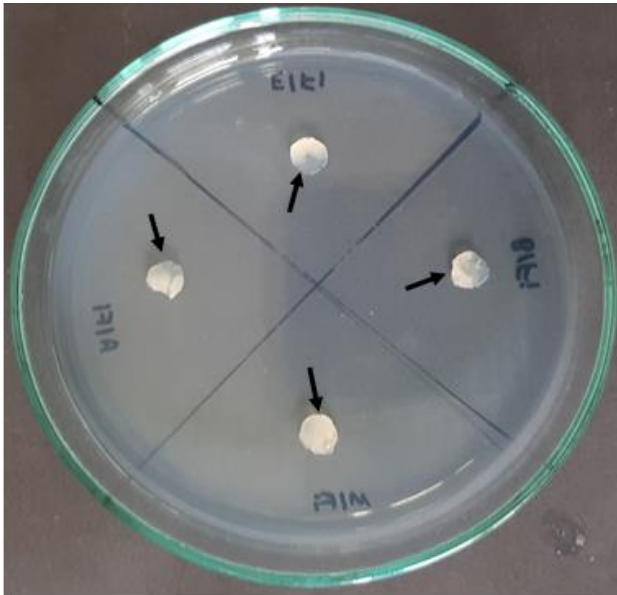
“*” ve “**”: kullanılan bu dozda gösterilen antifungal etkinin fungisidal (*) veya fungistatik (**) özellikte olduğunu gösterir

Şekil 6'de görüleceği üzere, *A. niger*'e karşı ITC bileşiklerinin fungus misel gelişimini engelleyen MIC değerlerindeki etkinin fungisidal veya fungistatik özelliklerde olduğu saptanmıştır.

ITC'lerden EITC, AITC ve BITC bileşiklerinin **fungisidal**, MITC bileşiğinin ise **fungistatik** etki gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 2 ve Çizelge 4).



Şekil 5. Farklı ITC bileşiklerinin fungal etmen *F. incarnatum*'un misel gelişimini engelleme potansiyellerinin *in vitro* koşullarda araştırılması. Farklı konsantrasyonlarda (A) AITC, (B) BITC, (C) EITC, (D) MITC içeren petrilerdeki fungus misel gelişimleri görülmektedir
 Figure 5. *In vitro* investigation of the potential of different ITC compounds to inhibit mycelial growth of the fungal agent *F. incarnatum*. Fungal mycelial growths are seen in petri dishes containing different concentrations of (A) AITC, (B) BITC, (C) EITC, (D) MITC



Şekil 6. *F. incarnatum*'a karşı minimum engelleme konsantrasyonunda gerçekleşen fungisidal/fungistatik etkinin belirlenmesi. MIC değerlerinin gerçekleştiği petrilerden alınan misel disklerin tamamı yeni PDA besi yerinde aktarıldıklarında gelişme göstermemiştir.
 Figure 6. Determination of the fungicidal/fungistatic effect against *F. incarnatum* at the minimum inhibition concentration (MIC). All of the mycelial discs from the petri dishes in which the MIC values were obtained did not develop when transferred to the new PDA medium.

Denemelerde kullanılan ITC bileşiklerinin test edildikleri *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger* ve *Fusarium incarnatum*'un misel gelişimi üzerine olan etkilerinin araştırıldığı çalışmalar sonucunda elde edilen minimum engelleme konsantrasyonları (MIC) ve fungal hastalık etmenlerinin misel gelişimini %50 oranında engelleyen etkili konsantrasyon değerleri (EC₅₀) Çizelge 4'de verilmiştir. ITC bileşikleri, MIC ve EC₅₀ değerleri açısından değerlendirildiğinde fungal etmenlere karşı en yüksek antifungal etkinlik **MITC bileşiği** tarafından gösterilmiş olup, bu bileşiği sırasıyla **AITC** ve **BITC** bileşikler izlemiştir. Fungal etmenlere karşı en düşük etkinliğin ise **EITC** bileşiğinin sergilediği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre test edilen her iki fungal hastalık etmenine karşı MIC değerinde en güçlü antifungal etkinlik (% 100 engelleme) sırasıyla **MITC** (0.09 µl petri⁻¹) ve **EITC** (0.15-0.18 µl petri⁻¹) ITC'lerinde saptanmış olup **AITC** ve **BITC** bileşikler 0.12-0.21 µl petri⁻¹ dozlarında etki göstererek nispeten daha yüksek dozda antifungal etki sergilemişlerdir.

Çizelge 4. Denemelerde kullanılan farklı ITC bileşiklerin fungal hastalık etmenlerinin misel gelişimini engelleyen minimum engelleme konsantrasyonları (MIC) ve probit analizi sonucu belirlenen fungal hastalık etmenlerinin misel gelişimini %50 engelleyen etkili konsantrasyon değerleri (EC₅₀)

Table 4. The minimum inhibitory concentrations (MIC) of different ITC compound ($\mu\text{l petri}^{-1}$) used in the trials to prevent mycelial growth of fungal disease agents and the effective concentration values (EC₅₀) of fungal disease agents determined as a result of probit analysis to prevent mycelial growth by 50%.

ITC Bileşikleri (ITC Compounds)	Fungal etmenler, MIC ve EC ₅₀ değerleri ($\mu\text{l petri}^{-1}$)					
	A. alternata		A. niger		F. incarnatum	
	MIC	EC ₅₀	MIC	EC ₅₀	MIC	EC ₅₀
AITC	0.21*	0.148	0.12*	0.072	0.15*	0.064
BITC	0.21*	0.149	0.12*	0.068	0.12*	0.050
EITC	0.18**	0.110	0.15*	0.086	0.21*	0.146
MITC	0.09*	0.038	0.09**	0.040	0.06*	0.029

“*” ve “**”: kullanılan bu dozda gösterilen antifungal etkinin fungisidal (*) veya fungistatik (**) özellikte olduğunu gösterir

ITClerin antifungal etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada kullanılan *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger* ve *Fusarium incarnatum* türlerin yanısıra bunların bağlı oldukları cinslerde yer alan diğer birçok türün insan ve hayvan sağlığına zararlı güçlü mikotoksin üreten funguslar oldukları daha önce yapılmış birçok çalışmada bildirildiğinden (Chen ve ark., 1992; Rheeder ve ark., 2002; Blumenthal, 2004; Reddy ve ark., 2010) bu türlerin mikotoksin üretme potansiyelleri ayrıca araştırılmamıştır. *Aspergillus*, *Alternaria*, *Penicillium* ve *Fusarium* cinslerine ait türlerin başlıca mikotoksin üreticisi funguslar oldukları (McKee, 1995; Kabak ve Dobson, 2017), çok sayıda bitkisel üründe özellikle hasat sonrası dönemde çürümelere sebep olan *Aspergillus* türlerinin daha çok Aflatoxin (McKee, 1995; Uylaşer ve ark., 2005), gerek hasat öncesi gerekse de hasat sonrası dönemde bir çok üründe bozulmalara sebep olan ve ayrıca önemli bitki patojenleri de olan *Alternaria* türlerinin ise Alternariol (AOH) ve Alternariol monometil (Yiannikouris ve Jouany, 2002) gibi mikotoksinleri başlıca ürettikleri bildirilmiştir.

Bitkisel üretimde meydana gelen hasat sonrası çürümelere, depolama sürecinde büyük kayıplara ve ürünlerin raf ömrünün kışalmasına neden olan önemli faktörlerden biridir. Daha önce yapılmış çalışmalara bakıldığında ITC bileşiklerinin antimikrobiyal etkinlikleri daha çok insan/hayvan/gıda patojenlerine karşı veya bazı insan hastalıklarına olan etkileri bakımından (özellikle çeşitli kanser hastalıkları) araştırılmıştır.

Bu bileşiklerin farklı bitki patojenlerine olan etkileri son zamanlarda ilgiyle irdelenmesine rağmen bunların özellikle mikotoksin oluşturan hasat sonrası bitki patojenlerine olan etkileri oldukça kısıtlı sayıda çalışmada araştırılmıştır. Yapılan literatür araştırmalarına göre, doğrudan biber meyvelerinde çürümelere sebep olan *A. niger* etmenine karşı ITC bileşiklerinin antifungal etkilerinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanılmamış olup söz konusu bu etmene karşı ITC bileşiklerinin antifungal etkileri ilk kez bu çalışma ile ortaya koyulmuştur. Biber meyvelerinde sorun olan *Aspergillus* türleri dışında depolanmış mısır, yerfıstığı gibi farklı bitkisel ürünlerde mikotoksin oluşturan farklı *Aspergillus* (*Aspergillus parastictus*, *A. flavus* vb.) ve *Fusarium* (*Fusarium tricinctum*, *Fusarium verticillioides* vb.) türlerine karşı bazı ITC bileşiklerinin antifungal güçlü etkiler sergiledikleri belirtilmiştir (Otoni ve ark., 2014; Okano ve ark., 2015; Quiles ve ark., 2015; Nazareth ve ark., 2016; Tracz ve ark., 2017; Nazareth ve ark., 2018; de Melo Nazareth ve ark., 2020). Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar önceden yapılmış çalışmalarla karşılaştırıldığında sonuçların birbirleri ile paralellik gösterdiği söylenebilir. Nitekim çalışmada kullanılan ITC bileşiklerinin tamamı *A. alternata* ve *A. niger*'e karşı doza göre değişmekle beraber güçlü antifungal etkiler sergilemişlerdir. Fungal izolatin türüne göre de değişmekle beraber ITC'lerin büyük çoğunluğunun fungal etmelere karşı MIC değerlerinde büyük oranda fungisidal (fungusu tümüyle öldüren) etkilerinin

olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde ITC'lerin *in vitro* şartlarda gözlemlenen fungisidal etkileri bazı çalışmalarda da bildirilmiştir (Mari ve ark., 1996; Troncoso-Rojas ve ark., 2005).

ITC'lerin biber meyvelerinde sorun *A. alternata* ile mücadeledeki antifungal etkileri ise çok sınırlı çalışmada araştırılmış olup biber meyvesinde sadece bir çalışmaya rastlanmıştır. Troncoso-Rojas ve ark. (2005) tarafından yapılan çalışmada, dolmalık biberde sorun olan *Alternaria alternata* ile mücadelede lahana yapraklarından elde edilen Allyl (AITC), Benzyl (BITC), 2-phenylethyl (PEITC), Phenyl (PITC) ITC'lar ile bunların karışımlarının antifungal etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak AITC'nin 0.04, BITC'nin ise 0.08 mg ml⁻¹ dozunda fungus misel gelişimini tamamen engellediği bildirilmiştir. Çalışmamızda kullanılan Allyl (AITC) ve Benzyl (BITC) ITC'lerin *A. alternata*'nın misel gelişimini çok düşük konsantrasyonlarda (0.21 µl petri⁻¹) tamamen engellediği belirlenmiştir. ITC bileşiklerinin fungusların misel gelişimini tümüyle engelledikleri petrilerdeki misel gelişimleri ışık mikroskopunda incelendiğinde bunlarda bazı yapısal aksaklıkların meydana geldiği gözlenmiştir (data verilmemiştir). Misel gelişiminin %100 engellendiği bu konsantrasyonlardaki fungusların konidi ve hiflerinde yapılan mikroskopik incelemeler sonucu hiflerde deformasyonlar, hif çapının incilmesi ve parçalanması, hiflerde sitoplazmik pıhtılaşmalar ile konidilerde deformasyonlar gibi bazı morfolojik değişimlerin meydana geldiği görülmüştür. Sonuçların, Kara ve Soylu (2020)'nin bulmuş oldukları sonuçlar ile benzerlikler gösterdiği görülmektedir. Fungus misel yapısında bozulmalara sebep olunan etkinin daha önce farklı çalışmalarda bildirilmiş olduğu haliyle mikroorganizmanın hücre zarına zarar verilmesi, dolayısıyla hücre duvarı sentezini düzenleyen enzimatik reaksiyonların olumsuz etkilenebileceğinden veya zararlanma sonrası hücrelerde gerçekleşen metabolit sızıntılardan kaynaklı olabileceği düşünülebilir (Kojima ve Oawa, 1971; Banks ve ark., 1986; Lin ve ark., 2000).

Sonuçlar

Sonuç olarak, bitkilerden elde edilen doğal bileşikler olan isothiocyanate'ların, biber meyvelerinde çürümelere sebep olan hasat öncesi ve sonrası fungal etmenlerden *A. niger* ve *A.alternata*'ya karşı *in vitro* koşullarda antifungal etkiler gösterdikleri belirlenmiştir. Özellikle methyl isothiocyanate (MITC) çalışmadaki funguslara karşı en etkili antifungal etkiyi sergilerken Allyl (AITC) ve Benzyl (BITC) isothiocyanate'lar nispeten daha yüksek dozlarda antifungal etkiler göstermişlerdir. ITC'lerin uçucu özellikleri göz önüne alındığında bunlar fumigant olarak tek başlarına veya karışım halinde preparatları yapılarak özellikle depolanmış ürünlerde sorun olan fungal etmenlere karşı kolay bir şekilde uygulanabilirler. Bununla beraber farklı ITC'lerin fungal patojenlere karşı *in vitro* ve *in vivo* etkilerinin araştırılması ve pratikte kullanılmalarına imkân sağlayacak yöntemlerin geliştirilmesi önem arz edecektir.

Ekler

Bu çalışma, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiş olan **17YL013** nolu proje kapsamında yapılmıştır. Bu çalışma Mehmet ATAY'ın Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir.

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

Yazar Katkısı: Arazi ve laboratuvar çalışmaları Mehmet ATAY ve Soner SOYLU tarafından yürütülmüştür. Makalenin yazımı Soner SOYLU ve Mehmet ATAY katkısı ile gerçekleştirilmiş olup, makalenin son hali yazarlar tarafından okunarak onaylanmıştır.

Kaynaklar

Anonymous (2022). Crops and livestock products. Statistical data of FAO (FAOSTAT). Retrieved from: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize> (Erişim Tarihi 25.02.2022).

- Atay, M., Kara, M., Uysal, A., Soylu, S., Kurt, Ş., & Soylu, E. M. (2020). *In vitro* antifungal activities of endophytic bacterial isolates against postharvest heart rot disease agent *Alternaria alternata* in pomegranate fruits. *Acta Horticulturae*, 1289, 309-314.
- Banks, J.G., Board, R. G., & Sparks, N. H. C. (1986). Natural antimicrobial system and their potential in food preservation of the future. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 8, 103-107.
- Blumenthal, C. Z. (2004). Production of toxic metabolites in *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, and *Trichoderma reesei*: justification of mycotoxin testing in food grade enzyme preparations derived from the three fungi. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 39(2): 214-228.
- Chen, J., Mirocha, C. J., Xie, W., Hogge, L., & Olson, D. (1992). Production of the mycotoxin fumonisin B1 by *Alternaria alternata* f. sp. *lycopersici*. *Applied and Environmental Microbiology*, 58(12), 3928-3931.
- Clifford, B. C., & Lester, E. (1988) Control of plant diseases: Costs and benefits. Oxford, UK, Blackwell.
- de Melo Nazareth, T., Alonso-Garrido, M., Stanciu, O., Mañes, J., Manyes, L., & Meca, G. (2020). Effect of allyl isothiocyanate on transcriptional profile, aflatoxin synthesis and *Aspergillus flavus* growth. *Food Research International*, 128, 108786.
- Delaquis, P. J., & Mazza, G. (1995). Antimicrobial properties of isothiocyanates in food preservation. *Food Technology*, 49, 73–84.
- Dufour, V., Stahl, M., & Baysse, C. (2015). The antibacterial properties of isothiocyanates. *Microbiology*, 161(2), 229-243.
- Dugan, F.M., 2006. The Identification of Fungi, An Illustrated Introduction With Keys Glossary and Guide to Literature. APS. Press, St. Paul. Minnesota, USA. pp. 176.
- Duman, A. D. (2010). Storage of red pepper under hermetically sealed or vacuum conditions for preservation of its quality and prevention of mycotoxin occurrence. *Journal of Stored Product Research*, 46, 155–160.
- Dwivedy, A. K., Kumar, M., Upadhyay, N., Prakash, B., & Dubey, N.K. (2016). Plant essential oils against food borne fungi and mycotoxins. *Current Opinion in Food Science*, 11, 16–21.
- Ham, H., Kim, S., Kim, M-H., Lee, S., Hong, S.K., Ryu, J-G., & Lee, T. (2016). Mycobiota of ground red pepper and their aflatoxigenic potential. *Journal of Microbiology*, 54, 832–837.
- Hontanaya, C., Meca, G., Luciano, F.B., Manes, J., & Font, G. (2015). Inhibition of aflatoxin B1, B2, G1 and G2 production by *Aspergillus parasiticus* in nuts using yellow and oriental mustard flours. *Food Control*, 47, 154-160.
- Howard, L. R., Smith, R. T., Wagner, A. B., Villalon, B., & Burns, E. E. (1994). Provitamin A and ascorbic acid content of fresh pepper cultivars (*Capsicum annuum*) and processed jalapenos. *Journal of Food Science*, 59, 362-365.
- Hussein, H. S., & Brasel, J. M. (2001). Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology*, 167(2), 101-134.
- Kabak, B., & Dobson, A. D. W. (2017). Mycotoxins in spices and herbs-An update. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57, 18-34.
- Kara, M., & Soylu, E. M. (2020). Assessment of glucosinolate-derived isothiocyanates as potential natural antifungal compounds against citrus sour rot disease agent *Geotrichum citri-aurantii*. *Journal of Phytopathology*, 168(5), 279-289.
- Kara, M., Türkmen, M., & Soylu, S. (2022). Rezene ve defne uçucu yağ karışımlarının kimyasal bileşenlerinin servi sürgün uç yanıklığı hastalık etmeni *Pestalotiopsis funerea*'ya karşı antifungal etkinliklerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 25 (1), 113-126.
- Kojima, M., & Oawa, K. (1971). Studies on the effect of isothiocyanates and their analogues on microorganisms. (I) Effects of isothiocyanates on the oxygen uptake of yeasts. *Journal of Fermentation Technology*, 49, 740–746.
- Kurt, Ş., Güneş U., & Soylu, E.M. (2011). *In vitro* and *in vivo* antifungal activity of synthetic pure isothiocyanates against *Sclerotinia sclerotiorum*. *Pest Management Science*, 67, 869-875.
- Lin, C., Preston, J., & Wei, C. (2000). Antibacterial mechanism of allyl-isothiocyanate. *Journal of Food Protection*, 63, 727–734.
- Manyes, L., Luciano, F. B., Manes, J., & Meca, G. (2015). *In vitro* antifungal activity of allyl isothiocyanate (AITC) against *Aspergillus parasiticus* and *Penicillium expansum* and evaluation of the AITC estimated daily intake. *Food and Chemical Toxicology*, 83, 293–299.
- Mari, M., Leoni, O., Bernardi, R., Neri, F., & Palmieri, S. (2008). Control of brown rot in stone fruits by synthetic and glucosinolates-derived isothiocyanates. *Postharvest Biology and Technology*, 47, 61–67.
- Mari, M., Lori, R., Leoni, O., & Marchi, A. (1996) Bioassays of glucosinolates-derived isothiocyanate against postharvest pear pathogens. *Plant Pathology*, 45:753–760.
- McKee, L. H. (1995). Microbial contamination of spices and herbs, a review. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 28, 1-11.
- Nazareth, T.M., Bordin, K., Manyes, L., Meca, G., Manes, J., & Luciano, F.B., (2016). Gaseous allyl isothiocyanate to inhibit the production of aflatoxins, beauvericin, and enniatins by *Aspergillus parasiticus* and *Fusarium poae* in wheat flour. *Food Control*, 62, 317-321.
- Nazareth, T.M., Corrêa, J.A.F., Pinto, A.C.S.M., Palma, J.B., Meca, G., Bordin, K. & Luciano, F.B., (2018). Evaluation of gaseous allyl isothiocyanate against the growth of mycotoxigenic fungi and mycotoxin production in corn stored for 6 months. *Journal Science Food Agriculture*, 98, 5235-5241.
- Okano, K., Ose, A., Takai, M., Kaneko, M., Nishioka, C., Ohzu, Y., & Ichinoe, M. (2015). Inhibition of aflatoxin production and fungal growth on stored corn by allyl isothiocyanate vapor. *Shokuhin eiseigaku zasshi. Journal of the Food Hygienic Society of Japan*, 56(1), 1-7.
- Öksüztepe, G., & Erkan, S., (2016). Mycotoxins and their importance in terms of public health. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 5, 190-195.

- Otoni, B. C. G., Soares, N. F. F., da Silva, W. A., Medeiros, E. A. A. & Junior, J. C. B. (2014). Use of allyl isothiocyanate-containing sachets to reduce *Aspergillus flavus* sporulation in peanuts. *Packaging Technology and Science*, 27, 549–558.
- Prakash, B., Shukla, R., Singh, P., Mishra, P. K., Dubey, N. K., & Kharwar, R. N. (2011). Efficacy of chemically characterized *Ocimum gratissimum* L. essential oil as an antioxidant and a safe plant based antimicrobial against fungal and aflatoxin B1 contamination of spices. *Food Research International*, 44(1), 385-390.
- Quiles, J. M., Manyes, L., Luciano, F., Manes, J., & Meca, G. (2015). Influence of the antimicrobial compound allyl isothiocyanate against the *Aspergillus parasiticus* growth and its aflatoxins production in pizza crust. *Food and Chemical Toxicology*, 83, 222-228.
- Reddy, K. R. N., Salleh, B., Saad, B., Abbas, H. K, Abel, C. A., & Shier, W.T. (2010). An overview of mycotoxin contamination in foods and its implications for human health. *Toxin Reviews*, 29, 3-26.
- Rheeder, J. P., Marasas, W. F., & Vismer, H. F. (2002). Production of fumonisin analogs by *Fusarium* species. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(5), 2101-2105.
- Şahin, B., Soylu, S., Kara, M., Türkmen, M., Aydın, R., & Çetin, H. (2021). Superior antibacterial activity against seed-borne plant bacterial disease agents and enhanced physical properties of novel green synthesized nanostructured ZnO using *Thymbra spicata* plant extract. *Ceramics International*, 47, 341-350.
- Shukla, R., Kumar, A., Singh, P., & Dubey, N. K. (2009). Efficacy of *Lippia alba* (Mill.) NE Brown essential oil and its monoterpene aldehyde constituents against fungi isolated from some edible legume seeds and aflatoxin B1 production. *International Journal of Food Microbiology*, 135(2), 165-170.
- Simonne, A. H., Simonne, E. H., Eitenmiller, R. R., Mills, H. A., & Green, N. R. (1997). Ascorbic acid and provitamin a contents in unusually colored bell peppers (*Capsicum annum*L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 10, 299-311.
- Smith, J. E. (2001). Mycotoxins, In, Food Chemical Safety, Watson, D.H., (Ed.), CRC Press, pp.234-255.
- Soliman, K. M., & Badeaa, R. I. (2002). Effect of oil extracted from some medicinal plants on different mycotoxigenic fungi. *Food and Chemical Toxicology*, 40, 1669–1675.
- Soylu, E.M., Kurt, Ş., & Soylu, S. (2010). *In vitro* and *in vivo* antifungal activities of the essential oils of various plants against tomato grey mould disease agent *Botrytis cinerea*. *International Journal of Food Microbiology*, 143, 183-189.
- Soylu, E.M., Soylu, S., Kara, M., & Kurt, Ş. (2020). Sebzelerde sorun olan önemli bitki fungal hastalık etmenlerine karşı vermikomposttan izole edilen mikrobiyomların *in vitro* antagonistik etkilerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(1), 7-18.
- Soylu, S., Kara, M., Soylu, E. M., Uysal, A., & Kurt, Ş. (2022). *Geotrichum citri-aurantii*'nin sebep olduğu turunçgil ekşi çürüklük hastalığının biyolojik mücadelesinde endofit bakterilerin biyokontrol potansiyellerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1), 177-191.
- Tracz, B. L., Bordin, K., de Melo Nazareth, T., Costa, L. B., de Macedo, R. E. F., Meca, G., & Luciano, F. B. (2017). Assessment of allyl isothiocyanate as a fumigant to avoid mycotoxin production during corn storage. *LWT*, 75, 692-696.
- Tripathi, P., & Dubey, N. K. (2004). Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables. *Postharvest biology and Technology*, 32(3), 235-245.
- Troncoso-Rojas, R., Corral-Acosta, Y., Sánchez-Estrada, A., García-Estrada, R., Aguilar-Valenzuela, A., Ojeda-Contreras, J., & Tiznado-Hernández, M. E. (2009). Postharvest treatment of isothiocyanates to control *Alternaria rot* in netted melon. *Phytoparasitica*, 37(5), 445.
- Troncoso-Rojas, R., Espinoza, C., Sánchez-Estrada, A., Tiznado, M.E., & García, H.S., (2005). Analysis of the isothiocyanates present in cabbage leaves extract and their potential application to control *Alternaria rot* in bell peppers. *Food Res. Intern.* 38, 701–708.
- Türkmen, M., Kara, M., Maral, H., & Soylu, S. (2022). Determination of chemical component of essential oil of *Origanum dubium* plants grown at different altitudes and antifungal activity against *Sclerotinia sclerotiorum*. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46, e15787
- Ugolini, L., Martini, C., Lazzeri, L., D'Avino, L., & Mari, M. (2014). Control of postharvest grey mould (*Botrytis cinerea* Per.: Fr.) on strawberries by glucosinolate-derived allyl-isothiocyanate treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 90, 34–39.
- Uylaşer, V., Karaman, B., & Kazancı, Y.T. (2005). Mikotoksinler ve insan sağlığına etkileri. *Hasad*, 21, 43-48.
- Weidenbörner, M. (2014). Mycotoxins in Foodstuffs. Springer Science & Business Media, 739 pp.
- Wien, H. C. (1997). The physiology of vegetable crops (No. 581.1 635). CAB International.
- Wu, H., Zhang, G.A., Zeng, S.Y., & Lin, K.C. (2011). Antifungal vapour-phase activity of a combination of allyl-isothiocyanate and ethyl isothiocyanates against *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum* on apples. *Journal of Phytopathology*, 159, 450–455.
- Yiannikouris, A. & Jouany, J. P. (2002). Mycotoxins in feeds and their fate in animals, A review. *Animal Research*, 51, 81-99.



Pesticide residues in vegetables and fruits from Istanbul by LC-MS/MS

İstanbul'da satışı sunulan bazı meyve ve sebzelerde LC-MS/MS ile pestisit kalıntılarının tespiti

Burcu ÇAKMAK SANCAR^{*1} , Meryem AKHAN² , Muhsin ÖZTÜRK³ , Özer ERGÜN⁴ 

^{1,2} İstanbul Esenyurt Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye

^{3,4} İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-0737-7009>; ²<https://orcid.org/0000-0001-8065-8635>;

³<https://orcid.org/0000-0002-3076-8251>; ⁴<https://orcid.org/0000-0003-1675-7238>

To cite this article:

Çakmak Sancar, B., Akhan, M., Öztürk, M. & Ergün, Ö. (2022). Pesticide residues in vegetables and fruits from Istanbul by LC-MS/MS. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(3): 302-315.
DOI:10.29050/harranziraat.1063811

***Address for Correspondence:**
Burcu ÇAKMAK SANCAR
e-mail:
burcucakmak@esenyurt.edu.tr

Received Date:

28.01.2022

Accepted Date:

02.08.2022

© 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

Selected pesticide active ingredients are used in various stages of production of fruits and vegetables in Turkey for the purpose of pest control. Due to their harm to humans, animals and the environment, pesticide active ingredients and their residue limits were determined by legal regulations. The aim of this study was to determine and highlight the pesticide residue risk in fruits and vegetables sold in markets and greengrocers and widely consumed in Istanbul, one of the most populated cities in Turkey. 393 pesticide active ingredients in 100 fruit and vegetable samples (tomatoes, green peppers, cucumbers, strawberries and apples in total) were screened using liquid chromatography coupled to mass spectrometry (LC-MS/MS) with Quick Easy Cheap Effective Rugged and Safe (QuEChERS) sample preparation method. The mean recoveries of the pesticides were between 76.5 % and 115.5 %, LOQ for them was 0.01 mg kg⁻¹. Pesticide residue was detected in 43% of the samples. A total of 7 (7%) samples contained pesticide residues above maximum residue limit (MRL). While pesticide residues were detected above MRL in tomato, strawberry and cucumber samples; no pesticide residues were found above MRL in pepper and apple samples. In the samples analyzed, 42 different pesticide residues were detected, the most detected pesticide active substance in the samples examined was Acetamiprid. Phorate Sulfone, one of the banned pesticides, was detected in a strawberry sample.

Key Words: Pesticide residue, Agricultural products, Fruits, Vegetables, LC-MS/MS

Öz

Türkiye'de meyve ve sebze üretiminin çeşitli aşamalarında zararlıların kontrolü amacıyla belirli pestisitler kullanılmaktadır. İnsanlara, hayvanlara ve çevreye zararlı etkilerinden dolayı pestisit etken maddeleri ve bunların kalıntı limitleri yasal düzenlemelerle belirlenmiştir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin en kalabalık şehri olan İstanbul'da market ve manavlarda satılan ve yaygın olarak tüketilen meyve ve sebzelerde pestisit kalıntılarının riskini belirlemek ve vurgulamaktır. 100 meyve ve sebze örneğinde 393 pestisit etken maddesi, QuEChERS numune hazırlama metoduyla kütle spektrometrisine bağlı sıvı kromatografisi (LC-MS/MS) kullanılarak taranmıştır. Pestisitlerin ortalama geri kazanımları %76.5 ve %115.5 arasında, LOQ değerleri ise 0.01 mg kg⁻¹'dir. Örneklerin %43'ünde pestisit kalıntısı tespit edilmiştir, 7 (%7)'si maksimum kalıntı limitinin (MRL) üzerinde pestisit kalıntıları içermektedir. Domates, çilek ve salatalık örneklerinde MRL üzerinde pestisit kalıntısı tespit edilirken, biber ve elma örneklerinde MRL'nin üzerinde pestisit kalıntısına rastlanmamıştır. İncelenen örneklerde 42 farklı pestisit kalıntısı tespit edilmiştir, en çok tespit edilen pestisit etken maddesi ise Acetamiprid'dir. Yasaklı pestisitlerden biri olan Phorate Sulfone ise bir çilek örneğinde tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pestisit kalıntısı, Tarım ürünleri, Meyveler, Sebzeler, LC-MS/MS

Introduction

Pesticides are chemicals that are widely used around the world to prevent or control pests, diseases, weeds and other plant pathogens in order to reduce and eliminate yield losses in agricultural products and to maintain high product quality (Damalas and Eleftherohorinos, 2011). In parallel with the increasing population both in Turkey and in the world, the demand for food has increased; thus, there are attempts to increase the agricultural production with various technical applications. The use of pesticides to combat diseases and pests is one of these technical measures (Kızılay and Akçaöz, 2009). With the increase in the use of pesticides in agriculture, the quality and quantity of food products have increased over the years (Goel and Aggarwal, 2007). Although pesticides have beneficial effects such as combating pests in order to obtain more products per unit area, they can cause unacceptably high levels of compounds in products if used improperly. These compounds cause a wide variety of harmful effects in humans, animals and the environment. In addition to the harmful effects of pesticides on the environment, they have been reported to have acute effects such as headache and nausea, acute neurological toxicity, neurological disorders, immune system disorders, reproductive and endocrine system diseases, cancer, and chronic kidney diseases in humans (Berrada et al., 2010; Guana et al., 2010; Chen et al., 2011; Bakırcı and Hışıl, 2012; Bakırcı et al., 2014). It is also known that pesticides remain in nature for years and their harmful effects continue to be a potential danger for a very long time (Issa and Çiftçioğlu, 2006). Therefore, it is important to control and regulate pesticide use and to monitor their levels in agricultural products (Gölge et al., 2018). In order to ensure food safety for consumers and protect human health, maximum residue limits (MRLs) have been determined by many organizations and countries around the world for pesticide residues in foods. MRL is the maximum level of pesticide residue legally permitted in foods and is

expressed in mg kg^{-1} (Jallow et al., 2017). The relevant legal legislation in our country is the Turkish Food Codex Regulation on Maximum Residue Limits of Pesticides dated 05.11.2016 and numbered 29899. Pesticide residues in food should not exceed the maximum residue levels (MRL) specified in the legislation. When pesticide residue is detected above the MRL value, those foodstuffs are considered harmful for health (Lozowicka et al., 2015).

There are over 1000 pesticides in use (Wang et al., 2017). These pesticides are used during the cultivation or post-harvest storage of agricultural products (Guana et al., 2010; Bakırcı and Hışıl, 2012; Bakırcı et al., 2014). Pesticide residues have been detected above legal limits (Issa and Çiftçioğlu, 2006; Tiryaki, 2016; Dereumeaux et al., 2020) in a wide variety of foods such as cereals (Lozowicka et al., 2014), olive oil (Razzaghia et al., 2018), fish (Doğan and Karpuzcu 2019), vegetables and fruits (Ay et al., 2007; Chen et al., 2011; Ersoy et al., 2011a; Ersoy et al., 2011b; Lozowicka et al., 2015; Szyrka et al., 2015; Tiryaki, 2016; Gölge et al., 2018; Hepsağ, 2019; Kaya and Tuna, 2019) drinking- utility water, and soil and sediment (Kumari et al., 2012; Doğan and Karpuzcu, 2019). They have also been found in both raw and processed food products (Keikotlhaile et al., 2010).

Turkey is one of the world's largest producers of fresh fruits and vegetables (Gölge et al., 2018). In 2019, tomato accounted for the 41.3% of the total vegetable production, cucumber 6.2% and charleston pepper 0.4%, and of the total fruit production, 16.2% was apple and 2.2% was strawberry (Turkish Statistical Institute, 2021).

The total use of pesticides in agricultural products in Turkey is 60.020 tons in 2018. Compared to pesticide utilization rates of 160 countries in the world in 2018, this amount constitutes 1.01%. However, Turkey is the 12th country among these 160 countries that uses the most pesticides, regardless of agricultural production rate (FAO, 2020).

In this study, it is aimed to examine the most consumed vegetable and fruit varieties in markets

and greengrocers in Istanbul in terms of pesticide residue levels and pesticide residues in tomato, green pepper, cucumber, apple and strawberry samples were investigated for compliance with the Turkish legislation. A total of 393 pesticide active substances given in Table 1 were searched in a total of 100 samples by the analysis method validated in the LC-MS/MS device. Selected pesticide active ingredients are used in various

stages of production of fruits and vegetables in Turkey for the purpose of pest control. Pesticide residue results were evaluated according to Turkish Food Codex Regulation on Maximum Residue Limits of Pesticides and it was determined whether these foods contained pesticide residues within the legal limits permitted for human consumption.

Table 1. Pesticide active substances determined in the LC-MS/MS device in fruit and vegetable samples, LOQ values and recovery rate

No	Pesticide Active Ingredient	LOQ (mg kg ⁻¹)	Recovery Rate (%)	No	Pesticide Active Ingredient	LOQ (mg kg ⁻¹)	Recovery Rate (%)
1	1-Naphthylacetamide	0.01	105.7	198	Formetanate	0.01	109.7
2	2,4 Dimethylanilin	0.01	102.6	199	Fosthiazate	0.01	101.3
3	2,4 D	0.01	81.9	200	Fuberidazole	0.01	105.6
4	2,4,5 T	0.01	79.5	201	Furalaxyl	0.01	106.6
5	3,4,5 trimethocarb	0.01	101.6	202	Furathiocarb	0.01	103.7
6	Acephate	0.01	92.6	203	Halosulfuron Methyl	0.01	83.3
7	Acetamiprid	0.01	102.9	204	Haloxypop	0.01	95.6
8	Acibenzolar-S-methyl	0.01	104.9	205	Haloxypop-2-Ethoxyethyl	0.01	115.5
9	Aclonifen	0.01	105.5	206	Haloxypop-methyl	0.01	106.3
10	Acrinathrin	0.01	91.2	207	Haloxypop-r-methylester	0.01	106.3
11	Aldicarb	0.01	102.5	208	Hexaconazole	0.01	93.6
12	Aldicarb sulfone	0.01	106.0	209	Hexaflumuron	0.01	112.4
13	Aldicarb sulfoxide	0.01	99.3	210	Hexythiazox	0.01	102.9
14	Allethrin	0.01	103.7	211	Imazalil	0.01	95.9
15	Ametoctradin	0.01	91.7	212	Imazamox	0.01	86.9
16	Ametryn	0.01	101.0	213	Imazapic	0.01	79.8
17	Aminocarb	0.01	99.0	214	Imazapyr	0.01	98.4
18	Amisulbrom	0.01	78.0	215	Imazosulfuron	0.01	79.6
19	Amitraz	0.01	83.8	216	Imibenconazole	0.01	92.0
20	Anilazine	0.01	95.3	217	Indoxacarb	0.01	100.1
21	Anilofos	0.01	102.0	218	Iodosulfuron methyl	0.01	79.8
22	Aramite	0.01	100.9	219	Ioxynl	0.01	78.1
23	Asulam	0.01	92.5	220	Ipconazole	0.01	91.7
24	Atrazine	0.01	99.4	221	Iprodione	0.01	96.2
25	Azamethiphos	0.01	103.6	222	Iprovalicarb	0.01	92.4
26	Azimsulfuron	0.01	91.9	223	Isoproturon	0.01	98.8
27	Azinphos ethyl	0.01	105.0	224	Isopyrazam	0.01	97.3
28	Azinphos- methyl	0.01	109.2	225	Isoxadifen Ethyl	0.01	109.2
29	Aziprotryne	0.01	92.2	226	Isoxaflutale	0.01	97.3
30	Azoconazole	0.01	108.6	227	imidacloprid	0.01	97.8
31	Azoxystrobin	0.01	110.6	228	Kresoxim-methyl	0.01	100.6
32	Beflubutamid	0.01	108.1	229	Lenacil	0.01	92.8
33	Benalaxyl	0.01	112.9	230	Linuron	0.01	101.3
34	Bendiocarb	0.01	104.4	231	Lufenuron	0.01	106.1
35	Benfurocarb	0.01	108.0	232	Malaoxon		103.8
36	Benomyl-Carbendazim	0.01	102.8	233	Malathion	0.01	101.8

No	Pesticide Active Ingredient	LOQ (mg kg ⁻¹)	Recovery Rate (%)	No	Pesticide Active Ingredient	LOQ (mg kg ⁻¹)	Recovery Rate (%)
37	Bensulfuron-methyl	0.01	100.0	234	Mandipropamid	0.01	104.8
38	Bentazone	0.01	94.2	235	MCPA	0.01	101.7
39	Benthiovalicarb Isopropyl	0.01	94.8	236	Mecarbam	0.01	102.5
40	Benzoximate	0.01	106.2	237	Mecoprop (MCP)	0.01	79.9
41	Bifenazate	0.01	98.0	238	Mecoprop-P (MCP-P)	0.01	82.0
42	Bifenox	0.01	107.4	239	Mepanipirim	0.01	100.1
43	Bispyribac	0.01	78.3	240	Mepanipirim-hydroxypropyl	0.01	102.7
44	Bitertanol	0.01	95.9	241	Metalaxyl	0.01	102.1
45	Boscalid	0.01	101.1	242	Metalaxyl-m	0.01	110.3
46	Bromacil	0.01	91.4	243	Metamitron	0.01	94.7
47	Bromoxynil	0.01	80.5	244	Methacrifos	0.01	100.0
48	Bromuconazole	0.01	96.6	245	Methamidophos	0.01	100.9
49	Bupirimate	0.01	95.8	246	Methiocarb	0.01	99.6
50	Buprofezin	0.01	94.4	247	Methiocarbsulfone	0.01	106.6
51	Butocarboxim	0.01	97.0	248	Methiocarbsulfoxide	0.01	104.8
52	Butocarboxim sulfoxide	0.01	97.7	249	Methomyl	0.01	101.8
53	Butralin	0.01	97.9	250	Methoxyfenozide	0.01	105.4
54	Buturon	0.01	103.6	251	Metolachlor	0.01	93.7
55	Carbaryl	0.01	105.2	252	Metosulam	0.01	89.6
56	Carbendazim	0.01	106.4	253	Metrafenone	0.01	105.2
57	Carbofuran	0.01	111.1	254	Metribuzin	0.01	96.1
58	Carbofuran-3-hydroxy	0.01	99.6	255	Metsulfuron-methyl	0.01	86.4
59	Carbosulfan	0.01	96.8	256	Molinate	0.01	96.7
60	Carboxin	0.01	106.7	257	Monocrotophos	0.01	99.0
61	Carfentrazone - ethyl	0.01	103.8	258	Monolinuron	0.01	107.0
62	Chlorantraniliprole	0.01	97.0	259	Myclobutanil	0.01	100.2
63	Chlorbufam	0.01	104.6	260	N-2,4 Dimethylphenyl formaide (DMF)	0.01	101.3
64	Chlorfenvinphos	0.01	98.5	261	Naled	0.01	87.4
65	Chlorfluazuron	0.01	83.6	262	Nicosulfuron	0.01	77.3
66	Chloridazon	0.01	98.4	263	Norfluazuron	0.01	104.3
67	Chloromequat chloride	0.01	78.5	264	Novaluron	0.01	110.4
68	Chlorotoluron	0.01	108.1	265	Nuarimol	0.01	90.6
69	Chloroxuron	0.01	106.2	266	O.O-Tepp	0.01	87.8
70	Chlorpyriphos	0.01	103.0	267	Omethoate	0.01	96.9
71	Chlorpyriphos Methyl	0.01	100.8	268	Orthosulfamuron	0.01	79.6
72	Chlorsulfuron	0.01	81.0	269	Oxadiazon	0.01	104.1
73	Chlorthiamid	0.01	98.0	270	Oxadixyl	0.01	98.6
74	Chromafenozide	0.01	103.1	271	Oxamyl	0.01	92.6
75	Cinidon Ethyl	0.01	107.0	272	Oxasulfuron	0.01	77.7
76	Clethodim	0.01	87.5	273	Oxycarboxin	0.01	97.0
77	Climbazole	0.01	96.3	274	Oxyfluorfen	0.01	81.6
78	Clodinafop-propargyl ester	0.01	103.9	275	Paclobutrazole	0.01	97.4
79	Clofentezine	0.01	97.3	276	Paraoxon Methyl	0.01	104.4
80	Clomazone	0.01	108.2	277	Paraoxon-ethyl	0.01	109.2

No	Pesticide Active Ingredient	LOQ (mg kg ⁻¹)	Recovery Rate (%)	No	Pesticide Active Ingredient	LOQ (mg kg ⁻¹)	Recovery Rate (%)
81	Cloquintocet-methylhexyl ester	0.01	97.8	278	Parathion- methyl	0.01	101.8
82	Clothianidin	0.01	96.2	279	Pebulate	0.01	94.8
83	Coumaphos	0.01	105.1	280	Penconazole	0.01	103.3
84	Crimidine	0.01	89.2	281	Pencycuron	0.01	98.4
85	Cyanazine	0.01	97.6	282	Penoxsulam	0.01	76.9
86	Cyazofamid	0.01	108.5	283	Phenmedipham	0.01	99.9
87	Cycloate	0.01	98.8	284	Phorate Sulfone	0.01	96.9
88	Cycloloxymid	0.01	91.0	285	Phoratesulfoxide	0.01	107.4
89	Cyflufenamid	0.01	95.6	286	Phosmet	0.01	107.4
90	Cymoxanil	0.01	108.1	287	Phoxim	0.01	98.9
91	Cypermethrin	0.01	97.5	288	Picloram	0.01	94.7
92	Cyproconazole	0.01	97.3	289	Picolinafen	0.01	101.1
93	Cyprodinil	0.01	94.4	290	Picoxystrobin	0.01	98.5
94	Dazomet	0.01	94.6	291	Pinoxaden	0.01	109.7
95	Demeton-s methyl-sulfone	0.01	99.2	292	Pirimicarb	0.01	95.7
96	Demeton-s methyl-sulfoxide	0.01	99.4	293	Pirimicarb Desmethyl	0.01	105.2
97	Demeton-s-methyl	0.01	102.8	294	Pirimicarb Desmethyl Formamido	0.01	92.2
98	Desmetryn	0.01	99.1	295	Pirimiphos-methyl	0.01	92.6
99	Diafenthiuron	0.01	81.4	296	Primiphos-ethyl	0.01	98.5
100	Dichlofenthion	0.01	109.0	297	Prochloraz	0.01	99.7
101	Dichlofluanid	0.01	100.2	298	Profenofos	0.01	101.7
102	Dichloprop	0.01	80.5	299	Profoxydim	0.01	109.1
103	Dichlorvos	0.01	108.2	300	Promecarb	0.01	105.4
104	Diclobutrazol	0.01	88.4	301	Prometryn	0.01	100.9
105	Diclofop Methyl	0.01	107.4	302	Propachlor	0.01	99.8
106	Diethofencarb	0.01	102.6	303	Propamocarb	0.01	83.7
107	Difenconazole	0.01	99.1	304	Propanil	0.01	102.3
108	Diflubenzuron	0.01	103.9	305	Propaquizafop	0.01	100.7
109	Diflufenican	0.01	102.7	306	Propargite	0.01	96.7
110	Dimefox	0.01	98.7	307	Propazine	0.01	102.0
111	Dimethachlor	0.01	104.6	308	Propetamphos	0.01	93.1
112	Dimethenamid	0.01	103.6	309	Propham	0.01	108.1
113	Dimethoate ve Omethoate Toplamı Dimethoate cinsinden	0.01	99.5	310	Propiconazole	0.01	96.7
114	Dimethomorph	0.01	107.7	311	Propisochlor	0.01	91.6
115	Dimetilan	0.01	98.5	312	Propoxur	0.01	105.0
116	Diniconazole	0.01	90.8	313	Propyzamide	0.01	105.8
117	Dinocap	0.01	105.5	314	Proquinazid	0.01	92.6
118	Dinoseb	0.01	83.7	315	Prosulfocarb	0.01	95.3
119	Dinoterb	0.01	77.7	316	Prosulfuron	0.01	78.5
120	Dioxacarb	0.01	104.7	317	Prothioconazole	0.01	94.0
121	Diphenamid	0.01	106.0	318	Pymetrozine	0.01	76.8
122	Dipropetryn	0.01	99.6	319	Pyraclostrobin	0.01	98.2
123	Disulfoton-Sulfone	0.01	106.8	320	Pyraflufen ethyl	0.01	105.9
124	Disulfoton-Sulfoxide	0.01	102.5	321	Pyrasulfotole	0.01	76.8
125	Dithianon	0.01	102.3	322	Pyrazophos	0.01	100.0
126	Diuron	0.01	105.6	323	Pyrethrins	0.01	105.6
127	DMPF	0.01	95.1	324	Pyridaben	0.01	90.5

No	Pesticide Active Ingredient	LOQ (mg kg ⁻¹)	Recovery Rate (%)	No	Pesticide Active Ingredient	LOQ (mg kg ⁻¹)	Recovery Rate (%)
128	DNOC (4,6-DINITRO-o-CRESOL)	0.01	82.0	325	Pyridalyl	0.01	86.7
129	Dodine	0.01	90.0	326	Pyridaphenthion	0.01	98.9
130	Emamectin	0.01	105.5	327	Pyridate	0.01	83.5
131	Emamectin-Benzoate	0.01	104.8	328	Pyrimethanil	0.01	100.1
132	EPN	0.01	106.3	329	Pyriproxyfen	0.01	93.3
133	Epoxiconazole	0.01	97.4	330	Quinclorac	0.01	102.4
134	EPTC	0.01	99.8	331	Quinoxifen	0.01	95.2
135	Etaconazole	0.01	92.0	332	Quizalofop Ethyl	0.01	103.8
136	Ethametsulfuron Methyl	0.01	92.6	333	Rimsulfuron	0.01	85.1
137	Ethiofencarb	0.01	102.5	334	Rotenone	0.01	99.1
138	Ethion	0.01	98.8	335	Sethoxydim	0.01	84.4
139	Ethiprole	0.01	103.7	336	Simazine	0.01	99.2
140	Ethirimol	0.01	93.5	337	Spinetoram	0.01	101.4
141	Ethofumesate	0.01	107.8	338	Spinosad	0.01	103.1
142	Ethoprophos	0.01	91.4	339	Spinosad - Spinosyn D	0.01	106.9
143	Ethoxysulfuron	0.01	100.0	340	Spirodiclofen	0.01	99.8
144	Etofenprox	0.01	90.8	341	Spiromesifen	0.01	83.2
145	Etoazole	0.01	78.9	342	Spirotetramat	0.01	95.1
146	Famoxadone	0.01	102.7	343	Spirotetramat-Enol	0.01	106.5
147	Famphur	0.01	105.0	344	Spirotetramat-Enol-Glucoside	0.01	105.6
148	Fenamidone	0.01	96.4	345	Spiroxamine	0.01	94.4
149	Fenamiphos	0.01	107.0	346	Sulcotrione	0.01	97.7
150	Fenamiphossulfone	0.01	109.6	347	Sulfosulfuron	0.01	88.3
151	Fenamiphossulfoxide	0.01	104.1	348	Sulfotep	0.01	99.3
152	Fenarimol	0.01	100.7	349	Sulprofos	0.01	98.2
153	Fenazaquin	0.01	80.8	350	Tebuconazole	0.01	93.7
154	Fenhexamid	0.01	101.3	351	Tebufenozide	0.01	111.0
155	Fenobucarb	0.01	107.3	352	Tebufenpyrad	0.01	98.4
156	Fenoxaprop-ethyl	0.01	100.7	353	Tebupirimfos	0.01	99.0
157	Fenoxycarb	0.01	98.3	354	Teflubenzuron	0.01	93.7
158	Fenpiclonil	0.01	102.3	355	Temephos	0.01	96.1
159	Fenpropathrin	0.01	96.7	356	Tepraloxymid	0.01	93.2
160	Fenpropidin	0.01	102.0	357	Terbacil	0.01	105.7
161	Fenproprimorph	0.01	100.6	358	Terbufossulfone	0.01	106.7
162	Fenpyroximate	0.01	76.5	359	Terbufossulfoxide	0.01	105.4
163	Fensulfothion	0.01	105.5	360	Terbumeton	0.01	94.9
164	Fensulfothion-oxon	0.01	99.7	361	Terbutylazine	0.01	92.2
165	Fensulfothion-oxonsulfone	0.01	106.6	362	Terbutryn	0.01	106.3
166	Fensulfothion-sulfone	0.01	107.4	363	Tetraconazole	0.01	94.0
167	Fenthion	0.01	101.9	364	Tetramethrin	0.01	99.8
168	Fenthion-Oxon	0.01	102.9	365	Thiabendazole	0.01	98.9
169	Fipronil	0.01	100.3	366	Thiacloprid	0.01	104.1
170	Fipronil sulfone	0.01	98.9	367	Thiamethoxam	0.01	102.4
171	Fipronilsulfone	0.01	103.4	368	Thidiazuron	0.01	93.7
172	Flamprop-M-Isopropyl	0.01	102.8	369	Thifensulfuron methyl	0.01	81.3
173	Flazasulfuron	0.01	77.4	370	Thiobencarb	0.01	101.2

No	Pesticide Active Ingredient	LOQ (mg kg ⁻¹)	Recovery Rate (%)	No	Pesticide Active Ingredient	LOQ (mg kg ⁻¹)	Recovery Rate (%)
174	Florasulam	0.01	78.1	371	Thiodicarb	0.01	92.6
175	Fluazifop-p-butyl	0.01	110.1	372	Thiophanate-methyl	0.01	106.4
176	Fluazinam	0.01	91.0	373	Tolfenpyrad	0.01	90.3
177	Flubendiamide	0.01	96.1	374	Topramezone	0.01	99.4
178	Flubenzimine	0.01	96.6	375	Tralkoxydim	0.01	84.9
179	Fludioxonil	0.01	91.8	376	Triallate	0.01	93.4
180	Flufenoxuron	0.01	99.5	377	Triasulfuron	0.01	91.5
181	Flumioxazin	0.01	104.7	378	Triazophos	0.01	95.4
182	Fluometuron	0.01	105.6	379	Tribenuron-methyl	0.01	107.5
183	Fluopicolide	0.01	108.9	380	Trichlorfon	0.01	104.0
184	Fluopyram	0.01	94.4	381	Trichloronat	0.01	98.8
185	Fluoroglycofen Ethyl	0.01	104.3	382	Tricyclazole	0.01	97.6
186	Fluoxastrobin	0.01	89.5	383	Tridemorph	0.01	88.9
187	Flupyrsulfuron Methyl	0.01	80.6	384	Triflumizole	0.01	94.6
188	Fluquinconazole	0.01	102.0	385	Triflumuron	0.01	101.5
189	Fluroxypyr	0.01	95.9	386	Triflurosulfuron-Methyl	0.01	86.4
190	Flurtamone	0.01	99.2	387	Triforine	0.01	103.9
191	Flusilazole	0.01	104.6	388	Trinexapac Ethyl	0.01	79.9
192	Flutolanil	0.01	109.2	389	Triticonazole	0.01	86.6
193	Flutriafol	0.01	95.0	390	Tritosulfuron	0.01	80.1
194	Fluxapyroxad	0.01	109.8	391	Uniconazole	0.01	96.5
195	Fonofos	0.01	106.7	392	Vamidathion	0.01	100.9
196	Foramsulfuron	0.01	76.5	393	Zoxamide	0.01	98.9
197	Forchlorfenuron	0.01	92.7				

Material and Method

Solvents and chemicals

Chemicals and solvents used in the LC-MS/MS were "MS Grade", chemicals used in sample preparation were of "HPLC" purity. They were provided from Merck and J.T. Baker. Pesticide standards were purchased from Dr. Ehrenstorfer, Sigma, and HPC. Standard solutions were prepared by dilution of stock solutions with acetonitrile and stored at 4 °C.

The ultrapure water used in the analysis was obtained from the Human UP 900 S-UV water purification system (Conductivity: 0.5 µs cm⁻¹)

Sample collection

A total of 100 vegetable and fruit samples including 20 tomatoes, 20 green peppers, 20 cucumbers, 20 strawberries and 20 apples were collected from markets and greengrocers in various districts of Istanbul, Turkey. Samples were randomly taken from various market and

greengrocers. The average weight for samples was approximately 2 kg. The samples taken were sent immediately to the laboratory under cold conditions. All samples were analyzed for pesticide residues without washing and within 24 hours.

Sample preparation and extraction

These products were analyzed for pesticide residues using a standard and validated method approved by the Ministry of Agriculture and Forestry an accredited food analysis laboratory. The samples were homogenized in blender to obtain thoroughly mixed homogenates before the analysis. AOAC Official Method 2007.01 method was used for the extraction of the samples (AOAC, 2007). 15 g of these homogenized samples for extraction were taken in a polypropylene centrifuge tubes and 15 mL of extraction solution (25 mL of acetic acid on 2475 mL acetonitrile) was added on top and shaken for 15 minutes by vortex. When the shaking process was completed,

one Quechers Extraction Salt (6 g MgSO₄, 1.5 g NaOAc) was added and vigorous shaking was continued. Then, after being centrifuged at 4500 rpm for 5 minutes, 8 mL of the upper phase (acetonitrile phase) was removed, transferred to a 15 mL dSPE clean-up tube and vortexed for 1 minute. The dSPE tube was centrifuged at 4500 rpm for 5 minutes and the solution was passed through a 0.45 µm syringe filter and taken into two different vials.

LC-MS/MS analysis

The pesticide residue amounts were determined by scanning the vials on LC-MS/MS devices and averaging the results. Information and chromatographic operating conditions of the LC-MS/MS device are shown in Table 2. When a result fell outside the calibration range, the sample was diluted to fall within the calibration range.

Table 2. LC-MS/MS chromatographic operating conditions

LC MS/MS	Agilent 6420 Triple Quad / G6420A / SG 13387002
Mobile Phase	HPLC Mobile Phase (A): 0.252 g Ammonium Formate was dissolved in 1000 ml MS grade water and 1ml Formic Acid was added. HPLC Mobile Phase (B): 0.252 g Ammonium Format was dissolved in 1000 mL MS grade Methanol and 1 ml Formic Acid was added on it.
Mobile Phase Flow	0.5 mL min ⁻¹
Column	2.1 mm x 50 mm x 3 µm C18 column
Column Temperature	30 °C

Results and Discussion

Method validation and quality assurance

In validation studies; linearity, limit of detection (LOD), limit of quantification (LOQ), accuracy, precision (repeatability and reproducibility) and recovery studies have been done. For linearity; 8 different concentrations (0-1- 2.5 - 5 - 10 - 25 - 50 and 100 ng ml⁻¹) were prepared and given to the device. In the calibration curve, it has been paid attention that the concentration variation between the current and the calculated does not show more than ± 20%. For LOQ; at the lowest level, 10 independent analyzes were performed with contamination on the blank sample. The level that provides the 70-120% recovery rate and the precision requirement (R.S.D. lower than 20%) determined as the LOQ (Table 1). LOQ values were 0.01 mg kg⁻¹ for all analysed pesticides. The recovery values ranged from 76.5% to 115.5%. For the purpose of internal quality control; blank and spiked sample and calibration vontrol samples were used before each run.

Pesticide residues in samples

393 pesticide active ingredients analyzed by LC-MS/MS were searched in 100 fruit and

vegetable samples and results were evaluated according to the "Turkish Food Codex Regulation on Maximum Residue Limits of Pesticides (Official Gazette: 25.11.2016-29899)".

Pesticide residues were detected in 43 (43%) of the 100 samples examined; 7 (7%) of these samples were above the MRL and 36 (36%) of these were below the MRL. In 57 samples (57%), no pesticide residues were detected at the measurement limit level. No pesticide residues were found above the MRL in green pepper and apple samples, but pesticide residues were detected below the MRL in 50% of these samples. Pesticide residues above the MRL were detected in 20% of the cucumber samples, 10% of the strawberry samples, and 5% of the tomato samples analyzed. The percentages of pesticide residues detected below the MRL of these samples were 30%, 20%, and 35%, respectively. Pesticides detected above MRL are Primicarb, Acetamiprid, Tebuconazole, Phorate Sulfone, Pirimiphos-methyl, Chlormequat chloride, Pyridaben, Chlormequat (Table 3). A total of 41 types of pesticides (above the MRL and below the MRL) were detected in the analyzed samples. Pesticide residues and the samples in which they were detected are as in Table 4.

The most detected pesticide active substance in the samples examined is Acetamiprid. Acetamiprid is a broad-spectrum insecticide widely used to control some pests in vegetables, fruits and teas, with low mammalian toxicity but potentially posing a health risk to humans (Jin et al., 2016; Verdian 2017; Imamura et al., 2010).

The use of banned pesticides Phorate Sulfone in Turkey was detected in a strawberry. Phorate Sulfone is an extremely toxic organophosphorus pesticide that can dissolve in water, therefore it can pass from soil to groundwater (Henderson et al., 2004; Bala et al., 2015; Jariyal et al., 2018). Phorate Sulfone is the oxidized product of Phorate and Phorate has been banned in Europe since 2004 (Xiao et al., 2021).

The results of this study show that there are pesticide residues above the Maximum Residue Limit in fruits and vegetables in Turkey. The results of pesticide inspections carried out in laboratories affiliated to the Ministry of Agriculture and Forestry General Directorate of Food Control also support this. 1.7% of the 15921 samples analyzed in 2007 and 2.3% of the 23322 samples analyzed in 2008 were found to be above the MRL values in the legislation (Tiryaki, 2016).

However, some findings in this study do not support some pesticide residue studies previously conducted in Turkey. For example, no pesticide was detected above the maximum residue limits in green pepper and apple samples; however, in a study conducted on 46 apple samples in Konya, pesticide residues were detected above the limit value in 1 sample (Ersoy et al., 2011).

There are many studies to determine pesticide residue levels in various foodstuffs and environmental sources in the world. In these studies, materials such as cereals (Kumari et al., 2012; Lozowicka et al., 2014), olive oil (Razzaghia et al., 2018), milk and dairy products (Raab et al., 2008), soil and water (Kumari et al., 2012; Doğan and Karpuzcu, 2019) were examined. The number of studies conducted on pesticide residue in agricultural products in Turkey. There are also studies on fish (Uluocak and Egemen, 2005; Doğan and Karpuzcu, 2019), milk and dairy

products (Dervişoğlu et al., 2013), and seedless table grapes (Yakar, 2018) in Turkey. Pesticide residue studies carried out in recent years on samples of green pepper, apple, strawberry, tomato and cucumber in Turkey and around the world are as follows:

In 2019, 74% of tomato samples collected from 30 farmers in and around the province of Mersin were found without residue, while 26% was detected with pesticides below MRL levels (Hepsağ, 2019). In 2017, 7 random samples of strawberry, tomato, pepper and cucumber were collected from farmers' markets in 3 districts in İzmir province. While no pesticide residue was detected at the limit of measurement in peppers, pesticide residues were found below the limit value in samples of strawberry, tomato and cucumber (Kaya and Tuna, 2019). Between 2014 and 2016, 325 green pepper and 400 cucumber samples were collected from various markets, supermarkets and other retail outlets in Adana, Mersin, Antalya regions and these were analyzed for 170 pesticide residues. Pesticide residues were found below the EU MRL in 12.9% of peppers and 13.5% of cucumbers (Gölge et al., 2018). Between 2010 and 2012, 268 apple, 57 strawberry, 42 tomato, 40 cucumber and 9 pepper samples were analyzed in Poland. Pesticide residue was detected above the maximum residue level only in 1.5% of the apple samples (Szpyrka et al., 2015). In a study by Ersoy et al. (2011), pesticide named Oxamyl was detected above the limit value in 1 of the 10 tomato samples, and pesticides above the limit value were detected in 2 of 10 pepper samples (Ersoy et al. 2011). In 2006, an investigation was carried out in terms of the residues of five commonly used pesticides in the samples taken from the apples that were newly placed in the warehouses during the harvest season in the province of Isparta and its districts. Of the 82 apple samples, 21 (25.6%) had diazinon, 24 (29.3%) paration-methyl, 14 (17.1%) methidathion, 29 (35.4%) chlorpyrifos, 53 (64.6%) 3-5-6 trichloro-2-pyridinol and 55 (67.1%) carbendazim residues (Ay et al., 2007). Between

2006-2009, no pesticides above the MRL were detected in any of the 41 apple samples collected from wholesalers and supermarkets in 5 counties in Xiamen, China. Pesticides were detected above the MRL in 3.9% of 258 cucumber samples and 10.4% of 231 tomato samples (Chen et al., 2011). 878 samples (255 tomatoes, 280 cucumbers, 243 peppers, 100 apples) collected from Antalya, Fethiye and Izmir regions between 1990-1994 were examined for insecticides; 89.4% of tomato, 89.3% of cucumber, 88.5% of pepper and all of the apple samples were determined to be within

the legal limit. In the examination of these samples in terms of fungicide with dithiocarbamate, 95.6% of cucumber and all of the tomato, pepper and apple samples were found to be within the legal limit (Tiryaki, 2016). In the examination performed on 82 tomato and cucumber samples in Kazakhstan, 184 pesticide residues were investigated. Pesticide residue was detected above the maximum residue levels in 28% of the samples. No pesticide residue was found in 34% (Lozowicka et al., 2015).

Table 3. Number and ratio of samples without pesticide residue, with residues below and above the MRL and detected pesticide residue

Sample	No. of samples	No. of samples without residue (<LOD)	No. of samples with residue <MRL	No. of samples with residue >MRL	Pesticide active substances detected above the MRL
		n (%)	n (%)	n (%)	
Green pepper	20	10 (50%)	10 (50%)	0 (0%)	
Apple	20	9 (45%)	11 (55%)	0 (0%)	
Strawberry	20	14 (70%)	4 (20%)	2 (10%)	Primicarb, Acetamiprid, Tebuconazole, Phorate Sulfone
Tomato	20	12 (60%)	7 (35%)	1 (5%)	Pirimiphos-methyl
Cucumber	20	10 (50%)	6 (30%)	4 (20%)	Chlormequat chloride, Pyridaben, Chlormequat
TOTAL	100	57 (57%)	36 (36%)	7 (7%)	

Table 4. Pesticide active ingredients detected in samples and MRL levels

Pesticide Active Substance	Green pepper			Apple			Strawberry			Tomato			Cucumber		
	Number of samples		MRL (mg kg ⁻¹)	Number of samples		MRL (mg kg ⁻¹)	Number of samples		MRL (mg kg ⁻¹)	Number of samples		MRL (mg kg ⁻¹)	Number of samples		MRL (mg kg ⁻¹)
	>LOD, <MRL	>MRL		>LOD, <MRL	>MRL		>LOD, <MRL	>MRL		>LOD, <MRL	>MRL		>LOD, <MRL	>MRL	
Acetamiprid	6		≤ 0.3	5		≤ 0.8	2	1	≤ 0.01	1		≤ 0.2	4		≤ 0.3
Ametoctradin										1		≤ 2			
Azoxystrobin	1		≤ 3							1		≤ 3			
Benomyl-carbendazim				1		≤ 0.2									
Bifenazate							1		≤ 3						
Boscalid	2		≤ 3	1		≤ 2	3		≤ 6	3		≤ 3	1		≤ 4
Chlorantraniliprole				2		≤ 0.5									
Chlormequat													1		≤ 0.05
Chlormequat chloride													1	1	≤ 0.05
Cypermethrin	1		≤ 0.5												

Pesticide Active Substance	Green pepper			Apple			Strawberry			Tomato			Cucumber		
	Number of samples		MRL (mg kg ⁻¹)	Number of samples		MRL (mg kg ⁻¹)	Number of samples		MRL (mg kg ⁻¹)	Number of samples		MRL (mg kg ⁻¹)	Number of samples		MRL (mg kg ⁻¹)
	>LOD, <MRL	>MRL		>LOD, <MRL	>MRL		>LOD, <MRL	>MRL		>LOD, <MRL	>MRL		>LOD, <MRL	>MRL	
Cyprodinil				1		≤ 2				2		≤ 1.5			
Dimethomorph										1		≤ 1	1		≤ 0.5
Etoazole							1		≤ 0.2						
Famoxadone										1		≤ 2			
Fenhexamid										2		≤ 2			
Fluazinam										1		≤ 0.3			
Fluopyram	3		≤ 0.8				1		≤ 2	2		≤ 0.9	2		≤ 0.5
Hexythiazox	2		≤ 0.5				2		≤ 0.5				1		≤ 0.5
Indoxacarb				3		≤ 0.5				1		≤ 0.5			
Isopyrazam				1		≤ 0.7				1		≤ 0.5			
Metalaxyl	1		≤ 0.5										1		≤ 0.5
Metalaxyl-m													1		≤ 0.5
Methoxy fenozide				4		≤ 2									
Metrafenone	1		≤ 2												
Myclobutanil	2		≤ 0.5												
Novaluron				3		≤ 2									
Phorate Sulfone								1	≤ 0.01						
Pirimiphos -methyl											1	≤ 0.01			
Primicarb								1	≤ 1	1		≤ 0.5	3		≤ 1
Promecarb													2		≤ 5
Pymetrozine	1		≤ 3												
Pyra clostrobilin							1		≤ 1.5	3		≤ 0.3			
Pyridaben	4		≤ 0.5				2		≤ 1				2		≤ 0.01
Pyridalyl										1		≤ 1			
Pyrimethanil	1		≤ 2	1		≤ 15	1		≤ 5	2		≤ 1	2		≤ 0.7
Pyriproxyfen	2		≤ 1							1		≤ 1			
Spirotetramat	2		≤ 2												
Spirotetramat -Enol- Glucoside	1	-	≤ 2							1		≤ 2			
Tebuconazole	1	-	≤ 0.6					1	≤ 0.01						
Tebufenpyrad							1		≤ 1						
Thiacloprid				8	-	≤ 0.3									
TOTAL	32	0		30	0		15	4		26	1		19	4	

Conclusion

For this study, fruits and vegetables that are widely consumed in Turkey were selected and samples were collected from markets and greengrocers where the people often prefer to shop. These results show that; In Turkey, pesticides can be found above the MRL in strawberry, tomato

and cucumber samples. Also suggest that it may pose a risk to public health. It is important to use safe agricultural products in order to protect and sustain human, animal and environmental health. It is thought that tightening official controls, educating agricultural workers about pesticide applications and harms, and monitoring pesticide residues can reduce pesticide use.

Acknowledgment

This work was supported by Istanbul Esenyurt University, Istanbul, Turkey and we would like to thank the Istanbul Esenyurt University.

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

Author Contributions: Ö.E. designed the study, directed, supervised the work. B.Ç.S and M.A. designed validation study and analysis. B.Ç.S, M.A. and M.Ö. analyzed the data and searched the sources. B.Ç.S wrote the article. All authors have read, revised, and approved the manuscript.

References

- AOAC, (2007). Official Method 2007.01. Pesticide residues in foods by acetonitrile extraction and partitioning with magnesium sulfate.
- Arıkan, E. B., Canlı, O., Caro, Y., Dufossé, L., & Dizge, N. (2020). Production of bio-based pigments from food processing industry by-products (apple, pomegranate, black carrot, red beet pulps) Using *Aspergillus carbonarius*. *Journal of Fungi*, 6(240), 1-18. DOI: <https://doi.org/10.3390/jof6040240>
- Ay, R., Yaşar, B., Demirözer, O., Aslan, B., Yorulmaz, S., Kaya, M., & Karaca, İ. (2007). Isparta ili elma bahçelerinde yaygın kullanılan bazı ilaçların kalıntı düzeylerinin belirlenmesi. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 31(4), 297-306.
- Bakırcı, G. T., & Hışıl, Y. (2012). Fast and simple extraction of pesticide residues in selected fruits and vegetables using tetrafluoroethane and toluene followed by ultrahigh-performance liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Food Chemistry*, 135(3), 1901-1913. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.051>
- Bakırcı, G. T., Acay, D. B., Bakırcı, F., & Ötleş, S. (2014). Pesticide residues in fruits and vegetables from the Aegean region, Turkey. *Food Chemistry*, 160, 379-392. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.051>
- Bala, R., Sharma, R.K., & Wangoo, N. (2015). Development of gold nanoparticles-based aptasensor for the colorimetric detection of organophosphorus pesticide phorate. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 408, 333-338.
- Berrada, H., Fernandez, M., Ruiz, M. J., Molto, J. C., Manes, J. D., & Font, G. (2010). Surveillance of pesticide residues in fruits from Valencia during twenty months (2004/05). *Food Control*, 21(1), 36-44. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.03.011>
- Chen, C., Qian, Y., Chen, Q., Tao, C., Li, C., & Li, Y. (2011). Evaluation of pesticide residues in fruits and vegetables from Xiamen, China. *Food Control*, 22,

1114-1120.

DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.01.007>

- Damalas, C. A., & Eleftherohorinos, I. G. (2011). Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8, 1402-1419. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph8051402>
- Dereumeaux, C., Fillol, C., Quenel, P., & Denys, S. (2020). Pesticide exposures for residents living close to agricultural lands: A review. *Environment International*, 134, 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105210>
- Dervişoğlu, M., Gül, O., Yazıcı, F., & Aydemir, O. (2013). Süt ve süt ürünlerinde organik klorlu pestisit varlığı. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 13, 31-40.
- Doğan, F. N., & Karpuzcu, M. E. (2019). Türkiye'de tarım kaynaklı pestisit kirliliğinin durumu ve alternatif kontrol tedbirlerinin incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(6), 737-747.
- Ersoy, N., Tatlı, Ö., Özcan, S., Evcil, E., Coşkun, L. Ş., & Erdoğan, E. (2011a). Konya'da halkın tüketimine sunulan bazı yumuşak çekirdekli meyve türlerinde pestisit kalıntı düzeyleri. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(1), 84-89.
- Ersoy, N., Tatlı, Ö., Özcan, S., Evcil, E., Coşkun, L. Ş., & Erdoğan, E. (2011b). LC-MS/MS ve GC-MS' le bazı sebze türlerinde pestisit kalıntılarının tespiti. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(3), 79-85.
- FAO, (2020). Retrieved December 16, 2020, from <http://www.fao.org/faostat/en>
- Goel, A., & Aggarwal, P. (2007). Pesticide poisoning. *The National Medical Journal of India*, 20(4), 182-191.
- Gölge, Ö., Hepsağ, F., & Kabak, B. (2018). Health risk assessment of selected pesticide residues in green pepper and cucumber. *Food and Chemical Toxicology*, 121, 51-64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.08.027>
- Guana, H., Brewer, W. E., Garris, S. T., & Morgan, S. L. (2010). Disposable pipette extraction for the analysis of pesticides in fruit and vegetables using gas chromatography / mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1217(12), 1867-1874. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.01.047>
- Henderson, M. C., Krueger, S. K., Siddens, L. K., Stevens, J. F., & Williams, D. E. (2004). Oxygenation of the thioether organophosphate insecticides phorate and disulfoton by human lung flavin-containing monooxygenase. *Biochemical Pharmacology*, 68, 969-967. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2004.05.051>
- Hepsağ, F. (2019). Akdeniz Bölgesi'nde yetiştirilen domateslerde pestisit kalıntı düzeylerinin tespiti ve validasyon çalışması. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(1), 76-89. DOI: <https://doi.org/10.24180/ijaws.502956>
- Imamura, T., Yanagawa, Y., Nishikawa, K., Matsumoto, N., & Sakamoto, T. (2010). Two cases of acute poisoning with acetamiprid in humans. *Informa*, 48, 851-853. DOI: <https://doi.org/10.3109/15563650.2010.517207>

- Issa, G., & Çiftçioğlu, G. (2006). Çevre ve gıdalarda pestisit kalıntıları. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 32(3), 81-90.
- Jallow, M. F., Awadh, D. G., Albaho, M. S., Devi, V. Y., & Ahmad, N. (2017). Monitoring of pesticide residues in commonly used fruits and vegetables in Kuwait. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(833), 1-12. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph14080833>
- Jariyal, M., Jindal, V., Mandal, K., Gupta, V. K., & Singh, B. (2018). Bioremediation of organophosphorus pesticide phorate in soil by microbial consortia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 159, 310-316. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.04.063>
- Jin, D., Xu, Q., Yu, L., Mao, A., & Hu, X. (2016). A novel sensor for the detection of acetamiprid in vegetables based on its photocatalytic degradation compound. *Food Chemistry*, 194, 959-965. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.118>
- Kaya, T., & Tuna, A. L. (2019). İzmir ilindeki üç halk pazarından alınan meyve ve sebze örneklerindeki pestisit kalıntı miktarının araştırılması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(1), 32-38. DOI: <https://doi.org/10.19159/tutad.437474>
- Keikotilhaile, B. M., Spanoghe, P., & Steurbaut, W. (2010). Effects of food processing on pesticide residues in fruits and vegetables: A meta-analysis approach. *Food and Chemical Toxicology*, 48(1), 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.10.031>
- Kızılay, H., & Akçaöz, H. (2009). Elma yetiştiriciliğinde ilaç ve gübre kullanımında ekonomik kaybın incelenmesi: Antalya ili örneği. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(1), 113-119.
- Kumari, B. R., Rao, G. V., Sahrawat, K. L., & Rajasekhar, P. (2012). Occurrence of insecticide residues in selected crops and natural resources. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 89(1), 187-192.
- Lozowicka, B., Abzeitova, E., Sagitov, A., Kaczynski, P., Toleubayev, K., & Li, A. (2015). Studies of pesticide residues in tomatoes and cucumbers from Kazakhstan and the associated health risks. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(609), 1-19. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4818-6>
- Lozowicka, B., Kaczynski, P., Paritova, A. E., Kuzembekova, G. B., Abzhalieva, A. B., Sarsembayeva, N. B., & Alihan, K. (2014). Pesticide residues in grain from Kazakhstan and potential health risks associated with exposure to detected pesticides. *Food and Chemical Toxicology*, 64, 238-248. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.11.038>
- Raab, U., Preiss, U., Albrecht, M., Shahin, N., Parlar, H., & Fromme, H. (2008). Concentrations of polybrominated diphenyl ethers, organochlorine compounds and nitro musks in mother's milk from Germany (Bavaria). *Chemosphere*, 72(1), 87-94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.01.053>
- Razzaghia, N., Ziaratib, P., Rastegar, H., Shoeibi, S., Amirahmadi, M., Conti, G. O., Ferrante, M., Fakhri, Y., & Khanghah, A. M. (2018). The concentration and probabilistic health risk assessment of pesticide residues in commercially available olive oils in Iran. *Food and Chemical Toxicology*, 120, 32-40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.07.002>
- Szpyrka, E., Kurdziel, A., Matyaszek, A., Podbielska, M., Rupa, J., & Słowik-Borowiec, M. (2015). Evaluation of pesticide residues in fruits and vegetables from the region of south-eastern Poland. *Food Control*, 48, 137-142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.05.039>
- Tiryaki, O. (2016). Türkiye'de yapılan pestisit kalıntı analiz ve çalışmaları. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 32(1), 72-82.
- Turkish Statistical Institute, (2019). Retrieved December 20, 2019, from <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2019-30685>.
- Uluocak, B. H., & Egemen, Ö. (2005). İzmir ve Aliğa körfezinde mevsimsel olarak avlanan bazı ekonomik balık türlerinde organik klorlu pestisit kalıntılarının araştırılması. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 22(1-2), 149-160.
- Verdian, A. (2017). Apta-nanosensors for detection and quantitative determination of acetamiprid – A pesticide residue in food and environment. *Talanta*, 176, 456-464. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.08.070>
- Wang, J., Chow, W., Chang, J. S., & Wong, J. W. (2017). Development and validation of a qualitative method for target screening of 448 pesticide residues in fruits and vegetables using UHPLC/ESI Q-Orbitrap based on data-independent acquisition and compound database. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(2), 473-493. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b05034>
- Xiao, K., Zhu, N., Lu, Z., Zheng, H., Cui, C., Gao, Y., Gao, Y., Meng, X., Liu, Y. & Cai, M. (2021). Distribution of eight organophosphorus pesticides and their oxides in surface water of the East China Sea based on high volume solid phase extraction method. *Environmental Pollution*, 279, 116886. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116886>
- Yakar, Y. (2018). Çekirdeksiz sofralık üzümelerde pestisit kalıntılarının belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(4), 444-447. DOI: <https://doi.org/10.29133/yyutbd.453960>



Fermente edilmiş pseudo-tahılların glutensiz ekmek üretiminde kullanımı: Fiziksel ve tekstürel özellikler üzerine etkileri

Use of fermented pseudo-cereals in gluten-free bread production: Effects on physical and textural properties

Saliha YEŞİL¹ , Hacer LEVENT^{2*} 

¹Karamanoğlu Mehmetbey University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 70100, Karaman, Turkey.

²Karamanoğlu Mehmetbey University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, 70100, Karaman, Turkey.

¹<https://orcid.org/0000-0003-1806-7097>; ²<https://orcid.org/0000-0002-7321-5577>

To cite this article:

Yeşil, S. & Levent, H. (2022). Fermente edilmiş pseudo-tahılların glutensiz ekmek üretiminde kullanımı: Fiziksel ve tekstürel özellikler üzerine etkileri. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(3): 316-326.
DOI:10.29050/harranziraat.1105873

***Address for Correspondence:**
Hacer LEVENT
e-mail:
hacerlevent@hotmail.com

Received Date:

19.04.2022

Accepted Date:

30.06.2022

© 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 karabuğday, kinoa ve amarant 2 farklı yöntemle (spontan ve maya kullanılarak) fermente edilmiş ve hazırlanan hamurlar, mısır nişastası ile pirinç unu kombinasyonunu içeren glutensiz ekmek formülasyonunda farklı oranlarda (%0, 15, 30 ve 45) kullanılmıştır. Fermente edilmiş pseudo-tahılların, glutensiz ekmeklerin fiziksel ve tekstürel özellikleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Karabuğday fermente hamuru içeren ekmeklerde kabuk ve iç parlaklık (L^*) değeri, kinoa ve amarant katkılı ekmeklerden daha düşük bulunmuştur. Formülasyonda pseudo-tahıl fermente hamuru (PFH) oranının artması ekmeklerde kabuk parlaklık değerinin azalmasına, kırmızılık (a^*) değerinin ise artmasına neden olmuştur. Ekmeklerde en yüksek hacim değeri kinoa katkılı örneklerde belirlenmiştir. Maya kullanılarak fermente edilen pseudo-tahılları içeren ekmeklerde, spontan fermentasyona kıyasla daha yüksek hacim, spesifik hacim ve daha düşük sertlik değerleri elde edilmiştir. Artan PFH oranı ile 2. 24. 48. ve 72. saat sertlik değerleri önemli artış göstermiştir ($p<0.05$). Karabuğday katkılı ekmekler 72. saatte en yüksek ekmek içi sertlik değerini verirken, en düşük sertlik değeri ise kinoa içeren ekmeklerde belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karabuğday, Kinoa, Amarant, Ekmek, Glutensiz, Fermantasyon

ABSTRACT

In this study, buckwheat, quinoa and amaranth were fermented by 2 different methods (spontaneous and using yeast) and used at different ratios (0, 15, 30 and 45%) in gluten-free bread formulation consisting of corn starch and rice flour combination. The effects of fermented pseudocereals on the physical and textural properties of gluten-free breads were evaluated. Crust and crumb brightness (L^*) values of breads containing buckwheat fermented dough were lower than breads containing quinoa and amaranth. The increase in the pseudocereal fermented dough (PFH) ratio in the formulation caused a decrease in the crust brightness value and an increase in the redness (a^*) value in breads. The highest volume value in breads was determined in the samples containing quinoa. Higher volume, specific volume and lower firmness values were obtained in breads containing pseudocereals fermented using yeast, compared to spontaneous fermentation. Hardness values at the 2nd, 24th, 48th and 72nd hours showed a significant increase with increasing PFH ratio ($p<0.05$). While buckwheat added breads gave the highest crumb hardness value at 72 hours, the lowest hardness value was determined in breads containing quinoa.

Key Words: Buckwheat, quinoa, amaranth, bread, gluten-free, fermentation

Giriş

Çölyak hastalığı (ÇH), genetik olarak duyarlı bireylerde gluten içeren tahılların (buğday, arpa, çavdar, muhtemelen yulaf) tüketimi ile tetiklenen immün mekanizma ile oluşan enteropatidir (Fasano ve Catassi, 2001; Aydoğdu ve Tümgör, 2005). ÇH ince bağırsaklarda karakteristik lezyonlar yapmakta ve genellikle malabsorbsiyonla seyretmekte ve glutensiz diyetle klinik düzelme göstermektedir (Yönel ve Özdi, 2014). ÇH günümüz dünya nüfusun %0.5-1'ini etkilemektedir. Ülkemizde 2-18 yaş grubunda yapılan çalışmada ÇH prevalansı %0.9 (1:111) olarak belirlenmiştir (Demirçeken ve ark., 2008). Dalgıç ve ark. (2011) tarafından 6-17 yaş aralığında okul çocukları ile yapılan bir diğer çalışmada biyopsi ile kanıtlanmış tahmini prevalans değerinin %0.47 (1:212) olduğu bildirilmiştir.

Günümüzde çölyak hastalığının tek tedavisi glutensiz diyet uygulamasıdır ve hastalar ömür boyu bu diyeti uygulamak zorundadır. Ancak glutensiz diyetin uygulanmasında, ürünlerin kolay temin edilememesi, besin değerinin düşük olması, lezzetsiz olması, çapraz bulaşma riski taşıması ve pahalı olması gibi bazı güçlükler yaşanmaktadır (Serin ve Akbulut, 2017; Yıldırım, 2020). Çölyak hastalarının besinsel kalitesi düşük gıdalarla uzun süreli beslenmesi, yetersiz ve dengesiz beslenmeye bağlı büyüme ve gelişmede duraklama, osteoporoz, anemi gibi önemli bazı sağlık sorunlarına yol açmaktadır (Aydoğdu ve Tümgör, 2005; Demirkesen ve Özkaya, 2020). Yapılan çalışmalarda glutensiz diyetlerin yüksek yağ ve tuz içerdiği, protein, diyet lifi, vitamin ve mineral açısından ise yetersiz olduğu bildirilmektedir (Kupper, 2005; Niland ve Cash, 2018; Melini ve Melini, 2019).

Pseudo-tahıllar, karabuğday, kinoa ve amarant diğer tahıllara kıyasla üstün besinsel profile sahiptir. Önemli bir enerji kaynağı olmalarının yanında iyi kalite protein, besinsel lif, vitamin, mineral ve biyoaktif bileşenleri (fitosteroller, polifenoller, saponin, squalen ve fagopritoller) içermektedir. Ayrıca pseudo-tahıllar doğal olarak

gluten içermemekte ve glutensiz diyetle, gluten içeren tahıllara sağlıklı alternatifler olarak değerlendirilmektedir (Kupper, 2005; Alvarez-Jubete ve ark., 2010a). Zengin içerikleri ile glutensiz ürünlerin besinsel özelliklerini geliştirmekte, çölyak hastalarının yetersiz beslenme problemlerinin ortadan kalkmasına yardımcı olmaktadır. Yeterli miktarda tüketildiklerinde antikanser, antikoolesterol, antidiyabetik ve antiinflamatuvar etkiler göstermektedir (Yaver ve Bilgiçli, 2020).

Ekşi hamur fermantasyonu, geçmiş dönemlerde kullanılan ve halen günümüzde fırıncılık ürünlerinde kullanımı devam eden geleneksel bir fermantasyon yöntemidir. Ekşi hamur fermantasyonu, bakteriler ve mayalar tarafından kendiliğinden gelişen spontan bir fermantasyon çeşididir. Bu yöntem, tahıl unlarının su ile karıştırıldıktan sonra havadan, sudan ve undan gelen doğal mayaların, laktik, asetik ve sitrik asit bakterileri ile etkileşim göstermesi sonucunda elde edilen hamurun bir kısmının sonraki hamurda maya görevinde kullanılması temeline dayanmaktadır (Elgün ve Ertugay, 2002). Ekşi hamur fermantasyonunun, unlu mamullerin lezzet, doku, besinsel ve raf ömrü özelliklerinin iyileştirilmesinde önemli rol oynadığı bildirilmektedir (Carnevali ve ark., 2007; Vogel ve ark., 2011).

Gluten, ekmek yapımında kilit rol oynayan hamura viskoelastisite, iyi gaz tutma kabiliyeti sağlayan, ekmeğin görünümünden, dokusundan ve kalitesinden sorumlu olan temel bir yapı geliştirici proteindir (Gallagher ve ark., 2004; Alvarez-Jubete ve ark., 2010b; Capriles ve Areas, 2014). Glutensiz ekmek formülasyonunda gluten yokluğu, buğday unu ile hazırlanan ekmek hamurunun aksine daha az elastik, kek hamuruna benzer akışkan yapıda ve işlenmesi zor bir kıvamda hamur elde edilmesini sağlamaktadır (Foschia ve ark., 2016). Bu hamurdan elde edilen nihai ekmekler zayıf renk, düşük hacim, kuru, ufalanan tekstür, zayıf lezzet ve hızlı bayatlama gibi birçok kalite kusurlarına sahip olmaktadır (Gallagher ve ark., 2004; Capriles ve Arêas, 2014).

Bu nedenle bu çalışmada glutensiz ekmeklerin karabuğday, kinoa ve amarant kullanımı ile besinsel açıdan zenginleştirilmesinin yanısıra pseudo-tahılların önce fermente edilip daha sonra formülasyonda yer alması ile nihai ürün kalitesinin de iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu araştırmada, farklı yöntemlerle fermente edilmiş (spontan ve maya kullanılarak) karabuğday, kinoa ve amarantın ve kullanım oranının glutensiz ekmeklerin fiziksel ve tekstürel özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir.

Materyal ve Metot

Materyal

Glutensiz ekmek formülasyonunda kullanılan mısır nişastası, pirinç unu, yaş maya, tuz, toz şeker, kabartma tozu ve sıvı yağ yerel marketlerden, süt tozu Ova Süt Ürünleri A.Ş., Konya'dan, karabuğday, kinoa ve amarant ise Yayla Agro Gıda Sanayi ve Nakliyat A.Ş., Mersin'den temin edilmiştir. Pseudo-tahıllar laboratuvar tipi öğütücüde (Bosch MKM600) öğütülerek (<0.5 mm) tam un haline getirilmiştir.

Metot

Pseudo-tahılların fermente hamurlarının hazırlanması

Karabuğday, kinoa ve amarant fermente hamurlarının üretimi Katina ve ark. (2007) tarafından önerilen yöntemle göre 2 farklı şekilde (spontan ve maya kullanılarak) gerçekleştirilmiştir.

Spontan fermantasyon yöntemi ile üretilen fermente hamurlarda, 420 g un 670 g çeşme suyu ile karıştırıldıktan sonra karışım, 20 saat 30 °C'de fermente edilmiştir. Yaş maya kullanılarak hazırlanan fermente hamurlarda ise karışıma 4.2 g yaş maya ilave edilerek aynı sıcaklık ve sürede fermente edilmiştir.

Ekmek hazırlama

Glutensiz ekmek üretimi, Yarpuz (2011) tarafından önerilen metota göre gerçekleştirilmiştir. Glutensiz kontrol ekmeği, 100 g glutensiz un karışımı (mısır nişastası+pirinç unu, 50:50), 3 g yaş maya, 1.5 g tuz, 6 g şeker, 2 g kabartma tozu, 5 g süt tozu, 5 ml sıvı yağ, 1 g guar gum ve 180 ml su kullanılarak hazırlanmıştır. Ekmek yapımında kullanılan su miktarı hamur özelliklerine göre ön denemelerle belirlenmiştir. PFH katkılı ekmek üretimi için, formülasyonda yer alan glutensiz un karışımı ile karabuğday, kinoa ve amarant fermente hamurları %0, 15, 30, 45 oranında yer değiştirilmiştir (Çizelge 1). Hamur ingredientleri tek seferde, direk yoğurma sistemi kullanılarak akıcı kek kıvamında bir hamur elde edilene kadar laboratuvar tipi karıştırıcıda (Kitchen-aid, Artisan Series, Greenville, OH, USA) karıştırılmış daha sonra 30°C'de %85 nispi nemde 30 dakika kitle fermantasyonuna tabi tutulmuştur. Süre sonunda örnekler, 175°C'de 25 dakika süreyle pişirilmiştir (Bosch HGD52D120T, İstanbul, Türkiye).

Çizelge 1. Glutensiz ekmek formülasyonunda PFH kullanım oranları

Table 1. The usage ratio of PFH in gluten-free bread formulation

Mısır nişastası: pirinç unu (% w/w)	Karabuğday fermente hamuru (%w/w)	Kinoa fermente hamuru (%w/w)	Amarant fermente hamuru (%w/w)
<i>Corn starch:Rice flour(% w/w)</i>	<i>The fermented dough of buckwheat (% w/w)</i>	<i>The fermented dough of quinoa (% w/w)</i>	<i>The fermented dough of amaranth (% w/w)</i>
50:50	0	0	0
42.5:42.5	15	15	15
35:35	30	30	30
27.5:27.5	45	45	45

PFH: Pseudo-tahıl fermente hamuru

Fiziksel analizler

Glutensiz ekmek örneklerinin kabuk ve iç renk "L*" [(0) siyah, (100) beyaz], "a*" [(+) kırmızı, (-) yeşil] ve "b*" [(+) sarı, (-) mavi] değerleri, Minolta

CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japan) cihazı ile ölçülmüştür (Francis, 1998).

Ekmek örnekleri fırından çıkarıldıktan sonra 60 dakika boyunca dinlendirilerek, ağırlık ve hacim

değerleri ölçülmüştür. Hacim ölçümü kolza tohumu ile yer değiştirme esasına göre gerçekleştirilmiştir. Bulunan hacim değerinin ağırlık değerine bölünmesi ile de spesifik hacim değeri elde edilmiştir (Elgün ve ark., 2001).

Ekmek örnekleri piştikten 2, 24, 48 ve 72 saat sonrasında sertlik ölçümleri tekstür analiz cihazı (TA-XT2i) (Texture Technologies Corp, scarsdale, NY/Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK) kullanılarak AACC 74-09 metoduna göre gerçekleştirilmiştir. Ölçümde 25 mm kalınlığında kesilen ekmeklerin orta dilimleri kullanılmıştır. 36 mm çapında silindirik prob (P36/R) kullanılarak, %25'lik sıkıştırma oranı ve 5 kg'lık yük hücresi kullanılarak ekmeklerin sertlik değerleri ölçülmüştür.

İstatistiksel analizler

Verilerin istatistiksel analizi için SPSS istatistik programı (Sürüm 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.) kullanılmıştır. Sonuçlar ortalama \pm standart sapma olarak verilmiş ve $p < 0.05$ düzeyinde karşılaştırılmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Pseudo-tahıl katkılı glutensiz ekmeklerin kabuk renk değerleri (L^* , a^* , b^*) Çizelge 2'de verilmiştir. Kinoa ve amarant fermente hamuru katkılı glutensiz ekmek örneklerinde L^* değerinin, karabuğday fermente hamuru içeren ekmeklerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Karabuğday nişastasının küçük boyutta ve porlu yapıya sahip olmasının alfa amilaz hassasiyetini arttırdığı ve hızlı bir şekilde serbest şekere dönüştürebildiği bildirilmektedir (Wijngaard ve Arendt, 2006). Karabuğday ununda serbest şekerin yüksek olması, Maillard reaksiyonuna eğilimini arttırmış ve ekmek kabuk renginin koyulaşmasına neden olmuş olabilir.

Karabuğday, kinoa ve amarant fermente hamuru içeren ekmeklerin kabuk a^* değerleri sırası ile 10.93, 7.62 ve 6.52 olarak belirlenmiş olup karabuğday fermente hamuru içeren ekmeklerde daha yüksek kabuk a^* değeri

belirlenmiştir (Çizelge 2). Ekmek formülasyonunda artan PFH miktarı L^* değerinde azalmaya neden olmuş ve en düşük kabuk L^* değeri %45 PFH kullanım oranında elde edilmiştir. Artan PFH oranı, ekmeklerin kabuk a^* değerinde artışa neden olurken ekmek kabuk b^* değerleri arasında pseudo-tahıl çeşidi, fermantasyon yöntemi ve PFH oranı faktörlerine göre istatistiksel bir farklılık belirlenmemiştir ($p > 0.05$).

Glutensiz ekmeklerin iç rengine (L^* , a^* , b^*) ait ölçüm sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Karabuğday fermente hamuru kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerin, amarant ve kinoa fermente hamuru içeren glutensiz ekmeklere kıyasla ekmek içi L^* değerinin daha düşük olduğu, ekmek içi a^* değerinin ise daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, hammadde olarak kullanılan karabuğday ununun diğer pseudo-tahıl unlarına kıyasla daha düşük L^* ve daha yüksek a^* değerine sahip olmasından kaynaklanmış olabilir (Veri gösterilmemiştir).

Artan PFH oranı, ekmeklerin iç L^* değerinde azalışa, a^* ve b^* değerlerinde ise artışa neden olmuştur (Çizelge 3). Alvarez-Jubete ve ark. (2010b), amarant, kinoa ve karabuğday unu kullanarak üretilen glutensiz ekmek örneklerinde L^* değerinin, kontrol ekmeğine kıyasla daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Lin ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada %15 oranında kullandıkları karabuğday ununun kontrol ekmeğinin parlaklık değerini 76.75'den 69.52'ye düşürdüğünü bildirmişler ayrıca karabuğday ununun, ekmeklerin a^* ve b^* değerlerinde artışa neden olduğunu rapor etmişlerdir.

Yıldız (2012) yaptığı çalışmada, farklı oranlarda (%0, 10, 20, 30) karabuğday ve lüpen ununu glutensiz bisküvi üretiminde kullanmış ve formülasyonda karabuğday unu arttıkça parlaklık ve sarılık değerinin azaldığı, kırmızılık değerinin ise artış gösterdiğini bildirmiştir. Sanz-Penella ve ark. (2013), amarant ununu farklı oranlarda (%10, 20, 30, 40) ekmek üretiminde kullanmışlar, kullanım oranı arttıkça L^* ve b^* değerinin azaldığını a^* değerinin ise arttığını rapor etmişlerdir.

Çizelge 2. Glutensiz ekmeklerin kabuk renk değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹
 Table 2. Duncan's multiple comparison test results of crust color values of gluten-free breads¹

	n	L*	a*	b*
Pseudo-tahıl çeşidi				
Pseudocereals type				
Karabuğday Buckwheat	16	47.00±4.17 ^b	10.93±2.40 ^a	32.18±3.71 ^a
Kinoa Quinoa	16	52.45±7.31 ^a	7.62±3.72 ^b	30.43±1.88 ^a
Amarant Amaranth	16	53.34±8.29 ^a	6.52±3.94 ^b	32.28±2.93 ^a
Fermentasyon yöntemi				
Fermentation method				
Spontan Spontaneous	24	50.69±7.74 ^a	8.10±3.08 ^a	31.44±2.64 ^a
Mayalı Using yeast	24	51.17±7.27 ^a	8.61±3.99 ^a	31.82±3.37 ^a
PFH oranı (%)²				
PFH ratio (%)²				
0	12	54.14±1.71 ^a	6.81±0.61 ^c	32.61±1.12 ^a
15	12	52.26±5.37 ^b	7.81±3.02 ^{bc}	32.15±4.39 ^a
30	12	49.80±8.08 ^c	9.01±4.22 ^{ab}	31.44±2.75 ^a
45	12	47.51±9.33 ^d	9.79±3.52 ^a	30.33±2.67 ^a

¹Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05), ²PFH: Pseudo-tahıl fermente hamuru, L*: Parlaklık renk değeri, a*: Kırmızı-yeşil renk değeri, b*: Sarı-mavi renk değeri

¹Means in the same column marked with different letters are statistically different from each other (p<0.05), ²PFH: Pseudocereals fermented dough, L*: Brightness color value, a*: Red-green color value, b*: Yellow-blue color value

Turkut ve ark. (2016) ise çalışmalarında kinoa ekmeklerin parlaklık değerinden daha yüksek unu kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerin olduğunu bildirmişlerdir. parlaklık değerinin, karabuğday unu ile üretilen

Çizelge 3. Glutensiz ekmeklerin iç renk değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹
 Table 3. Duncan's multiple comparison test results of crumb color values of gluten-free breads¹

	n	L*	a*	b*
Pseudo-tahıl çeşidi				
Pseudocereals type				
Karabuğday Buckwheat	16	61.39±5.34 ^b	1.94±2.24 ^a	15.08±2.95 ^{ab}
Kinoa Quinoa	16	62.32±4.50 ^a	0.45±0.34 ^b	15.30±2.23 ^a
Amarant Amaranth	16	65.89±4.10 ^a	0.55±0.69 ^b	14.06±3.16 ^b
Fermentasyon yöntemi				
Fermentation method				
Spontan Spontaneous	24	63.06±5.22 ^a	0.91±2.14 ^a	14.94±2.99 ^a
Mayalı Using yeast	24	63.67±4.45 ^a	1.05±1.36 ^a	14.67±2.66 ^a
PFH oranı (%)²				
PFH ratio (%)²				
0	12	68.62±0.98 ^a	-1.36±0.08 ^d	10.97±0.26 ^c
15	12	64.12±4.10 ^b	0.60±1.28 ^c	14.50±1.27 ^b
30	12	61.04±3.33 ^c	1.77±1.97 ^b	16.53±2.11 ^a
45	12	59.09±4.74 ^c	2.92±2.26 ^a	17.26±1.18 ^a

¹Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05), ²PFH: Pseudo-tahıl fermente hamuru, L*: Parlaklık renk değeri, a*: Kırmızı-yeşil renk değeri, b*: Sarı-mavi renk değeri

¹Means in the same column marked with different letters are statistically different from each other (p<0.05), ²PFH: Pseudocereals fermented dough, L*: Brightness color value, a*: Red-green color value, b*: Yellow-blue color value

Glutensiz ekmeklere ait ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerleri Çizelge 4'de verilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, karabuğday, kinoa ve amarant fermente hamuru kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerin ağırlık değerleri sırası ile 108.24, 107.13 ve 108.43 g olarak belirlenmiştir. Karabuğday ve amarant unu kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerin ağırlık değerlerinin istatistiki olarak birbirinden farklı olmadığı bulunmuştur. Ekmek örneklerinde en yüksek hacim değerleri (219.78 ml) kinoa fermente hamuru kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerde belirlenmiş bunu sırası ile amarant (186.09 ml) ve karabuğday fermente hamuru (176.37 ml) katkı ekmekler takip etmiştir.

Pseudo-tahıllardan kinoa'nın yüksek α -amilaz aktivitesine sahip olduğu, nişastanın enzim aktivitesi ile parçalanarak fermente olabilir şeker miktarını arttırdığı ve bunun da ekmek hacminde artışa neden olduğu bildirilmektedir (Ahamed ve ark., 1998). Sanz-Penella ve ark. (2013) gerçekleştirdikleri çalışmada, amarant ununu ekmek üretiminde farklı oranlarda (%10, 20, 30 ve 40) kullanmışlar ve amarant katkılı ekmek örneklerinin ağırlıklarının kontrol ekmeğinden istatistiki olarak farklı olmadığını ancak amarant ununun kullanım oranının artması ile hacim ve spesifik hacim değerlerinde azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4. Glutensiz ekmeklerin ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹
Table 4. Duncan multiple comparison test results of weight, volume and specific volume values of gluten-free breads¹

	n	Ağırlık (g) Weight (g)	Hacim (ml) Volume(ml)	Spesifik Hacim (ml g ⁻¹) Specific Volume (ml g ⁻¹)
Pseudo-tahıl çeşidi Pseudocereal type				
Karabuğday Buckwheat	16	108.24±1.38 ^a	176.37±26.52 ^c	1.63±0.24 ^c
Kinoa Quinoa	16	107.13±2.10 ^b	219.78±12.24 ^a	2.05±0.13 ^a
Amarant Amaranth	16	108.43±1.50 ^a	186.09±28.81 ^b	1.72±0.28 ^b
Fermantasyon yöntemi Fermentation method				
Spontan Spontaneous	24	107.97±1.88 ^a	188.83±30.36 ^b	1.75±0.30 ^b
Mayalı Using yeast	24	107.90±1.65 ^a	199.32±24.39 ^a	1.85±0.23 ^a
PFH oranı (%)² PFH ratio (%)²				
0	12	107.57±1.65 ^{ab}	211.08±58.59 ^a	1.96±0.04 ^a
15	12	108.03±1.96 ^{ab}	195.90±18.97 ^b	1.81±0.18 ^b
30	12	107.45±1.84 ^b	194.19±36.54 ^b	1.81±0.36 ^b
45	12	108.68±1.47 ^a	175.14±56.26 ^c	1.61±0.27 ^c

¹Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05), ²PFH: Pseudo-tahıl fermente hamuru

¹Means in the same column marked with different letters are statistically different from each other (p<0.05), ²PFH: Pseudocereal fermented dough

Fermente hamurların hazırlanmasında kullanılan yöntem, ekmeklerinin ağırlık değeri üzerinde istatistiki olarak önemli bir fark oluşturmazken, maya kullanılarak fermente edilen pseudo-tahıl katkılı ekmeklerin daha yüksek hacim ve spesifik hacim değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Murtaza ve Ahmad (2007) çalışmalarında, saf laktik asit bakteri kültürü (*Lactobacillus bulgaricus*) ve ekmek mayası

(*Saccharomyces cerevisiae*) kombinasyonunu kullanarak ekmek üretmişlerdir. Fermantasyon işleminde, hamura ilave edilen ekşi mayanın ekmek hacmi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu ve ticari maya ile kombinasyon halinde kullanıldığında ise maksimum hacme sahip ekmek üretiminin gerçekleştiğini belirtmişlerdir.

Ekşi hamur fermantasyonunda, mayalar ve heterofermantatif laktik asit bakterileri tarafından

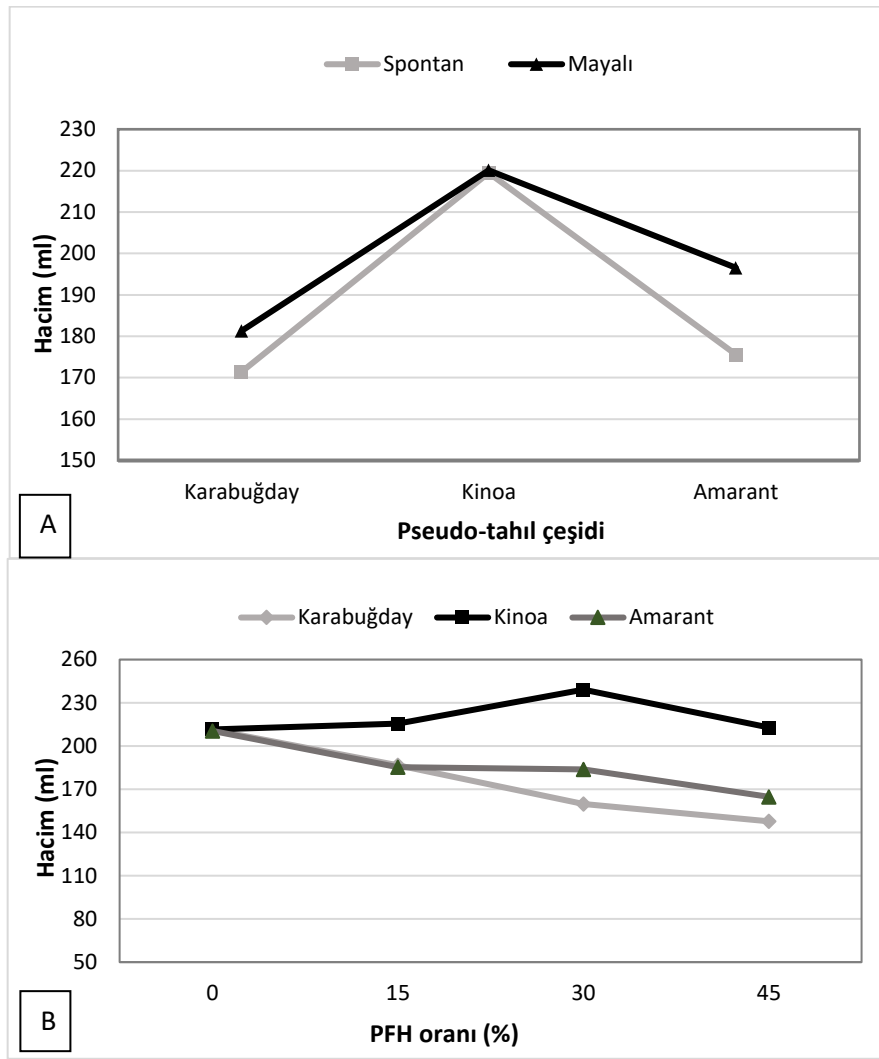
üretilen CO₂ hamurun kabarmasını sağlamakta ve ekmek iç yapısı olumlu şekilde gelişmektedir (Hendek-Ertop, 2014; Petel ve ark., 2017; Sakandar ve ark., 2019). Fermantasyon aşamasında kullanılan ticari ekmek mayası *Saccharomyces cerevisiae*, hamur içerisinde bulunan karbondhidratları kullanarak CO₂ ve etil alkol üretmekte, ekmeğin daha fazla kabarmasını ve daha iyi gözenek yapısına sahip olmasını sağlamaktadır (Pylar, 1988; Heitmann ve ark., 2018).

Ekmek üretiminde PFH oranının artması ile hacim (ml), 211.08'den 175.14'e, spesifik hacim (ml.g⁻¹) ise 1.96'dan 1.61'e azalmıştır. Spesifik hacim ekmek kalitesinin güvenilir bir ölçüsü olup yüksek spesifik hacme sahip ekmekler daha kaliteli olarak değerlendirilmektedir (Houben ve ark., 2012). En yüksek ekmek hacim değeri kontrol ekmeğinde, en düşük hacim değeri ise %45 PFH kullanım oranında tespit edilmiştir (Çizelge 4). Venskutonis ve Kraujalis (2013), buğday unu ile hazırlanan ekmeklerde amarant unu ikamesinin hacim değerinin azalmasına neden olduğunu bildirmiştir. Xu ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada, buğday ununa %0, 10 ve 15 oranında kinoa unu ekleyerek üretilen ekmeklerde, spesifik hacim değerinin artan kinoa unu ile azaldığını bildirmişlerdir.

Glutensiz ekmeklerin hacim değeri üzerinde etkili "*pseudo-tahıl çeşidi x fermantasyon yöntemi*" ve "*pseudo-tahıl çeşidi x PFH oranı*" interaksiyonları Şekil 1'de verilmiştir. Ekmek hacmi üzerine etkili "*pseudo-tahıl çeşidi x*

fermantasyon yöntemi" interaksiyonuna göre maya kullanılarak fermente edilen pseudo-tahıl katkılı ekmeklerin hacim değerlerinin, spontan fermantasyona kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Ekmek çeşitleri arasında, kinoa unu ile üretilen ekmeklerin daha yüksek hacim değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir. PFH maksimum kullanım oranında (%45) hacim değerleri kinoa katkılı ekmeklerden sonra en yüksek sırası ile amarant ve karabuğday katkılı ekmeklerde belirlenmiştir.

Glutensiz ekmek örneklerinin 2, 24, 48 ve 72 saat sonunda ölçülen ekmek içi sertlik değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. Karabuğday, kinoa ve amarant fermente hamur katkılı ekmeklerin 2. saat ortalama sertlik değerleri (g) sırası ile 982.77, 989.26 ve 970.29 olarak tespit edilirken 72. saatte aynı sertlik değerlerinin (g) sırası ile 3825.07, 3583.79 ve 3681.14 olduğu belirlenmiştir. En yüksek ekmek hacminin belirlendiği kinoa fermente hamur katkılı ekmeklerde 72 saat sonunda en düşük ekmek içi sertliği ölçülmüştür. Fermantasyon yöntemine göre maya kullanılarak fermente edilen pseudo-tahıl katkılı ekmeklerde spontan fermantasyona kıyasla daha düşük sertlik değerleri elde edilmiştir (p<0.05). Ekmek formülasyonunda kullanılan PFH oranı arttıkça 2, 24, 48 ve 72. saatlik sertlik değerlerinde de bir artış belirlenmiş ve en yüksek ekmek içi sertliği, PFH oranının %45 olarak uygulandığı örneklerde elde edilmiştir.



Şekil 1. Glutensiz ekmeklerin hacim değeri üzerinde etkili A) “pseudo-tahıl çeşidi x fermantasyon yöntemi”, B) “pseudo-tahıl çeşidi x PFH oranı” etkileşimlerini, PFH: Pseudo-tahıl fermente hamuru
 Figure 1. The interactions of A) “pseudo-cereal variety x fermentation method”, B) “pseudo-cereal type x PFH ratio” effective on the volume value of gluten-free breads, PFH: Pseudocereal fermented dough

Çizelge 5. Glutensiz ekmeklerin sertlik değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları¹
 Table 5. Duncan multiple comparison test results of hardness values of gluten-free breads¹

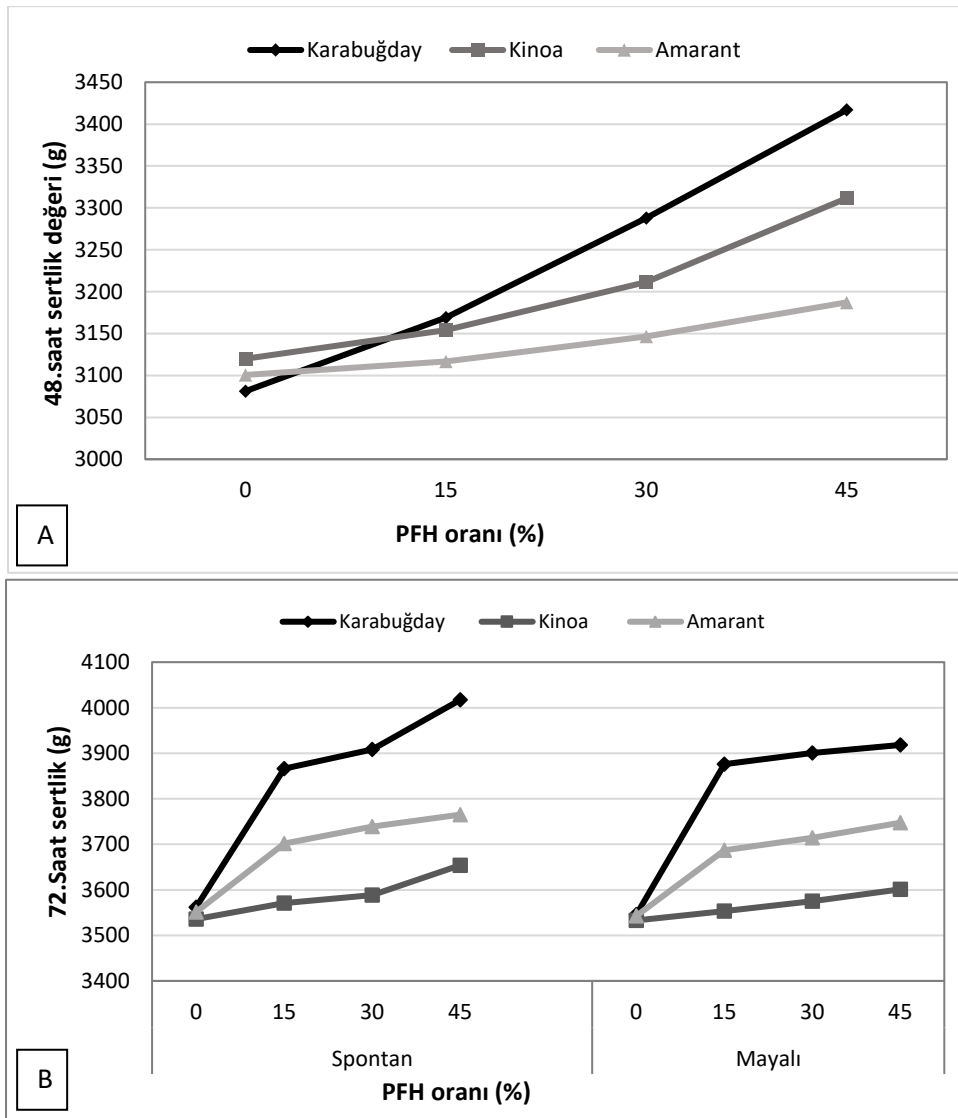
	n	Sertlik (g)/Hardness (g)			
		2saat/2 h	24 saat/24 h	48 saat/48 h	72 saat/72 h
Pseudo-tahıl çeşidi Pseudocereal type					
Karabuğday Buckwheat	16	982.77±240.89 ^a	2577.18±69.84 ^b	3244.99±153.28 ^a	3825.07±167.70 ^a
Kinoa Quinoa	16	989.26±226.11 ^a	2632.33±55.24 ^a	3199.26±77.34 ^b	3583.79±56.02 ^c
Amarant Amaranth	16	970.29±262.00 ^b	2538.24±43.43 ^c	3137.81±39.40 ^c	3681.14±83.92 ^b
Fermantasyon yöntemi Fermentation method					
Spontan Spontaneous	24	993.43±240.37 ^a	2597.06±73.97 ^a	3217.33±116.34 ^a	3709.88±154.55 ^a
Mayalı Using yeast	24	968.12±240.78 ^b	2568.11±60.02 ^b	3166.54±94.63 ^b	3682.91±145.16 ^b
PFH oranı (%)² PFH ratio (%)²					
0	12	636.19±11.59 ^d	2516.31±33.76 ^d	3100.58±60.72 ^d	3545.10±14.80 ^d
15	12	904.37±79.80 ^c	2564.39±56.56 ^c	3146.54±31.23 ^c	3709.20±133.06 ^c
30	12	1158.59±12.38 ^b	2602.25±53.78 ^b	3215.38±65.80 ^b	3738.80±138.21 ^b
45	12	1223.95±34.15 ^a	2647.39±49.99 ^a	3313.57±122.03 ^a	3793.56±143.03 ^a

¹Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklıdır (p<0.05), ²PFH: Pseudo-tahıl fermente hamuru

¹Means in the same column marked with different letters are statistically different from each other (p<0.05), ²PFH: Pseudocereal fermented dough

Glutensiz ekmek örneklerinin 48. saat sertlik değeri üzerinde etkili "pseudo-tahıl çeşidi x PFH oranı" interaksiyonu ve 72. saat sertlik değeri üzerinde etkili "pseudo-tahıl çeşidi x fermantasyon yöntemi x PFH oranı" interaksiyonu Şekil 2'de verilmiştir. Ekmek örnekleri içerisinde en yüksek sertlik değeri %15-45 oranında sırası ile karabuğday, kinoa ve amarant katkılı ekmeklerde belirlenmiş olup, PFH kullanım oranı arttıkça ekmek çeşitleri arasındaki sertlik değeri farkının da arttığı görülmüştür. Glutensiz ekmek

örneklerinin 72. saat sertlik değeri üzerinde etkili "pseudo-tahıl çeşidi x fermantasyon yöntemi x PFH oranı" interaksiyonuna göre pseudo-tahıl çeşitlerinden karabuğday fermente hamur katkılı ekmeklerin her iki fermantasyon yönteminde de en yüksek, kinoa katkılı ekmeklerin ise diğer ekmeklere kıyasla daha düşük sertlik değeri verdiği görülmüştür. Glutensiz ekmek formülasyonunda artan PFH oranı bütün ekmek örneklerinde sertlik değerinde artışa neden olmuştur.



Şekil 2. Ekmek örneklerinin A) 48.saat sertlik değeri üzerinde etkili "pseudo-tahıl çeşidi x PFH oranı" B) 72.saat sertlik değeri üzerinde etkili "pseudo-tahıl çeşidi x fermantasyon yöntemi x PFH oranı" interaksiyonu, PFH: Pseudo-tahıl fermente hamuru
Figure 2. The interactions of A) "pseudo-cereal type x PFH ratio" effective on 48th hour hardness value B) "pseudo-cereal type x fermentation method x PFH ratio" effective on 72. hour hardness value of gluten-free bread samples, PFH: Pseudocereal fermented dough

Sonuçlar

Bu çalışmada, karabuğday, kinoa ve amarant unları 2 farklı yöntemle fermente edilerek hazırlanan hamurlar, mısır nişastası ve pirinç unu kombinasyonunu içeren glutensiz ekmek formülasyonunda (%0, 15, 30, 45) kullanılmıştır. PFH katkısının ve kullanım oranının glutensiz ekmeklerin fiziksel ve tekstürel özellikleri üzerine olan etkileri incelenmiştir.

Glutensiz ekmeklerde karabuğday fermente hamuru kullanımı hem kabuk hem de ekmek içinde daha düşük parlaklık ve daha yüksek kırmızılık değerlerinin elde edilmesini sağlamıştır. Formülasyonda artan oranlarda PFH kullanımı ekmeklerde kabuk parlaklığının azalmasına, kabuk kırmızılık değerlerinin ise artmasına neden olmuştur. Kinoa fermente hamuru katkılı ekmeklerde en yüksek hacim ve spesifik hacim değerleri elde edilmiş bunu sırasıyla amarant ve karabuğday katkılı ekmekler izlemiştir. Pseudo-tahıllara spontan fermentasyon uygulanması, maya kullanılarak fermentasyon yöntemine göre ekmeklerde daha düşük hacim ve spesifik hacim değerlerinin elde edilmesini sağlamıştır. 48. ve 72. saatte en yüksek sertlik değerleri karabuğday fermente hamur katkılı ekmeklerde belirlenmiştir. Ekmeklerin sertlik değerleri de artan PFH oranına bağlı olarak önemli ($p < 0.05$) artışlar göstermiştir. Maya kullanılarak fermente edilen pseudo-tahıl ekmekleri, spontan fermentasyona kıyasla daha düşük sertlik değerlerinin elde edilmesini sağlamıştır.

Ekler

Bu çalışma, Saliha YEŞİL'in Yüksek Lisans Tezinden hazırlanmış ve Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyonu tarafından '19-YL-19' no'lu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı BAP komisyonuna teşekkür ederiz.

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

Yazar Katkısı: Saliha YEŞİL makalenin analiz, yazma–orijinal taslak, yazma–inceleme, düzenleme ve görselleştirmesine katkı sunmuştur. Hacer LEVENT makaleye araştırma taslağının belirlenmesi, analiz ve yazma-inceleme olarak katkı sağlamıştır. Yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

Kaynaklar

- Ahamed, N. T., Singhal, R. S., Kulkarni, P. R., & Pal, M. (1998). A Lesser-Known Grain, Chenopodium Quinoa: Review of the Chemical Composition of its Edible Parts. *Food and Nutrition Bulletin*, 19(1), 61-70.
- Alvarez-Jubete, L., Wijngaard, H., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2010a). Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food chemistry*, 119(2), 770-778. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.032>
- Alvarez-Jubete, L., Auty, M., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2010b). Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free bread formulations. *European Food Research and Technology*, 230(3), 437-445. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-009-1184-z>
- Aydoğdu, S., & Tümgör, G. (2005). Çölyak hastalığı. *Güncel Pediatri*, 3(1), 47-53.
- Capriles, V. D., & Arêas, J. A. G. (2014). Novel approaches in gluten-free breadmaking: interface between food science, nutrition, and health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(5), 871-890. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12091>
- Carnevali, P., Ciati, R., Leporati, A., & Paese, M. (2007). Liquid Sourdough Fermentation: Industrial Application Perspectives. *Food Microbiology*, 24(2), 150-154. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.009>
- Dalgıç, B., Sarı, S., Baştürk, B., Ensari, A., Eğirtaş, O., Bükülmez, A., & Barış, Z. (2011). Prevalence of celiac disease in healthy Turkish school children. *Official Journal of the American College of Gastroenterology*, ACG, 106(8), 1512-1517. DOI: <https://doi.org/10.1038/ayg.2011.183>
- Demirçeken, F. G., Kansu, A., Kuloğlu, Z., Girgin, N., Güriz, H., & Ensari, A. (2008). Human tissue transglutaminase antibody screening by immunochromatographic line immunoassay for early diagnosis of celiac disease in Turkish children. *Turkish Journal of Gastroenterology*, 19(1), 14 - 21.
- Demirkesen, I., & Özkaya, B. (2020). Recent Strategies for Tackling the Problems in Gluten-Free Diet and Products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-27. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1823814>
- Elgün, A., & Ertugay, Z. (2002). Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 297, Ders Kitapları Serisi No: 97, Erzurum.

- Elgün, A., Türker, S., & Bilgiçli, N. (2001). Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü. Konya Ticaret Borsası Yayınları, Yayın No:2, Konya.
- Fasano, A., & Catassi, C. (2001). Current approaches to diagnosis and treatment of celiac disease: an evolving spectrum. *Gastroenterology*, 120(3), 636-651. DOI: <https://doi.org/10.1053/gast.2001.22123>
- Foschia, M., Horstmann, S., Arendt, E. K., & Zannini, E. (2016). Nutritional therapy—Facing the gap between coeliac disease and gluten-free food. *International Journal of Food Microbiology*, 239, 113-124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.06.014>
- Francis, F. J. (1998). Colour Analysis, Nielsen S. S. (Ed.), In: Food Analysis (599-612 pp). An Aspen Publishers, Maryland, Gaithersburg, USA.
- Gallagher, E., Gormley, T. R., & Arendt, E. K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology*, 15(3-4), 143-152. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.09.012>
- Heitmann, M., Zannini, E., Arendt, E. (2018). Impact of *Saccharomyces cerevisiae* Metabolites Produced During Fermentation on Bread Quality Parameters: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(7), 1152-1164. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1244153>
- Hendek-Ertop, M. (2014). Ekşi Hamur Formül Optimizasyonunun Ekmeğin Aromatik Profili, Biyoaktif Nitelikleri ve Raf Ömrü Üzerine Etkileri. *Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri.
- Houben, A., Höchstätter, A., & Becker, T. (2012). Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview. *European Food Research and Technology*, 235(2), 195-208. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-012-1720-0>
- Katina, K., Liukkonen, K. H., Kaukovirta-Norja, A., Adlercreutz, H., Heinonen, S. M., Lampi, A. M., & Poutanen, K. (2007). Fermentation-induced changes in the nutritional value of native or germinated rye. *Journal of Cereal Science*, 46(3), 348-355. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.007.006>
- Kupper, C. (2005). Dietary guidelines and implementation for celiac disease. *Gastroenterology*, 128(4), S121-S127. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2005.02.024>
- Lin, L. Y., Liu, H. M., Yu, Y. W., Lin, S. D., & Mau, J. L. (2009). Quality and Antioxidant Property of Buckwheat Enhanced Wheat Bread. *Food Chemistry*, 112(4), 987-991. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.022>
- Melini, V. & Melini, F. (2019). Gluten-Free Diet: Gaps and Needs For a Healthier Diet. *Nutrients*, 11(1), 170. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11010170>
- Murtaza, M. A. & Ahmad, M. S. (2007). Effect of Sourdough Bacteria on the Quality and Shelf Life of Bread. *Pakistan Journal of Nutrition*, 6(6), 562-565.
- Niland, B. & Cash, B. D. (2018). Health Benefits and Adverse Effects of a Gluten-Free Diet in Non-Celiac Disease Patients. *Gastroenterology and Hepatology*, 14(2), 82.
- Petel, C., Onno, B., & Prost, C. (2017). Sourdough volatile compounds and their contribution to bread: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 105-123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.10.015>
- Pylar, E. J. (1988). Baking Science and Technology. Sosland Pub. Co., 3. Baskı
- Sakandar, H. A., Hussain, R., Kubow, S., Sadiq, F. A., Huang, W., Imran, M. (2019). Sourdough bread: A contemporary cereal fermented product. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(3), e13883. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13883>
- 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.031>
- Serin, Y., & Akbulut, G. (2017). Çölyak Hastalığı ve Glutensiz Diyet Tedavisine Güncel Yaklaşım. *Türkiye Klinikleri Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2(3), 192-200.
- Turkut, G. M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., & Tavman, S. (2016). Effect of Quinoa Flour on Gluten-Free Bread Batter Rheology and Bread Quality. *Journal of Cereal Science*, 69, 174-181. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.03.005>
- Venskutonis, P. R., & Kraujalis, P. (2013). Nutritional Components of Amaranth Seeds and Vegetables: A Review on Composition, Properties, and Uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(4), 381-412. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12021>
- Vogel, R. F., Pavlovic, M., Ehrmann, M. A., Wiezer, A., Liesegang, H., Offschanka, S., & Liebl, W. (2011). Genomic Analysis Reveals *Lactobacillus Sanfranciscensis* as Stable Element in Traditional Sourdoughs. In *Microbial Cell Factories* (Vol. 10, No. 1, pp. 1-11). BioMed Central.
- Wijngaard, H., & Arendt, E. K. (2006). Buckwheat. *Cereal Chemistry*, 83(4), 391-401. DOI: <https://doi.org/10.1094/CC-83-0391>
- Xu, X., Luo, Z., Yang, Q., Xiao, Z., & Lu, X. (2019). Effect of Quinoa Flour on Baking Performance, Antioxidant Properties and Digestibility of Wheat Bread. *Food Chemistry*, 294, 87-95. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.037>
- Yarpuz, D. (2011). Glutensiz Ekmek Üretimi Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yaver, E., & Bilgiçli, N. (2020). Tahıl Benzeri Ürünler: Bileşimi, Beslenme-Sağlık Üzerine Etkileri ve Tahıl Ürünlerinde Kullanımı. *Food and Health*, 6(1), 41-56. DOI: <https://doi.org/10.3153/FH20006>
- Yıldırım, E. (2020). Çölyak Hastalığı ve Glutensiz Besleme. *Genel Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2(3), 175-187. DOI: <https://doi.org/10.51123/jgehes.2020.8>
- Yıldız, M. (2012). Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench) ve Lüpen (*Lupinus albus* L.) Unlarının Glutensiz Bisküvi Üretiminde Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yönel, O., & Özdiş, S. (2014). Çölyak hastalığı. *Güncel Gastroentoloji*, 18(1), 93-100.



Effects of antioxidant and physicochemical properties on antimicrobial activity of sumac (*Rhus coriaria* L.) plant spices which are collected from the southeastern anatolia region of Turkey

Türkiye'nin güneydoğu anadolu bölgesinden toplanan sumak (Rhus coriaria L.) bitki baharatlarının antioksidan ve fizikokimyasal özelliklerinin antimikrobiyal aktivitelerine etkisi

Fatma ÖZAYDIN¹ , Hasan VARDİN^{2*} 

^{1,2}Harran University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department, Şanlıurfa, Turkey

¹<https://orcid.org/0000-0001-9105-9013>; ²<https://orcid.org/0000-0001-6552-2713>

To cite this article:

Özaydın, F. & Vardin, H. (2022). Effects of antioxidant and physicochemical properties on antimicrobial activity of sumac (*Rhus coriaria* L.) plant spices which are collected from the southeastern anatolia region of Turkey. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(3): 327-335.
DOI:10.29050/harranziraat.1136348

*Address for Correspondence:

Hasan VARDİN
e-mail:
hvardin@harran.edu.tr

Received Date:

28.06.2022

Accepted Date:

11.08.2022

© 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 current work aimed to determine the effects of antioxidant and physicochemical properties of sumac fruits on its antimicrobial activity. Samples collected from Mardin and Diyarbakır provinces which are located in Turkey's Southeastern Anatolia were used and the results were compared among each other. Samples taken from Diyarbakır and Mardin were analysed separately, and they exhibited high antioxidant activities. Analyzes were performed on the aqueous extracts of the collected samples. The highest rate in the determination of total phenolic substance content by the Folin-Ciocalteu method was observed in the first sample collected from Diyarbakır Çermik and this value was recorded as 82.2 mg gallic acid g⁻¹ sumac. The highest total flavonoid content (7.55 mg catechin g⁻¹ sumac) and inhibition value (75.7 % DPPH) were also observed in the same sample. On the other hand, the sample obtained from Bismil, showed a strong antimicrobial effect by affecting the highest zone area among the six samples which also had a 72.3% DPPH inhibition value and 54.6 (mg gallic acid g⁻¹ sumac) total phenolic content value. It has been observed that the antimicrobial effect is directly proportional to the antioxidative values.

Key Words: Rhus coriaria, Antioxidant, Antimicrobial, Phenolic, Flavonoid

ÖZ

Mevcut çalışma, sumak meyvelerinin antioksidan ve fizikokimyasal özelliklerinin antimikrobiyal aktivitesi üzerindeki etkilerini belirlemeyi amaçlamıştır. Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer alan Mardin ve Diyarbakır illerinden toplanan örnekler kullanılmış ve sonuçlar kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Diyarbakır ve Mardin'den alınan örnekler ayrı ayrı analiz edilmiş ve yüksek antioksidan aktivite sergilemiştir. Toplanan örneklerin sulu ekstraktları üzerinde analizler yapılmıştır. Folin-Ciocalteu yöntemi ile toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesinde en yüksek oran Diyarbakır Çermik'ten alınan ilk örnekte gözlenmiş ve bu değer 82,2 mg gallik asit g⁻¹ sumak olarak kaydedilmiştir. En yüksek toplam flavonoid içeriği (7.55 mg kateşin g⁻¹ sumak) ve inhibisyon değeri (%75.7 DPPH) aynı örnekte gözlenmiştir. Bismil'den alınan numune ise %72.3 DPPH inhibisyon değeri ve 54.6 (mg gallik asit g⁻¹ sumak) toplam fenolik içerik değeriyle altı numune arasında en yüksek zon alanını etkileyerek güçlü bir antimikrobiyal etki göstermiştir. Antimikrobiyal etkinin antioksidatif değerlerle doğru orantılı olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Rhus, Coriaria, Anioksidan, Antimikrobiyal, Fenolik, Flavanoid

Introduction

Sumac is a common name for a genus (*Rhus*) that is one of the individual plant species of the Anacardiaceae family. These plants are found in temperate and tropical regions around the world, often grown in agricultural capacity areas, and have a long history of use by indigenous people for medicinal and other uses. (Akgul and Ayar, 1993). The word sumac has passed into our language from the word summak, which means "the plant whose dark red seeds are used as spice and dye raw materials" in Arabic. The origin of the word is summaqa, which means red in Syria (Basoglu and Cemeroglu, 1984). Spices have had an impact on the cultural lives, religious behaviors, policies and economies of societies throughout history. Spices used to flavor foods have the ability to protect them with their antimicrobial and antioxidant effects (Yikmis et al., 2017). Turkey has a very important and rich vegetation in terms of available plant diversity. Due to the rich vegetation and aromatic properties of these plants in Turkey, different parts of various plants are widely used as spices (Karanki, 2013). Sumac is red in color, with hairy leaves, which can be propagated by seed or cuttings (Akgul and Ayar, 1993). Its leaves contain plenty of tannins. The fruit turns green at first and then red (Tanker et al., 2007). When examined as a spice, it has a purplish color close to red and a sour taste with a unique smell. It contains 10-20% oil and 0.02-0.03% essential oil (Brunke et al., 1993). Organic acids such as malic, citric, tartaric and their salts also contain coloring agents. It gets its unique smell from its essential oil (Akgul and Ayar, 1993).

Candan and Sökmen (2004), compared the methanol extract of sumac pericarp against the antioxidant and free radical scavenging effects of curcumin, ascorbic acid and tannin in their study. It was reported that the extract is rich in antioxidants and has a strong free radical scavenging effect, and an antioxidant effect wasn't found that could be caused by ascorbic acid. In addition, they emphasized that the

antioxidant activity of sumac has not yet been clarified on the basis of components and that new research should be done to support this. Ökmen and Uğur (2011), investigated the antimicrobial activities of 44 streptomycin isolated from different soil samples where sumac plants were grown in Ankara and Adana (Turkey). A total of 12 strains, including multiple antibiotic resistant strains of staphylococcus aureus, staphylococcus epidermidis and stenotrophomonas maltophilia, were used, and 36% of the isolates showed antimicrobial activity on the tested microorganisms. Of the active isolates, 81% showed antibacterial activity on gram positive and 25% on gram negative bacteria. 69% of the isolates showed anticandidal activity. Sixteen isolates inhibited the growth of s.aureus strains at varying rates. It was determined that 3 of these isolates had high activity against methicillin-resistant s.aureus (MRSA). It was observed that none of the isolates showed antibacterial activity on multi-antibiotic resistant s. maltophilia (MU64).

Two main types of sumac grows in Turkey. These are Derice Sumac (*Rhus coriaria* L.) (It is also referred to as Syrian sumac in some sources) and Dyer Sumac (*Rhus cotinus* L.) (Oncu, 1951). After its fruits are dried, *R. coriaria* is ground with a certain amount of table salt and used as a spice. The aim of current study is to determine the antioxidant, antimicrobial and physicochemical properties of sumac plant spice, which is widely used in Diyarbakır and Mardin regions and which is widely spread as a plant, and to show their relationship with each other. For this purpose, samples of sumac (*Rhus coriaria* L.) collected from the city center and villages of Diyarbakır's Eğil, Hazro, Hani, Bismil, Çermik and Kulp districts and Mardin's Savur, Mazıdağı, Midyat and Derik districts were used and their properties were compared among each other.

Materials and Methods

The main material of this study is sumac specimens (*Rhus coriaria* L.) which grows wild in

the natural environment and collected as fruits. The chemicals used in the study were supplied from Merck (Germany) and Sigma-Aldrich (USA). Samples were collected in August-September

2019 and each sample was taken from where it belongs. The name and codes of samples taken from South Eastern Anatolia of Turkey are given in Table 1.

Table1. Codes and names of samples collected from the regions

Sample Code	Name	Sample Code	Name
1	Hazro	12	Mazidagi 2
2	Eğil	13	Kulp 1
3	Hani	14	Kulp 2
4	Bismil	15	Derik
5	Mardin M1	16	Lice
6	Mardin M2	17	Midyat 1
7	Çermik 1	18	Midyat 2
8	Çermik 2	19	SavurSicva
9	Çermik 3	20	Savur 1
10	Çüngüş	21	Savur 2
11	Mazidagi 1	22	Savur 3

Preperation of sumac extract

Extraction for antioxidant analysis

Sumac samples were used in a laboratory environment by grinding the household flour mill and separating the pericarp and seeds from fruits (Kossah et al., 2009). The collected sumacs were coded according to the areas taken and cleaned by separating from wood parts and cores. The dark red colored pericarp parts, which were considered as spice after separation, were ground in a mill. To determine the antioxidant analyses, a 10 g of ground sumac was taken and kept in 100 ml distilled water for 1 hour, then it was extracted by centrifugation (Mazaheri et al., 2017).

Extraction for antimicrobial analysis

A 200 grams of ground sumac sample obtained from samples taken from Midyat, Kulp, Hazro, Mazıdagi, Bismil and Çermik was added to 1000 mL distilled water and refluxed for 1 hour at 100 °C. The extracts were then filtered through Whatman (no2) filter paper using Buchner funnel to separate the sumac particles. The filtrates were concentrated under vacuum in a rotary evaporator, lyophilized and dried six different sumac extracts were stored in sealed bottles at 4 °C until analysis. All tests were performed in triplicate and results were given as mean values \pm standard deviation of three replicates.

Physicochemical analysis

In physicochemical analysis, pH, humidity, ash,

acidity and particle size of the sumac samples were determined. To determine acidity, 95 g of water was placed on 5 g of sumac, which was separated from the seeds and ground, and then left for three hours. A 15 ml of the filtrate was taken and titrated with 0.1 N NaOH. Results were calculated in terms of citric acid equivalent. In order to determine the pH of the samples, it was made with a pH meter using the filtrate used in acidity analysis. For moisture determination, sumac samples were weighed as 5 grams, placed in petri dishes, kept in an oven at 103 °C for 2 hours (when it reached constant weighing), and then weighed. To determine the ash content, a 2 g of sample was weighed into crucibles and ignited with alcohol, and then kept at 550 °C for 2 hours. Water was dropped on it and burned for 1 hour again and the weighings were taken. The size of the sumac grains was measured using calipers (Basoglu and Cemeroglu, 1984).

Antioxidant analysis

The application of organic and aqueous solvents while extracting is the most common method of extracting antioxidant compounds from plant tissues. Antioxidant compounds play an important role in preventing damage caused by free radicals. Therefore, antioxidant compounds of natural and synthetic origin are used. Various methods are used to evaluate the antioxidant capacity of herbal products and

foods. These methods can be examined under two groups as methods based on electron transfer (ET) and hydrogen atom transfer (HAT) reactions. Electron transfer (ET) assays measure the reducing ability of the substrate (antioxidant) while hydrogen atom transfer assays measure the hydrogen donating ability of the substrate. ET-based methods include the total phenols assay by Folin-Ciocalteu reagent (FCR), trolox equivalence antioxidant capacity (TEAC), ferric ion reducing antioxidant power (FRAP), "total antioxidant potential" assay using a Cu (II) complex as an oxidant, and DPPH method (Albayrak et al., 2010). In this study, total phenolic content (based on Folin-Ciocalteu reagent (FCR)), total flavonoid substance and DPPH free radical scavenging activity of the samples were examined as antioxidative analyses.

Dpph (diphenyl-1-picrylhydrazyl)

The DPPH methodology, which can be measured spectrophotometrically and has a strong purple color, was developed by Brand-Williams et al. (Brand-Williams et al., 1995). DPPH analysis is one of the spectrophotometric methods used in antioxidant activity measurement (Sharma and Bhat, 2009). The DPPH radical is one of the few stable organic nitrogen radicals. It is dark violet in color. UV-vis absorption maximum is 515 nm (Albayrak et al., 2010). This method is based on the scavenging of the DPPH radical by antioxidants due to a redox reaction. The methanolic DPPH solution turns dark violet and the decrease in absorbance is measured by UV-vis spectrophotometer. Alternatively, the antioxidant reduction ability can be evaluated by electron spin resonance. The more discoloration in the methanolic DPPH solution, the greater the decrease in the absorbance of the reaction mixture, hence high radical scavenging capacity. When the DPPH solution is mixed with a substance that can give off a hydrogen atom, it turns into a reduced form with the disappearance of the purple-violet color. The effect of DPPH scavenging was estimated using the following formula:

$$\text{The effect DPPH scavenging inhibition (\%)} = \left(\frac{A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Where A_{control} was the control absorbance and A_{sample} was the sample absorbance (Zhu et al., 2010).

Total phenolic content

Phenolic compounds are aromatic structures containing one or more hydroxyl groups. Many polyphenols contain more than one hydroxyl group, some of which are methylated or glycosylated. It is estimated that there are about 8000 kinds of phenolic substances found in plants. The total phenolic matter analysis method was proposed by Singleton and Rossi in 1965 and later developed by different practitioners. Folin-Ciocalteu reagent (Folin Phenol Reagent or Folin-Denis reagent) is a mixture of phosphomolybdate and phosphotungstate reagent used for the colorimetric determination of phenolic and polyphenolic antioxidants (Singleton and Rossi, 1965). The method measures the amount of material tested to inhibit the oxidation of the reagent (Vinson and Hontz, 1995). However, it is known that this reagent does not only measure the total amount of phenolic compound and will also react with all reducing agents present in the sample. Therefore, there is controversy that the reagent measures not only the phenolic compound level in the sample, but also the total reduction capacity of the sample (Ikawa et al., 2003). However, the determination of total phenolic compound with the Folin-Ciocalteu reagent is a standard method used in almost all antioxidant studies to determine the phenolic content in the sample.

The values recorded in the total phenolic substance content (TPC) analysis were recorded as gallic acid (GAE) equivalents. In this analysis, firstly, the gallic acid standard curve was drawn and calculations were made on the following equation;

$$y = 93.55x - 7.544 \quad (2)$$

Total flavonoid content

Flavonoids are aromatic pigment compounds found in fruits, vegetables, various beneficial biochemicals and some beverages with antioxidant effects. Flavonoids act as chemical messengers, physiological regulators or inhibitors of the cell cycle within the cell. Flavonoids have many other beneficial properties besides their high antioxidant effect (Akbasli, 2013).

In the analysis of total flavonoid substance content, the amount of flavonoid substance was recorded as catechin equivalent. Therefore, the catechin standard curve was drawn. The total amount of flavonoid substance was calculated using the following calibration equation;

$$\text{Absorbance} = 0.0023 (\text{catechin}) + 0.0147 \quad (3)$$

Antimicrobial analysis

Various sensitivity tests are performed to determine the sensitivity of microorganisms to antimicrobials. In vitro tests used to determine antibacterial activity are as old as the use of the first antibiotic (Sumerkan, 1996). In this study, in addition to other analyzes, the antimicrobial effects of 6 samples were also investigated by well diffusion method. Six different sumac sample extracts, two gram-negative bacteria; *Salmonella typhimurium* (ATCC 1730), *Esterichia coli* (ATCC 25222) and four gram-positive bacteria; *Bacillus cereus* (ATCC 11778), *Bacillus subtilis* (AATC 6633), *Listeria monocytogenes* (ATCC 19118) and *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538), it has been subjected to antibacterial tests against six different bacteria. Antibacterial activity of sumac extracts on test bacteria was investigated by agar-well diffusion method (NCCLS, 1999; Fazeli et al., 2007).

Statistical analysis

The statistics obtained as a result of the evaluations were recorded using the SPSS program and it was found that there were significant differences between the values ($p < 0.05$). Samples taken from 22 different regions were evaluated over 44 analyses in 2 repetitions. Comparisons of samples were made using one-

way ANOVA test and Tukey test. Analyses were performed in duplicate; average results were noted.

Results and Discussion

Physicochemical analyses

Physical and chemical properties of agricultural products such as sumac have an important place in terms of transporting, processing, separating, qualitatively evaluating, and comparing multiple products among each other. The results of physicochemical analysis performed on sumac samples are given in Table 2.

In the pH of the samples, the highest pH value was observed in the sample taken from Hani with 3.29. This was followed by samples taken from Bismil with 3.23, Derik with 3.19, Eğil and Hazro with 3.18, Kulp and Mardin with 3.17. In the literature, Ozcan and Haciseferogullari (2004) determined the pH of the sumacs they collected from Mersin as 3.7 ± 0.3 . The obtained pH values in our study are among the values determined in previous studies in the literature. In the moisture analysis, the highest moisture was observed in the sample taken from Mardin Mazıdagi with 6.62 %. Moisture values varied between a maximum of 6.57 % and a minimum of 2.99 %. Kossah et al. (2009), observed that the moisture content of sumac samples taken from Turkey as 5.37 ± 0.14 %. The comparisons made with the literature; it was observed that the moisture values determined did not show much deviation. It is thought that the region where the collected sumac plants grow, and the climatic conditions are effective in different moisture values. The highest ash (%) content was observed in the samples obtained from Bismil district of Diyarbakır with 3.7%, and Savur district of Mardin with 3.25. The lowest value was observed in the first sample taken from the Kulp district of Diyarbakır with 2.02%. Al-Shabibi et al. (1982) stated that the ash content of the sumac samples varied 3.2 and 3.7%. Basoglu and Cemeroglu (1984) found 19.79% total ash in the sumac samples purchased from the market as spices.

The grain sizes of the sumac samples were measured with 4.7 mm as the highest in Kulp and at the lowest 1.9 mm in the sample taken from Hazro district. Mazaheri et al. (2017), found that the sizes of sumac fruits taken from Gonabad,

Ferdows and Zohk regions of Iran, 3.84 mm, 3.58 mm and 3.6 mm respectively. Although different results have been reported in the literature, the recorded values are compatible with the literature.

Table 2. Physicochemical analysis values of the samples

Sample Code	pH	Moisture content (g/100 g)%	Ash %	Acidity %	Sample size (mm)
1	3.18±0.01 ^{ab}	3 ± 0.31 ^{hij}	2.6±0.14 ^e	1.65±0.1 ^{ij}	1,9±0.14 ^g
2	3.18±0.12 ^{ab}	5.56± 0.09 ^{abc}	2.7±0.06 ^{abcde}	1.5± 0.00 ^{jk}	3,75±0.3 ^{abcde}
3	3.29±0.06 ^{ab}	4.17± 0.07 ^{efg}	2.35±0.05 ^{cde}	1.3±0.03 ^k	3,6±0.8 ^{abcde}
4	3.23±0.19 ^a	6.57± 0.12 ^a	3.7±0.28 ^a	2.27±0.16 ^{bc}	3,25±0.3 ^{bcde}
5	3±0.12 ^{ab}	4.33± 0.26 ^{def}	3.2±0.00 ^{abc}	2.31±0.02 ^{bcde}	2,2±0.2 ^{fg}
6	3.12±0.15 ^b	3.86±0.39 ^{bcd}	2.26±0.07 ^{de}	2.09±0.0 ^{efgh}	3,9±0.14 ^{abcd}
7	3.08±0.02 ^{ab}	5.19±0.00 ^{bcd}	2.58±0.12 ^{bcde}	2.25±0.07 ^{bcde}	3±00 ^{cdefg}
8	3.09±0.00 ^{ab}	4.24±0.03 ^{efg}	2.97±0.02 ^{abcd}	1.7±0.21 ^{hi}	4,55±0.07 ^a
9	3.09±0.00 ^{ab}	4.95±0.02 ^{cde}	3.19±0.03 ^{abc}	2.07±0.00 ^{efgh}	2,25±0.3 ^{fg}
10	3.04±0.02 ^b	2.29±0.19 ^j	2.53±0.00 ^{bcde}	2.06±0.00 ^{efgh}	2,9±0.1 ^{defg}
11	3.11±0.02 ^{ab}	6.62±0.50 ^a	2.83±0.01 ^{abcde}	2.36±0.02 ^{bcd}	2,2±0.2 ^{fg}
12	3.13±0.00 ^{ab}	5.2±0.21 ^{bcd}	2.9±0.28 ^{abc}	2.55±0.07 ^{ab}	2,1±0.1 ^{fg}
13	3.14±0.00 ^{ab}	4.58±0.48 ^{efg}	2.02±0.73 ^e	1.9±0.07 ^{fgh}	4,1±0.1 ^{abc}
14	3.17±0.02 ^{ab}	4.8±0.48 ^{cde}	3.1±0.28 ^{ab}	2.11±0.02 ^{cdefgh}	4,7±0.4 ^a
15	3.19±0.02 ^{ab}	3.4±0 ^{ghi}	2.97±0.04 ^{abcd}	1.9±0.04 ^{gh}	2,4±0.1 ^{fg}
16	3.02±0.01 ^b	5.12±0.12 ^{bcd}	2.39±0.00 ^{cde}	2.79±0.02 ^a	3,9±0.1 ^{abcd}
17	3.14±0.02 ^{ab}	3.63±0.06 ^{ghi}	2.5±0.10 ^{bcde}	2.25±0.03 ^{cdef}	4,2±0.2 ^{ab}
18	3.2±0.02 ^{ab}	3.67±0.07 ^{ghi}	2.78±0.13 ^{abc}	1.56±0.00 ^{jk}	3,1±0.1 ^{bcde}
19	3±0.07 ^b	4.64±0.00 ^{def}	3±0.14 ^{abcde}	2.09±0.00 ^{defgh}	3±0.00 ^{cdefg}
20	3.08±0.01 ^{ab}	5.86±0.09 ^{ab}	2.86±0.02 ^{abcde}	2.17±0.01 ^{cdefg}	2,65±0.2 ^{efg}
21	3±0.13 ^{ab}	2.99±0.02 ^{ij}	2.7±0.14 ^{bcde}	1.98±0.01 ^{fgh}	3,25±0.3 ^{bcde}
22	3.15±0.05 ^{ab}	4±0.01 ^{ghi}	3.25±0.35 ^{abc}	2.048±0.00 ^{efgh}	3±0.00 ^{cdefg}

*Letters in the same column indicate no statistical difference (p >0.05). ^{a - j} Different superscript lowercase letters show differences between samples.

Antioxidative analysis

Antioxidant analysis values of the samples are given in table 3. In this study, the highest inhibition value was seen in the 1st sample taken from Çermik with 75.7%. The lowest inhibition percentages were observed in the 3rd sample taken from Savur with 39.6%, followed by the samples taken from Midyat with 45.7% and 48.2% and Çüngüş with 48%. When looking at the studies on the phenolic substance and antioxidant properties of sumac, Torun (2019) investigated the antioxidant activities of the samples collected from Aydın, Gaziantep, Silifke and Van, and noted the inhibition (%) values according to the region as; Aydın with 57.01%, Gaziantep with 52.82%, Silifke with 78.76% and Van with 45.08%. When looking at the range in general, the percent inhibition values were recorded after our trials are consistent with the literature.

the samples are examined, the highest phenolic substance was observed in the 1st sample taken from Çermik district of Diyarbakır with the highest ratio of 82.2 (mg gallic acid g⁻¹ sumac). The lowest amount was observed in samples taken from Hazro with 26.3 (mg gallic acid g⁻¹ sumac) and Çermik 2 and 31.4 (mg gallic acid g⁻¹ sumac) and when evaluated statistically, significant differences were observed between each other (p <0.05). Unver (2006) determined gallic acid amount in the sumac samples collected from Çanakkale and Siirt provinces, as 67.56 (mg gallic acid g⁻¹ sumac) in Çanakkale sample and 19.01 (mg gallic acid g⁻¹ sumac) in Siirt sample. In a study conducted with sumac samples taken from Syria and China, the total amount of phenolic matter was determined by extraction under different experimental conditions such as ethanol concentration, extraction time, particle size, ratio of solvent to sumac amount. The total amount of

When the total phenolic substance contents of

phenolic substance was determined as 159.32 mg gallic acid g⁻¹ for Syrian sumac and 150.68 (mg gallic acidg⁻¹) for Chinese sumac (Kossah et al., 2010). In another study, Yegin (2017) investigated the antioxidant capacities of sumac taken from Hatay, Gaziantep and Mersin and recorded the total phenolic substance amount as 17.37 mg gallic acid g⁻¹, 18.22 mg gallic acid g⁻¹ and 13.03 mg gallic acid g⁻¹, respectively.

While the highest flavonoid substance was found with 7.55 (mg catechin g⁻¹ sumac) samples taken from Diyarbakır Çermik 1 and Siçva village

of Mardin Savur; with 7.4 (mg catechin g⁻¹ sumac), it was observed at least in samples taken from Hazro, Eğil, Hani, Bismil and Mazıdagi districts. In the literature, Torun (2019), in her master's thesis on the phenolic substance content and antioxidant activity properties of the sumac plant, in the aqueous extracts prepared from the sumac samples collected from Aydın, Gaziantep, Silifke and Van provinces. The amount of flavonoid substance was 5.58, 1.59, 2.80 and 3.01 in the samples taken from Silifke, Aydın, Van and Gaziantep provinces respectively.

Table 3. Antioxidant analysis values of the samples.

Sample code	Total Flavonoid Content (mg catechin g ⁻¹ sumac)	Total Phenolic Content (mg gallic acid g ⁻¹ sumac)	Antioxidant Activity (Inhibition%)
1	7.4±0.01 ^c	31.4±0.03 ^{mn}	50±0.07 ^{ij}
2	7.4±0.00 ^c	55.4±0.07 ^{dc}	60.5±0.84 ^{ef}
3	7.4±0.01 ^c	38.7±0.09 ^l	62.5±1.41 ^e
4	7.4±0.00 ^c	54.6±0.14 ^{de}	72.3±0.70 ^b
5	7.42±0.03 ^{bc}	48.1±0.06 ^g	57.9±0.07 ^{fg}
6	7.45±0.00 ^{bc}	32.4±0.02 ^m	48.8±0.28 ^{jk}
7	7.55±0.01 ^a	82.2±0.06 ^a	75.7±2.40 ^a
8	7.5±0.00 ^{bc}	26.3±0.00 ^o	55.3±0.28 ^{gh}
9	7.45±0.00 ^{bc}	46.5±0.09 ⁱ	66.2± 0.21 ^{de}
10	7.45± 0.03 ^{bc}	39±0.02 ^l	48±0.63 ^{jk}
11	7.4± 0.00 ^c	52±0.07 ^f	61.8±0.35 ^e
12	7.45± 0.00 ^{bc}	55.6±0.00 ^{dc}	52.9±0.63 ^{hi}
13	7.4± 0.03 ^c	44.5±0.06 ^j	50±0.00 ^{ij}
14	7.45± 0.00 ^{bc}	67.3±0.00 ^c	52.8±0.21 ^{hi}
15	7.45±0.01 ^{bc}	53.4±0.02 ^e	56.5±0.70 ^g
16	7.45± 0.01 ^{bc}	54.5±1.5 ^{de}	53.3±0.14 ^h
17	7.5± 0.00 ^{ab}	30.5±0.07 ⁿ	45.7±0.45 ^k
18	7.5±0.01 ^{ab}	41.6±0.06 ^j	48.2±1.13 ^{jk}
19	7.55± 0.01 ^a	40.4±0.16 ^{kl}	68.8±0.00 ^{cd}
20	7.5±0.01 ^{ab}	53.4±0.00 ^e	63.7±0.28 ^{de}
21	7.45± 0.00 ^{bc}	74.3±0.35 ^b	69.6±0.35 ^{bc}
22	7.45± 0.00 ^{bc}	39.2±0.00 ^l	39.6±0.84 ^l

*Letters in the same column indicate no statistical difference (p >0.05). ^{a - j} Different superscript lowercase letters show differences between samples.

Antimicrobial analysis

The effect of samples and cephalixin and tetraxilin antibiotics on bacteria is shown in Table 4. When looking at the previous studies, a research was conducted on the effects of ethanol extracts of 15 different plants on some gram-positive and gram-negative bacteria; It has been observed that sumac is more effective than pomegranate and thuja. It has been observed that tannins, which are the common components of the materials, are effective as antibacterial (Nimri et al., 1999). The effects of methanol

extracts of *R.coriaria* against gram-positive and gram-negative bacteria and *Candida albicans* were tested, and it was reported that they were highly effective against pathogenic bacteria and low against *C. albicans* (Iauk et al., 1998). In this study, *E. Coli*, among the two gram negative bacteria we used, mostly showed greater resistance compared to gram positive bacteria and *S. aureus* by affecting the lower inhibition area. Among gram-negative and gram-positive bacteria, *L. monocytogenes* showed the greatest area of inhibition, showing less resistance. When

looking at the effect of different sample on bacteria; It has been observed that the sample taken from Bismil has an antibacterial effect on more inhibition areas in direct proportion to its antioxidant effect. Sumac sample taken from Bismil, which shows a strong antimicrobial effect by affecting the highest zone area among the 6 samples that were analyzed for antibacterial, was likewise antioxidative, with a percentage

inhibition value of 72.3% DPPH and 54.6 (mg gallic acid g⁻¹ sumac) It has been observed that it has an effect directly proportional to the total phenolic content and antioxidative values. It has been noted that the sample taken from Hazro has the least inhibition area on bacteria and has the least effect. When the effect of antibiotics on bacteria is compared to sumac samples, it has been observed that sumac is quite effective.

Table 4. Inhibition areas (mm) of sumac extracts (100µl / mL) for 6 different microorganisms.

	Area of inhibition (mm)					
	<i>E. coli</i>	<i>S. typhimurium</i>	<i>S.aureus</i>	<i>B.Subtilis</i>	<i>B.cereus</i>	<i>L. monocytogenes</i>
<i>Sumac Extracts</i>						
Midyat 1	11.5±0.01	13.5±0.00	19.2±0.00	16.4±0.00	14.0±0.01	28.2±0.00
Kulp 1	17.3±0.00	16.7±0.01	24.5±0.01	20.2±0.00	20.5±0.01	33.5±0.01
Hazro	12.1±0.01	14.6±0.01	19.0±0.00	14.5±0.01	14.5±0.01	22.5±0.01
Mazidagi 2	22.5±0.02	21.4±0.00	28.2±0.02	23.4±0.01	18.0±0.00	30.2±0.00
Bismil	22.1±0.00	22.2±0.00	29.1±0.01	24.6±0.00	20.2±0.00	29.0±0.01
Çermik 3	16.5±0.01	17.0±0.01	23.4±0.00	17.8±0.00	19.5±0.01	32.2±0.00
<i>Antibiotics</i>						
Cephalexin	10.5±0.00	12.5±0.00	18.8±0.01	23.0±0.01	18.5±0.00	20.2±0.00
Tetracycline	33.6±0.00	32.1±0.00	29.5±0.01	16.5±0.00	28.0±0.01	31.0±0.01

Conclusions

Sumac plant is a plant that grows wild spontaneously in nature. It has characteristic color, smell and taste. In this study on sumac, which has a great importance in terms of health, it was determined that sumac samples collected from the regions have a great importance in terms of antioxidants and have a very rich antioxidative potential with directly proportional to its antimicrobial potential. As a result of the analysis, it was determined that the most antioxidant-rich sumac sample was in the 1st sample collected from Diyarbakır Çermik. The highest levels of total phenolic substance, flavonoid and DPPH percentage inhibition were observed in this sample. Although the grain size and epicarp color were smaller and less noticeable compared to other sumac samples, it was found to be quite rich in antioxidants.

On the other hand, in antimicrobial analysis, it was observed that all samples formed an effective inhibition zone area, especially the sample taken from Bismil was found to have a strong antimicrobial effect in direct proportion to the

antioxidative analysis. At the end, it has been observed that sumac plants taken from Mardin and Diyarbakır have a strong antioxidant and antimicrobial effect when compared with the studies conducted in different regions similar to this subject. Changes in the structure of foods and scarcity of products close to nature have led to an increase in diseases in recent years. With the developing and renewed technology, ready-made foods are preferred more than traditional foods, which brings along many health problems that we cannot prevent. Therefore, sumac can be used as a natural source of antimicrobials and antioxidants to protect foodstuffs against a number of food-related microorganisms.

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

Author contributions: Both authors conceived and designed formal analysis, writing the data, performed the analysis, wrote and submitted the manuscript.

References

- Akbasli, İ. (2013). Flavanoids & Their Antioxidant Properties. Ahmet Yesevi University, Faculty of Medicine, 4th Term.
- Akgul, A. & Ayar, A. (1993). Antioxidant Effects of Local Spices. *Nature Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 17, 1061-1068.
- Albayrak, S., Sagdic, O. & Aksoy, A. (2010). "Methods Used in Determination of Antioxidant Capacities of Herbal Products and Foods". *Journal of Erciyes University Institute of Science*, 26 (4), 401-409.
- Al-Shabibi, M.M.A., Siddiqi, A.M., Kassim, S. & Haddad, B.A. (1982). Studies on The Sumach of Iraq. I. Proximate Analysis and Characterization of Seed Coat Lipids. *Canadian Institute of Food Science Technology Journal*, 15(1), 65-67.
- Basoglu, F. & Cemeroglu, B. (1984). Research on the Chemical Composition of Sumac. *Food Journal*, 9 (3), 167-172.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. & Berset, C. (1995). Use of A Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Food Science and Technology*, 28(1), 25–30.
- Brunke, E.-J., Hammerschmidt, F.-J., Schmaus, G. & Akgül, A. (1993a). The Essential Oil of *Rhus coriaria* L. Fruits. *Flavour Fragrance Journal*, 8(4), 209-214.
- Candan, F., & Sökmen, A. 2004. Effect of *Rhus coriaria* L. (Anacardiaceae) on Lipid peroxidation and Free Radical Scavenging Activity. *Phytotherapy Research*, 18(1), 84-86.
- Fazeli, M. R., Amin, G. H., Ahmadianattari, M. M., Ashtiani, H., Jamalifar, H. & Samadi, N. (2007). Antimicrobial Activities of Iranian Sumac and Avishan-E Shirazi (*Zataria multiflora*) Against Some Food-Borne Bacteria. *Food Control*, 18, 646–649.
- Lauk, L., Caccamo, F., Speciale, A.M., Tempera, G., Ragusa, S. & Pante, G. 1998. Antimicrobial Activity of *Rhus coriaria* Leaf Extracts. *Pytotherapy Research*, 12 (Suppl.1), 152-153.
- Ikawa, M., Schaper, T. D., Dollord, C. A. & Sosner, J. J. (2003). Utilization of Folin Ciocalteu Phenol Reagent for the Detection of Certain Nitrogen Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(7), 1811-1815.
- Karanki, E. (2013). Determination of Antimicrobial Activity of Some Spices Commonly Used in Our Country. Niğde University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Biology (pp. 87), Niğde.
- Kossah, R., Nsabimana, C., & ZhaoJ. (2009). Comparative Study on the Chemical Composition of Syrian Sumac (*Rhus coriaria* L.) and Chinese Sumac (*Rhus typhina* L.) Fruits. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(10), 1570–1574.
- Kossah, R., Nsabimana, C., Zhang, H. & Chen, W. (2010). Optimization of Extraction of Polyphenols from Syrian Sumac (*Rhus coriaria* L.) and Chinese Sumac (*Rhus typhina* L.) Fruits. *Research Journal of Phytochemistry*, 4(3), 146-153.
- Mazaheri, T. M., Hesarinejad, M., Seyed M. R., Mohammadian, R. & Poorkian, S. (2017). Comparing Physicochemical Properties and Antioxidant Potential of Sumac from Iran and Turkey. *Food Processing & Technology*, 5(2), 288-294.
- National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS), (1999). *Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests*. NCCLS, Pennsylvania-USA, M2-A5.
- Nimri, L.F., Meqdam, M.M. & Alkofahi, A. 1999. Antibacterial Activity of Jordanian Medicinal Plants. *Pharmaceutical Biology*, 37, 196-201.
- Ökmen, G. & Uğur, A. 2011. Antimicrobial Potential of Antagonistic Streptomyces Obtained from Soils of Sumac Plant. *Biological Sciences Research Journal*, 4(2), 1- 5.
- Oncu, C. (1951). *Experimental Studies on Sumacs of Turkey and Their Extracts*. Ankara University Faculty of Agriculture Publications, no;28 (pp. 72), Ankara.
- Ozcan, M. & Hacisferogullari, H. (2004). A Condiment [Sumac (*Rhus coriaria* L.) Fruits]: Some Physicochemical Properties. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 30(3-4), 74–84.
- Sharma, Op. & Bhat, T.K. (2009). DPPH Antioxidant Assay Revisited. *Food Chemistry*, 113(4), 1202- 1205.
- Singleton, V. L. & Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Sumerkan, B. (1996). Antibiotic Susceptibility Tests and Standardization. *Journal of Flora Infectious Diseases and Clinical Microbiology*, 1 (1), 24-30.
- Tanker, N. Coskun, M. & Koyuncu, M., (2007). *Pharmaceutical Botany*. Ankara University Publications (pp. 449). Ankara.
- Torun, L. (2019). *Sumac Plant Phenolic Substance Content and Antioxidant Activity Properties*. Department of Food Engineering, (Unpublished master's thesis), Istanbul Aydin University, Graduate School, Istanbul.
- Unver, A. (2006). *Research on the Production of Oleoresin from Sumac (Rhus coriaria L.) Fruits*. Department of Food Engineering. (Unpublished doctoral dissertation) Selcuk University Graduate School, Konya.
- Vinson, J.A. & Hontz, B.A. (1995). Phenol Antioxidant Index: Comparative Antioxidant Effectiveness of Red and Wine Wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(2), 401-403.
- Yegin Ciftci, S. (2017). Determination of Antioxidant Capacity of Sumac (*Rhus coriaria* L.) Sourdough Belong to Different Regions. Cumhuriyet University Journal of Health Sciences Institute, Giresun University Health Services MYO, Güre Campus Giresun, 2(2), 35-39.
- Yikmis, S., Saglam, K. & Yetim, A. (2017). The Examination of Spices Used in The Ottoman Palace. *Journal of Human Sciences*, 1(14).
- Zhu, X., Song, F. & Xu, H. (2010). Influence of arbuscular mycorrhiza on lipid peroxidation and antioxidant enzyme activity of maize plants under temperature stress. *Mycorrhiza*, 20(5), 325–332.



Psyllium, bezelye ve yulaf diyet liflerinin depolama süresi boyunca ayranın fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisi

Effect of dietary fiber sources such as psyllium, oat and pea on the physicochemical and microbiological properties of ayran during storage

Halil YALÇIN^{1*}, İlhan GÜN², Ali SOYUÇOK³

¹Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, Burdur, Türkiye,

²Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur Gıda Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Süt ve Ürünleri Teknolojisi Programı, Burdur, Türkiye,

³Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Süt Ürünleri ve Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Burdur, Türkiye,

¹<https://orcid.org/0000-0003-2162-2418>; ²<https://orcid.org/0000-0003-0047-273X>; ³<https://orcid.org/0000-0003-2626-5827>

To cite this article:

Yalçın, H., Gün, İ. & Soyuçok, A. (2022). Psyllium, bezelye ve yulaf diyet liflerinin depolama süresi boyunca ayranın fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(3): 336-348.

DOI:10.29050/harranziraat.1143580

*Address for Correspondence:

Halil YALÇIN

e-mail:

hyalcin@mehmetakif.edu.tr

Received Date:

14.07.2022

Accepted Date:

02.08.2022

© 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

Diyet lifleri, tüketici sağlığı üzerine olumlu etkilerinden dolayı kullanımı giderek popülerleşmektedir. Çalışmamızda ayran üretiminde psyllium, bezelye ve yulaf kullanımı araştırılmıştır. Farklı konsantrasyonlarda diyet lifleri içeren ayran örnekleri +4 °C'de 21 gün boyunca depolanmıştır. Depolanmanın 1., 7., 15. ve 21. günlerinde pH, titrasyon asitliği, kuru madde, kül, yağ, protein, viskozite, tirozin, mineral madde (sodyum, kalsiyum, potasyum, fosfor ve magnezyum) gibi fiziko-kimyasal ve maya-küf, toplam mezofil bakteri, *Lactobacillus bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* sayımı gibi mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda psyllium, bezelye ve yulaf liflerinin ayranın kullanımının mümkün olabileceği ve bu sayede günlük diyet lifi ihtiyacını süt ürünlerinden almak isteyen tüketiciler için alternatif yeni bir fonksiyonel süt ürünü olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Psyllium, Bezelye, Yulaf, Diyet lifi, Ayran

ABSTRACT

Dietary fiber is becoming increasingly popular due to its effects on consumer health. In our study, the use of psyllium, pea and oat fibers in ayran production was investigated. Ayran samples containing different concentrations of dietary fibers were stored at +4 °C for 21 days. On the 1st, 7th, 15th and 21st days of storage, physico-chemical such as pH, titration acidity, dry matter, ash, oil, protein, viscosity, tyrosine, mineral matter (sodium, calcium, potassium, phosphorus and magnesium) and microbiological analyzes such as yeast-mold count, total mesophyll bacteria count, *Lactobacillus bulgaricus* count and *Streptococcus thermophilus* count were performed. As a result of analyzes, it is possible to use of psyllium, pea and oat fibers in ayran, and thus it will be a new functional dairy product for consumers who want to get their daily dietary fiber needs from dairy products.

Key Words: Psyllium, Pea, Oat, Dietary fiber, Ayran

Giriş

Ayran, direkt olarak süttten üretilebilmesinin yanı sıra yoğurda su katılarak da elde edilmektedir (Türk Gıda Kodeksi-TGK, 2009). Kolay

hazırlanabilmesinin yanında ayran kendine has tat aromaya sahip olmasına ek olarak besleyici özellikleri (iyi kalitede protein, kalsiyum, fosfor, B1, B2, B6 gibi) ve ferahlatıcı etkisi ile de ön plana çıkmaktadır (Kiani, 2008). Ulusal süt konseyi

verilerine göre ülkemizde 2022 yılı ayran üretimi Ocak-Mayıs döneminde bir önceki yıla göre % 30.7'lik artış göstermiştir (TUİK, 2022). Ayran; yağlı (% 1.5), yarım yağlı (% 0.8) ve yağsız (% 0.15) olarak ve en fazla % 1 tuz içerebilecek şekilde üretilmektedir (TGK, 2009).

Diyet lifi çözünür ve çözünür olmayan olarak iki yapıda bulunmakta olup çözünür olmayan diyet lifi bağırsak sağlığı üzerine etkiliyken çözünür diyet lifi ise kolesterolün düşürülmesi ve glukoz absorpsiyonunun azaltılması üzerine etkili olmaktadır (Şenol ve Yalçın, 2019). Diyet lifleri sahip oldukları teknolojik özellikler bakımından gıda endüstrisinde kullanılmaktadır (Abdullah ve ark., 2021). Dünya genelinde yulaf, bezelye ve psylliumun kullanımı zengin diyet lifi kaynağı olmasından dolayı giderek popülerleşmektedir (Aaliya ve ark., 2021). Yulaf lifi (Ambuja ve Rajakumar, 2018), bezelye lifi (Mefleh ve ark., 2022) ve psyllium (Belorio ve Gómez, 2021) fonksiyonel ve teknolojik özellikleri sayesinde süt ürünlerinde değişik amaçlarla kullanılmaktadır.

Plantago psyllium L. bitkisinin olgun tohumları yüksek oranda lif ve müsilaj içermektedir. Üst sindirim sisteminde parçalanmaya dirençli olan bu lif, kolonda bakteriler tarafından parçalanabilmektedir. Psyllium tohumu, lif posasına bağlı olarak dışkı ağırlığını ve su içeriğini artırır ve barsak peristaltliğini teşvik eder (Belorio ve Gómez, 2021). Psyllium % 1.9 protein, % 0.6 yağ, % 1.7 karbonhidrat ve % 85 oranında diyet lifinden oluşmaktadır (Ferjančić ve ark., 2021). *Plantago psyllium*'un, total kolesterol ve düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) düzeylerini düşürücü, yüksek yoğunluklu kolesterol (HDL) seviyelerini arttırıcı etkisi bildirilmiştir (Ziaia ve ark., 2005).

Bezelye lif içeriği yüksek ve geniş fonksiyonel (ince bağırsakta çözünmeyen lif ve düşük yağ içeriği gibi) özelliklerinden dolayı deniz ürünleri, tahıl ürünleri, unlu mamuller, et ürünleri ve süt ürünlerinde kullanım olanakları araştırılmış bir bitkidir (Çetiner ve Bilek, 2018). Bezelye lifinin % 88.2 oranında suda çözünmeyen diyet lifi içerdiği belirtilmektedir. Demir, fosfor, vitamin ve mineral içeriğinden dolayı gıda ürünlerinin fonksiyonel özelliklerinin zenginleştirilmesinde ve

çeşitlendirilmesinde bitkisel protein kaynağı olarak bezelye lifi kullanılmaktadır (Özabırcı, 2019). Bezelye lifi diğer lif kaynakları ile karşılaştırıldığında yüksek yağ ve su tutma kapasitesinden dolayı daha çok tercih edilmektedir. Bundan dolayı bezelye lifi ilave edilen ürünlerin daha lezzetli ve daha iyi yapısal özelliklere sahip olacağı vurgulanmaktadır (Anderson ve Berry, 2000).

Yulaf, doymamış yağ asitleri, protein, çözünür lif, mineral, vitamin ve fitokimyasallar gibi değerli bileşikleri içeren antioksidan etkiye sahip ve β -glukan içeriği yüksek bir tahıldır (Chen ve ark., 2021). Yüksek lif oranına sahip yulafın kan şekeri ve kolesterolü düşürdüğü ifade edilmektedir (Akay ve ark., 2017). Yulaf tüketimiyle bağırsak florasında *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* çoğalması desteklenmektedir (Angelov ve ark., 2006).

Fermente bir süt ürünü olan ayran gıda bileşenleri bakımından insan beslenmesinde önem arz etmektedir (Öztürkoğlu-Budak ve ark., 2016). Yapılan epidemiyolojik çalışmalar süt ürünleri ve diyet liflerinin insan beslenmesinde probiyotik/prebiyotik etkileşimini arttırırken metabolik bozuklukları, kardiyovasküler hastalıklar, bağırsak kanseri ve prematüre ölümlerini de içeren çeşitli hastalık risklerini azaltmaktadır (Yang ve ark., 2020). Ayrıca diyet lifi ve yoğurdun akciğer hastalığına karşı potansiyel yeni bir rolü olduğu da rapor edilmiştir (McAleer ve Kolls, 2018).

Yapılan bu çalışmada, ayran üretiminde diyet lifi kaynağı olarak psyllium, bezelye ve yulafın kullanımı araştırılmıştır. Farklı diyet lifi içeren ayran örneklerinin fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve mineral madde miktarları depolama boyunca takip edilmiştir. Bu sayede tüketiciler için günlük lif alımını karşılayacak yeni bir fonksiyonel süt ürünü üretilmesi ve bu ürünün özelliklerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Ayran üretimi

Ayran üretiminde kullanılan süt Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Tarım, Hayvancılık ve Gıda

Araştırmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi Büyükbaş Yetiştiriciliği Birimi'nden (Mart, 2021) temin edilmiştir. Ayran üretimine uygun olduğu belirlenen sütün yağsız kuru maddesi % 7'ye içme suyu ile standardize edilmiştir (TSE, 2003). Standardize edilen süt 85-90°C'de 15-20 dk. pastörizasyona tabi tutulmuştur. 45±1°C'ye soğuyan süt porsiyonlanarak deneme grupları (Çizelge 1) oluşturulmuş ve % 3 oranında başlatıcı kültür (Danisco/YO-MIX 885 LYO 50 DCU, Fransa) ilavesi yapılmıştır. İnokülasyon pH 4.2'de sonlandırılmış ve % 0.5 oranında sofralık iyotsuz tuz ilave edildikten sonra örnekler depolanmıştır. Depolamanın (+4 °C) 1., 7., 14. ve 21. günlerinde örneklerin kimyasal ve mikrobiyolojik analizleri gerçekleştirilmiştir. Deneme üretimleri 3 tekerrür gerçekleştirilmiş olup her bir analiz paralelli yapılmıştır.

Çizelge 1. Deneme gruplarının içerdiği lif çeşidi ve miktarları
Table 1. *Dietary fiber content of treatment groups*

Grup Treatment group	İçeriği Content
K	Diyet lifi içermeyen deneme grubu
P1	% 0.05 (w/v) psyllium içeren deneme grubu
P2	% 0.1 (w/v) psyllium içeren deneme grubu
B1	% 0.5 (w/v) bezelye Lifi içeren deneme grubu
B2	% 1 (w/v) bezelye Lifi içeren deneme grubu
Y1	% 0.5 (w/v) yulaf Lifi içeren deneme grubu
Y2	% 1 (w/v) yulaf Lifi içeren deneme grubu

Diyet lifi ilaveli ayran da yapılan fiziksel ve kimyasal analizler

Örneklerin pH değerleri Methrohm 704 pH metre (İsviçre) kullanılarak belirlenmiştir. Titrasyon Asitliği (% Laktik asit), kurumadde, yağ ve kül analizleri AOAC (2012)'ye, protein analizi ise Anonymous (2001)'e göre yapılmıştır. Viskozite değeri viscometer (Model RVDV-II, Brookfield Engineering Laboratories, Birleşik Krallık) ile RV2 disk spindle ile 100 rpm hızında ve 15±1 °C örnek sıcaklığında yapılmıştır. Tirozin miktarı Hull (1947)'ye göre spektrofotometrik yöntemle yapılmıştır. Mineral madde analizinde numune hazırlık aşamasında 0.25 g örnek alınıp, üzerine 6 mL % 65 HNO₃ ve 2 mL % 30 H₂O₂ ilave edilerek mikrodalgada yakıldıktan sonra ICP OES (Perkin Elmer-Optima 8000, Amerika Birleşik

Devletleri) cihazında analiz gerçekleştirilmiştir (Nobrega ve ark., 2012). Elementlere ait çalışma dalga boyu ve LOD değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Mineral maddelere ait çalışma dalga boyu ve gözlenebilirlik sınır değerleri

Table 2. *Wavelength and limit of detection values of mineral elements*

Element Element	Çalışma Dalga Boyu Wavelength	Gözlenebilirlik Sınır Değerleri (Ppb) Limit Of Detection (Ppb)
P	214.9	50
Mg	279.0	50
Ca	315.8	50
K	766.4	50
Na	589.7	50

Mikrobiyolojik analizler

Streptococcus salivarius subsp. *thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayımı Durak ve ark., 2015'e göre, toplam aerobik mezofilik bakteri ve maya-küf sayımı Halkman 2014'e göre ve koliform sayımı TS 7569 ISO 4832'ye (TSE, 1996) göre yapılmıştır.

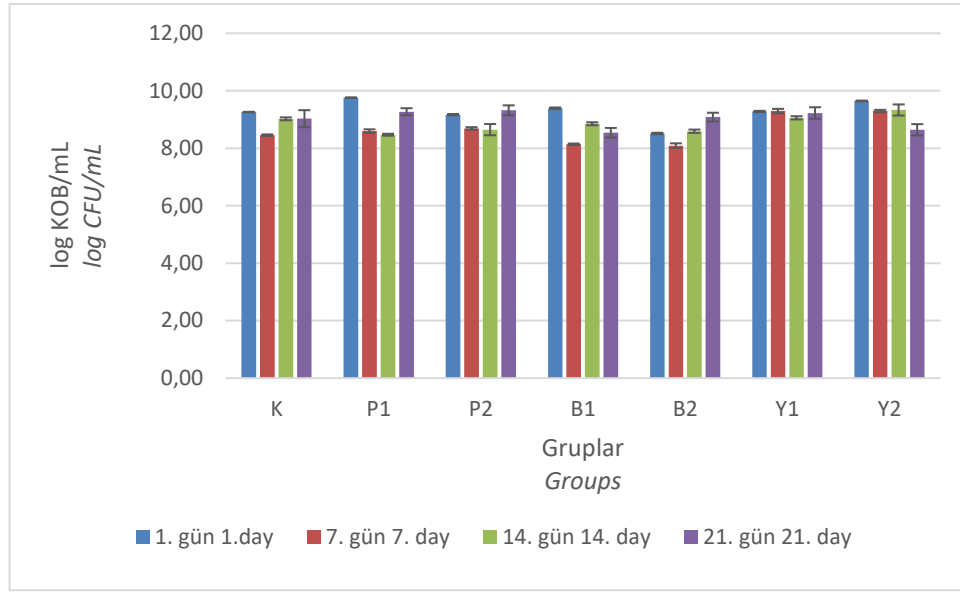
İstatistiksel analiz

Sonuçların istatistiksel analizi IBM SPSS Statics version 25 sürüm yazılımı kullanılarak tek yönlü varyans analizi sonucunda önemli (p<0.05) bulunan parametreler Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. Üretimler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş olup her bir analiz paralelli olarak yapılmıştır. Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Araştırmamızda kullandığımız kültürlerden biri olan *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* değişimleri incelendiğinde 1. gün 8.51 (B2)-9.76 (P1) log KOB/mL düzeyinde olan sayının 7. günde istatistiki olarak önemli düşüş gösterdiği belirlenmiştir (p<0.05). Genel olarak bakıldığında 7. ve 14. günlerde düşüşe nazaran 21. günde bu bakteri açısından sayının B1 ve Y2 grubu hariç diğerlerinde arttığı gözlemlenmiştir (p<0.05). B1 ve Y2 grubundaki 21. gündeki düşüş istatistiki

olarak önemli bulunmuştur. Depolama sürecinde *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* sayılarındaki değişim Şekil 1’de verilmiştir.

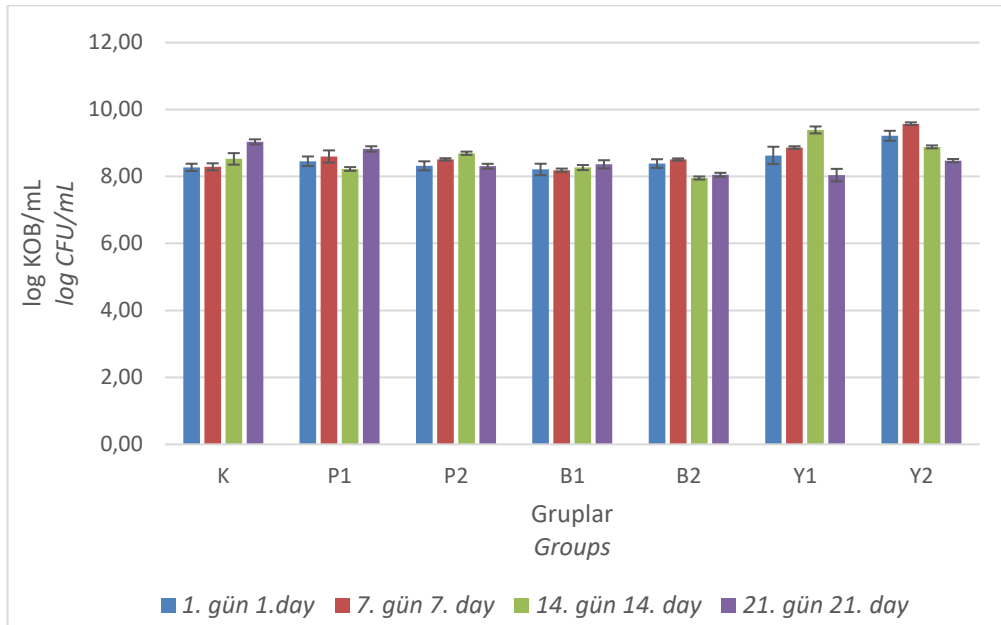


Şekil 1. Farklı diyet lif kaynakları içeren ayran örneklerine ait *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* sayıları (log KOB/ml)

Figure 1. The count of *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* in Ayran samples containing different dietary fiber sources (log CFU/mL)

Çalışmamızdaki deney gruplarında depolamanın ilk gününde, B1 grubu 8.21 log KOB/mL ile en düşük, Y2 grubu ise 9.22 log KOB/mL ile en yüksek *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısına ulaşmıştır. P2 grubu 7.

ve 14. günlerde artış/azalış yönlü değişim gösterirken ($P < 0.05$), 21. günde ise başlangıç arasında fark olmadığı belirlenmiştir (Şekil 2). Diğer tüm grupların 1. gün ile 21. gün arasında istatistiksel fark tespit edilmiştir ($P < 0.05$).



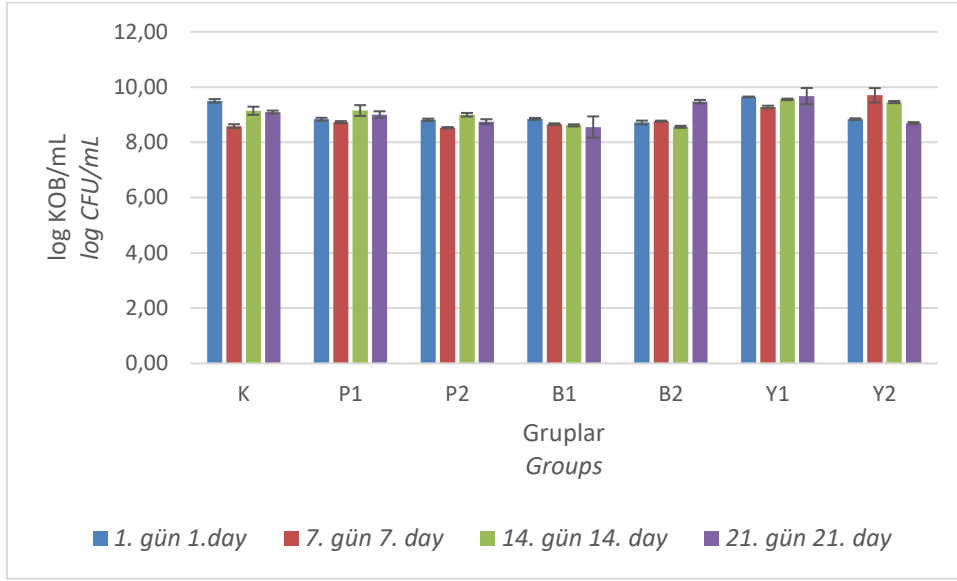
Şekil 2. Farklı diyet lif kaynakları içeren ayran örneklerine ait *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayıları (log KOB/mL)

Figure 2. The count of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* in Ayran samples containing different dietary fiber sources (log CFU/mL)

Araştırma sonucunda depolama sürecinde tüm gruplarda toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının 8.53 (P2, 7. gün)-9.70 (Y2, 7. gün) log KOB/mL arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 3).

Depolamanın sonuncu gününde kontrol grubu ile P1 grubu arasında fark olmaz iken ($p>0.05$), diğer

tüm gruplarının kontrol grubundan farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

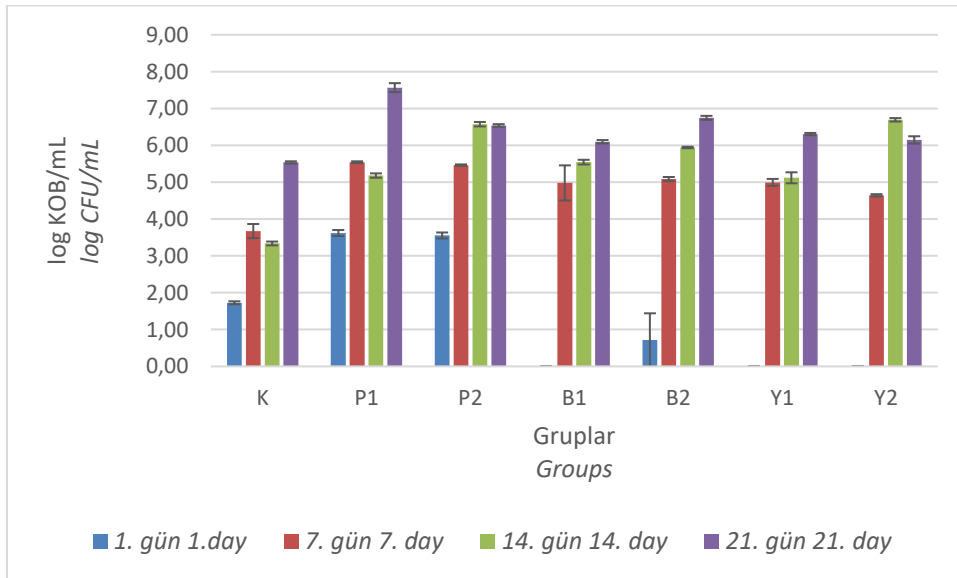


Şekil 3. Farklı diyet lif kaynakları içeren ayran örneklerine ait toplam aerobik mezofilik bakteri sayıları (log KOB/mL)

Figure 3. The count of total aerobic mesophilic bacteria in Ayran samples containing different dietary fiber sources (log CFU/mL)

Ürünün raf ömrü ve aroması üzerinde önemli etkisi olan maya gelişimi B1, B2, Y1 ve Y2 gruplarında 6 log KOB/mL civarında olmuştur. Depolamanın son günü olan 21. günde K

grubunda en düşük (5.54 log), P1 grubunda en yüksek (7.57 log) değerler belirlenmiştir. Depolama sürecinde örneklerde küf üremesi gözlenmemiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Farklı diyet lif kaynakları içeren ayran örneklerine ait maya-küf sayıları (log KOB/mL)

Figure 4. The count of yeast-mold in Ayran samples containing different dietary fiber sources (log CFU/mL)

Van de Castele ve ark., (2006) çalışmalarında *S. thermophilus* sayısını 8.75 log KOB/mL olarak belirlemişlerdir. Shah (2000), yaptığı çalışmada 8.72-8.59 KOB/mL düzeylerinde *S. thermophilus* sayımı elde etmiştir. Bu değerler bulgularımız ile

benzerlik göstermektedir. *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*'un enzimatik aktiviteleri ayranı aromaya katkı sağlamaktadır. Çalışmamızdaki 8.21-9.22 log KOB/mL arasında belirlenen *Lactobacillus delbrueckii* subsp.

bulgaricus sayısının depolama başlarında aromaya katkı sunduğu ancak depolama sonuna doğru maya kokusunun baskın olduğu görülmüştür. Grup içi değerlendirmelerde bu bakteri sayısının depolama sürecinde kontrol grubunda sürekli arttığı ancak diğer gruplarda farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Polat (2009), *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısının kullandıkları farklı tip kültürlerde 0.14 log ile 2.60 log arasında değiştiğini belirtmiştir. Özünlü (2005), 7.9- 8.7 log arasında *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* belirlediklerini ifade etmiştir. Yaptığımız çalışmada ise en düşük değer 8.04 log ile 21. günde Y1 grubunda, en yüksek değer ise 9.58 log ile 7. günde Y2 grubunda belirlenmiştir. Bu durumun başlatıcı kültür farklılığından ileri gelebileceği düşünülmektedir. İnce (2019), tarafından yapılan çam balı, çiçek balı ve bunların karışımlarının eklendiği ayranada *Lactobacillus bulgaricus* sayısı en düşük 4.03 KOB/mL ile 1. gün % 20 çam ballı ayranada, en yüksek ise 5.94 KOB/mL ile kontrol grubu olan bal ilavesiz ayranada bulunmuştur. Bal ilave oranı arttıkça *Lactobacillus bulgaricus* sayısı azalmıştır. Araştırmamızda kullandığımız diyet liflerinin *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısı üzerine bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada, toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı 7.13-8.51 log KOB/mL arasında değiştiği belirtilmiştir. Çalışmamızda ise P2, Y1 ve Y2 grupları hariç diğerlerinde 1. gün ile depolamanın son günü olan 21. gün arasında istatistiksel fark ($P < 0.05$) belirlenmiştir. İnce (2019), tarafından belirtilen toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı çalışmamızda bulduğumuz sonuçlardan (8.55-9.67 log KOB/mL) daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Şahan ve ark. (2006), ayranada depolama süresince koliform sayısının azaldığını ifade etmişlerdir. Tonguç (2006), yaptığı tam yağlı probiyotik ayranalarda koliform bakteriye rastlanılmadığını ifade etmiştir. Araştırmamızdaki ayran örneklerinde koliform grubu bakteri tespit edilememiştir. Temel olarak üretimin tek bir odada yapılması hijyen kurallarına dikkat edilmesi ve bu konuda bilinçli bir ekibin çalışmada yer

alması koliform kontaminasyon ihtimalini azaltmış olabilir.

Tonguç (2006), araştırmasında ayran örneklerinde küfe rastlanmadığını belirtmiştir. Buna karşılık Şahan ve ark. (2006), depolama süresince maya-küf sayısında artış olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmamızda depolama boyunca diyet lifli ayran örneklerinde küfe rastlanmaz iken 21. günde kontrol grubunda 5.54 log, P1 grubunda 7.57 log ve diğer gruplarda 6 log civarında maya sayımı yapılmıştır. Jalal (2018), meyve eklediği ayran örneklerinde maya küf sayısının depolama süresince 4.14 log'a kadar çıktığını belirtmiştir. Bu durumun konulan meyvelerden ya da meyve ilavesi sırasında havadan kaynaklanabileceğini ifade etmiştir. Araştırmacı bazı gruplarda depolamanın başlangıcında maya-küfe rastlanmazken bu gruplarda depolamanın sonraki günlerinde maya-küf sayımı yapıldığını ifade etmiştir. Bu durum bizim çalışmamızdaki B1, Y1 ve Y2 gruplarında da gözlemlenmiştir.

Depolama süresince pH 4.01-4.28 arasında değiştiği, pH değerlerindeki en fazla azalma B2 ve Y2 örneklerinde tespit edilmiştir (Çizelge 3). Kontrol ve psyllium içeren P1 ve P2 örneklerindeki pH değişimi ise istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($p > 0.05$). Bezelye ve yulaf lifi içeren örneklere ait pH değerlerinin depolamanın 7. gününde önemli bir şekilde azalma gösterdiği ve bu örneklerde asitlik gelişiminin daha hızlı olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince pH değerindeki azalma, üretimde kullanılan starter kültürün doğal bir etkisinden de kaynaklanabildiği gibi, üretimde kullanılan besinsel lif çeşit ve katım oranından da önemli derecede etkilenmektedir. Depolamanın 7. ve 14. günlerinde B1, B2 ve Y2 örneklerinde gözlenen artış istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($p > 0.05$). Bununla birlikte aynı günlerde Y1 ve P2 örneklerinin benzer değerlere sahip olduğu belirlenirken ($p > 0.05$), kontrol örneğinin % laktik asit değerleri tüm örneklerden daha düşük değerlere sahip olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). Yoğurt, ayran, kefir, kırmızı gibi fermente süt ürünleri, üretim teknolojileri gereği doğal olarak asitli süt ürünleri grubunda

yer almaktadır. Ancak bu ürünlerden özellikle 42-46 °C'lerde üretilmesi ve bu ürünlerin inkübasyon sonunda soğutuluncaya kadar asitlik gelişiminin devam etmesi kaçınılmaz bir sonuçtur. Depolamanın birinci gününde B1, B2 ve Y2 örneklerinde soğutma sırasında asitlik gelişiminin daha hızlı olduğu görülmektedir. Bu hızlı asitlik gelişimi depolama süresince devam etmiş ve yüksek oranda besinsel lif içeren örneklerin tümünde, farklı düzeylerde de olsa önemli derecede pH azalması tespit edilmiştir. Örneklerde depolama süresince belirlenen pH değerindeki azalma, ayran üzerine yapılan diğer çalışmalarda da benzerdir (Şanlı, 2009; Tamuçay Özünlü ve Koçak, 2010).

Ayran üretiminde kullanılan süte besinsel lif içeren psyllium, bezelye ve yulaf lifi ilavesinin ve depolama süresince görülen etkileşimin örneklerin kuru madde içeriği üzerinde önemli etkisi olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre (Çizelge 3) depolama süresince P1 örneği dışındaki örneklerde önemli düzeylerde azalma görüldüğü belirlenmiştir ($p<0.05$). Suyun polisakkaritlere farklı güçlerde ve miktarlarda bağlandığı bilinmektedir (Chaplin, 2003). Lifler de üründeki suyu tutarak şişmekte ve daha fazla su bağladığı için kuru madde azalabilmektedir. Benzer sonuçlar lif içeren diğer süt ürünlerinde de gözlenmiştir (Aktosun ve ark., 2022). Bununla birlikte, ayran üretiminde kullanılan sütün çeşidi, ürünün yağ ve protein içeriği, ilave edilen su miktarı ve stabilizatör gibi çeşitli faktörler ürün kuru maddesini önemli derecede etkilemektedir (Kangaloğlu, 1999).

K ve B1 örnekleri dışındaki örneklerin depolama süresince yağ oranlarındaki değişim istatistiksel olarak önemli olmadığı (Çizelge 3), depolamanın 21. gününde yüksek oranda psyllium içeren örneğin (P2) yağ oranının diğer örneklerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ergüllü ve Demiryol (1983) yoğurdun sulandırılmasıyla üretilen ayranlarda yağ oranını % 2.2 (w/v) belirlerken, Çetin ve ark. (2014), Kırklareli ilinde topladıkları ayran örneklerinde bu değer % 0.4-2.9 (w/v) arasında saptamıştır. Bu

çalışmada, az yağlı ayran üretilmesi hedeflendiği için, daha önce yapılan çalışmaların değerlerinden düşük olması (1.03-1.15) normaldir. Düşük yağ miktarı, diyet lifi içeren fonksiyonel besin elde etme amacına katkı sağlamaktadır.

Fermente süt ürünlerinde protein içeriğinin yüksek olması, viskozite ve serum ayrılması gibi tekstürel özellikleri olumlu yönde etkileyen en önemli parametrelerden birisidir (Şanlı ve ark., 2011). Örnekler arasında en yüksek protein içerikleri K, B2, Y1 ve Y2 gruplarında tespit edilmiş, en düşük değerlerin P1 örneğinde olduğu saptanmıştır (Çizelge 3). Örnekler arasındaki bu farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ayran örneklerine P1 ve P2 örneklerinin protein içeriği de psyllium katım oranına göre değiştiği saptanmıştır. Diğer örneklerden B1 ve B2 ile Y1 ve Y2 arasında da benzer bir ilişki görülmüş ve besinsel lif katım miktarının protein içeriğini artırdığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Basyigit Kilic ve Akpınar Kankaya (2016), kontrol ve farklı oranlarda β -glukan içeren yoğurt örneklerinde protein oranlarını (w/v) kontrol örneğinde % 2.94-3.30; % 0.25 β -glukan katkılı örnekte % 3.03-3.10; % 0.5 β -glukan katkılı örnekte % 2.99-3.23; % 1 β -glukan içeren örnekte % 2.49-3.40 ve % 1.5 β -glukan içeren örnekte % 2.92-3.25 olarak saptamıştır. Kinoa unu ilavesiyle üretilen ayranların protein içeriklerinin artış gösterdiğini belirten Temen (2018), kontrol örneğinde % 2.01-2.06 (w/v) olan protein miktarının % 0.1 (w/v) kinoa unu içeren örnekte % (w/v) 2.06-2.15; % 0.4 oranında kinoa unu içeren ayran ise % 2.37-2.41 (w/v) arasında değiştiğini saptamıştır.

Örneklerin 21 günlük muhafaza süresince kül içerikleri % 0.92-1.05 (w/v) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 3). Örnekler arasında en yüksek kül içeriği B1 örneğinde, en düşük ise Y1 örneğinde tespit edilmiştir. Kontrol örneği ile diğer örnekler kıyaslandığında besinsel lif ilavesinin etkisi B1 örneğinde daha belirgin bir farklılık oluşturmuştur ($p<0.05$). Ayran üretiminde kül içeriğini artıran en önemli faktörlerden biri üretimde kullanılan sütün türü ve ayranın tuz içeriğidir. Laktoz içeriği azaltılmamış ve % 50 ile % 100 oranında azaltılmış sütlerden elde edilen

ayranlara % 0.3, % 0.6 ve % 0.9 oranında tuz ilavesinin kül içeriklerini sırasıyla % 0.76-0.78, % 1.05-1.08 ve % 1.35-1.39 arasında belirlenmiştir (Kocabaş, 2019). O'Sullivan ve ark. (2016)'nın *Ascophyllum nodosum* ve *Fucus vesiculosus*'den elde edilen deniz yosunu özleri ilave ettiği yoğurt örnekleri ile Aydemir'in (2019) *Spirulina platensis* içeren yoğurt örneklerinin kül içeriği bakımından kontrol örneğine göre benzer değerler aldığı belirlenmiştir.

Ayran üretiminde kullanılan farklı kaynaklara sahip besinsel liflerin ürün viskozite özelliğine etkisi önemli derece farklılık göstermiştir ($p<0.05$). Ayran örneklerinin viskozitesindeki değişim en fazla P1, P2, B1 ve B2 örneklerinde gözlenmiştir (Çizelge 3). Kontrol örneğinin viskozite değeri depolama süresince artış göstermiştir ($p<0.05$). Y2 örneği dışında, diğer örneklerde de benzer sonuçlar görülmüştür. Depolama süresince en düşük viskozite değerine sahip Y2 örneğinde başlangıçta 187.20 mPa.s olan değer, 1 haftalık depolamada en yüksek seviyeye ulaşmış (262.80 mPa s), ancak daha sonraki günlerde yeniden azalma göstermiştir ($p<0.05$). Viskozite değeri en yüksek olan örnek psyllium içeren P1 ve P2 örnekleri olmuştur. Depolama sonunda % 0.05 ve % 0.1 oranında psyllium içeren örneklerde belirlenen viskozite değeri, diğer besinsel lif katkılı örneklerden istatistiki olarak önemli derecede farklılık göstermiştir ($p<0.05$). Bu farklılığın nedenleri arasında kullanılan sadece besinsel liflerin ürün kuru maddesini artırması değil, bunun yanı sıra depolama süresince kullanılan kültürlerin ekzopolisakarit oluşturmalarının da etkili olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte Y2 örneğinde 7. güne kadar bir artış ve sonradan azalma meydana gelmesinin moleküller arası bağlardaki etkinin değişmesinden, özellikle kazein etrafındaki su moleküllerinin polar özellik göstermesinden ve yulaf unundaki β -glukan ile etkileşiminin daha da artmasından ve faz ayrışması görülmesinden kaynaklanabilir. Önemli bir fermente süt ürünü olan kefirin 15 günlük depolama süresince viskozite değerlerinde meydana gelen değişim kontrol örneğinde 333.6-356.27 mPa s iken, %

0.25 β -glukan (w/v) içeren örnekte 191.27-261.20, % 0.5 β -glukan içeren örnekte ise 89.62-102.3 mPa.s olarak tespit edilmiştir (Arslan, 2019). Araştırmacı, besinsel lif ilave oranı arttıkça viskozitenin depolama süresince azaldığını ve serum ayrılmasının görüldüğünü belirtmektedir. Burada görülen farklılığın nedenleri olarak viskozite ölçümünde kullanılan cihaz modeli, dönme hızı ve kullanılan spindle tipi ile birlikte ayranın kimyasal bileşimi ve ilave edilen besinsel lif çeşidinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Fermente süt ürünlerinde proteoliz sonucu açığa çıkan aminoasit miktarı tirozin eşdeğeri olarak ifade edilmektedir. Bu nedenle, yoğurt, ayran, kefir, kıyma gibi fermente ürünlerde depolama süresince tirozin içeriğinin belirlenmesi, ürünün kalite düzeyi hakkında bilgi vermektedir (Tamime ve Robinson, 1999). Kontrol örneğinin yanı sıra, farklı oranlarda besinsel lif içeren ayran örneklerine ait tirozin içerikleri Çizelge 3'te verilmiştir. Ayran örneklerinin 1. gündeki tirozin içerikleri 0.312-0.314 mg (5 g örnek)⁻¹ düzeyinde tespit edilmiş ve besinsel lif ilavesi ile depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Depolama süresince de önemli derecede artan tirozin içerikleri, depolamanın 21. gününde P2, B1 ve B2 örneklerinde daha düşük düzeyde belirlenmiştir. Kontrol örneğine göre depolamanın 7. ve 15. günlerinde besinsel lif içeren örneklerde daha fazla tirozin miktarı saptanırken ($p<0.05$), 21. günde K ve P1 örneklerinin tirozin içeriği benzer ($p>0.05$) diğer örneklerin tirozin içerikleri önemli derecede düşük bulunmuştur ($P<0.05$). Ayran ve yoğurt gibi fermente süt ürünü olan Kefir üretiminde besinsel lifin kullanıldığı bir çalışmada, farklı oranlarda β -glukan ilavesinin tirozin miktarını etkilemediği, 0.639-0.641 mg kg⁻¹ düzeyinde değişim gösterdiği belirtilmektedir (Arslan, 2019).

Psyllium saatte yaklaşık % 44 demir tutma kapasitesine sahip olduğu ve bu aktivitenin yüksek viskoz dispersiyon içerisinde absorbe edilen demirden kaynaklandığı ifade edilmektedir. Ayrıca psyllium kalsiyum kullanılabilirliğini de azaltmaktadır (Staffolo ve ark., 2012)

Çizelge 3. Ayran örneklerinin bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri

Table 3. Some chemical and physical properties of ayran samples

Özellik Parameter	Depolama Günleri Days	Deneme grupları Treatment groups						
		K	P1	P2	B1	B2	Y1	Y2
pH pH	1	4.28±0.00 ^{aA}	4.23±0.01 ^{bA}	4.23±0.01 ^{bA}	4.17±0.01 ^{cA}	4.18±0.01 ^{cA}	4.27±0.02 ^{aA}	4.18±0.00 ^{cA}
	7	4.12±0.00 ^{aB}	4.11±0.01 ^{bB}	4.07±0.00 ^{dC}	4.06±0.00 ^{eB}	4.05±0.00 ^{fB}	4.08±0.01 ^{cB}	4.03±0.01 ^{gB}
	14	4.10±0.00 ^{aD}	4.08±0.03 ^{abC}	4.06±0.00 ^{bCC}	4.04±0.02 ^{deC}	4.03±0.02 ^{eBC}	4.05±0.02 ^{cdB}	4.00±0.01 ^{fc}
	21	4.11±0.01 ^{aC}	4.11±0.01 ^{aB}	4.10±0.00 ^{aB}	4.04±0.00 ^{cC}	4.01±0.03 ^{dC}	4.06±0.03 ^{bb}	4.02±0.02 ^{cdB}
Titrasyon Asitliği (%) Titration Acidity(%)	1	0.51±0.00 ^{bD}	0.50±0.00 ^{bC}	0.48±0.01 ^{dC}	0.52±0.00 ^{aC}	0.50±0.02 ^{bCC}	0.49±0.01 ^{cdD}	0.53±0.01 ^{aD}
	7	0.57±0.00 ^{bCC}	0.56±0.01 ^{cb}	0.57±0.01 ^{bcb}	0.60±0.02 ^{ab}	0.59±0.01 ^{ab}	0.57±0.01 ^{bc}	0.60±0.00 ^{aC}
	14	0.59±0.00 ^{cb}	0.61±0.01 ^{bA}	0.61±0.01 ^{bA}	0.65±0.01 ^{aA}	0.66±0.01 ^{aA}	0.61±0.01 ^{bb}	0.66±0.01 ^{ab}
	21	0.60±0.00 ^{dA}	0.61±0.01 ^{dA}	0.56±0.01 ^{eB}	0.64±0.01 ^{ca}	0.67±0.01 ^{bA}	0.66±0.00 ^{bA}	0.68±0.00 ^{aA}
Kurumadde (%) Dry Matter (%)	1	6.70±0.02 ^{cAB}	6.66±0.30 ^{cb}	7.39±0.15 ^{aA}	7.16±0.33 ^{abA}	6.97±0.04 ^{bcA}	7.43±0.36 ^{aA}	7.27±0.16 ^{abA}
	7	6.77±0.05 ^{dAB}	6.97±0.04 ^{bcA}	7.08±0.16 ^{abb}	7.20±0.03 ^{aA}	6.94±0.12 ^{bcdAB}	6.87±0.11 ^{cdB}	7.07±0.23 ^{abAB}
	14	6.91±0.37 ^{abA}	6.72±0.08 ^{bb}	6.74±0.12 ^{bc}	7.06±0.15 ^{aAB}	7.04±0.10 ^{aA}	7.04±0.04 ^{aB}	7.08±0.13 ^{abAB}
	21	6.56±0.10 ^{bb}	6.82±0.07 ^{abAB}	6.78±0.10 ^{aC}	6.83±0.03 ^{ab}	6.82±0.09 ^{ab}	6.87±0.02 ^{aB}	6.79±0.39 ^{ab}
Yağ (%) Fat (%)	1	1.05±0.05 ^{bCC}	1.03±0.05 ^{cb}	1.15±0.05 ^{aA}	1.10±0.00 ^{abA}	1.05±0.05 ^{bcA}	1.10±0.00 ^{abA}	1.10±0.00 ^{abA}
	7	1.15±0.05 ^{aA}	1.03±0.05 ^{cb}	1.10±0.00 ^{abA}	1.12±0.07 ^{abA}	1.07±0.05 ^{bcA}	1.10±0.00 ^{abA}	1.10±0.00 ^{abA}
	14	1.10±0.00 ^{ab}	1.07±0.05 ^{aAB}	1.10±0.00 ^{aA}	1.05±0.05 ^{aA}	1.07±0.05 ^{aA}	1.10±0.00 ^{abA}	1.07±0.05 ^{aA}
	21	1.10±0.00 ^{bb}	1.10±0.00 ^{bA}	1.15±0.05 ^{aA}	1.07±0.05 ^{bA}	1.07±0.05 ^{bA}	1.10±0.00 ^{ba}	1.10±0.00 ^{ba}
Protein (%) Protein (%)	1	2.87±0.02 ^{aA}	2.42±0.02 ^{eB}	2.68±0.02 ^{dB}	2.74±0.02 ^{cb}	2.87±0.01 ^{aA}	2.81±0.01 ^{bA}	2.87±0.02 ^{aA}
	7	2.81±0.02 ^{bb}	2.49±0.02 ^{eB}	2.59±0.02 ^{dC}	2.74±0.02 ^{cb}	2.81±0.00 ^{bb}	2.81±0.01 ^{bA}	2.87±0.02 ^{aA}
	14	2.81±0.02 ^{bb}	2.59±0.09 ^{dA}	2.74±0.02 ^{ca}	2.81±0.02 ^{ba}	2.81±0.02 ^{bb}	2.81±0.02 ^{ba}	2.84±0.02 ^{ab}
	21	2.81±0.02 ^{ab}	2.42±0.12 ^{dB}	2.68±0.02 ^{cb}	2.81±0.02 ^{aA}	2.81±0.02 ^{ab}	2.81±0.02 ^{aA}	2.74±0.02 ^{bc}
Kül (%) Ash (%)	1	1.00±0.02 ^{abA}	0.99±0.01 ^{bb}	0.98±0.01 ^{bb}	1.03±0.06 ^{aA}	1.00±0.04 ^{abA}	0.93±0.01 ^{cb}	0.98±0.02 ^{ba}
	7	0.99±0.01 ^{ba}	0.99±0.01 ^{bb}	1.00±0.01 ^{abA}	1.05±3.51 ^{aA}	0.99±0.05 ^{ba}	0.92±0.02 ^{cb}	0.98±0.01 ^{ba}
	14	0.99±0.02 ^{ba}	0.98±0.01 ^{bb}	0.98±0.01 ^{bb}	1.02±0.01 ^{aA}	1.00±0.03 ^{abA}	0.93±0.01 ^{cb}	0.99±0.02 ^{ba}
	21	1.00±0.02 ^{aA}	1.00±0.01 ^{aA}	1.00±0.01 ^{aA}	0.98±0.01 ^{aA}	1.00±0.03 ^{aA}	0.95±0.00 ^{ba}	1.00±0.03 ^{aA}
Viskozite (Cp) Viscosity (Cp)	1	184.30±0.10 ^{bd}	214.40±45.20 ^{bd}	272.40±37.60 ^{ac}	269.20±22.80 ^{ab}	300.40±0.80 ^{ac}	267.00±32.20 ^{ab}	187.20±30.00 ^{bb}
	7	219.15±0.95 ^{cc}	259.20±38.80 ^{bc}	323.60±18.00 ^{ab}	262.80±3.20 ^{bb}	335.40±0.20 ^{ab}	325.60±26.40 ^{ab}	259.20±42.00 ^{ba}
	14	267.20±0.40 ^{cb}	332.80±4.80 ^{ab}	299.00±21.00 ^{bcc}	255.30±19.70 ^{abcAB}	362.00±22.00 ^{aA}	215.40±25.40 ^{abcAB}	148.20±35.00 ^{db}
	21	277.15±0.85 ^{da}	381.30±13.70 ^{aA}	383.60±12.45 ^{aA}	337.40±9.40 ^{bcA}	312.00±14.00 ^{cc}	341.80±17.80 ^{ba}	189.00±46.20 ^{eB}
Tirozin (mg/5 g örnek) Tyrosine (mg/5g sample)	1	0.313±0.00 ^{bb}	0.313±0.00 ^{abb}	0.313±0.00 ^{abb}	0.312±0.00 ^{bcb}	0.313±0.00 ^{abc}	0.312±0.00 ^{cd}	0.314±0.00 ^{aC}
	7	0.314±0.00 ^{cb}	0.314±0.00 ^{cb}	0.315±0.00 ^{ca}	0.320±0.00 ^{abA}	0.319±0.00 ^{bb}	0.322±0.00 ^{aC}	0.322±0.00 ^{ab}
	14	0.317±0.00 ^{cdAB}	0.316±0.00 ^{dAB}	0.316±0.00 ^{dA}	0.318±0.00 ^{ca}	0.323±0.00 ^{ba}	0.325±0.00 ^{ab}	0.324±0.00 ^{abA}
	21	0.330±0.01 ^{aA}	0.330±0.01 ^{aA}	0.320±0.00 ^{bca}	0.317±0.00 ^{ca}	0.323±0.00 ^{bca}	0.326±0.00 ^{abA}	0.325±0.00 ^{abA}

^{a-e} (→): Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

^{A-D} (↓): Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Diyet liflerinin mineral madde içeriğini belirlemeye yönelik yapılan çalışmalar incelendiğinde, psyllium'un kalsiyum, potasyum, magnezyum, sodyum ve fosfor miktarları sırasıyla 300.38±0.51 mg (100 g)⁻¹, 1062.17±0.20 mg (100 g)⁻¹, 55.68±0.47 mg (100 g)⁻¹, 88.88±0.27 ve 70.32±0.18 mg (100 g)⁻¹ olduğu görülmüştür (Tufeanu ve ark., 2017). Bezelyede ise potasyum içeriğinin 562.8 ile 937.8 mg (100 g)⁻¹ arasında, fosfor içeriğinin 163.4 ile 374.2 mg (100 g)⁻¹ arasında, kalsiyum içeriğinin 45.91 ile 157.40 mg (100 g)⁻¹ arasında ve magnezyum içeriğinin 47.31 ile 102.81 mg (100 g)⁻¹ arasında olduğu ifade edilmiştir (Harmankaya ve ark., 2010). Alemayehu ve ark. (2021), yulafta bulunan magnezyum, kalsiyum ve potasyum miktarlarının sırasıyla 62.4–89.1, 44.0–102.7 ve 241.7–258.3 mg (100 g)⁻¹

bulduğu rapor etmişlerdir.

Deneme gruplarının mineral madde içeriği üzerine hem diyet liflerinin hem de depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur (p<0.05). Fosfat gıdalarda yaygın olarak bulunan elementlerden biridir. İnsan vücudundaki fosforun büyük bir kısmı kemik ve kanda bulunmaktadır. Günlük alım miktarı ise 0.8-1.2 gram arasındadır. Dünya sağlık örgütü günlük fosfor alım miktarını çocuklar için 500 mg, gençler için 500-700 mg ve yetişkinler için 400-500 mg olarak belirtmiştir (Kırdar ve ark., 2015). Çalışmamızda farklı lif kaynağı içeren ayran örneklerine ait fosfor değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. 1. gün analizlerinde ilave edilen diyet lifi miktarı arttıkça fosfor miktarının arttığı belirlenmiştir (p<0.05). Depolama sonunda ise diyet lifi konsantrasyonu

arttıkça P ve Y gruplarında fosfor içeriğinin düştüğü ancak B gruplarında fosfor içeriğinin arttığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Depolama sonunda

en yüksek fosfor içeriğinin P1 grubunda olmasının neden ise psylliumun fosfor bakımından zengin olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4. Deneme gruplarına ait mineral madde değerleri (ppm)
Table 4. Mineral matter values of the treatment groups (ppm)

Özellik Parameter	Depolama Günleri Days	Deneme grupları Treatment groups						
		K	P1	P2	B1	B2	Y1	Y2
Fosfor Phosphorus	1	630.48±0.00 ^{eC}	575.10±0.00 ^{gC}	620.17±0.00 ^{fB}	652.44±0.00 ^{dA}	673.54±0.00 ^{bb}	662.40±0.00 ^{cB}	678.53±0.00 ^{aC}
	7	597.88±0.00 ^{cD}	624.81±0.00 ^{aB}	557.10±0.00 ^{gC}	576.64±0.00 ^{eB}	564.04±0.00 ^{fD}	593.71±0.00 ^{dC}	619.74±0.00 ^{bD}
	14	652.02±0.00 ^{bB}	534.37±0.00 ^{gD}	535.97±0.00 ^{fD}	552.03±0.00 ^{eC}	648.62±0.00 ^{cC}	590.99±0.00 ^{dD}	690.60±0.00 ^{aB}
	21	738.88±0.00 ^{fA}	919.12±0.00 ^{aA}	788.27±0.00 ^{dA}	396.67±0.00 ^{gD}	765.72±0.00 ^{eA}	866.69±0.00 ^{bA}	824.28±0.00 ^{aA}
Magnezyum Magnesium	1	86.85±0.00 ^{eD}	71.92±0.00 ^{gB}	83.52±0.00 ^{fB}	97.87±0.00 ^{bA}	105.18±0.00 ^{aA}	97.03±0.37 ^{cA}	90.33±0.00 ^{dC}
	7	74.88±0.00 ^{gC}	97.11±0.00 ^{aA}	76.12±0.00 ^{fC}	89.62±0.00 ^{cB}	88.83±0.00 ^{dC}	80.99±0.00 ^{eB}	93.76±0.00 ^{bA}
	14	70.25±0.00 ^{fB}	67.70±0.00 ^{gC}	85.04±0.00 ^{cA}	74.12±0.00 ^{eC}	97.58±0.00 ^{aB}	78.49±0.00 ^{dD}	90.73±0.00 ^{bB}
	21	65.06±0.00 ^{dA}	62.40±0.00 ^{fD}	64.06±0.00 ^{eD}	35.90±0.00 ^{gD}	72.48±0.00 ^{dD}	79.52±0.00 ^{cC}	88.21±0.00 ^{dD}
Kalsiyum Calcium	1	959.81±0.00 ^{aA}	816.83±0.00 ^{gC}	879.29±0.00 ^{fA}	913.76±0.00 ^{dA}	929.38±0.00 ^{cA}	946.13±0.00 ^{bA}	883.77±0.00 ^{eA}
	7	834.88±0.00 ^{eC}	991.99±0.00 ^{aB}	838.89±0.00 ^{dC}	887.52±0.00 ^{bb}	817.05±0.00 ^{fC}	815.32±0.00 ^{gB}	856.31±0.00 ^{cB}
	14	850.81±0.00 ^{bB}	732.08±0.00 ^{fD}	877.25±0.00 ^{aB}	726.92±0.00 ^{gC}	830.59±0.00 ^{cB}	806.13±0.00 ^{eC}	811.66±0.00 ^{dD}
	21	708.29±0.00 ^{eD}	996.89±0.00 ^{aA}	691.90±0.00 ^{fD}	662.41±0.00 ^{gD}	762.30±0.00 ^{dD}	782.52±0.00 ^{cD}	816.01±0.00 ^{bC}
Sodyum Sodium	1	3741.87±0.01 ^{eA}	3466.47±0.01 ^{fC}	3945.83±0.01 ^{aA}	3888.74±0.01 ^{bA}	3886.64±0.02 ^{bA}	3863.98±4.73 ^{cA}	3785.63±0.02 ^{dA}
	7	3421.75±0.04 ^{bB}	3813.95±0.02 ^{aB}	3421.95±0.02 ^{bB}	3405.76±0.03 ^{fB}	3194.66±0.02 ^{gC}	3408.16±0.02 ^{eC}	3415.07±0.03 ^{dC}
	14	3112.30±0.02 ^{dC}	3094.14±0.02 ^{dD}	3055.86±0.03 ^{gD}	3077.65±0.03 ^{fB}	3458.45±0.02 ^{aB}	3327.16±0.03 ^{cD}	3437.09±0.02 ^{bB}
	21	2772.66±0.02 ^{gD}	3870.74±0.03 ^{aA}	3135.46±0.03 ^{dC}	3130.35±0.02 ^{eC}	2971.84±0.02 ^{fD}	3446.74±0.03 ^{bB}	3224.55±0.03 ^{dD}
Potasyum Potassium	1	1473.26±0.02 ^{cA}	1281.85±0.03 ^{gC}	1414.95±0.03 ^{aA}	1514.45±0.04 ^{aA}	1411.16±0.02 ^{fA}	1474.66±0.03 ^{bA}	1462.55±0.03 ^{dA}
	7	1377.95±0.03 ^{bd}	1480.65±0.02 ^{aB}	1234.75±0.02 ^{fB}	1334.06±0.02 ^{dB}	1220.45±0.03 ^{gC}	1331.55±0.02 ^{eC}	1376.06±0.03 ^{cB}
	14	1229.35±0.03 ^{dC}	1178.75±0.03 ^{dD}	1073.16±0.03 ^{dD}	1169.85±0.02 ^{fC}	1312.35±0.02 ^{dB}	1266.65±0.02 ^{eC}	1336.45±0.03 ^{aC}
	21	1085.66±0.02 ^{fD}	1486.35±0.02 ^{aA}	1116.74±0.03 ^{dC}	1075.94±0.02 ^{gD}	1183.55±0.03 ^{cD}	1382.75±0.03 ^{bb}	1112.95±0.03 ^{eD}

^{a-g} (→): Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

^{A-D} (↓): Farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Magnezyum nükleik asit ve protein metabolizmaları ve kas-sinir etkileşimleri için oldukça önemli bir mineraldir. Ancak süt ve süt ürünleri insanlar için temel magnezyum kaynağı olarak değerlendirilmemektedir (Yüzbaşı ve ark., 2009). Depolamanın 1. gününde diyet lifi miktarı arttıkça P ve B gruplarının magnezyum miktarlarının arttığı ve sadece Y gruplarında diyet lifi miktarı arttıkça magnezyum miktarının düştüğü tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolama sonunda diyet lifi miktarı arttıkça B ve Y gruplarının magnezyum içeriklerinin arttığı bulunmuştur ($p<0.05$). Ayrıca kontrol grubunun magnezyum içeriğinin B1 ve P gruplarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Depolama sonucunda % 1 (w/v) bezelye, % 0.5 (w/v) yulaf lifi ve % 1 (w/v) yulaf lifi kullanımı deneme gruplarının magnezyum miktarını kontrole kıyasla arttırdığı tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Kalsiyum birçok biyokimyasal ve fizyolojik aktivitenin düzenlenmesinde rol oynayan bir elementtir. Günlük diyetle önemli bir yere sahip olan kalsiyum açısından peynir önemli bir

kaynağıdır (Yüzbaşı ve ark., 2003). Depolamanın 1. gününde en yüksek kalsiyum miktarı kontrol grubunda tespit edilmiştir ($p<0.05$). Diyet lifi miktarı artarken P ve B gruplarının kalsiyum miktarlarının arttığı, Y gruplarının ise kalsiyum miktarlarının azaldığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Depolama sonunda ise kontrol grubuna kıyasla en yüksek kalsiyum miktarı P1 ve B2 gruplarında saptanmıştır ($p<0.05$). Ayrıca diyet lifi miktarı arttıkça B ve Y gruplarının kalsiyum miktarlarının arttığı ancak P gruplarının kalsiyum miktarlarının azaldığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Bu durum ise artan psyllium içeriğinin kalsiyum kullanılabilirliğini azaltmasından kaynaklanmaktadır (Staffolo ve ark., 2012).

Sodyum su ve asit dengesini, ozmotik basıncı, besin öğelerinin membran içerisine alınmasını düzenlemektedir. Depolama sonunda diyet lifi miktarı arttıkça deneme gruplarının sodyum miktarının düşmesinin ($p<0.05$) sebebi diyet lifi miktarı arttıkça ayran örneklerinin su tutma kapasitesinin artması bu yüzden birim ağırlıktaki sodyum miktarının düşmesine bağlanmaktadır (Yu

ve ark., 2003).

Potasyum kas ve sinir sistemi için önem arz eden bir mineraldir. Depolamanın 1. gününde en yüksek potasyum değeri B1 grubunda tespit edilmiştir ($p<0.05$). B1 ve Y1 gruplarında tespit edilen potasyum değerlerinin kontrol grubunda tespit edilen potasyum değerinden daha yüksek ve en düşük potasyum içeriğinin ise P1 grubunda olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Depolama sonunda en düşük potasyum miktarı B1 grubunda tespit edilirken en yüksek potasyum miktarı P1 grubunda tespit edilmiştir ($p<0.05$). Diyet lifi miktarı arttıkça B ve Y gruplarında tespit edilen potasyum miktarlarının azaldığı ancak P gruplarının potasyum miktarlarının arttığı bulunmuştur ($p<0.05$). Psyllium içeren gruplarda depolamanın 1. gününde en yüksek potasyum miktarı P2 grubunda tespit edilirken diğer depolama günlerinde en yüksek potasyum içeriği P1 grubunda belirlenmiştir ($p<0.05$). Diyet lifi ilavesi deneme gruplarının potasyum miktarını arttırırken sadece B1 grubu kontrole kıyasla daha düşük potasyum içerdiği tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Sonuç

Sonuç olarak, bu çalışma ile farklı oranlarda psyllium, bezelye ve yulaf lifleri ilavesi yapılarak tüketicinin günlük lif alımına katkı sağlayabilecek nitelikte bir ayran üretimi gerçekleştirilmiştir. Farklı diyet lifi kaynakları içeren ayran örneklerinin ürün kalitesi, fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri depolamanın 21. gününe kadar takip edilmiştir. Yapılan analizler psyllium, bezelye ve yulaf liflerinin fonksiyonel süt ürünü üretiminde kullanılabilirliğini ortaya koymuştur. Araştırma sonunda, günlük lif tüketiminin arttırılması önerilen hastalarda, sağlıklı beslenmeyi tercih eden bireylerde ve sporcu beslenmesinde kullanılabilir bir süt ürünü olabileceği ayrıca bu konu ile ilgili bilgi eksikliklerinin giderilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Ekler

Yazarlar çalışmayı 0647-MP-20 proje numarası ile destekleyen Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkürlerini sunmaktadırlar.

Çıkar Çatışması: Makale yazarları, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Yazar Katkıları: Makale yazarları çalışmaya eşit düzeyde katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

- Aaliya, B., Navaf, M., & Sunooj, K. V. (2021). Dough handling properties of gluten-free breads. In: Mir, S. A., Shah, M. A., Hamdani, A. M. (Ed), *Gluten-free bread technology* (pp. 49-70). Springer, Cham.
- Abdullah, M. M., Aldughpassi, A. D., Sidhu, J. S., Al-Foudari, M. Y., & Al-Othman, A. R. (2021). Effect of psyllium husk addition on the instrumental texture and consumer acceptability of high-fiber wheat pan bread and buns. *Annals of Agricultural Sciences*, 66(1), 75-80.
- Aktosun, M. İ., Albay, Z., & Şimşek, B. (2022). Buğday lifli düşük yağlı probiyotik peynirlerden üretilen peynir cipslerinin bazı özellikleri. 12. *Gıda Mühendisliği Öğrenci Kongresi*, (pp. 270), 21-22 Mart 2022, Bursa, Türkiye.
- Alemayehu, G. F., Forsido, S. F., Tola, Y. B., Teshager, M. A., Assegie, A. A., & Amare, E. (2021). Proximate, mineral and anti-nutrient compositions of oat grains (*Avena sativa*) cultivated in Ethiopia: implications for nutrition and mineral bioavailability. *Heliyon*, 7(8), e07722.
- Ambuja, S. R., & Rajakumar, S. N. (2018). Review On "Dietary fiber incorporated dairy foods: a healthy trend". *International Journal of Engineering Research and Application*, 8, 34-40.
- Anderson, E. T., & Berry, B. W. (2000). Sensory, shear, and cooking properties of lower-fat beef patties made with inner pea fiber. *Journal of Food Science*, 65(5), 805-810.
- Angelov, A., Gotcheva, V., Kuncheva, R., & Hristozova, T. (2006). Development of a new oat-based probiotic drink. *International Journal of Food Microbiology*, 112(1), 75-80.
- Anonymous, (2001). ISO 8968-1:2001 (IDF 20-1: 2001). Milk-Determination of nitrogen content -Part 1: Kjeldahl method.
- AOAC, (2012). Official methods of analysis, Association of official analytical chemist 19th edition, Washington D.C., USA.
- Arslan, A. S. (2019). *Kefir üretiminde β-glukan ve transglutaminaz enzimi kullanımının ürün kalitesi*

- üzerine etkisi (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Burdur.
- Aydemir, S. (2019). *Spirulina platensis* katılarak üretilmiş yoğurtların özellikleri (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Basyigit Kilic, G., & Akpınar Kankaya, D. (2016). Assessment of technological characteristics of non-fat yoghurt manufactured with prebiotics and probiotic strains. *Journal of Food Science And Technology*, 53(1), 864-871.
- Belorio, M., & Gómez, M. (2021). Psyllium: A useful functional ingredient in food systems. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(2), 527-538.
- Chaplin, M. F. (2003). Fibre and water binding. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(1), 223-227.
- Chen, V., Zurbau, A., Ahmed, A., Khan, T., Kendall, C., & Sievenpiper, J. (2021). Effect of oats and oat-fiber on glycemic control in diabetes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Current Developments in Nutrition*, 5(2), 489-489.
- Çetin, B., Atik, A., & Karasu, S. (2014). Kırklareli'nde üretilen yoğurt ve ayranların fizikokimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi. *Akademik Gıda*, 12(2), 57-60.
- Çetiner, M., & Bilek, S. E. (2018). Bitkisel protein kaynakları. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 33(2), 111-126.
- Durak, Y., Uysal, A., Aladağ, M. O., & Akın, D. (2015). Ticari yoğurt örneklerinden canlı laktik asit bakterilerinin izolasyonu ve sayımı. *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 41, 83-88.
- Ergüllü, E., & Demiryol, İ. (1983). Yoğurda değişik oranlarda su katılarak yapılan ayranların bazı özellikleri üzerine araştırma. *Gıda*, 8(5), 203-208.
- Ferjančić, B., Kugler, S., Korošec, M., Polak, T., & Bertonec, J. (2021). Development of low-fat chicken bologna sausages enriched with inulin, oat fibre or psyllium. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(4), 1818-1828.
- Halkman, K. (2014). *Merck Mikrobiyoloji El Kitabı*. Ankara: Prosigma Tasarım.
- Harmankaya, M., Özcan, M. M., Karadaş, S., & Ceyhan, E. (2010). Protein and mineral contents of pea (*Pisum sativum* L.) genotypes grown in Central Anatolian region of Turkey. *South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment*, 1(2), 159-165.
- Hull, M. E. (1947). Studies on milk proteins. II. Colorimetric determination of the partial hydrolysis of the proteins in milk. *Journal of Dairy Science*, 30: 881-884.
- İnce, Y. (2019). *Farklı floral kaynaklı ballar ile üretilen ayranların (içilebilir yoğurt) bazı özelliklerinin belirlenmesi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Jalal, J. (2018). *Meyve ilavesinin ayranların fizikokimyasal, duyu ve mikrobiyolojik özelliklerine etkisi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Kangaloğlu, Ö. (1999). *İstanbul piyasasında tüketime sunulan ayranların fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik kalite kriterleri üzerine bir araştırma* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kırdar, S. S., Kose, Ş., Gun, İ., Ocağ, E., & Kursun, Ö. (2015). Do consumption of Kargi Tulum cheese meet daily requirements for minerals and trace elements?. *Mljekarstvo/Dairy*, 65(3).
- Kiani, H., Mousavi, S. M. A., & Emam-Djomeh, Z. (2008). Rheological Properties of Iranian Yoghurt Drink. *International Journal of Dairy Science*, 3(2), 71-78.
- Kocabaş, H. (2019). *Laktöz içeriği azaltılmış ayran üretimi* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- McAleer, J. P., & Kolls, J. K. (2018). Contributions of the intestinal microbiome in lung immunity. *European journal of immunology*, 48(1), 39-49.
- Mefleh, M., Pasqualone, A., Caponio, F., & Faccia, M. (2022). Legumes as basic ingredients in the production of dairy-free cheese alternatives: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(1), 8-18.
- Mut, Z., Erbaş, Ö. D., & Akay, H. (2017). Farklı yulaf (*Avena sativa* L.) çeşitlerinin kimyasal kalite özellikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(3), 347-356.
- Nóbrega, J. A., Pirola, C., Fialho, L. L., Rota, G., de Campos Jordão C. E. K. M. A., & Pollo, F. (2012). Microwave-assisted digestion of organic samples: how simple can it become?. *Talanta*, 98, 272-276.
- O'sullivan, A. M., O'grady, M. N., O'callaghan, Y. C., Smyth, T. J., O'brien, N. M., & Kerry, J. P. (2016). Seaweed extracts as potential functional ingredients in yogurt. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 37, 293-299.
- Özabracı, A. (2019). *Tekirdağ köftesi üretiminde bezelye proteini ve lifinin kullanım olanaklarının araştırılması* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Öztürkoğlu-Budak, S., Akal, C., & Yetisemiyen, A. (2016). Effect of dried nut fortification on functional, physicochemical, textural, and microbiological properties of yogurt. *Journal of Dairy Science*, 99(11), 8511-8523.
- Özünlü, B. (2005). *Ayran kalitesinde bazı parametreler üzerine araştırmalar* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Polat, S. (2009). *Farklı starter kültür kullanılarak üretilen ayranların kalite özellikleri* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Shah, N. P. (2000). Probiotic bacteria: Selective enumeration and survival in dairy foods. *Journal of Dairy Science*, 83, 894-907.
- Staffolo, M. D., Bevilacqua, A. E., Rodríguez, M. S., & Albertengo, L. (2012). Dietary fiber and availability of nutrients: a case study on yoghurt as a food model. In: Karunaratne D.N. (Ed), *The complex world of polysaccharides* (pp. 119-1497). IntechOpen.
- Şahan, N., Var, I., Yaşar, K., & Zorlugenç, B. (2006). The effects of using different producing methods and commercial cultures on the microbiological

- properties of ayran. *Archiv Für Lebensmittel Hygiene*, 57 (5/6), 93-98.
- Şanlı, T. (2009). *Transglutaminaz enzimiyle proteini modifiye edilmiş süttten yapılan ayranların bazı niteliklerinin araştırılması* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şanlı, T., Sezgin, E., Şenel, E., & Benli, M. (2011). Geleneksel yöntemle ayran üretiminde transglutaminaz kullanımının ayranın özellikleri üzerine etkileri. *Gıda*, 36(4), 217-224.
- Şenol, D., & Yalçın, H. (2019). Diyet lifi ve sağlık üzerine etkisi. Ed: Yahya Özdoğan. *Beslenme ve diyetetikte güncel yaklaşımlar*. (pp. 47-84). Ankara: İKSAD Uluslararası Yayınevi. ISBN: 978-625-7029-17-9.
- Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (1999). *Yoghurt science and technology*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Tamuçay-Özünlü, B., & Koçak, C. (2010). Farklı inkübasyon sonu asitliğinin ayran kalitesine etkisi. *Gıda*, 35(2), 113-119.
- Temen, Y. (2018). *Kinoa unu ilaveli ayran üretimi ve bazı özelliklerinin araştırılması*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- TGK (2009). Fermente süt ürünleri tebliği. Türk Gıda Kodeksi, Resmi Gazete, Sayı :27143, Ankara.
- Tonguç, İ. E. (2006). *Probiyotik ayran üretimi üzerine bir araştırma* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- TSE. (1996). Mikrobiyoloji-Koliform grubu bakteri sayımı için genel kurallar-koloni sayım tekniği, TS 7569 ISO 4832, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TSE. (2003). TS 6800 Ayran standardı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tufeanu, R. E., Georgescu, C., Frum, A., Tița, M. A., & Tița, O. (2017). Minerals and total polyphenolic content of some vegetal powders. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies*, 74,(2) 185-190.
- TÜİK (2022). 2021 Yılı- Süt ve süt ürünleri üretim raporu. Türkiye İstatistik Kurumu, Sayı:45753, Ankara.
- Van de Castele, S., Vanheuverzwijn, T., Ruysen, T., Van Assche, P., Swings, J., & Huys, G. (2006). Evaluation of culture media for selective enumeration of probiotic strains of *Lactobacilli* and *Bifidobacteria* in combination with yoghurt or cheese starters. *International Dairy Journal*, 16(12), 1470-1476.
- Yang, J. J., Yu, D., Xiang, Y. B., Blot, W., White, E., Robien, K., Sinha, R., Park, Y., Takata, Y., Lazovich, D., Gao, Y., Zhang, X., Lan, Q., Bueno-de-Mesquita, B., Johansson, I., Tumino, R., Riboli, E., Tjonneland, A., Skeie, G., Quiros, J. R., Johansson, M., Smith-Warner, S. A., Zheng, W., & Shu, X. O. (2020). Association of dietary fiber and yogurt consumption with lung cancer risk: a pooled analysis. *JAMA Oncology*, 6(2), e194107.
- Yu, L., Perret, J., Parker, T., & Allen, K. G. (2003). Enzymatic modification to improve the water-absorbing and gelling properties of psyllium. *Food Chemistry*, 82(2), 243-248.
- Yüzbaşı, N., Sezgin, E., Yıldırım, M., & Yıldırım, Z. (2003). Survey of lead, cadmium, iron, copper and zinc in Kasar cheese. *Food Additives & Contaminants*, 20(5), 464-469.
- Yüzbaşı, N., Sezgin, E., Yıldırım, Z., & Yıldırım, M. (2009). Changes in Pb, Cd, Fe, Cu and Zn levels during the production of kaşar cheese. *Journal of Food Quality*, 32(1), 73-83.
- Ziai, S. A., Larijani, B., Akhoondzadeh, S., Fakhrzadeh, H., Dastpak, A., Bandarian, F., Rezai, A., Badi, H. N., & Emami, T. (2005). Psyllium decreased serum glucose and glycosylated hemoglobin significantly in diabetic outpatients. *Journal of Ethnopharmacology*, 102(2), 202-207.



Determining consumers' attitudes towards organic products by factor analysis: The example of organic product markets

Faktör analizi ile tüketicilerin organik ürünlere yönelik tutumlarının belirlenmesi: Organik ürün pazarları örneği

Ayca Nur SAHIN DEMIREL^{1*}, Murad YERCAN²

¹Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Iğdır, Türkiye

²Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, İzmir, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-2988-8448>; ²<https://orcid.org/0000-0002-8061-0882>

To cite this article:

Sahin Demirel, A.N. & Yercan, M. (2022). Determining consumers' attitudes towards organic products by factor analysis: the example of organic product markets. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(3): 349-357. DOI:10.29050/harranziraat.1074442

*Address for Correspondence:

Ayca Nur SAHIN DEMIREL
e-mail:
aycanur.sahin@igdir.edu.tr

Received Date:

16.02.2022

Accepted Date:

25.07.2022

© 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

This study was carried out in order to reveal the attitudes of consumers toward organic products in the provinces of Istanbul, where Turkey's first and largest organic product market is located, and Izmir, where organic production first started. For this purpose, face-to-face surveys were conducted with 271 consumers who went to the organic product market using the proportional sample volume formula. Frequency tables were used in the analysis of demographic data obtained from the questionnaires. The Factor Analysis method was used to measure consumers' behavior toward organic products. It was determined that the majority of organic product consumers who participated in the survey were women (60.1%), married (66.8%), university graduates (57.6%), and individuals with high income (89.6%). After removing the missing, outlier, and extreme values, 251 questionnaires and 13 statements were used in the Factor Analysis. Within the scope of the results obtained, it was determined that reliability, experience (comparison), research (cognitive) and health factors directly affect the consumption of organic products in the attitudes of consumers in Istanbul and Izmir provinces towards organic products. It has been determined that it is important to increase the number of organic product markets throughout the country and to develop public service announcements highlighting these characteristics of organic products to increase organic product consumption.

Key Words: Organic bazaar, Organic consumer, Consumer behaviour, Factor analysis

Öz

Bu çalışma, Türkiye'nin ilk ve en büyük organik ürün pazarının bulunduğu İstanbul ve organik üretimin ilk başladığı İzmir illerinde tüketicilerin organik ürünlere yönelik tutumlarını ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Bu amaç kapsamında, oransal örnek hacim formülü kullanılarak organik ürün pazarına giden tüketicilerden 271'i ile yüz-yüze anketler yapılmıştır. Anketlerden elde edilen demografik verilerin analizinde frekans tabloları kullanılmıştır. Tüketicilerin organik ürünlere yönelik davranışlarını ölçmek için Faktör Analizi yöntemi kullanılmıştır. Ankete katılan organik ürün tüketicilerinin büyük çoğunluğunun kadın (%60.1), evli (%66.8), üniversite mezunu (%57.6) ve yüksek gelir seviyesinde (%89.6) bireyler olduğu belirlenmiştir. Eksik, aykırı ve uç değerler atıldıktan sonra Faktör Analizinde 251 anket ve 13 ifade kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar kapsamında İstanbul ve İzmir illerindeki tüketicilerin organik ürünlere yönelik tutumlarında güvenilirlik, deneyim (karşılaştırma), araştırma (bilişsel) ve sağlık faktörlerinin organik ürün tüketimini doğrudan etkilediği belirlenmiştir. Organik ürün tüketimini artırmak için ülke genelinde organik ürün pazarlarının sayısının artırılmasının ve organik ürünlerin bu özelliklerini öne çıkaran kamu spotlarının geliştirilmesinin önemli olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Organik pazar, Organik tüketici, Tüketici davranışı, Faktör analizi

Introduction

Increasing environmental and health problems around the world have multiplied the demands for organically grown products (fruits, vegetables, meat dairy products, etc.). Especially the Covid-19 pandemic, one of the most recent disasters of our time, has brought up the strong immune system. This leads people to healthier, fewer additives, and more reliable products (Gil et al., 2000). The trend towards healthy products draws great attention in Turkey as well.

Turkey is a geographical bridge connecting the continents of Europe and Asia, with 96% in the Asian continent (Anatolia) and 4% in the European continent (Thrace). Turkey has special importance in world trade and transportation as it has a single 160 nautical mile-long waterway connecting the Bosphorus, the Sea of Marmara and the Dardanelles, and the Black Sea to the Mediterranean and other seas (Sanli, 2018).

The beginning of organic agriculture in Turkey was first realized in the period 1984-1985, based on the agreements made between the producers in Turkey and the European importers. Organic farming practices, which started with the projects put forward by the importing companies in the country to produce, continued with the exporting companies acting independently from the importing companies and creating their own markets (Merdan, 2014). With the increase in the demand for organic products in recent years, organic product markets have been established at 20 points throughout the country, especially in the provinces of Istanbul and Izmir (TOB, 2021).

Products grown, processed and stored without the use of harmful factors such as genetic modification, genetic regulators, growth hormone, synthetic fertilizer, and chemical-based pesticides are generally referred to as organic products (Jones et al., 2001). The increase in demand for organic products has also positively affected organic product varieties and has spread to a wide range, recently. For example, it is possible to find products organically such as fresh and dried vegetables and fruits, animal products

(white and red meat, milk and dairy products), bread, frozen or baked foods, processed and packaged foods, cosmetic products, cleaning products, diapers, toys, medical and aromatic plants, stationery made from wood (books, paper, some office supplies, etc.), furniture, textile products (yarn, clothing, etc.) (Sahin, 2019).

Special maintenance carried out in the production processes of organic products and the cultivation process of the products, low efficiency in production, storage conditions, the multiplicity of agents, retailer margins and high costs in terms of shelf life are inevitably reflected in the consumer. High price status is one of the reasons that is considered undesirable for consumers in terms of supply-demand balance and causes organic product consumption to remain at minimal levels (Gil et al., 2000). However, organic product bazaars ensure that organic products reach the consumer at more reasonable prices because it is a tool that allows the producer and the consumer to be in direct contact. Weekly organic product bazaars are established in Turkey, where only certified products are sold, where the authorities of producers, intermediaries, municipalities and/or non-governmental organizations are in charge, enabling the development of the domestic bazaar of organic products. These bazaars allow for the establishment of a bond between the producer and the consumer of organic products, the creation of trust beyond the documents, and increasing confidence thanks to transparent control mechanisms (Bugday Dernegi, 2018).

In this study, the attitudes of consumers towards organic products in Istanbul, where Turkey's first and largest organic product market is located, and Izmir, where organic production first started, were investigated. Knowing who the organic product producer coming to the market is and what him wants is of great importance in deciding what direction the production will take (Bourn and Prescott, 2002; Padel and Foster, 2005). Face-to-face surveys were made with 271 of the consumers who go to the organic product bazaar. Within the scope of the questions asked

in the surveys, 24 Likert scale-based expressions were asked to measure the attitudes of consumers to organic products and the data obtained from these expressions were subjected to Factor Analysis. As part of the results obtained, it was determined that reliability, experience (comparison), research (cognitive), and health factors directly affect the consumption of organic products in the attitudes of consumers in Istanbul and Izmir provinces towards organic products.

Material and Method

The data used in the study were obtained from face-to-face surveys with consumers in organic markets operating in Karsiyaka and Balçova districts in İzmir and Sisli and Kartal districts in Istanbul, Turkey. The proportional sample size formula was used to determine the number of people who would enter the study sample from consumers (Newbold, 1995). This formula (1);

$$n = \frac{Np(1-p)}{(N-1)\sigma_{p_x}^2 + p(1-p)} \quad (1)$$

in this formula, n was used for sample size; N was used for the number of people in Balçova, Karsiyaka, Sisli and Kartal; p was used for the proportion of people coming to the organic bazaar and $\sigma_{p_x}^2$ was defined as the variance of the ratio. The total number of households in Sisli, Kartal, Balçova and Karsiyaka was approximately 285 735. P=0.50 was taken to reach the maximum in the number of interviews (sample size) from consumers coming to the organic bazaar. Sample size for 5% margin of error and 90% confidence range is calculated as 271.

The distribution of sample size by districts and organic bazaars in these districts is given in Table 1. Within the scope of the study sample, in 2017 with 66 consumers from Bostanlı organic bazaar in Karsiyaka district of Izmir province, with 13 consumers from Mavisehir/Mavibahce organic bazaar and with 19 consumers from Balçova organic bazaar in Balçova district, with 98 consumers in total were surveyed through face-

to-face interviews in Izmir. In Istanbul, 65 consumers in Sisli/Ferikoy organic bazaar and 108 consumers in Kartal organic bazaar and 173 consumers in total were surveyed. 271 people interviewed in Izmir and Istanbul were consumers who go to the organic bazaar.

Table 1. Sample size and distribution

IZMIR	Number of Households	Number	%
Balçova	19 530	19	6
Bostanlı	69 603	66	25
Mavisehir	13 710	13	5
ISTANBUL	Number of Households	Number	%
Kartal	114 388	108	40
Sisli	68504	65	24
TOTAL	285 735	271	100.0

The Factor Analysis method was used to determine the attitudes of consumers toward organic products (foods). Factor analysis is divided into two sections. The first is Exploratory, and the second is Confirmatory factor analysis (Stevens, 2009). The method used in this study is Exploratory Factor Analysis. In order to prepare the research data for Factor Analysis, data searching was performed. Mahalanobis D2 test was used to determine the extreme values in responses to attitude statements (Tabachnick and Fidell, 2007; Cihat et al., 2020) towards organic products. Mahalanobis D2 test is used in multivariate analysis to determine observations with extreme values taking into account all variables (the consumer's answers for each statement) (Merter and Vannatta, 2010). As a result of the test, it was determined that 20 observations had extreme values and the number of observations decreased to 251. At the stage of obtaining these factors, the aim is to obtain a small number of factors that will represent the relationships between the variables to the highest degree. In factor rotation, it is to obtain nameable and interpretable factors. Orthogonal (right-angle) rotation is the most used method in rotation. The factors obtained in orthogonal rotation are not in correlation with each other. In non-orthogonal (oblique) rotation, the factors are in correlation with each other. In other words,

they are not independent of each other. Orthogonal rotation was used in this study. Three techniques are used in orthogonal rotation. These are varimax (the most used technique), equamax and quartimax, respectively. Varimax rotation was used in the study (Kalaycı, 2006; Malhotra, 2010; Sahin, 2019).

Factor Analyze (FA) (Tabachnick and Fidell, 2001; Askan et al., 2021; Topcu and Cavdar, 2022), which is used for data reduction or summarizing without discriminating between dependent and arguments, determines the decisive factors to describe the correlations between variables (Malhotra, 2010; SPSS-20.0, 2020). When determining the number of factors obtained from factor analysis, factors with greater than one eigenvalue were taken into account, and the low ones were not included in the analysis (Hair et al., 1998). It was examined whether the 24 statements presented to consumers on the attitude scale met the criteria in factor analysis. As a result of this process, 11 statements considered problematic on the attitude scale were excluded from the analysis. It is understood that these statements do not define the attitude of consumers towards organic products and do not reflect the basic components of consumer attitude.

Results and Discussion

When looking at the gender of the consumers (271 people) surveyed, 60.1% were women and 39.9% were men. When looking at the distribution by province, 54.3% of the consumers (173 people) in Istanbul are women and 45.7% are men, while 60.1% of consumers (98 people) in Izmir are women and 39.9% are men. This indicates that most women come to the organic product bazaars to shop. In addition, the average age of consumers was found to be about 45. While the oldest consumer age participating in the survey is 75 and the smallest is 20. At least 1 person lives in the households of consumers, at most 7 people, about an average of 3 people.

It was determined that 66.8% of the consumers surveyed in the organic product

bazaar were married, 25.8% were single and 7.4% were divorced or their spouses had passed away. In this case, it is possible to say that married people are more in demand for organic bazaars and therefore organic products.

While 89.6% of consumers have a high income of 4000TL or more, 8.1% are in the income group between 2000TL and 3999TL, and 2.3% are in the low-income group, equal to or less than 1999TL. In addition, in the distribution by provinces, 81.5% of consumers in Istanbul and 94.4% of consumers in Izmir are in the high-income group.

When the education levels of consumers were examined, it was found that the vast majority of them had a university degree with 57.6% (156 people), 19.9% (54 people) had a postgraduate education, and 15.1% (41 people) were high school graduates. This reveals that the educational levels of the consumers from the organic product bazaar are high.

When occupational groups are examined, a large part (23.2%) is in the self-employed group. 19.6% are private sector employees, 17% are retired, 11.4% are public sector employees, 10% are tradesmen, 8.1% are teachers, 4.4% are academics, 2.6% are employers and 3.3% are housewives. In the distribution by province, the vast majority (36.4%) in Istanbul are self-employed people and the vast majority (37.7%) are teachers in Izmir. In second place, private sector workers in Istanbul constitute 26% and tradesmen in Izmir with 22.4%. While 0.6% of the consumers in Istanbul are students, 8.2% of the consumers in Izmir are private sector employees. No unemployed group has been found in organic product consumers.

When the regional cuisines preferred by consumers in their own households were examined, it was revealed that a large proportion (48.7%) chose Aegean region cuisine. Following this, it was determined that 14.8% of consumers preferred Mediterranean region cuisine, 11.1% preferred Marmara region cuisine, 7.7% preferred Southeast Anatolia, 7% preferred Central Anatolia, 5.9% preferred Eastern Anatolia and at least 4.8% preferred Black Sea region cuisine (Table 2).

Table 2. Demographics of consumers

Gender Status	PROVINCE				OVERALL	
	IZMIR		ISTANBUL			
	Number	%	Number	%	Number	%
Women	69	70.4	94	54.3	163	60.1
Men	29	29.6	79	45.7	108	39.9
Total	98	100	173	100	271	100
Age	Lowest Value= 20; Highest Value= 75; Average= 45.03S; Standard Deviation = 12.10					
Number of Households	Number= 271; Lowest Value= 1; Highest Value= 7; Average= 2.59; Standard Deviation= 1.13					
Marital Status	PROVINCE				OVERALL	
	IZMIR		ISTANBUL			
	Number	%	Number	%	Number	%
Single	15	15.3	55	31.8	70	25.8
Married	78	79.6	103	59.5	181	66.8
Divorced or wife/husband dead	5	5.1	15	8.7	20	7.4
Total	98	100	173	100	271	100
Income Level	PROVINCE				OVERALL	
	IZMIR		ISTANBUL			
	Number	%	Number	%	Number	%
Low Income (\leq 1999TL)	1	0.9	3	4.6	4	2.3
Middle Income (2000TL-3999TL)	5	4.6	9	13.8	14	8.1
High Income (4000TL and above)	102	94.4	53	81.5	155	89.6
Total	108	100	650	100	173	100
Educational Level	PROVINCE				OVERALL	
	IZMIR		ISTANBUL			
	Number	%	Number	%	Number	%
Literate	5	5.1	-	-	5	1.8
Primary Education	7	7.1	5	2.9	12	4.4
Secondary School	3	3.1	-	-	3	1.1
High School	19	19.4	22	12.7	41	15.1
University	58	59.2	98	56.6	156	57.6
Postgraduate	6	6.1	48	27.7	54	19.9
Total	98	100	173	100	271	100
Occupational Group	PROVINCE				OVERALL	
	IZMIR		ISTANBUL			
	Number	%	Number	%	Number	%
Civil Servant	19	19.4	12	6.9	31	11.4
Private Sector Employee	8	8.2	45	26.0	53	19.6
Tradesmen	22	22.4	5	2.9	27	10.0
Retired	-	-	10	5.8	46	17.0
Teacher	36	36.7	9	5.2	22	8.1
Academic	-	-	12	6.9	12	4.4
Employer	-	-	7	4.0	7	2.6
Housewife	-	-	9	5.2	9	3.3
Self-Employed	13	13.3	63	36.4	63	23.2
Student	-	-	1	0.6	1	0.4
Total	98	100	173	100	271	100
Preferred Regional Cuisine	PORVINCE				OVERALL	
	IZMIR		ISTANBUL			
	Number	%	Number	%	Number	%
Aegean	76	77.6	56	32.4	132	48.7
Marmara	2	2.0	28	16.2	30	11.1
Black Sea	2	2.0	11	6.4	13	4.8
Central Anatolia	3	3.1	16	9.2	19	7.0
Eastern Anatolia	4	4.1	12	6.9	16	5.9
Southeastern Anatolia	1	1.0	20	11.6	21	7.7
Mediterranean	10	10.2	30	17.3	40	14.8
Total	98	100	173	100	271	100

While the literature was searched, the demographic structure results of organic product consumers were examined and it was determined that these results matched the data we obtained (Biyikoglu, 2010; Etiicli et al., 2016; Gungor, 2019).

Whether the 24 statements presented to the consumers with the attitude scale met the criteria in the factor analysis was examined. As a result of

this process, 11 expressions that were thought to be problematic in the attitude scale were excluded from the analysis. These statements and the reasons for their exclusion from the analysis are given in Table 3. It can be said that these statements do not define the attitude of consumers towards organic products and do not reflect the basic components of consumer attitude.

Table 3. Statements extracted from factor analysis and their reasons

Expressions	Problem	Condition
Organic products taste better than traditional products.	Common variance	Does not satisfy the condition of being greater than 0.50
Organic products are more expensive than traditional products.	Sample fit measure	Does not satisfy the condition of being greater than 0.50
More land should be allocated for organic farming.	Common variance	Does not satisfy the condition of being greater than 0.50
Organic products are important for my family to get the necessary nutrients.	Common variance	Does not satisfy the condition of being greater than 0.50
Chemical fertilizers were not used while growing organic products.	Common variance	Does not satisfy the condition of being greater than 0.50
Organic products help reduce the risk of getting sick.	Complex structure problem	Variable cannot load more than 0.40 from more than one dimension
Consuming organic products is safer than consuming traditional products.	Complex structure problem	Variable cannot load more than 0.40 from more than one dimension
The biggest factor in my preference for organic products is that they are beneficial to human health.	Complex structure problem	Variable cannot load more than 0.40 from more than one dimension
Supermarkets should have more variety of organic products.	Common variance	Does not satisfy the condition of being greater than 0.50
Consuming organic products is healthier than consuming traditional products.	Complex structure problem	Variable cannot load more than 0.40 from more than one dimension
As a consumer, I am always ready to pay more for organic products.	Common variance	Does not satisfy the condition of being greater than 0.50

*1: Absolutely not important, 5: Absolutely important

The final factor analysis was performed using 251 observations and 13 statements. The number of observations corresponds to the ratio of 1:5 (five observations for each variable), which expresses the minimum number of observations required for factor analysis. In the factor analysis part of the surveys, 4 dimensions with an eigenvalue greater than 1 were derived (Table 3 and 4). The total described variance was found to be sufficient with 69.56%. Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) measure of sampling adequacy is 0.726. The Bartlett test of sphericity ($p < 0.01$) is meaningful. The results indicate that it is appropriate to determine the dimensions underlying consumers' attitudes toward organic

products by Factor Analysis. As a result of the reliability analysis for the dimensions obtained from the factor analysis, it is determined that Cronbach's Alpha coefficient is between 0.70 and 0.88 (Table-4). This result indicates that the scale of internal consistency is good (Malhotra, 2010).

Each factor is classified under certain headings by taking advantage of the characteristics of the four factors obtained as a result of the analysis. The titles of these four factors show the attitudes of consumers towards organic products; safety, experience (comparison), research (cognitive), and health.

Table 4. Factor analysis results

Factors	Average*	Standard Deviation	Factor Loading
Reliability ($\alpha=0.78$)			
Organic product is a product that has not been subjected to any chemical treatment.	4.75	0.503	0.865
Organic products do not contain additives.	4.65	0.542	0.754
Organic products help to gain the biological balance of nature.	4.74	0.484	0.730
If I can find it, I'd be happy to consume more organic produce.	4.70	0.477	0.639
Experience (Comparison) ($\alpha=0.88$)			
I don't think organic products contain more vitamins and minerals than traditional products.	1.76	1.293	0.913
I don't think there is a significant difference between organic products and traditional products.	1.77	1.303	0.908
Organic products have reduced pesticide use in agriculture**	4.41	0.812	-0.842
Research (Cognitive) ($\alpha=0.70$)			
I think organic products are a temporary fad.	1.19	0.448	0.801
Organic products are no better quality than traditional products.	1.24	0.474	0.755
I don't buy organic products because they are more expensive than traditional products.	1.57	0.875	0.690
I don't think about buying organic products when there are traditional products.	1.30	0.548	0.686
Health($\alpha=0.78$)			
For human health, consuming organic products is more beneficial than consuming traditional products.	4.63	0.587	0.873
Organic products are more nutritious than traditional products.	4.58	0.643	0.853
Total Explained Variance (%)			
			69.560
Kaiser-Meyer-Olkin			
			0.726
Bartlett's Test (Chi-square)			
			1495.099
P			
			0.000
N			
			251

*1: I strongly disagree, 5: I strongly agree.

** The opposite scale used for expression was taken when performing reliability analysis.

When the reliability factor is examined, there are four characteristics that consumers consider in their attitudes towards organic products. These are the fact that the organic product has not been subjected to any chemical treatment, helps to gain the biological balance of nature, does not contain additives and is satisfied to consume more organic products. The experience (comparison) factor includes three characteristics: the reduction of pesticide uses in agriculture of organic products, the idea that there is no difference between the organic products and traditional product, and the idea that organic products do not contain more vitamins and minerals than traditional products. In the research (cognitive) factor, there are four characteristics with the idea that organic products are more expensive than traditional products, not better quality, that organic products are a temporary fad, and that they do not buy organic when there are traditional. In addition, the health

factor includes two characteristics with the idea that consuming organic products is more beneficial and more nutritious than consuming traditional products (Table 4).

In the literature studies on consumer attitudes towards organic products, it was determined that the health factor is important and overlaps with the results of our studies (Makatouni, 2002; Magnusson et al., 2003; Armagan and Ozdogan, 2005; Karabas, 2011; Tetik, 2012; Celik, 2013; Karaman et al., 2013; Sezgin and Uzundumlu, 2019). In their 2018 study, Cam and Karakaya determined that factors such as the safety of organic products and the fact that organic products are not harmful to health are the most important factors affecting the preference for organic product consumption (Cam and Karakaya, 2018). In 2015, Yaprakli concluded that the perception of quality is effective in consumers' organic product preferences (Yaprakli, 2015). In 2007, Sarikaya determined that responsibility,

trust, value and benefit factors stand out in terms of consumers' behavior and attitudes towards buying organic products (Sarıkaya, 2007). In a study by İnci et al. in 2017, the factors affecting consumers' consumption of organic products were found to be healthy, natural and ecological, safe, price and nutritional value (İnci et al., 2017). In an article by Bahsi and Akca in 2019, the reasons why consumers use organic products were found to be healthy, not use chemical drugs, reliable, taste good, curiosity, and advice (Bahsi and Akca, 2019). The results of these studies, which were previously carried out for organic products, support the research result that we have found.

Conclusions

As part of this research, 271 consumers were surveyed face-to-face. When the demographics of consumers are examined within the scope of the surveys, the average number of individuals living in the household consists of 3 people, the average age is 45, 60% are female, 67% are married and 58% are university graduates. Most of the consumers are in the self-employed group with 23% and 20% are in the private sector group. When the region's cuisine that consumers prefer in their households was examined, it was revealed that a large part of them prefer dishes belonging to the Aegean region. Therefore, it can be said that consumers of organic products usually consist of the middle age group, married, female, university graduates, self-employed and mostly individuals who prefer dishes belonging to Aegean region cuisine. The results of Factor Analysis, which examined consumers' attitudes towards organic products, have revealed that reliability, experience (comparison), research (cognitive), and health factors have a direct effect on consumers' consumption of organic products. Considering these results, it is recommended that both the relevant municipalities and Non-Governmental Organizations highlight organic product advertising for organic product bazaars. The fact that organic products are different and

healthy from other products is an important point that should be emphasized in campaigns related to the promotion of organic products. It is considered that it is important to focus on efforts to increase the organic product information of consumers and expand organic bazaars and increase the consumption of organic products.

Acknowledgement

This study has been prepared using data from a part of Ayca Nur Sahin Demirel's PhD Thesis."

Author contributions: The authors declare that they have contributed equally to the article and have not plagiarized.

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

References

- Armagan, G., & Ozdogan, M. (2005). Consumption patterns of ecological egg and chicken meat and determining the consumer preferences. *Journal of Animal Production*, 46, 14-21.
- Askan, E., Topcu, I. & Sahin, A.N. (2021). Determining consumption preferences of consumers considering quality attributes of drinking water. case of Iğdır. *Italian Journal of Food Science*, 33, 156–165.
- Bahsi, N. & Akca, A. (2019). A research on the determination of consumers' perspectives on organic agricultural products. case study in Osmaniye and Sanliurfa provinces. *Journal of Agriculture and Nature*, 22, 26-34.
- Bıyıklıoğlu, S. (2010). *Determination of organic food on an investigation with respect to consumer behavior* (Published Master's Thesis). Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Bourn D., Prescott J. (2002). A Comparison of the Nutritional Value, Sensory Qualities, and Food Safety of Organically and Conventionally Produced Foods, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42, 1-34.
- Bugday Dernegi, (2018). Organik pazar çalıştayı ve organik pazarlarda son durum. Retrieved from: <http://www.bugday.org/blog/organik-pazar-calistayi-ve-organik-pazarlarda-son-durum/>.
- Cam, O., & Karakaya, E. (2018). Determination of consumption preferences of organic product and factors affecting consumption preferences of consumers in Siirt province. *ADU Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15, 33-41.
- Celik, S. (2013). Who and why buy organic food? A field

- research. *The Journal of Institute of Social Sciences*, 30, 93-108.
- Etiçli, G.E., Anil, N.K. & Kilic, B. (2016). The affecting factors of consumers' organic food purchase choices. *Kırklareli University Journal of the Faculty of Economics and Administrative Sciences*, 5, 93-108.
- Gil, J.M., Gracia, A. & Sanchez, M. (2000). Market segmentation and willingness to pay for organic products in Spain. *The International Food and Agribusiness Management Review*, 3, 207-226.
- Gungor, M. (2019). A pilot research on the relationship between consumer involvements for organic products and purchasing reasons (Published Master's Thesis). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Gunden C., Atis E. & Salali H. E. (2020). Investigating consumers' green values and food-related behaviours in Turkey. *International Journal of Consumer Studies*, 44, 53 –63.
- Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L. & Block, W.C. (1998). *Multivariate data analysis with readings* (pp. 374). London: McMillan Book Company.
- Inci, H., Karakaya, E. & Sengul, A.Y. (2017). Factors affecting organic product consumption (Diyarbakir case). *Journal of Agriculture and Nature*, 20, 137-147.
- Jones, P., Clarke, C., Shears, P. & Hillier, D. (2001). Retailing organic foods. *British Food Journal*, 103, 358-365.
- Kalaycı, Ş. (2006). *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*, Ankara: Asil Yayın Dağıtım.
- Karabas, S. (2011). Producer and consumer behavior in marketing of organic products and determining the factors affecting it (a case study of Samsun) (Published Doctoral Dissertation). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Karaman, S., Ozsayın, D. & Karahan, H. (2013). Consumer satisfaction in direct marketing of organic fresh fruits and vegetables. *Reserach Journal of Agricultural Sciences*, 6, 83-87.
- Magnusson, M.K., Avola, A., Hursti, U., Aberg, L. & Sjoden, P. (2003). Choice of organic food is related to perceived consequences for human health and to environmentally friendly behaviour. *Appetite*, 40, 109-117.
- Makatouni, A. (2002). What motivates consumers to buy organic food in the UK? results from a qualitative study. *British Food Journal*, 104, 345-352.
- Malhotra, N.K. (2010). (6th Ed.) *Marketing Research, An Applied Orientation*. New Jersey: Pearson.
- Merdan, K. (2014). *Türkiye'de Organik Tarımın Ekonomik Analizi: Doğu Karadeniz Uygulaması* (Doctoral Dissertation). Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Merter, C. A., & Vannatta, R. A. (2010). Advanced and multivariate statisti-cal methods, practical application and interpretation (4th ed.). Glendale, CA: Pyczak Publishing.
- Newbold, P. (1995). (4th Ed.) *Statistics for Business and Economics* (pp. 1016). USA: Prentice Hall International Editions.
- Padel S., Foster C. (2005). Exploring the gap between attitudes and behaviour: Understanding why consumers buy or do not buy organic food. *British Food Journal*, 107, 606-625.
- Sahin, A. N. (2019). *Current situation of organic markets in Izmir and Istanbul and development of the most preferred organic market design* (Doctoral Dissertation). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Sanli, N. (2018). *Türkiye'nin Jeopolitik Önemini Kavratmada Coğrafya Dersinin Etkisinin Öğretmen Görüşleri ile Değerlendirilmesi* (Master's Thesis). Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Sarikaya, N. (2007). Organik Ürün Tüketimini Etkileyen Faktörler ve Tutumlar Üzerine Bir Saha Çalışması. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitusu Dergisi*, 14, 110-125.
- Sezgin, A. & Uzundumlu, A.S. (2019). Analysis of Factors Effecting Organic Product Consumption. A Case Study of Erzurum Province. *IBAD Journal of Social Sciences, (Special Issue)*, 441-451.
- SPSS-20.0 (2020). (20th Ed.) *IBM SPSS 20.0 base user's guide*. Chicago, IL. ISBN 1-56827-370-3.
- Stevens, P.J. (2009). Repeated-Measures Analysis, *Applied Multivariate Statistics for the Social Sciences* (325-381 pp), Routledge, Taylor & Francis Group, New York.
- Tabachnick, B.G. & Fidell, L.S. (2001). (4th Ed.) *Using Multivariate Statistics*. Boston. Allyn And Bacon.
- Tabachnick, B. G. & Fidell, L. S. (2007). *Using multivariate statistics* (5th ed.). New York, NY: Pearson.
- Tetik, S. (2012). Applied analysis of factors causing turkish consumers to prefer organic product. *International Journal of Humanities and Education*, 1, 37-64.
- TOB, (Ministry of Agriculture and Forestry). (2021). Herbal Production, Retrieved from: [https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitki sel-Uretim/Organik-Tarim/Genel-Bilgiler?Ziyaretci=Tuketici](https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitki%20sel-Uretim/Organik-Tarim/Genel-Bilgiler?Ziyaretci=Tuketici).
- Topcu, Y. & Çavdar, M. (2022). Consumers' consumption preferences towards Gumushane home-made type mulberry products with PGI: Case of Gumushane, *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26, 214-227.
- Yapraklı, T.S. (2005). A study of directed to determining satisfaction levels of ecological food products consumers, *Istanbul University Journal of The School of Business*, 1, 66-85.



Ana ve ikinci ürün koşullarında yetiştirilen susam (*Sesamum indicum* L.) çeşitlerinin bazı önemli tarımsal ve kalite özelliklerinin karşılaştırılması

*The comparison of some important agronomic and quality characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties grown as a main and double crop*

Halil BAKAL^{1*}

¹Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Adana, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-9645-9291>

To cite this article:

Bakal, H. (2022). Ana ve ikinci ürün koşullarında yetiştirilen susam (*Sesamum indicum* L.) çeşitlerinin bazı önemli tarımsal ve kalite özelliklerinin karşılaştırılması. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(3): 358-370.

DOI:10.29050/harranziraat.1097101

*Address for Correspondence:

Halil BAKAL

e-mail:

hbakal@cu.edu.tr

Received Date:

01.04.2022

Accepted Date:

30.06.2022

© 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 çalışma; 2018 ve 2019 yıllarında, ana ve ikinci ürün koşullarında, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Araştırma ve Uygulama alanında, bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak kurulmuş ve yürütülmüştür. Bu çalışmada; ülkemizde tescil edilmiş susam çeşitlerinin farklı yetiştirme dönemlerinde (ana ve ikinci ürün koşullarında) önemli agronomik ve kalite özelliklerinin belirlenmesi ve karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak, on yedi farklı susam çeşidi denemede materyal olarak kullanılmıştır. Denemeye alınan susam çeşitlerinin; bitki boyu, ilk kapsül yüksekliği, dal ve kapsül sayısı, 1000 tohum ağırlığı, tohum verimi gibi önemli agronomik özellikleri ile yağ ve protein oranı değerleri incelenmiştir. Denemeye alınan susam çeşitlerinin incelenen özellikleri arasında her iki yetiştirme döneminde de önemli farklılıklar saptanmıştır. Ana ürün koşullarında; gün uzunluğu, toplam sıcaklık ve vejetasyon süresi daha fazla olduğundan dolayı, incelenen tüm tarımsal özelliklerine ait elde edilen değerler, ikinci ürün koşullarına göre daha yüksek bulunmuştur. Özellikle tohum verimi değerleri, ikinci ürün koşullarına göre, ana ürün koşullarında %40 daha yüksek olmuştur. Elde edilen sonuçlara göre; hem ana ürün ve hem de ikinci ürün koşullarında tohum verimi ile tarımsal ve kalite özellikleri bakımından; Muganlı-57, Sarı Susam ve Osmangazi-99 susam çeşitlerinin, diğer çeşitlerden daha üstün olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Susam, Ana ürün, İkinci ürün, Agronomik özellikler, Yağ ve protein oranı

ABSTRACT

This study was conducted at the experimental area of the Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Cukurova University as a main and double crop in 2018 and 2019. The objective of this study was to determine and compare of important agronomic and quality characteristics of sesame varieties grown in main and double crop growing condition. The experiment design was a split blok with three replications. 17 different sesame varieties were used as a plant material in this research. Plant height, the first capsule height, branch and capsule number per plant, 1000 seed weight, seed yield per decare, oil and protein content characteristics were investigated. The differences between the sesame varieties for the investigated characteristics were significant in both growing seasons. The data belonging to agronomic characteristics of the sesame varieties were found higher in main crop than in double crop growing season. Because, total temperature, day length and growing period were the higher in main crop than in double crop growing season. Specially, seed yield values were found 40% higher in main crop than in double crop. According to two-year results, the data belonging to Muganlı-57, Sarı Susam and Osmangazi-99 varieties for the seed yield, morphological and quality properties were higher than the others varieties in both growing seasons.

Key Words: Sesame, Main crop, Double crop, Agronomic traits, Oil and protein

Giriş

Yazlık bir yağ bitkisi olan susam, dünyada ilk kültüre alınan yağ bitkilerinden biri olup, içerdiği yüksek oranda yağ ve protein nedeniyle, insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir (Arioğlu, 2014). Susam tohumunda %44-58 oranında yağ, %18-25 oranında protein, %13.5 oranında karbonhidrat ve %5.0 oranında ise kül bulunmaktadır (Borchani ve ark., 2010). Ayrıca susam tohumunda bol miktarda vitamin ve mineral madde bulunmaktadır. Susam yağı kompozisyonunda bulunan sesamol, sesamolinol ve sesaminol gibi antioksidan maddeler nedeniyle bozulmaya karşı oldukça dayanıklıdır (Alpaslan ve ark., 2001).

Susam bitkisinin büyüme ve gelişmesi üzerine çevre faktörleri ile uygulanan kültürel işlemler etkili olmaktadır (Öztürk ve Şaman, 2012). Susam bitkisinin büyüme ve gelişmesi üzerine etkili olan en önemli çevre faktörlerinin başında gün uzunluğu gelmektedir. Susam, kısa gün bitkisidir. Çiçeklenme öncesi, 42-45 günlük sürede, 10 saatlik ışıklandırma çiçeklenme için yeterli olmaktadır. Işıklanma süresi arttıkça, bitkinin fotosentez yapma süresi artmakta ve dolayısı ile verim de artmaktadır. Kısa gün koşullarında bitki yeterince vejetatif gelişme göstermeden çiçeklenmeye başlamaktadır. Bu nedenle, bitki boyu kısa kalmakta, bitki fazla gelişemediği için de, bitki başına oluşan kapsül sayısı azalmakta ve verimin düşmesine neden olmaktadır. Uzun gün koşullarında ise bitki yeterince dallanmaktadır. Bitki başına oluşan kapsül sayısı artmakta ve verim olumlu yönde etkilenmektedir (Weiss,1983 ve Arioğlu, 2014).

Susam bitkisinin büyüme ve gelişmesi üzerine etkili olan diğer bir çevre faktörü de, yetiştirme süresi boyunca ortaya çıkan hava ve toprak sıcaklığıdır. Yetiştirme süresi içerisinde yüksek ve düşük sıcaklıklar bitki gelişmesini olumsuz yönde etkilemektedir. Susam bitkisinde normal bir gelişmenin olabilmesi için, hava sıcaklığının 24°C'nin üzerine çıkması gerekmektedir. Yapılan araştırmalar göstermiştir ki, yetiştirme süresi içerisinde hava sıcaklığı 24°C'den, 33°C'ye

yükseldiğinde, bitki boyu artmakta ve bitkide yaprak oluşumu teşvik edilmektedir. Hava sıcaklığı azaldıkça, büyümenin gerilemesi yanında, çiçeklenme başlangıcı da gecikmektedir. Bitkide çiçeklenme için hava sıcaklığının 27°C'yi bulması gerekmektedir. Yetiştirme süresi içerisindeki yüksek hava sıcaklığı (40°C'nin üzerinde), büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkilemektedir. Özellikle çiçeklenme döneminde hava sıcaklığı 40°C'yi bulduğunda, tozlanma ve dölllenme olumsuz etkilenmekte ve bitkide oluşan kapsül sayısı azalmaktadır (Ranganatha, 2010). Hava sıcaklığı, bitkinin büyüme ve gelişmesi yanında, tohumun kalitesini de etkilemektedir. Düşük sıcaklıkta tohumun yağ içeriği ve kalitesi düşmekte, özellikle, sesamin ve sesamolin içeriği azalmaktadır. Yetiştirme süresindeki yüksek sıcaklık ise, tohumdaki yağ oranını artırmaktadır (Weiss,1983). Susam tarımında birim alandan elde edilecek verim üzerine en etkili yetiştirme faktörlerinin başında ekim zamanı gelmektedir (Langham ve ark., 2007). Rahman ve ark., (2007) tarafından yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, susam çeşitlerinin tohum verimi üzerine, ekim zamanının etkisinin önemli olduğu bildirilmiştir. Normal ekim zamanına göre yapılan geç ekimlerde, tohum veriminde önemli düzeyde azalmalar meydana gelmektedir (Alam Sarkar ve ark., 2007).

Ülkemizde susam ıslahı konusunda yapılan çalışmalar sonucu yeni susam çeşitleri tescil edilerek üretime aktarılmıştır. Çukurova bölgesinde susam, ana ve ikinci ürün olarak yetiştirilmektedir. Her iki yetiştirme dönemi içinde uygun çeşitlerin belirlenmemiş olması, bölgemizde yapılan susam tarımında önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bölgemizde üretimi yapılan yerel çeşitler, çeşit olmaktan uzaklaşmış, popülasyon haline dönüşmüştür. Bu nedenle de verimde ve kalitede önemli düşmeler meydana gelmektedir. Bu çalışmada; farklı kurumlar tarafından ıslah edilerek tescil ettirilen yerli susam çeşitlerinin, Çukurova bölgesinde, ana ve ikinci ürün koşullarındaki verim potansiyellerinin belirlenmesi ve yetiştirme dönemlerine göre incelenen özelliklerin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metod

Deneme materyali

Bu araştırma; Çukurova bölgesinde ana ve ikinci ürün koşullarında tescil edilmiş bazı susam çeşitlerinin önemli tarımsal ve kalite özelliklerini belirlemek ve farklı yetiştirme dönemlerinde elde edilen değerleri karşılaştırmak amacıyla 2018 ve 2019 yıllarında, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanında yürütülmüştür. Araştırmada; farklı araştırma kurumları tarafından tescil ettirilen Tan-99 Arslanbey, Sarı Susam, Batem-Uzun, Osmanlı-99,

Batem-Aksu, Özberk-82, Boydak, Muganlı-57, Baydar-2001, Göl marmara, Cumhuriyet-99, Kapsut-99, Hatipoğlu, Sarısu, Orhangazi-57 ve Tanas olmak üzere 17 adet farklı susam çeşidi materyal olarak kullanılmıştır. Denemede materyal olarak kullanılan çeşitler; sınırsız büyüme (indeterminate) özelliğine sahip, dallanan, beyaz çiçek rengine sahip ve hasat olgunluğunda kapsülleri çatlayan özelliğine sahiptir. Denemelerde kullanılan susam çeşitlerine ait bazı özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Denemede kullanılan susam çeşitlerinin bazı özellikleri
Table 1. Some seed and capsule characters of sesame genotypes

Çeşit Varieties	Tohum Kabuğu Rengi Seed Color	Kapsül Şekli Capsule Type
Arslanbey	Koyu kahverengi	Küçük, uzun dikdörtgen, bicarpel
Batem-Aksu	Kahverengi	Orta, uzun dikdörtgen, bicarpel
Batem-Uzun	Açık kahverengi	Geniş, uzun dikdörtgen, bicarpel
Baydar-2001	Açık kahverengi	Geniş, uzun dikdörtgen, bicarpel
Boydak	Kahverengi	Geniş, uzun dikdörtgen, bicarpel
Cumhuriyet-99	Beyaz	Küçük, uzun dikdörtgen, bicarpel
Göl marmara	Beyaz	Orta, uzun dikdörtgen, bicarpel
Hatipoğlu	Koyu kahverengi	Küçük, uzun dikdörtgen, bicarpel
Kepsut-99	Beyaz	Küçük, uzun dikdörtgen, bicarpel
Muganlı-57	Açık kahverengi	Geniş, uzun dikdörtgen, bicarpel
Orhangazi-99	Beyaz	Orta, uzun dikdörtgen, bicarpel
Osmanlı-99	Beyaz	Orta, uzun dikdörtgen, bicarpel
Özberk-82	Açık kahverengi	Küçük, uzun dikdörtgen, bicarpel
Sarı Susam	Sarı	Geniş, uzun dikdörtgen, bicarpel
Sarısu	Sarı	Geniş, uzun dikdörtgen, bicarpel
Tan-99	Beyaz	Orta, uzun dikdörtgen, bicarpel
Tanas	Sarı	Geniş, uzun dikdörtgen, bicarpel

Deneme yerinin iklim ve toprak özellikleri

Denemenin yürütüldüğü Adana ilinde tipik Akdeniz iklimi etkili olmaktadır. Denemenin yürütüldüğü dönemde (Nisan-Kasım) ortalama hava sıcaklık değerleri 2018 yılında 20.1°C ile 29.7°C arasında değişirken, 2019 yılında 17.0°C ve 29.6°C arasında değişim göstermiştir. 2018 ve 2019 yıllarındaki yetiştirme döneminde toplam yağış miktarı sırasıyla 174.2 mm ve 150.8 mm'dir. Ortalama bağıl nem, 2018'de %58.6 ile %70.2 arasında ve 2019'da %57.6 ile %69.3 arasında

değişim göstermiştir. 2018 ve 2019 yıllarına ait iklim değerleri ile uzun yıllar iklim değerleri arasında önemli fark gözlemlenmemiştir (Çizelge 2). Denemenin kurulduğu arazi killi-tınlı bir toprak yapısına sahip olup, organik madde bakımından çok zengin olmadığı, toprak pH'sı 7.36-7.40 arasında olup, alkaliye yakın bir özelliğe sahiptir. Genel olarak susam tarımı için uygun olan toprak yapısının eksik bitki besin elementleri, gübreleme ile giderilmiştir.

Çizelge 2. Denemelerin yürütüldüğü 2018 ve 2019 yıllarının ve uzun yıllara (1929-2019) ait iklim verileri
 Table 2. The climate conditions during the 2018-2019 growing period and long term average (1929-2019)

Aylar Months	Ortalama Sıcaklık Average Temperature (°C)			Toplam Yağış Precipitation (mm)			Nisbi Nem Relative Humidity (%)		
	2018	2019	U.Y.	2018	2019	U.Y.	2018	2019	U.Y.
Nisan April	20.1	17.0	17.5	33.0	61.4	51.1	61.2	67.0	60.1
Mayıs May	24.4	24.1	21.7	25.6	2.6	47.1	62.8	57.6	63.2
Haziran June	26.4	27.1	25.6	27.0	13.8	20.5	70.2	68.7	70.2
Temmuz July	29.1	28.4	28.2	0.0	28.0	6.2	69.8	68.8	67.5
Ağustos August	29.7	29.6	28.7	0.0	0.0	5.5	68.8	68.0	68.5
Eylül September	27.9	27.3	26.1	1.2	0.0	17.6	63.6	62.1	65.4
Ekim October	22.9	24.2	21.6	64.0	22.8	42.4	58.6	61.6	60.3
Kasım November	16.9	18.5	15.8	23.4	22.2	71.1	64.1	69.3	67.4

Araştırma yöntemi ve uygulama tekniği

Araştırma Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanında, her iki yetiştirme dönemleri (ana ve ikinci ürün) ayrı denemeler halinde, tesadüf bloklar deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak, kurulup yürütülmüştür. Denemenin kurulacağı alanda tekniğine uygun olarak toprak hazırlığı yapılmıştır. Ekim öncesi dekara 20 kg 20-20-0 kompoze taban gübresi (4 kg da⁻¹ N, 4 kg da⁻¹ P₂O₅) ve yabancı ot kontrolü için, etkili maddesi "Trifluralin" olan Traflen (150 cc da⁻¹) ticari isimli herbisit ekimden hemen önce toprağa karıştırılmıştır.

Denemede parsel boyutları 5.0 m x 2.8 m (14.0 m²) olarak düzenlenmiş ve her parsel dört sıradan oluşturulmuştur. Ekimler sıra arası 70 cm olacak şekilde el ile yapılmıştır. Her iki deneme yılında, ana ürün koşullarındaki denemeler Mayıs ayının ilk haftasında (6 Mayıs), ikinci ürün koşullarındaki denemeler ise Haziran ayının son haftasında (22 Haziran) kurulmuştur. Her iki yetiştirme sezonunda susam tohumları belirlenen sıralara el ile ekim yapıldıktan sonra tohumların çimlenmesi için yağmurlama sulama yapılmıştır. Ekim sonrası bitkiler 8-10 cm boylandığında, sıra üzeri 10 cm olacak şekilde elle seyreltme yapılmıştır. Seyreltme sonrası, ilk sulamadan hemen önce üst gübre olarak dekara 9.2 kg da⁻¹ N gelecek şekilde 20 kg üre (%46N) uygulanmıştır. Toprağı havalandırmak ve yabancı ot ile mücadele amaçlı

iki kere traktör ile çapalanmıştır. Çiçeklenme başlangıcında ve %50 çiçeklenme döneminde salma sulama yöntemi ile sulama yapılmıştır. Uygulanan tüm kültürel işlemler her iki yılda ve yetiştirme sezonunda aynıdır. Her iki yetiştirme dönemi boyunca gerekli bakım işleri tekniğine uygun olarak zamanında yapılmıştır. Hasat öncesi parsellerdeki bitkiler kontrol edilerek, orta sıralardaki kapsüllerdeki tohumların olgunlaştığı dönemde bitkiler el ile sökülerek hasat edilmiştir. Her iki deneme yılında, ana ürün koşullarındaki denemeler Eylül ayının ilk haftasında (6-10 Eylül), ikinci ürün koşullarındaki denemeler ise Ekim ayının son haftasında (22-27 Ekim) hasat edilmiştir.

İncelenen özellikler ve verilerin değerlendirilmesi

Hasat öncesi, her parselde 20 adet bitki alınarak gerekli sayım ve ölçüm işlemleri yapılmıştır. Bu çalışmada denemeye alınan susam çeşitlerinin önemli agronomik ve kalite özellikleri INTSEM (International Sesame Program) tarafından geliştirilen yöntemler kullanılarak incelenmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen veriler, varyans analizi istatistik programı olan JMP 8.1 Paket Programı kullanılarak bölünmüş parseller deneme desenine göre yetiştirme dönemleri ana faktör, çeşitler ise alt faktör olacak şekilde istatistik analizine tabi tutulmuş ve elde edilen ortalama değerlere arasındaki farklılıklar,

EGF testi kullanılarak %5 önem seviyesinde karşılaştırılmıştır. Ayrıca incelenen agronomik özellikler arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla korelasyon analizi yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Ana ve ikinci ürün koşullarında yetiştirilen farklı susam çeşitlerine ait elde edilen iki yıllık ortalama bitki boyu, ilk kapsül yüksekliği, dal ve kapsül sayısı değerleri ile EGF (%5)'e göre oluşan gruplar Çizelge 3'te; 1000 tohum ağırlığı, tohum verimi, yağ ve protein oranı değerleri ile EGF (%5)'e göre oluşan gruplar ise Çizelge 4'de verilmiştir.

Bitki boyu

İki yıllık ortalama değerler göre, bitki boyu bakımından yetiştirme dönemleri arasındaki farklılıklar, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Farklı yetiştirme dönemlerinde elde edilen bitki boyuna ait iki yıllık ortalama değerler, ana ürün koşullarında 200.6 cm, ikinci ürün koşullarında ise 185.3 cm olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). İkinci ürün koşullarında elde edilen susam çeşitlerine ait ortalama bitki boyu değerleri, ana ürün koşullarına göre daha kısa olmuştur. İkinci ürün koşullarında, kısa gün koşullarının etkili olması nedeniyle, bitkilerin vejetatif devreden, generatif devreye geçmeleri hızlanmaktadır. Generatif devreye hızlı geçiş sonucunda, vejetatif gelişme dönemi yavaşlayarak bitki boyunda kısalmaya neden olmaktadır. Nath ve ark. (2001), Asghar ve ark. (2005), Mahdi ve ark. (2007), Aghili ve ark. (2015), Monpara ve Vaghasia (2016) yaptıkları çalışmalarda, ekim zamanının gecikmesine bağlı olarak, bitki boyunun kısaldığını bildirmişlerdir.

Denemeye alınan susam çeşitlerine ait iki yıllık ortalama bitki boyu değerleri, ana ürün koşullarında 178.1 ile 225.2 cm, ikinci ürün koşullarında ise 156.8 ile 204.3 cm arasında değişim göstermiştir. İki yıllık ortalama değerler göre, bitki boyu bakımından çeşitler arasındaki farklılıklar, her iki yetiştirme döneminde de, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Her iki yetiştirme sezonunda da en yüksek bitki boyu

değeri Batem-Aksu çeşidinde, en düşük bitki boyu değeri ise Arslanbey çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 3). Susam çeşitlerine ait bitki boylarının farklı olması, çeşitlerin farklı genetik yapıya sahip olmalarından ileri gelmektedir. Diğer taraftan, çevre koşulları, yetiştirme dönemi ve kültürel uygulamalar gibi birçok faktör de bitki boyu üzerine etkili olmaktadır. Çevresel etmenlerin aynı olmasından dolayı susam çeşitlerinin bitki boyları arasında önemli bir farkın bulunması, çalışma kapsamında ele alınan susam çeşitlerinin genetik yapılarının birbirinden farklı olmasından kaynaklanmış olabilir. Yapılan hesaplamalara göre, bitki boyuna etkileri bakımından, çeşit x yetiştirme dönemi arasındaki interaksiyon istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna göre, en yüksek bitki boyu değeri, ana ürün koşullarında, Batem-Aksu çeşidinden (225.2 cm) elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, İşler ve ark. (1996), Uzun (1997), Çubukçu ve Arioğlu (2001), Uzun ve Furat (2005), Sumathi ve ark. (2007), Hatipoğlu ve ark. (2017) ve Yol (2018) benzer susam çeşitleri ile yapılan çalışmaların sonuçları ile uyum içerisinde olmuştur.

İlk kapsül yüksekliği

İki yıllık ortalama değerlere göre, ilk kapsül yüksekliği bakımından yetiştirme dönemleri arasındaki farklılıklar, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Farklı yetiştirme dönemlerinde elde edilen ilk kapsül yüksekliğine ait iki yıllık ortalama değerler, ana ürün koşullarında 57.8 cm, ikinci ürün koşullarında ise 45.1 cm olarak ölçülmüştür. İkinci ürün koşullarında gün uzunluğunun azalması nedeniyle bitkilerin vejetatif dönemden, generatif döneme geçişleri daha kısa sürede olduğu için, bitkiler daha erken dönemde çiçeklenmeye başlamakta ve ilk kapsüllerin daha alçak seviyelerde oluşmasına neden olmaktadır. Elde edilen sonuçlar, Nath ve ark. (2001), Mahdi ve ark. (2007), Monpara ve Vaghasia (2016) ve Gloaguen ve ark. (2018) yaptıkları çalışmalar ile uyum içinde olmuştur.

Farklı yetiştirme dönemlerinde denemeye alınan susam çeşitlerinin ilk kapsül yüksekliği değerleri, iki yıllık ortalamalara göre ana ürün

koşullarında 36.9 ile 71.5 cm, ikinci ürün koşullarında ise 26.3 ile 59.7 cm arasında değişim göstermiştir. İki yıllık ortalama değerlere göre, ilk kapsül yüksekliği bakımından çeşitler arasındaki farklılıklar, her iki yetiştirme döneminde de, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Her iki yetiştirme sezonunda da en yüksek ilk kapsül yüksekliği değeri Batem-Aksu çeşidinde, en düşük ise Osmanlı-99 susam çeşidinde saptanmıştır (Çizelge 3). Denemede kullanılan çeşitlerin ilk kapsül yüksekliği değerleri arasındaki fark, çeşitlerin genetik özelliklerinin farklı olmasından kaynaklanmıştır. Ayrıca, çeşitlerin bitki boylarının farklı olması da, ilk kapsül yüksekliğini

etkilemektedir. Nitekim, yapılan hesaplamalara göre, bitki boyu ile ilk kapsül yüksekliği arasında saptanan olumlu ve önemli korelasyon değeri ($r=0.8446$), bitki boyu arttıkça, ilk kapsül yüksekliğinin de artacağını göstermektedir (Çizelge 5). İlk kapsül yüksekliğine etkileri bakımından, çeşit x yetiştirme dönemi arasındaki etkileşim önemli bulunmuştur. Buna göre, en yüksek ilk kapsül yüksekliği değeri, ana ürün koşullarında, Batem-Aksu çeşidinden (71.5 cm) elde edilmiştir. Elde edilen bulgular, İşler ve ark. (1996), Çubukçu ve Arıoğlu (2001), Ramazani (2016), ve Hatipoğlu ve ark. (2017)'nin bulguları ile de desteklenmektedir.

Çizelge 3. Farklı susam çeşitlerinin ana ve ikinci ürün yetiştirme koşullarında elde edilen ortalama bitki boyu, ilk kapsül yüksekliği ve dal ve kapsül sayısı değerleri ile EFG(%5) değerleri

Table 3. The effect of growing season and varieties on plant height (cm), the first capsule height (cm) and branching and capsule number (no. plant⁻¹) in sesame production in two year's average

Çeşitler Varieties	Bitki Boyu Plant Height (cm)		İlk Kapsül Yük. The First Capsule Height (cm)		Dal Sayısı Branching Number (adet bitki ⁻¹)		Kapsül Sayısı Capsule Number (adet bitki ⁻¹)	
	Ana Ürün Main Crop	İkinci Ürün Double Crop	Ana Ürün Main Crop	İkinci Ürün Double Crop	Ana Ürün Main Crop	İkinci Ürün Double Crop	Ana Ürün Main Crop	İkinci Ürün Double Crop
	Arslanbey	178.1	167.8	42.5	40.7	2.0	1.6	122.8
Batem-Aksu	225.2	204.3	71.5	59.7	2.2	1.9	83.5	75.3
Batem-Uzun	220.4	200.0	59.2	47.0	2.6	2.5	73.1	61.4
Baydar-2001	203.6	180.7	55.9	47.6	2.4	1.6	87.4	77.6
Boydak	194.6	180.2	63.1	51.1	4.2	3.7	78.6	72.4
Cumhuriyet-99	193.7	184.7	55.8	43.4	2.3	2.7	94.9	82.7
Gölmarmara	206.0	192.5	66.9	52.9	2.8	1.6	76.7	66.6
Hatipoğlu	199.5	190.4	60.3	53.3	4.1	2.1	85.7	64.9
Kepsut-99	198.2	174.3	54.8	33.7	3.1	2.6	85.8	79.9
Muganlı-57	212.3	202.1	70.2	55.7	2.3	2.2	91.5	84.5
Orhangazi-99	201.2	176.0	50.8	34.9	2.2	2.5	81.8	72.3
Osmanlı-99	170.1	156.8	36.9	26.3	2.2	1.3	80.6	73.1
Özberk-82	208.7	199.2	64.3	52.7	2.8	2.3	83.6	62.1
Sarı Susam	203.6	173.9	57.0	39.5	2.1	2.3	94.8	86.8
Sarısu	203.0	195.1	64.0	48.5	2.0	1.7	81.0	66.5
Tan-99	194.4	182.3	44.9	34.2	3.0	2.5	97.0	82.8
Tanas	197.8	190.3	64.9	46.7	1.9	2.3	92.4	75.2
Ortalama	200.6	185.3	57.8	45.1	2.6	2.2	87.7	76.2
EGF (%5 _A)	3.54		4.41		0.05		3.65	
EGF (%5 _B)	1.43	1.59	2.08	1.55	Ö.D.	Ö.D.	1.55	2.08
EGF (%5 _{AxB})	6.11		3.48		Ö.D.		5.28	

Dal sayısı

Farklı yetiştirme dönemlerinde elde edilen dal sayısına ait iki yıllık ortalama değerler, ana ürün koşullarında 2.6 adet bitki⁻¹, ikinci ürün

koşullarında ise 2.2 adet bitki⁻¹ olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Denemenin her iki yılında da, denemeye alınan susam çeşitlerine ait dal sayısı değerlerinin, ana ürün koşullarında daha

yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu artışın nedeni, ana ürün koşullarında vejetasyon süresi, ikinci ürün koşullarına göre daha fazla olduğundan, susam bitkilerinin vejetatif olarak daha fazla gelişme göstermesidir. Elde edilen bulgular, benzer konularda araştırmalar yapan, bazı araştırmacıların bulguları ile uyum içerisinde bulunmuştur (Olowe, 2007; Sarkar ve ark., 2007; Monpara ve Vaghasia, 2016).

Denemeye alınan susam çeşitlerine ait iki yıllık ortalama dal sayısı değerleri, ana ürün koşullarında 1.9 ile 4.2 adet bitki⁻¹, ikinci ürün koşullarında ise 1.3 ile 3.7 adet bitki⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Her iki yetiştirme sezonunda da en yüksek dal sayısı değeri Boydak çeşidinden elde edilmiştir. En düşük dal sayısı değeri ise ana ürün koşullarında Tanas çeşidinde, ikinci ürün koşullarında ise Osmanlı-99 susam çeşidinde saptanmıştır (Çizelge 3). Denemede kullanılan çeşitlere ait dal sayısı değerlerinin farklı olması, çeşitlerin genetik yapılarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Bitki boyuna etkileri bakımından, çeşit x yetiştirme dönemi arasındaki interaksiyon istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Çalışmada, en yüksek dal sayısı değeri ana ürün koşullarında, Boydak çeşidinden (4.1 adet bitki⁻¹) elde edilmiştir. Elde edilen bulgular, Gnanasekaran ve ark. (2008) ile Frary ve ark. (2015)'nin yaptıkları çalışmalardan elde edilen bulgular ile uyum içerisinde olmuştur.

Kapsül sayısı

İki yıllık ortalama değerlere göre, kapsül sayısı bakımından yetiştirme dönemleri arasındaki farklılıklar, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Farklı yetiştirme dönemlerinde yetiştirilen susam çeşitlerinin bitki başına kapsül sayısına ait iki yıllık ortalama değerleri, ana ürün koşullarında 87.7 adet bitki⁻¹ iken, ikinci ürün koşullarında 76.2 adet bitki⁻¹ olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Ana ürün koşullarında yetiştirilen susam bitkilerinin daha fazla sayıda kapsül oluşturduğu saptanmıştır. Geç ekimlerdeki bitki başına kapsül sayısında görülen azalma, gün uzunluğunun kısalmasından kaynaklanmıştır. İkinci ürün koşullarında gün uzunluğu kısaltmakta,

toplam sıcaklık ve ışıklanma süresinde görülen azalma neticesinde bitkilerin vejetatif devreden generatif devreye geçişleri hızlandığı için boğum sayısı azalmakta ve bitki boyu kısaltılmaktadır. Bu sebeplerden dolayı, ikinci ürün koşullarında daha az sayıda kapsül oluşmaktadır. Çizelge 3'ün incelenmesinden de görüleceği gibi, ana ürün koşullarında bitkiler daha fazla boylanmakta ve dallanmaktadır. Bitki başına dal sayısı arttıkça, kapsül sayısı da artmaktadır. Yapılan hesaplamalar göstermiştir ki, dal sayısı ile kapsül sayısı arasında ($r=0.8411$) olumlu ve önemli bir ilişki saptanmıştır (Çizelge 5). Bu da, dal sayısı arttıkça, kapsül sayısının da artacağını göstermektedir. Elde edilen bulgular; Asghar ve ark. (2005), Sarkar ve ark. (2007), Nath ve ark. (2001) ile Aghili ve ark. (2015)'nin yaptıkları çalışmalardan elde edilen bulgular ile uyum içerisinde olmuştur.

Denemeye alınan susam çeşitlerine ait iki yıllık ortalama bitki başına kapsül sayısı değerleri, ana ürün koşullarında 73.1 ile 122.8 adet bitki⁻¹, ikinci ürün koşullarında ise 61.4 ile 112.0 adet bitki⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İki yıllık ortalama değerlere göre, kapsül sayısı bakımından çeşitler arasındaki farklılıklar, her iki yetiştirme döneminde de, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Her iki yetiştirme sezonunda da en yüksek kapsül sayısı değeri Arslanbey çeşidinden, en düşük ise Batem-Uzun çeşidinden elde edilmiştir. (Çizelge 3). Arslanbey susam çeşidi, her yaprak koltuğunda üç adet kapsül oluşturduğu için, denemede kullanılan diğer çeşitlere göre daha fazla sayıda kapsül oluşturmaktadır. Denemede kullanılan çeşitler arasındaki ortalama kapsül sayısı değerlerinin farklı olması, çeşitlerin genetik yapılarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, denemeye alınan susam çeşitlerinin bitki boylarının ve dal sayılarının farklı olması, kapsül sayısını da etkilemektedir. Kapsül sayısı ile bitki boyu ($r=0.1128$) arasında olumlu ve önemsiz, dal sayısı arasında ise ($r=0.8411$) olumlu ve önemli bir ilişkinin saptanması, bitki boyu ve dal sayısı arttıkça, kapsül sayısının da artacağını göstermektedir (Çizelge 5). Elde edilen bulgular ile Uzun (1997), Çubukçu ve Arıoğlu (2001), Sumathi

ve ark. (2007), Gnanasekaran ve ark. (2008), Frary ve ark. (2015), Ramazani (2016) ve Hatipoğlu ve ark. (2017)'nin farklı lokasyonlarda yaptıkları çalışmaların bulguları ile uyum içerisinde.

1000 Tohum ağırlığı

1000 tohum ağırlığı bakımından, iki yıllık ortalama değerlere göre yetiştirme dönemleri arasındaki farklılıklar, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Farklı yetiştirme dönemlerinde elde edilen 1000 tohum ağırlığına ait iki yıllık ortalama değerler, ana ürün koşullarında 3.98 g iken, ikinci ürün koşullarında 3.44 g olarak belirlenmiştir. Yetiştirme süresinin daha uzun ve uzun gün koşullarının etkili olması nedeniyle, ana ürün koşullarında yetiştirilen susam bitkilerinin tohumlarının, daha iri ve ağır olduğu görülmektedir (Çizelge 4). 1000 tohum ağırlığı, çevre faktörlerinden ve kültürel uygulamalardan etkilenebilen önemli bir özelliktir. İkinci ürün ekimlerinde, gün uzunluğunun kısalması neticesinde vejetasyon süresi de kısalmaktadır. Kısa süren generatif dönemde tam olarak olgunlaşmamış ve gelişimini tamamlamamış kapsül ve taneler oluşabilmektedir. İkinci ürün koşullarında, bitkiler hızlı bir şekilde fizyolojik olgunlaşma dönemine girerek, 1000 tohum ağırlığının düşmesine neden olmaktadır. Elde edilen bulgular; Nath ve ark. (2001) Sarkar ve ark. (2007) ile Mahdi ve ark. (2007)'in bulguları ile uyum içerisinde olmuştur.

Denemeye alınan susam çeşitlerine ait iki yıllık ortalama 1000 tohum ağırlığı değerleri, ana ürün koşullarında 3.54 ile 4.68 g, ikinci ürün koşullarında ise 3.02 ile 3.90 g arasında değişim göstermiştir. Denemeye alınan susam çeşitleri içerisinde, ana ürün yetiştirme sezonunda, en yüksek 1000 tohum ağırlığı değeri Batem-Aksu çeşidinden, en düşük ise Kepsut-99 susam çeşidinde elde edilmiştir. İkinci ürün yetiştirme sezonunda ise, en yüksek 1000 tohum ağırlığı değeri Muganlı-57 çeşidinden, en düşük Osmanlı-99 susam çeşidinde elde edilmiştir (Çizelge4).

Susamda; 1000 tohum ağırlığı, tohum verimi üzerine doğrudan etkisi olan en önemli özelliklerinden birini oluşturmaktadır. 1000

tohum ağırlığını çeşidin genetik yapısı dışında çevre faktörleri de etkilemektedir. Bu çevre faktörlerinin başında iklim ve toprak koşulları, bitki sıklığı ve gübreleme gibi kültürel uygulamalar gelmektedir. 1000 tohum ağırlığına etkileri bakımından, çeşit x yetiştirme dönemi arasındaki interaksiyon istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek 1000 tohum ağırlığı değeri, ana ürün koşullarında Batem-Aksu çeşidinden (4.68 g) elde edilmiştir (Çizelge 4). Araştırmada elde edilen ortalama 1000 tohum ağırlığı değerleri, İşler ve ark. (1996), Uzun (1997), Hatipoğlu ve ark. (2017) ile Bakal ve Arıoğlu (2020) tarafından elde edilen değerler ile önemli derecede benzerlik göstermektedir.

Tohum verimi

İki yıllık ortalama değerlere göre, tohum verimi bakımından yetiştirme dönemleri arasındaki farklılık, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Farklı yetiştirme dönemlerinde elde edilen tohum verimine ait iki yıllık ortalama değerler, ana ürün koşullarında 204.6 kg da⁻¹, ikinci ürün koşullarında ise 125.2 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4). Bitkilerde verimi oluşturan temel unsur, fotosentez reaksiyonları sonucu ortaya çıkan fotosentetik ürünlerdir. Fotosentez miktarı üzerine; sıcaklık ve gün uzunluğu gibi çevre faktörleri de etkili olmaktadır. Bu nedenle yetiştirme süresi boyunca etkili olan çevre faktörleri, tohum verimi üzerine de etkili olmaktadır. İkinci ürün yetiştiriciliğinde, gün uzunluğunun ve toplam sıcaklık ana ürün koşullarına göre daha az olduğu için, fotosentez miktarı azalmaktadır. Bunun sonucunda, ikinci ürün koşullarındaki tohum verimi, ana ürüne göre yaklaşık %40 oranında azalmıştır. Tohum verimi bakımından elde edilen bulgular; Mahdi ve ark. (2007), Olowe (2007), Sarkar ve ark. (2007), Söğüt (2009), Soleimani ve ark. (2011), Nath ve ark. (2001), Aghili ve ark. (2015), Monpara ve Vaghasia (2016) ile Bakal ve Arıoğlu (2020) tarafından yapılan ekim zamanı çalışmalarının bulguları ile uyum içinde olmuştur.

Denemeye alınan susam çeşitlerine ait iki yıllık ortalama tohum verimi değerleri, ana ürün koşullarında 156.0 ile 240.0 kg da⁻¹, ikinci ürün

koşullarında ise 97.4 ile 155.8 kg da⁻¹ arasında değişim göstermiştir. İki yıllık ortalama değerlere göre, tohum verimi bakımından çeşitler arasındaki farklılık, her iki yetiştirme döneminde de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ana ürün yetiştirme sezonunda, en yüksek ortalama tohum verimi değeri Muganlı-57 çeşidinden, en düşük ise Hatipoğlu susam çeşidinde elde edilmiştir. İkinci

ürün yetiştirme sezonunda ise, en yüksek ortalama tohum verimi değerleri Osmangazi-99 ve Muganlı-57 çeşidinden, en düşük ise Arslanbey çeşidinde elde edilmiştir (Çizelge 4). Susam tarımında elde edilen tohum verimi; yetiştirme süresi boyunca etkili olan çevre faktörlerine, uygulanan kültürel işlemlere ve seçilen çeşide bağlı olarak değişmektedir (Brigham, 1985).

Çizelge 4. Farklı susam çeşitlerinin ana ve ikinci ürün yetiştirme koşullarında elde edilen iki yıllık ortalama 1000 tohum ağırlığı, tohum verimi, yağ ve protein oranı değerleri ile EFG(%5) değerleri

Table 4. The effect of growing season and varieties on 1000- seed weight (g), seed yield (kg ha⁻¹), oil and protein percentage in sesame production in 2018, 2019 and two year's average

Çeşitler Varieties	1000 Tohum Ağırlığı 1000 – Seed Weight (g)		Tohum Verimi Seed Yield (kg da ⁻¹)		Yağ Oranı Oil Content (%)		Protein Oranı Protein Content (%)	
	Ana Ürün Main Crop	İkinci Ürün Double Crop	Ana Ürün Main Crop	İkinci Ürün Double Crop	Ana Ürün Main Crop	İkinci Ürün Double Crop	Ana Ürün Main Crop	İkinci Ürün Double Crop
	Arslanbey	3.63	3.16	197.7	97.4	49.55	49.75	21.58
Batem-Aksu	4.68	3.70	197.2	101.6	42.93	43.70	22.82	22.18
Batem-Uzun	4.01	3.46	190.4	122.0	47.07	48.00	22.18	22.15
Baydar-2001	4.07	3.73	212.0	117.8	49.10	48.30	20.75	21.15
Boydak	3.89	3.21	234.6	147.0	50.30	50.15	20.70	20.69
Cumhuriyet-99	3.86	3.14	156.0	108.5	51.05	50.75	20.52	20.65
Gölmarmara	4.31	3.53	239.5	126.9	45.50	45.99	22.40	21.90
Hatipoğlu	4.51	3.86	176.5	137.9	48.90	48.41	21.60	20.75
Kepsut-99	3.54	3.20	218.1	130.5	48.90	48.40	21.74	21.33
Muganlı-57	4.19	3.90	240.0	154.9	49.05	48.66	21.10	21.39
Orhangazi-99	3.73	3.44	222.6	155.8	49.20	48.38	22.40	22.16
Osmanlı-99	3.70	3.02	194.9	135.4	47.98	50.05	21.55	21.90
Özberk-82	4.29	3.77	228.6	123.9	48.62	49.25	21.70	21.28
Sarı Susam	3.97	3.57	193.0	136.9	50.05	50.10	21.35	21.65
Sarısu	3.79	3.29	192.9	121.3	45.75	45.28	22.38	21.49
Tan-99	3.73	3.13	191.1	106.8	48.95	48.55	21.99	21.57
Tanas	3.82	3.35	192.7	113.9	46.78	48.26	21.60	21.43
Ortalama	3.98	3.44	204.6	125.2	48.22	48.35	21.58	21.53
EGF (%5 _A)		0.31		8.67		Ö.D.		Ö.D.
EGF (%5 _B)	0.14	0.27	4.48	5.27	0.233	0.295	0,585	0,719
EGF (%5 _{AxB})		0.24		13.34		Ö.D.		Ö.D.

Deneme süresince, çevresel faktörler ve uygulanan kültürel işlemler aynı olduğundan dolayı, denemeye alınan çeşitlerin tohum verimleri arasındaki farklılık, çeşitlerin genetik yapılarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, çeşitlerin bitki boyu, dal sayısı, kapsül sayısı ve 1000 tohum ağırlığı gibi önemli agronomik özelliklerinin farklı olması da, tohum verimini etkilemektedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen korelasyon katsayıları incelendiğinde görüleceği gibi bitki boyu (r=0.5083), dal sayısı (r=0.7610), kapsül sayısı (r=0.8714) ve 1000 tohum ağırlığı (r=7477) ile

tohum verimi arasında olumlu ve önemli düzeyde bir ilişkinin olduğu görülmektedir (Çizelge 5). Tohum verimine etkileri bakımından, çeşit x yetiştirme dönemi arasındaki interaksiyon istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek tohum verimi değeri, ana ürün koşullarında Muganlı-57 çeşidinden (240.0 kg da⁻¹) elde edilmiştir. Araştırmadan elde edilen ortalama tohum verimi değerleri ile Çalışkan ve ark., (2004), Sumathi ve ark. (2007), Gnanasekaran ve ark. (2008), Kumar ve Vivekanandan (2009), Öz ve Karasu (2014) ve Bakal ve Arıoğlu (2020)'nin verileriyle önemli derecede benzerlik göstermektedir.

Yağ oranı

İki yıllık ortalama değerlere göre, yağ oranı bakımından yetiştirme dönemleri arasındaki farklılıkların, istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır. Farklı yetiştirme dönemlerinde elde edilen yağ oranına ait iki yıllık ortalama değerler, ana ürün koşullarında %48.22, ikinci ürün koşullarında ise %48.35 olarak bulunmuştur (Çizelge 4). Elde edilen değerlerden de anlaşıldığı üzere, yetiştirme sezonları arasındaki fark, yağ oranları üzerinde önemsenmeyecek seviyelerde bir değişime neden olmuştur. Aghili ve ark. 2015 yılında yaptıkları ekim zamanı çalışmasında, ekim zamanının erken ekimlerin yağ oranı değerlerinde %1 oranında artış sağlandığını, bu artışın istatistiksel olarak önemsiz olduğunu bildirmişlerdir. Elde edilen bulgular, ekim zamanı konusu üzerinde yapılan bazı araştırmacıların bulguları ile uyum içerisinde olmuştur (Borchani ve ark. 2010; Vurarak ve Bilgili 2015; Kurt ve Arıoğlu, 2017; Yol, 2018).

Denemeye alınan susam çeşitlerine ait iki yıllık ortalama yağ oranı değerleri, ana ürün koşullarında %42.93 ile %51.05, ikinci ürün koşullarında ise %43.70 ile %50.75 arasında değişim göstermiştir. İki yıllık ortalama değerlere göre, yağ oranı bakımından çeşitler arasındaki farklılık, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Her iki yetiştirme sezonunda da en yüksek yağ oranı değeri Cumhuriyet-99 çeşidinde, en düşük yağ oranı değeri ise Batem-Aksu susam çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 4). Denemede kullanılan çeşitler arasındaki yağ oranı değerlerinin farklı olması, çeşitlerin genetik yapı ile genetik yapı x çevre interaksyonunun farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Yağ oranına etkileri bakımından, çeşit x yetiştirme dönemi arasındaki interaksyon istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Elde edilen bulgular; Çalışkan ve ark., (2004), Çubukçu ve Arıoğlu, (2001) ve Yol, (2018) tarafından farklı lokasyonlarda yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular ile de desteklenmektedir.

Protein oranı

İki yıllık ortalama değerlere göre, protein oranı

bakımından yetiştirme dönemleri arasındaki farklılıkların, istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır. Farklı yetiştirme dönemlerinde elde edilen protein oranına ait iki yıllık ortalama değerler, ana ürün koşullarında % 21.58, ikinci ürün koşullarında %21.53 olmuştur (Çizelge 4). Elde edilen değerlerden de anlaşıldığı üzere, denemenin her iki yılında da yetiştirme sezonları arasındaki fark, protein oranları üzerinde önemsenmeyecek seviyelerde bir değişime neden olmuştur. Elde edilen bulgular, ekim zamanı konusu üzerinde yapılan bazı araştırmacıların bulguları ile uyum içerisinde bulunmuştur (Sögüt, 2009; Fray ve ark., 2015).

Denemeye alınan susam çeşitlerine ait iki yıllık ortalama protein oranı değerleri, ana ürün koşullarında %20.52 ile %22.82, ikinci ürün koşullarında ise %20.65 ile %22.18 arasında değişim göstermiştir. Her iki yetiştirme sezonunda da en yüksek protein oranı değeri Batem-Aksu çeşidinde, en düşük protein oranı değeri ise Cumhuriyet-99 çeşidinde ölçülmüştür (Çizelge 4). Protein oranı bakımından çeşitler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıkların olduğu saptanmıştır. Protein oranına etkileri bakımından, çeşit x yetiştirme dönemi arasındaki interaksyon istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Elde edilen bulgular, Çalışkan ve ark. (2004) ile Bakal ve Arıoğlu (2020)'nin bulguları ile uyum içerisinde dir.

İncelenen özellikler arasındaki ilişki

Ana ve ikinci ürün koşullarında yetiştirilen farklı susam çeşitlerine ait incelenen özellikleri arasında iki yıllık ortalama değerlere göre saptanan korelasyon katsayılarına ait değerler Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5'in incelenmesinden de görüleceği gibi, her iki yetiştirme döneminde, bitki boyunun artmasına bağlı olarak ilk kapsül yüksekliğinin de arttığı belirlenmiştir. Bitki boyu değeri, bitkide oluşan boğumların uzunlukları ile ilişkilidir. İki boğum arasındaki mesafe ne kadar uzun olur ise bitkinin boyu da o kadar uzun olmaktadır. Susam bitkisinde, kapsüller boğumlarda oluşan yaprak koltuklarında teşekkül ettiğinden dolayı, kapsüller arasındaki mesafe de artmaktadır. Ayrıca,

vejetatif gelişme ile generatif gelişme arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır. Vejetatif olarak çok gelişen susam genotiplerinde, çiçeklenme daha geç başladığından dolayı ilk kapsüller daha yukardan oluşmaya başlamaktadır. Yapılan

çalışma sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde görüleceği gibi, bitki boyu ile ilk bakla yüksekliği ($r=0.8446$) arasında olumlu ve önemli bir ilişki saptanmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Farklı susam çeşitlerinin ana ve ikinci ürün yetiştirme koşullarında elde edilen iki yıllık ortalama değerlerin korelasyon analizi sonucu

Table 5. The correlation analysis of the two-year average values obtained in the main and second crop growing conditions of different sesame varieties

	Bitki Boyu Plant Height	İlk KapsülYük. Height of First Capsule	Dal Sayısı Branching Number	Kapsül Sayısı Capsule Number	1000 Tohum Ağr. 1000 – Seed Weight
İlk Kapsül Yük. Height of First Capsule	0.8446**				
Dal Sayısı Branching Number	0.1828	0.2362			
Kapsül Sayısı Capsule Number	0.1128	0.0092	0.8411**		
1000 Tohum Ağr. 1000 – Seed Weight	0.3215	0.1809	0.2421	- 0.5070*	
Tohum Verimi Seed Yield	0.5083*	0.2575	0.7610**	0.8714**	0.7477**

*: $P \leq 0.05$, **: $P \leq 0.01$ hata sınırları içerisinde istatistiksel olarak önemli.

Dal sayısını artmasına bağlı olarak kapsül sayısının da arttığı belirlenmiştir. Susam bitkisi, her boğumdaki yaprak koltuğunun altında, çeşidin genetik özelliğine bağlı bir, iki veya üç adet kapsül oluşturur. Bitkide oluşan dal sayısı arttıkça, bitkide oluşan toplam boğum sayısı da arttığından dolayı, kapsül sayısı da buna paralel olarak artmıştır. Yürütülen çalışma sonucunda elde edilen korelasyon değerleri incelendiğinde görüleceği gibi, dal sayısı ile kapsül sayısı arasında ($r=0.8411$) olumlu ve önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5).

Kapsül sayısının artmasına bağlı olarak 1000 tohum ağırlığı değerinin azaldığı belirlenmiştir. 1000 tohum ağırlığı değeri tohumun iriliğinin bir göstergesidir. Bir bitkinin oluşturduğu kapsül sayısı arttıkça, bitkinin sentezlediği fotosentetik ürün miktarı kapsül başına daha az düşmektedir. Bunun sonucunda kapsül içerisindeki tohumlar cılız kalarak 1000 tohum ağırlıkları azalmaktadır. Kapsül sayısı ile 1000 tohum ağırlığı arasında ($r=-0.5070$) olumsuz fakat önemli bir ilişki saptanmıştır (Çizelge 5).

Tarımsal üretimin temel amacı yüksek ve kaliteli ürün almaktır. Tohum verimini birçok faktör etkilemektedir. Bu faktörlerin başında

genetik özellikleri, yetiştiricilik süresince uygulanan kültürel işlemler ve ekolojik koşullar gelmektedir. Ayrıca, bu faktörlerin dışında bitkilerin bazı agronomik özellikleri de tohum verimini direk olarak etki etmektedir. Susam bitkisinde tohum verimi, bitkinin oluşturduğu kapsül sayısı ve oluşan tohumların ağırlığı ile doğrudan ilişkilidir. Ana ve ikinci ürün koşullarında, iki yıl yürütülen bu çalışma sonucunda elde edilen değerler incelendiğinde görüleceği gibi, tohum verimi ile bitki boyu ($r=0.5083$), dal sayısı ($r=0.7610$), kapsül sayısı ($r=0.8714$) ve 1000 tohum ağırlığı ($r=0.7477$) değerleri arasında olumlu ve önemli bir ilişkinin olduğu görülmektedir (Çizelge 5).

Sonuç

Bu çalışmada materyal olarak kullanılan susam çeşitlerine ait incelenen özelliklere arasında, iki yıllık ortalama değerlere göre, her iki yetiştirme döneminde de önemli farklılıklar saptanmıştır. Ana ürün koşullarında; gün uzunluğu, toplam sıcaklık ve vejetasyon süresi daha uzun olduğundan, incelenen tüm agronomik özelliklere ait değerler, ikinci ürün koşullarına göre daha

yüksek olmuştur. Özellikle tohum verimi değerleri, ikinci ürün koşullarına göre, ana ürün koşullarında %40 daha yüksek bulunmuştur. Tohum verimi değerleri bakımından ana ürün koşullarında, susam yetiştiriciliğinin daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Çukurova bölgesi, iklim ve toprak özellikleri bakımından ikinci ürün için oldukça elverişli olduğundan, susam yetiştiriciliğinin ikinci ürün koşullarında da oldukça başarılı bir şekilde gerçekleştirilebileceği ortaya konulmuştur.

Yüksek ve kaliteli bir ürün elde edilebilmesi için, bölge koşullarına kolaylıkla adapte olan çeşitlerin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Yapılan bu çalışma sonucunda her iki yetiştirme döneminde de tohum verimi, morfolojik ve kalite özellikleri bakımından; Muganlı-57, Sarı Susam ve Osmangazi-99 susam çeşitlerinin, diğer çeşitlerden daha üstün olduğu sonucuna varılmıştır.

Çıkar Çatışması: Makale yazarları, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Yazar Katkısı: Halil BAKAL çalışmayı tasarlamış ve yürütmüş ve makaleyi yazmıştır.

Kaynaklar

- Aghili, P., Sinaki, J.M., Nourinia, A.A. (2015). The Effects of Organic Fertilizer and Planting Date on Some Traits of Sesame Varieties, *International Journal of Biosciences*, 6(5), 16-24.
- Alam Sarkar, M.N., Salim, M., Islam, N., & Rahman, M. (2007). Effect of Sowing Date and Time of Harvesting on the Yield and Yield Contributing Characters of Sesame Seed. *International Journal of Sustainable Crop Production*, 2(6), 31-35.
- Alpaslan, M., Boydak, E., Hayta, M., Gerçek, S., & Simsek, M. (2001). Effect of Row Spacing and Irrigation on Seed Composition of Turkish Sesame, *Journal of the American Oil Chemists' Society* 78(9), 933-935.
- Arioğlu, H. (2014). Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No 220 s:142 Adana.
- Asghar, A., Tanveer, A., Nadeem, M.A., & Bajwa, A.L. (2005). Effect of Sowing Dates and Row Spacings on Growth and Yield of Sesame, *Journal of Agricultural Research. (Lahore)*, 43(1), 19-26.
- Bakal, H., & Arioğlu, H. (2020). Tescil Edilmiş Susam (*Sesamum indicum* L.) Çeşitlerinin Çukurova Bölgesi

- İkinci Ürün Koşullarında Bazı Önemli Tarımsal ve Tohum Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi, *Isparta Ziraat Fakültesi Dergisi Özel Sayısı*, 218-225.
- Borchani, C., Besbes, S., Blecker, C.H., & Attia, H. (2010). Chemical Characteristics and Oxidative Stability of Sesame Seed, Sesame Paste, *Journal Agricultural Science Technology*, 12, 585-596.
- Brigham, R.D. (1985). Status of Sesame Research and Oroduction in Texas and USA, in: L.A. Ashi (ed) Sesame and Safflower Status and Potentials Pubi. 66 FAO. Rome, 73-74.
- Çalışkan, S., Arslan, M., Arioğlu, H., & İşler, N. (2004). Effect of Planting Method and Plant Population on Growth and Yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.) in a Mediterranean Type of Environment, *Asian Journal of Plant Sciences*, 3(5), 610-613.
- Çubukçu, P., & Arioğlu, H. (2001). Adana İli Çevresinden Toplanan Susam Materyalinin Önemli Tarımsal Özellikleri ile Bu Özellikler Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi. Türkiye IV. Tarla Bitkileri Kongresi 17-21 Eylül 2001, Tekirdağ.
- Frery, A., Tekin, P., Çelik, Ö., Furat, Ş., Uzun, B., & Doğanlar, S. (2015). Morphological and Molecular Diversity in Turkish Sesame Germplasm, *Crop Science*, 55(2), 702-711.
- Gloaguen, R.M., Byrdb, S., Rowlanda, D.L., Langhamc, D.R., & Coucha, A. (2018). Planting Date and Row Spacing Effects on The Sgronomic Potential of Sesame in The Southeastern USA, *Journal of Crop Improvement*, 32(3), 387-417.
- Gnanasekaran, M., Jebaraj, S., & Muthuramu, S. (2008). Correlation and Path Co-efficient Analysis in Sesame, *Plant Archives*, 8(1), 167-169.
- Hatipoğlu, H., Arslan, H., Karakuş, M., & Abrak, S. (2017). Harran Ovası İkinci Ürün Koşullarına Uygun Bazı Susam Genotiplerinin Belirlenmesi, *Uludağ Üni. Zir. Fak. Der.*, 31(1), 61-67.
- İşler, N., Arioğlu, H., Boydak, E., & Hacıkamiloğlu, İ. (1996). Şanlıurfa Koşullarında 2. Ürün Olarak Yetiştirilecek Bazı Susam Çeşitlerinin Önemli Tarımsal ve Bitkisel Özelliklerinin Belirlenmesi, *Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11, 39-50.
- Kumar, K.B., & Vivekanandan, P. (2009). Correlation and Path Analysis for Seed Yield in Sesame (*Sesamum indicum* L.), *Electronic Journal of Plant Breeding*, 1(1): 70-73.
- Kurt, C., & Arioğlu, H. (2017). Characterization of some Turkish sesame populations and varieties for agronomic and some quality traits, *Series A. Agronomy*, LX, 289-293.
- Langham, D.R., Grichar, J., & Dotray, P. (2007). Review of herbicide research on sesame (*Sesamum indicum* L.), ASGA, Gainesville, FL, USA.
- Mahdi, A.R.A., El-Amin, S.E.M., & Ahmed, F.G. (2007). Effect of Sowing Date on The Performance of Sesame . In African Crop Sciences Conference Proceedings 8: 1943-1946.
- Monpara, B.A., & Vaghasia, D.R. (2016). Optimizing Sowing Time and Row Spacing for Summer Sesame Growing in Semi-arid Environments, *International Journal of Current Research and Academic Review*, 4(1), 122-131.
- Nath, R., & Chakraborty, P.K., (2001). Effect of Climatic

- Variation on Yield of Sesame at Different Dates of Sowing, *Journal of Agricultur & Crop Science* 186(2), 97-102.
- Olowe, V.I.O. (2007). Optimum Planting Date for Sesame (*Sesamum indicum* L.) in the Transition Zone of South West Nigeria, *Agricultura Tropica Et Subtropica* 40, 156-164.
- Öz, M., Karasu, A. (2014). Bazı Susam (*Sesamum indicum* L.) Çeşit ve Hatlarının Bursa Koşullarında Performanslarının Belirlenmesi . *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 14 (2) , 21-27.
- Öztürk, Ö., & Şaman, O. (2012). Effects of Different Plant Densities on The Yield and Quality of Second Crop Sesame, *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering* 6(9), 644-649.
- Rahman, M.S., Hossain, M.A., Ahmed, G.M., & Uddin, M.M. (2007). Studies on the characterization, lipids and glyceride compositions of Sesame (*Sesamum indicum* linn.) Seed Oil, *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 42(1), 67-74.
- Ramazani, S.H.R. (2016). Surveying the Relations Among Traits Affecting Seed Yield in Sesame, *Journal of Crop Science & Biotechnology*, 19(4), 303-309.
- Ranganatha, A.R.G. (2010). Improved Technology for Maximizing Production of Sesame. (Revised Ed) Project Coordinator, AICRP on Sesame Niger, ICAR, Jabalpur, pp.1- 17.
- Sarkar, M.N.A., Salim, M., Islam, N., & Rahman, M.M. (2007). Effect of Sowing Date and Time of Harvesting on the Yield and Yield Contributing Characters of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Seed, *International Journal of Sustainable Crop Production* 2(6), 31-35.
- Soleimani B, Khosh-Khui M, Ramezani S 2011. Planting Date Effects on Growth, Seed Yield, Essential Oil Content and Chemical Composition of Ajowan. *Journal of Applied Biological Sciences*, 5(3), 7-11.
- Sögüt, T. (2009). Effect of Main and Second Cropping on Seed Yield, Oil and Protein Content of Sesame Genotypes, *Turkish Journal of Field Crops*, 14(2), 64–71.
- Sumathi P, Muralidharan V, Manivannan N 2007. Trait Association and Path Coefficient Analysis Yield Attributing Traits in Sesame, *Agricultural Journal*, 94(7-12): 174-178.
- Uzun, B. (1997). Susamda Verim, Verim Komponentleri ve Yağ Miktarının Varyasyonu ve Verimle İlişkili Özellikler. Akdeniz Üni., Fen Bil. Enst., Yük. Lisans Tezi, Antalya, 43 sf.
- Uzun, B., & Furat, Ş. (2005). Türk Susam Koleksiyonunun Morfolojik ve Tarımsal Özellikler Bakımından Değerlendirilmesi. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kong., 5-9 Eylül, Cilt I, Antalya
- Vurarak, Y., Bilgili, M. (2015). Biçerbağlarla Hasat Edilen II. Ürün Susamda Verim-Kalite ve Bazı İşletmecilik Değerlerinin Belirlenmesi, *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 18 (2), 38-48 .
- Weiss, E.A. (1983). Oilseed Crops. Tropical Agriculture Series. Published in the United States of America by Longman Incorporation, Leonord Hill Boks, New York.
- Yol, E. (2018). Agronomic and Quality Performances of The Selected Sesame Breeding Lines, *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(6), 4367-4372.



Farklı gübre uygulamalarının pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) verim, verim unsurları ve lif kalitesine etkileri

Effects of different fertilizer applications on yield, yield components and fiber quality in cotton (*Gossypium hirsutum* L.)

Vedat BEYYAŞ¹, Şevin Nur YILMAZ², Cevher İlhan CEVHERİ³, Suat CUN⁴

Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0001-6516-9403>; ²<https://orcid.org/0000-0001-5406-6759>;

³<https://orcid.org/0000-0002-7070-2652>; ⁴<https://orcid.org/0000-0001-6607-8263>

To cite this article:

Beyyavaş, V., Yılmaz, Ş.N., Cevheri, C.İ. & Cun, S. (2022). Farklı gübre uygulamalarının pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) verim, verim unsurları ve lif kalitesine etkileri. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(3): 371-379.

DOI:10.29050/harranziraat.1135184

*Address for Correspondence:

Vedat BEYYAŞ

e-mail:

beyyavas@harran.edu.tr

Received Date:

28.06.2022

Accepted Date:

19.08.2022

© 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 çalışma, 2020-2021 yıllarında Şanlıurfa-Harran koşullarında tesadüf blokları deneme desenine göre Candia pamuk çeşidi kullanılmış olup ve 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Her parsel 5 sıra olup, parsel uzunluğu 12 m, sıra arası 70 cm ve sıra üzeri mesafe ise 10-12 cm olarak uygulanmıştır. Deneme, toplam 24 parselden oluşmuştur. Çalışmada farklı kimyasal ve organik gübrelerin karışımlarından oluşan uygulamalar uygulanmıştır. Bunlar, 1-Kontrol, 2-Taban gübresi (0 kg)+Üst gübre (Üre 35 kg da⁻¹), 3-Taban gübresi (10 kg DAP da⁻¹)+Üst gübre (Üre 35 kg da⁻¹), 4-Taban gübresi (20 kg DAP da⁻¹)+Üst gübre (Üre 35 kg da⁻¹), 5-Taban gübresi (30 kg DAP da⁻¹)+Üst gübre (Üre 35 kg da⁻¹), 6-Taban gübresi (2 ton çiftlik gübre da⁻¹)+ Üst gübre (Üre 35 kg da), 7-Taban gübresi (4 ton çiftlik gübre da⁻¹)+Üst gübre (Üre 35 kg da⁻¹), 8-Taban gübresi (6 ton çiftlik gübre da⁻¹)+Üst gübre (Üre 35 kg da⁻¹) karışımları uygulanmıştır. Hasat sonrası ölçümlerde dekara verim (kg da⁻¹), koza sayısı (adet bitki⁻¹), koza ağırlığı (g), koza kütlü ağırlığı (g), çırçır randımanı (%), 100 tohum ağırlığı (g), lif inceliği (mic.), lif kopma dayanıklılığı (g tex⁻¹) ve lif uzunluğu (mm) incelenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; denemenin iki yılında da en fazla koza sayısı (24.33 ve 24.66 adet bitki⁻¹); koza ağırlığı (6.66 ve 6.55 g); dekara verim (526.40 ve 514.66 kg da⁻¹) 6 ton çiftlik gübresi + 35 kg üre uygulamasından elde edilmiştir. Çalışmaya konu olan uygulamaların lif kalite özelliklerine etkisinin olmadığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Pamuk, Çiftlik gübresi, Kimyasal gübre, Verim, Gelişme dönemleri

ABSTRACT

In this study, Candia variety was used according to the randomized block plots experimental design in Şanlıurfa-Harran conditions in 2020-2021 and was carried out with 3 replications. Each parcel consisted of 5 rows, the parcel length was 12 m, the row spacing was 70 cm, and the row spacing was 10-12 cm. The experiment consisted of a total of 24 plots. In the study, applications consisting of mixtures of different chemical and organic fertilizers were applied. These are 1-Control, 2-Base fertilizer (0 kg)+Top fertilizer (Urea 35 kg da⁻¹), 3-Base fertilizer (10 kg DAP da⁻¹)+Top fertilizer (Urea 35 kg da⁻¹), 4-Base fertilizer (20 kg DAP da⁻¹)+Top fertilizer (Urea 35 kg da⁻¹), 5-Base fertilizer (30 kg DAP da⁻¹)+Top fertilizer (Urea 35 kg da⁻¹), 6-Base manure (2 tons farm fertilizer da⁻¹)+ Top fertilizer (Urea 35 kg da⁻¹), 7-Base manure (4 tons farm fertilizer da⁻¹)+Top manure (Urea 35 kg da⁻¹), 8-Base manure (6 tons farm fertilizer da⁻¹)+Top fertilizer (Urea 35 kg da⁻¹) consisted of subjects. In post-harvest measurements, yield per decare (kg da⁻¹), number of bolls (piece plant⁻¹), boll weight (g), boll seed weight (g), ginning outturn (%), 100 seed weight, fiber fineness (mic.), fiber strength (g tex⁻¹) and fiber length (mm) were investigated. According to the results obtained from the study; the highest number of cocoons in both years of the experiment (24.33 and 24.66 per plant); boll weight (6.66 and 6.55 g); The yield per decare (526.40 and 514.66 kg da⁻¹) was obtained from the application of 6 tons of farm manure + 35 kg of urea. It has been determined that the applications that are the subject of the study have no effect on the fiber quality properties.

Key Words: Cotton, Farm manure, Chemical fertilizer, Yield, Growth periods

Giriş

Pamuk bitkisinin temel ürünü olan lifler günlük hayatta birçok farklı amaç için kullanılmaktadır. Lifinin tekstil ve hazır giyim alanlarında hammadde olarak kullanılmasının yanı sıra çığit olarak bilinen tohumuyla da yağ sanayisinde, küspesiyle yem sanayisinde (Mert, 2017), ayrıca patlayıcı madde, dolgu, kompozit yapımında ve daha birçok alanda hammadde olarak kullanılmaktadır (Özüdoğru, 2021). Bu bakımdan katma değer açısından pamuk bitkisi insanlar için vazgeçilmez bir bitki olarak görülmektedir. Tohumlarında ortalama olarak %12-25 arası yağ, %22-26 arasında protein (Mert ve ark., 2004) ve liflerinde %82-96 oranında selüloz bulunan pamuk bitkisinin (Mert, 2017), son zamanlarda sapları biyokütle üretimde kullanılmaktadır (Poyraz, 2012). Yıllar itibarı ile değişmekle beraber dünyada yıllık 25 milyon ton lif pamuk, Türkiye’de ise yıllık 1 milyon 600 bin ton lif pamuk üretimi gerçekleştirilmektedir (UPK, 2021). Pamuk tarımı Türkiye’nin sosyo-ekonomik yapısına çok önemli katkı sağlamaktadır (Özkan ve Çopur, 2018). Pamuk tarımı sonucunda tarıma dayalı sanayi ve tekstil sektörü gelişme göstermektedir. Pamuk liflerinin tekstil sektöründe kullanılması ve değerli hale gelmesi lifinin yüksek oranda selüloz içermesinden kaynaklanmaktadır. Selülozun üretim mekanizması incelendiğinde fotosentez sonucu üretilen nişastanın hammaddesini teşkil ettiği görülmektedir. Pamuk liflerinin kalitesi fotosentez hızı ve bitkinin sağlıklı beslenmesine bağlıdır. Bu nedenle stratejik bir ürün olarak görülen pamuğun üretim açısından sürdürülebilirliği için temel öncüllerden birisi toprağı muhafaza etmenin zorunluluğunu ortaya koymuştur.

Tarımsal üretimde sürdürülebilirliği sağlamanın başlıca konularından birisi topraktaki mevcut organik madde dengesidir. Organik madde içeriğı toprakların verimliliğı üzerine etkili en önemli faktördür. Organik maddeler toprağın fiziksel kimyasal ve biyolojik özelliklerine olumlu katkılar sağlayarak ürün verimini de artırmaktadır (Bellitürk ve ark., 2019). Özellikle doğa ve çevre dostu hayvansal ve bitkisel gübre uygulamaları

sürdürülebilir tarımsal üretimi artırarak toprak verimliliğıne katkı sunmaktadır (Kılbaçak ve ark., 2021). Organik gübre, örneğın kümes hayvanı gübresi, yalnızca toprak yapısını ve mevcut besinleri iyileştirmekle kalmayıp aynı zamanda toprak mikrobiyal biyokütlesini ve enzim aktivitesini de artıran önemli bir organik karbon bileşimidir (Nyiraneza ve ark., 2019). Bu bakımdan, toprak sağlığı, toprakların çok çeşitli işlevleri yerine getirmesini sağlayan kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerin ortak birleşimidir. Mikroorganizmaların enzim aktivitesi, organik maddenin ayrışması ve besin döngüsü yoluyla toprak verimliliğinde ve hasat üretiminde önemli bir rol oynar (Antonious ve ark., 2020). Çünkü toprak bütünlüğünü geliştirme ve arttırma, toprağın fiziko-kimyasal yapısını korumak ve iyileştirmek gerekmektedir (Mohanty ve ark., 2020). Bunların başında besin yönetiminde önemli etkenler olan organik ve inorganik gübreleme gelmektedir.

Organik ve inorganik gübrelemenin önemi, birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir. Şu anda dünyada 1.3 milyar ton hayvansal atık (biyokatı) üretilmektedir (Moya ve ark., 2017). Gübre olarak kullanılmak üzere biyokatıların ve hayvan gübrelerinin geri dönüştürülmesi, sentetik gübrelere olan bağımlılığı azaltacak ve sınırlı kaynaklara sahip çiftçilere düşük maliyetle toprak yapısını ve besin durumunu iyileştirmek için faydalı değişiklikler sağlayacaktır (Antonious, 2009).

Çiftlik ve diğeri hayvansal gübreler, DAP ve türevli gübreler, fermantasyon türevli gübreler, toprağın verimini arttırdığı gibi fiziko-kimyasal yapısını geliştirir (Liu ve ark., 2021). Bu ve benzeri gübrelerin toprağına ilave edilmesi toprağın mikrobiyal aktivitesini artırır. Topraktaki enzim ve metabolik reaksiyonları değiştirebilir. Böylece gübre ile gelen bileşiklerin bitkide besin kalitesi ve verimi yönünden artış sağlayabilir (Mahajan ve ark., 2021; Spohn, 2016; Oyedele ve Lubbe, 2015; Zhong ve Makeschin 2006; Albiach ve Canet, 2000).

Toprak özelliklerine bakıldığında hafif asidik ve nötr özelliklere sahip topraklar pamuk yetiştiriciliğı bakımından ideal olarak görülmektedir. Bu düzeyde pH değerlerine sahip topraklar

maksimum seviyede besin elementi alınımını gerçekleştirmekte olup alkali veya asidik topraklarda ise istenilen düzeyde verim gerçekleştirmezler (Aygün ve Mert, 2020). Hayvan gübresi uygulamaları toprak verimliliğine katkı yapmakta ve verimi artırmada yardımcı olmaktadır. Toprak sağlığını ve toprak uygulayıcılarının potansiyel etkisini değerlendirmek için izleme araçları olarak toprak enzimleri aktivitesi gibi biyoindikatörlerin kullanılması tavsiye edilmiştir (Hinojosa ve ark., 2008; Xie ve ark., 2017). Çeşitli organik ve inorganik besinlerin mineralizasyonu ve bunun sonucunda topraktaki besinlerin mevcudiyeti, hidrolazların ve oksidoredüktazların enzimatik etkisine bağlıdır (Xu ve ark., 2019). Bu nedenle tarımsal üretimde bitkilerin büyüme ve gelişme göstermeleri, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleriyle yakından ilgilidir.

Bu çalışma; pamuk yetiştirilen toprağa uygulanan farklı doz ve miktarda hayvansal ve

kimyasal gübrelerin, gelişme dönemlerindeki farklılığa, verim, verim unsurları ve lif kalitesine etkileri incelenmiştir.

Materyal ve Metod

Deneme yılı ve yeri

Araştırma, 2020 ve 2021 yıllarında, Şanlıurfa Harran ilçesi Karaali köyünde yürütülmüştür. Çalışmada Candia pamuk çeşidi kullanılmıştır.

Toprak özellikleri ve iklim verileri

Deneme alanı topraklarının temel fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla üç farklı yerden 30 cm'lik derinlik halinde toprak örnekleri alınmıştır. Deneme yerlerinden alınan (0-30 cm) toprak örneklerine ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 1'de, Şanlıurfa iline ait uzun yıllar ortalama iklim verileri Çizelge 2'de ve Denemede kullanılan çiftlik gübresinin besin elementi içerikleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme alanı topraklarının öncesine ait bazı toprak özellikleri

Table 1. Some soil properties previously taken from the trial area

Derinlik (cm)	Organik madde (%)	Toplam tuz (%)	pH	Kireç (%)	P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹)	K ₂ O (kg da ⁻¹)
0-30	0,877	0,0436	8,13	20,6117	2,061	131,0546

Şanlıurfa ili yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ise serin ve düşük yağışlı olarak sürmektedir. Pamuk üretiminde ilk sırada olan bölgenin, pamuk yetiştirme sezonunda ortalama olarak 10 defa (800 mm civarında) sulama yapılmaktadır. Pamuk

bitkisinin gelişme dönemi boyunca Mayıs-Ekim ayları arasında ortalama sıcaklık değerleri 9.4-34.2°C, ortalama yağış miktarı ise 0-39.1 mm arasında değişim göstermektedir.

Çizelge 2. 2020-2021 yılları ile uzun yıllar ortalamasına ait Şanlıurfa ili iklim verileri

Table 2. Şanlıurfa climate data for the years 2020-2021 and the long-term average

Aylar	2020 yılı		2021 yılı		1929-2020 uzun yıllar ort.	
	Aylık Ort. Sıcaklık (°C)	Yağış (kg m ⁻¹)	Aylık Ort. Sıcaklık (°C)	Yağış (kg m ⁻¹)	Aylık Ort. Sıcaklık (°C)	Yağış (kg m ⁻¹)
Nisan	17.1	69.3	19.1	0.4	16.2	50
Mayıs	23.2	39.1	26.6	2.7	22.2	26.8
Haziran	28.9	0.4	29.0	0.0	28.1	4.3
Temmuz	34.2	0	33.8	0.0	32.0	2
Ağustos	30.9	0	32.7	7.7	31.5	3.4
Eylül	24.0	0	27.2	0	27.2	4.6
Ekim	13.5	0	24	0	20.6	26.5
Ortalama	24.5	15.49	27.48	1.54	25.4	16.80

Denemede kullanılan gübre dozları uygulamaları

- 1 – Kontrol
- 2 – Taban Gübresi (0 kg) + Üst gübre (Üre 20 kg da⁻¹ + 15 kg da⁻¹)
- 3 – Taban Gübresi (10 kg da⁻¹ DAP) + Üst gübre (Üre 20 kg da⁻¹ + 15 kg da⁻¹)
- 4 – Taban Gübresi (20 kg DAP) + Üst gübre (Üre 20 kg da⁻¹ + 15 kg da⁻¹)
- 5 – Taban Gübresi (30 kg da⁻¹ DAP) + Üst gübre (Üre 20 kg da⁻¹ + 15 kg da⁻¹)
- 6 – Taban Gübresi (2 ton çiftlik gübresi da⁻¹) + Üst gübre (Üre 20 kg da⁻¹ + 15 kg da⁻¹)

- 7 – Taban Gübresi (4 ton çiftlik gübresi da⁻¹) + Üst gübre (Üre 20 kg da⁻¹ + 15 kg da⁻¹)
- 8 – Taban Gübresi (6 ton çiftlik gübresi da⁻¹) + Üst gübre (Üre 20 kg da⁻¹ + 15 kg da⁻¹)

Çiftlik gübresi, büyükbaş hayvan çiftliğinden temin edilmiş yaş (taze) olarak deneme parsellerine uygulanmıştır. Toprak yüzeyine serpilerek çiftlik gübresi tırmık ile toprağa ekim öncesi karıştırılmıştır. Uygulama öncesi çiftlik gübresinin analizi yapılmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Denemede kullanılan çiftlik gübresinin makro ve mikro besin elementi konsantrasyonları

Table 3. Macro and micro nutrient concentrations of farm manure used in the experiment

Makro elementler (%)					Mikro elementler mg kg ⁻¹	
N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn
1,22	0,15	0,45	0,02	0,01	39	43

Metod**Deneme deseni**

Bu çalışmada, Şanlıurfa-Harran koşullarında tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Her parsel 5 sıradan meydana gelmiştir. Parsel uzunluğu 12 m sıra arası 70 cm ve sıra üzeri mesafe ise 10-12 cm olarak uygulanmıştır. Çalışmada bloklar arasında 3 m ve parseller arasında da yine 3 m boşluk bırakılmıştır. Deneme, toplam 24 parselden oluşmuştur.

Kültürel uygulamalar

Deneme alanında sonbaharda pulluk ile sürüm yapılmıştır. Erken ilkbaharda kültivatör ile orta derinlikte toprak işleme yapılmıştır. Ekim öncesi yabancı ot temizliği için dekara 480 g l⁻¹ pendimethalin içeren herbisitten 3 mg ha⁻¹ uygulanmıştır. Daha sonra diskharow ile toprak karıştırılıp ardından tesviye amaçlı tapan çekilerek tarla ekime hazır hale getirilmiştir. Parseller hazırlandıktan sonra belirlenmiş gübre miktarları tırmıkla toprağa karıştırılıp deneme ekime hazır hale getirilmiştir. Tarla hazırlığı yapıldıktan sonra uygun hava koşulları dikkate alınarak Mayıs ayının ilk haftasında pnömatik mibzerle ekim yapılmıştır. Denemede, 2-4 gerçek yaprak döneminde seyreltme işlemi yapılmıştır. Yabancı otları yok

etmek, toprağı havalandırmak ve kaymak tabakasını kırmak için bitkilerin 5-6 yapraklı olduğu dönemde traktörle çapalama yapılmıştır. Denemede zararlılara karşı ekonomik zarar eşiğı dikkate alınarak gerekli zirai mücadeleler yapılmıştır. Denemede görülmüş olan yaprak biti (*Aphis gossypii*), yaprak piresi (*Empoasca ssp*), beyazsinek (*Bemisia tabaci* Genn) ve yeşilkurt'a (*Heliothis armigera* Hübn.) karşı ekonomik zarar eşikleri dikkate alınarak kimyasal mücadele yapılmıştır. Taban gübresi bir defa da, üst gübre ise iki defa da uygulanmıştır. Deneme süresi boyunca, damlama sulama metodu ile bitkinin su tüketim isteğı dikkate alınarak pamuk ekim ile birlikte ilk sulama yapılmıştır. Eylül ayı başlangıcında kozaların %20'si açıldıktan sonra sulamaya son verilmiştir. Toplam 9 kez sulama yapılmıştır.

Hasat işlemleri ve gözlemler

Çalışmada, koza sayısı (adet/bitki), koza ağırlığı (g), koza kütlü ağırlığı (g), dekara verim (kg da⁻¹), 100 tohum ağırlığı (g), çırçır randımanı (%), lif kopma dayanıklılığı (g tex⁻¹), lif inceliğı (mic), lif uzunluğu (mm) incelenerek tespit edilmiştir.

Her parselin yanlarındaki birer sıra ve parsel başlarından 1 m'lik kısım atılıp, ortadaki iki sırada bulunan (10 m x 1.4m = 14 m²) bitkilerden toplanmış olan kütlü pamuk tartılıp ve daha sonra

dekara çevrilerek verim hesaplanmıştır. Hasat işlemleri kozaların %60'ı açıldıktan sonra ilk el, yaklaşık 20 gün sonra ikinci el toplanarak parseller birleştirilmiştir.

Verilerin değerlendirilmesi

Yöntemlerine göre elde edilen her bir özelliğin verilerini MİNİTAB (18.1) istatistik paket programı ile tesadüf bloklarında bölünmüş deneme desenine göre varyans analizleri yapıp ve Tukey testine (0.05) göre ortalamalar gruplandırılmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Koza sayısı (adet bitki⁻¹)

Çizelge 4'de, yapılan varyans analizi sonucuna göre; farklı gübre uygulamaları koza sayısı (adet bitki⁻¹) yönünden önemli düzeyde ($p < 0.01$) farklılıklar bulunduğu izlenebilmektedir.

Çizelge 4'de koza sayısı (adet bitki⁻¹) incelendiğinde; denemede kullanılan farklı gübre uygulamalarının 19.00–24.66 adet bitki⁻¹ arasında değiştiği izlenmektedir. Denemenin iki yılında da en fazla koza sayısı dekara 6 ton çiftlik gübresi + 35 kg üre uygulamasından (24.33 ve 24.66 adet bitki⁻¹); en düşük koza sayısı kontrol uygulamasından (19.00 ve 20.00 adet bitki⁻¹) elde edildiği tespit

edilmiştir. Cevheri (2016) çalışmasında organik gübrelerin kontrol parsellerine göre koza sayını; Daşkın (2019) çalışmasında da farklı dozlarda uyguladıkları deniz yosunun kontrol parsellerine göre koza sayısını arttırdığını rapor etmeleri çalışmamızla uyum içerisindedir.

Koza ağırlığı (g)

Çizelge 4'de, yapılan varyans analizi sonucuna göre; farklı gübre uygulamaları arasında koza ağırlığı (g) yönünden önemli düzeyde ($p < 0.05$) farklılıklar bulunduğu izlenebilmektedir.

Çizelge 4'de koza ağırlığı (g) incelendiğinde; denemede kullanılan farklı gübre uygulamalarında koza ağırlığının 5.18–6.66 g arasında değiştiği görülmüştür. Denemenin iki yılında da en fazla koza ağırlığı dekara 6 ton çiftlik gübresi + 35 kg üre uygulamasından (6.66 ve 6.55 g); en düşük koza ağırlığı kontrol uygulamasından (5.15 ve 5.42 g) elde edilmiştir. Satyanarayana ve Janavade (2006), çiftlik gübresi uygulaması sonucunda koza kütlü ağırlığının yüksek değerlerde görüldüğünü belirtmişlerdir. Cevheri (2016)'da ise uygulanan organik gübrelerin koza ağırlığına etkisinin olmadığını belirtmesiyle çalışmamızla çelişki içerisindedir.

Çizelge 4. 2020-2021 yılları pamuk bitkisinde farklı gübre uygulamalarından elde edilen ortalama koza sayısı adet bitki⁻¹, koza ağırlığı (g) ve koza kütlü ağırlığı (g) değerlerine ilişkin Tukey testine göre oluşan gruplar ve CV % değerleri
Table 4. The groups formed according to the Tukey test and % CV values according to the average boll plant⁻¹ number, boll weight (g) and boll seed weight values obtained from different fertilizer applications in the cotton plant for the years 2020-2021

Uygulamalar	Koza sayısı (adet bitki ⁻¹)		Koza ağırlığı (g)		Koza kütlü ağırlığı (g)	
	2020 yılı	2021 yılı	2020 yılı	2021 yılı	2020 yılı	2021 yılı
Kontrol	19.00d**	20.00c	5.18c	5.42c	4.04b	3.91c
35 kg da ⁻¹ Üre	20.67cd	20.66c	6.15ab	6.01b	4.45ab	4.26bc
10 kg da ⁻¹ DAP + 35 kg da ⁻¹ Üre	21.33bcd	21.00c	5.98ab	5.63bc	4.23ab	4.01bc
20 kg da ⁻¹ DAP + 35 kg da ⁻¹ Üre	22.00abc	21.66bc	5.86bc	5.79bc	4.52ab	4.15bc
30 kg da ⁻¹ DAP + 35 kg da ⁻¹ Üre	22.00abc	22.00bc	6.02ab	5.99b	4.33ab	4.32abc
2 ton da ⁻¹ Ç. G. + 35 kg da ⁻¹ Üre	21.67bc	21.66bc	6.24ab	5.76bc	4.42ab	4.10bc
4 ton da ⁻¹ Ç. G. + 35 kg da ⁻¹ Üre	23.33ab	23.33ab	6.36ab	6.05ab	4.38ab	4.38ab
6 ton da ⁻¹ Ç. G. + 35 kg da ⁻¹ Üre	24.33a	24.66a	6.66a	6.55a	4.78a	4.75a
Ortalamalar	21.79	21.87	6.05	5.9	4.39	4.23
CV %	1.74	5.71	4.46	5.08	4.55	5.91

** : $P < 0.01$ düzeyinde önemlidir.

Aynı sütunda bulunan ve aynı harf grubuna dahil olan ortalamalar arasında önemli bir farklılık yoktur.

Koza kütlü ağırlığı (g)

Çizelge 4'de, yapılan varyans analizi sonucuna göre; farklı gübre uygulamalarının koza kütlü ağırlığına (g) önemli düzeyde ($p<0.05$) etkisinin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4'de koza kütlü ağırlığı (g) incelendiğinde; denemede kullanılan farklı gübre uygulamalarında koza kütlü ağırlığı 3.91–4.78 g arasında değiştiği izlenmektedir. Denemenin iki yılında da en fazla koza kütlü ağırlığı dekara 6 ton çiftlik gübresi + 35 kg üre uygulamasından (4.78 ve 4.75 g); en düşük koza kütlü ağırlığı kontrol uygulamasından (4.04 ve 3.91 g) elde edildiği tespit

edilmiştir. Satyanarayana ve Janavade (2006), çiftlik gübresi uygulaması sonucunda koza kütlü ağırlığı değerinin yüksek değerlerde görüldüğünü belirtmişlerdir. Organik gübrelerin koza ağırlığına etkisinin olmadığını belirleyen Cevheri (2016) ile çalışmamız örtüşmemektedir.

Dekara verim ($kg da^{-1}$)

Çizelge 5'de, yapılan varyans analizi sonucunda; farklı gübre uygulamaları kütlü pamuk verimi ($kg da^{-1}$) yönünden önemli düzeyde ($p<0.01$) farklılıklar bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 5. 2020-2021 yılları pamuk bitkisinde farklı gübre uygulamalarından elde edilen ortalama dekara verim ($kg da^{-1}$), 100 tohum ağırlığı (g) ve çırçır randımanı (%) değerlerine ilişkin Tukey testine göre oluşan gruplar ve CV % değerleri
Table 5. Groups formed according to Tukey test and CV % values according to the average yield ($kg da^{-1}$), 100 grain weight (g) and gin outturn (%) values obtained from different fertilizer applications of the cotton plant for the years 2020-2021

Farklı gübre uygulamaları	Dekara verim ($kg da^{-1}$)		100 Tohum ağırlığı (g)		Çırçır randımanı (%)	
	2020 yılı	2021 yılı	2020 yılı	2021 yılı	2020 yılı	2021 yılı
Kontrol	401.06e**	398.61f	8.70bc	8.88bc	42.33b	43.66 ^{öd}
35 $kg da^{-1}$ Üre	441.30c	438.56c	8.63c	8.54c	44.67ab	45.00
10 $kg da^{-1}$ DAP + 35 $kg da^{-1}$ Üre	421.67d	409.29ef	8.90abc	8.83bc	46.33a	49.33
20 $kg da^{-1}$ DAP + 35 $kg da^{-1}$ Üre	420.67d	411.31def	8.88abc	8.76c	45.67a	46.33
30 $kg da^{-1}$ DAP + 35 $kg da^{-1}$ Üre	423.57d	415.25de	8.75abc	8.70c	45.33a	44.33
2 ton da^{-1} Ç. G. + 35 $kg da^{-1}$ Üre	430.33cd	424.43d	8.93abc	8.83bc	44.00ab	43.33
4 ton da^{-1} Ç. G. + 35 $kg da^{-1}$ Üre	476.50b	465.30b	9.07ab	9.16ab	44.00ab	43.00
6 ton da^{-1} Ç. G. + 35 $kg da^{-1}$ Üre	526.40a	514.66a	9.12a	9.26a	45.00ab	43.66
Ortalamalar	442.69	434.67	8.88	8.87	44.66	44.83
CV %	1.43	1.79	1.57	2.14	2.23	6.33

** $P<0.01$ düzeyinde önemlidir.

Öd: Önemli değildir. Aynı sütunda bulunan ve aynı harf grubuna dahil olan ortalamalar arasında önemli bir farklılık yoktur.

Çizelge 5'de, pamuk verimi ($kg da^{-1}$) incelendiğinde; denemede kullanılan farklı gübre uygulamalarının 398.61–526.40 $kg da^{-1}$ arasında değiştiği izlenmektedir. En fazla dekara verim, denemenin iki yılında da 6 ton çiftlik gübresi + 35 kg üre uygulamasından (526.40 ve 514.66 $kg da^{-1}$); en düşük pamuk verimi ise kontrol parsellerinden (401.06 ve 398.61 $kg da^{-1}$) elde edilmiştir. Kontrol parsellerine göre organik gübre kullanımının pamuk verimi açısından artış sağladığı birçok araştırmacılar tarafından da ifade edilmiştir (Hallikeri, 2010; Seilsepour ve ark., 2011; Alitabar ve ark., 2012; Akyol, 2013; Cevheri, 2016; Daşkın, 2019; Cevheri ve ark., 2021). Çalışmadan elde edilen sonuçlar diğer araştırmacıların çalışmaları ile örtüşmektedir. Ayrıca, Chavda ve Rajawat

(2015) çalışmalarında vermikompost uygulanması ile parsellerde kütlü veriminin 350 $kg da^{-1}$, kontrol parsellerinde ise 304 $kg da^{-1}$ kütlü verimi elde ettiklerini, vermikompost uygulaması neticesinde kimyasal gübrelemelere kıyasla incelenen tüm özelliklerde daha yüksek oranda verim artışı sağlandığını belirtmişlerdir.

100 tohum ağırlığı (g)

Çizelge 5'de, yapılan varyans analizi sonucunda; farklı gübre uygulamaları 100 tohum ağırlığı (g) yönünden önemli düzeyde ($p<0.05$) farklılıklar bulunduğu izlenebilmektedir.

Çizelge 5'de, 100 tohum ağırlığı (g) incelendiğinde; denemede kullanılan farklı gübre uygulamalarının 8.54–9.26 g arasında değiştiği

izlenmektedir. Denemenin iki yılında da en fazla 100 tohum ağırlığı dekara 6 ton çiftlik gübresi + 35 kg üre uygulamasından (9.12 ve 9.26 g); en düşük 100 tohum ağırlığı üre uygulamasından (8.63 ve 8.54 g) elde edildiği tespit edilmiştir. Organik gübre kullanımının 100 tohum ağırlığını artırdığı başka araştırmacılar tarafından da vurgulanmıştır (Şahin ve ark. 1994; Satyanarayana ve Janavade 2006; Akyol, 2013).

Çırçır randımanı (%)

Çizelge 5’de, yapılan varyans analizi sonucuna göre; farklı gübre uygulamaları çırçır randımanı (%) yönünden denemenin ilk yılında önemli düzeyde ($p < 0.01$) farklılıklar bulunduğu ikinci yılda ise önemsiz olduğu görülmektedir.

Çizelge 5’den çırçır randımanı (%) incelendiğinde;

denemede kullanılan farklı gübre uygulamalarının %42.33 – 49.33 arasında değiştiği görülmektedir. En fazla çırçır randımanı dekara 10 kg DAP + 35 kg üre uygulamasından (%46.33- 49.33); en düşük çırçır randımanı denemenin ilk yılında kontrol parsellerinden (%42.33), ikinci yılında dekara 4 ton çiftlik gübresi + 35 kg üre uygulamasından (%43.00) elde edildiği tespit edilmiştir. Tarhan (2017), çalışmasında çırçır randımanı yönünden önemsiz bulması çalışmamızın ikinci yılındaki sonuçla uyum içerisinde.

Lif kopma dayanıklılığı ($g\ tex^{-1}$)

Çizelge 6’da, yapılan varyans analizi sonucuna göre; farklı gübre uygulamaları lif kopma dayanıklılığı ($g\ tex^{-1}$) yönünden istatistiksel olarak önemsiz olduğu izlenebilmektedir.

Çizelge 6. 2020-2021 yılları pamuk bitkisinde farklı gübre uygulamalarından elde edilen ortalama lif kopma dayanıklılığı ($g\ tex^{-1}$), lif inceliği (micronaire) ve lif uzunluğu (mm) değerlerine ilişkin Tukey testine göre oluşan gruplar ve CV % değerleri
Table 6. For the years 2020-2021, the groups formed according to the Tukey test according to the average fiber strength ($g\ tex^{-1}$), fiber fineness (micronaire) and fiber length (mm) values obtained from different fertilizer applications in the cotton plant and CV % values

Farklı gübre uygulamaları	Lif kopma dayanıklılığı ($g\ tex^{-1}$)		Lif inceliği (mic.)		Lif uzunluğu (mm)	
	2020 yılı	2021 yılı	2020 yılı	2021 yılı	2020 yılı	2021 yılı
Kontrol	30.33 ^{öd}	30.45	4.32	4.69	28.62	28.62
Üre	30.20	28.30	4.23	4.17	28.75	28.22
10 kg DAP + 35 kg Üre	30.27	30.35	4.18	4.28	29.04	29.04
20 kg DAP + 35 kg Üre	29.63	27.70	4.18	4.03	28.47	28.02
30 kg DAP + 35 kg Üre	29.60	27.90	4.23	4.20	28.17	28.16
2 ton Ç. G. + 35 kg Üre	30.03	26.93	4.14	3.93	28.35	28.34
4 ton Ç. G. + 35 kg Üre	30.78	30.83	4.11	4.44	29.07	29.20
6 ton Ç. G. + 35 kg Üre	30.20	29.63	4.32	4.57	29.22	29.24
Ortalamalar	30.13	29.01	4.21	4.30	28.71	28.60
CV %	2.22	6.48	1.90	6.99	1.81	2.27

öd: Önemli değildir.

Çizelge 6’da, lif kopma dayanıklılığı ($g\ tex^{-1}$) incelendiğinde; denemede kullanılan farklı gübre uygulamalarının 26.93 – 30.83 ($g\ tex^{-1}$) arasında değiştiği izlenmektedir. Denemenin iki yılında da en fazla lif kopma dayanıklılığı dekara 4 ton çiftlik gübresi + 35 kg üre uygulamasından (30.78 ve 30.83 $g\ tex^{-1}$); en düşük lif kopma dayanıklılığı dekara 2 ton çiftlik gübresi + 35 kg üre uygulamasından (26.93 $g\ tex^{-1}$) elde edildiği tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlardan lif kopma dayanıklılığı değerleri istatistiksel olarak önemsiz bulunması birçok araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (Hallikeri ve ark., 2010; Saleem ve ark., 2010 ve Seilsepour ve

Rashidi, 2011; Akyol; 2013; Cevheri, 2016; Daşkın, 2019).

Lif inceliği (mic)

Çizelge 6’da, yapılan varyans analizi sonucunda; farklı gübre uygulamaları lif inceliği yönünden istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmektedir.

Çizelge 6’da, lif inceliği incelendiğinde; denemede kullanılan farklı gübre uygulamalarının 3.93–4.69 micronaire arasında değiştiği izlenmektedir. Denemenin iki yılında da en kaba lifler kontrol uygulamasından (4.32 ve 4.69 mic.); en düşük lif inceliği dekara 2 ton çiftlik gübresi + 35

kg üre uygulamasından (3.93 mic.) elde edildiği tespit edilmiştir. Organik gübre kullanımının lif inceliği değerlerinde istatistikî anlamda bir etkisi olmadığı birçok araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda da vurgulanmıştır (Hallikeri ve ark., 2010; Saleem ve ark., 2010; Seilsepour ve Rashidi, 2011; Akyol, 2013; Cevheri, 2016; Çopul ve Gençsoylu, 2020).

Lif uzunluğu (mm)

Çizelge 6'da, yapılan varyans analizi sonucunda; farklı gübre uygulamaları lif uzunluğu yönünden istatistiksel olarak önemsiz olduğu izlenebilmektedir.

Çizelge 6'da lif uzunluğu incelendiğinde; denemede kullanılan farklı gübre uygulamalarının 28.02–29.24 mm arasında değiştiği izlenmektedir. Denemenin iki yılında da en fazla lif uzunluğu dekara 6 ton çiftlik gübresi + 35 kg üre uygulamasından (29.22 ve 29.24 mm); en düşük lif uzunluğu dekara 20 kg DAP + 35 kg üre uygulamasından (28.02 mm) elde edildiği tespit edilmiştir. Organik sıvı gübrenin kullanılmasında lif uzunluğu değerlerinde istatistikî olarak herhangi bir etkisinin olmadığı birçok araştırmacı tarafından yapılan çalışmalarda da vurgulanmıştır (Hallikeri ve ark., 2010; Saleem ve ark., 2010; Seilsepour ve Rashidi, 2011; Akyol, 2013; Cevheri, 2016; Çopul ve Gençsoylu, 2020).

Sonuçlar ve Öneriler

Araştırma, 2020 ve 2021 yıllarında, Şanlıurfa Harran ilçesi Karaali köyünde çiftçi şartlarında yürütülmüştür. Araştırmadan elde edilen veriler ışığında, pamuk bitkisinin gelişme dönemleri ve uygulanan kimyasal ve çiftlik gübrelerinin karışımlarından elde edilen sonuçlar önemli oranda fark oluşturmuştur.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; farklı gübre uygulamalarının koza sayısını, koza ağırlığını, koza kütlü ağırlığını, pamuk verimini ve 100 tohum ağırlığına olumlu etki yaptığı ancak lif kalite özelliklerine etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Bu bilgiler ışığında; sürdürülebilir tarım, çevrenin muhafaza edilmesi ve üretim

maliyetlerinin düşürülerek, üreticilerin daha fazla gelir elde edebilmesi için çiftlik gübresini tavsiye edebiliriz. Benzeri çalışmaların devam ettirilmesi gerektiğine inanmaktayız.

Ekler

Bu çalışma Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinasyon Kurulu Başkanlığı (HÜBAP) tarafından desteklenmiştir (Proje No: 21196). Bu makale Şevin Nur YILMAZ'ın Yüksek lisans tez çalışmasının bir kısmından oluşturulmuştur.

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

Yazar Katkısı: Vedat BEYYAVAŞ ve Şevin Nur YILMAZ çalışmayı tasarlayarak denemeleri kurmuş, Vedat BEYYAVAŞ ve Şevin Nur YILMAZ çalışmayı birlikte yürütmüş, Cevher İlhan CEVHERİ verileri analiz etmiş, Suat CUN ise makale ile ilgili literatür taraması yapmış ve makaleyi yazmışlardır.

Kaynaklar

- Akyol, N. (2013). *Sıvı hayvan gübresinin pamuk tarımında üst gübre olarak kullanılabilirliği ve uygun doz araştırılması*. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yüksek lisans tezi), Aydın, 62s.
- Albiach, R., & Canet, F. (2000). Pomares and F. Ingelmo: Microbial biomass content and enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural soil. *Bioresour. Technol*, 75, 43-48.
- Alitabar, R. A., Salimbeck, R., Alishah, O., & Abbas, S., Andarkhor, A. (2012). Interactive effects of nitrogen and row spacing on growth and yield of cotton varieties, *International Journal of Biology*, vol. 4, No. 3.
- Antonious, G. F. (2009). Enzyme activities and heavy metals concentration in soil amended with sewage sludge. *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 44(10), 1019-1024
- Antonious, G. F., Turley, E., & Dawood, M. F. (2020). Monitoring soil enzymes activity before and after animal manure application. *Agriculture*, 10: 166.
- Aygün, Y. Z., & Mert, M. (2020). Toprak düzenleyicileri ve azot uygulamalarının pamukta (*Gossypium hirsutum L.*) verim ve lif teknolojik özelliklere etkisi. *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*, 13 (3), 290-297.
- Bellitürk, K., Kuzucu, M., Çelik, A., & Baran, M. F. (2019). The effects of fertilization on the yield and quality of pistachio (*Pistacia vera L.*) in dry conditions. *Journal of*

- Tekirdag Agricultural Faculty, 16(2), 251-259, Tekirdağ.
- Cevheri, C. (2016). *Harran ovası organik üretim koşullarında organik ve mikrobiyal gübre uygulamalarının bazı pamuk çeşitlerinde (Gossypium hirsutum L.) tarımsal ve lif kalite özellikleri üzerine etkisi* (Doktora tezi). Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Cevheri, C. İ., Yılmaz, A., & Beyyavaş, V. Harran ovası koşullarında yetiştirilen bazı pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) çeşitlerine uygulanan organik ve mikrobiyal gübrelerin verim ve verim öğelerine etkisi (2021). *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(1): 53-64. DOI: 10.29050/harranziraat.737298
- Chavda, V. N., & Rajawat, B. S. (2015). Performance evaluation of vermicompost on yield of kharif groundnut and cotton crops. *International Journal of Forestry and Crop Improvement*, 6(2): 127-131.
- Çopul, S., & Gençsoylu, İ. (2020). Aydın ili ikinci ürün pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) farklı azot dozlarının verim, verim komponentleri ve lif kalite özellikleri üzerine etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2), 271-279, Aydın.
- Daşkin, (2019). Pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) farklı dozlarda uygulanan organik gübrenin verim ve lif kalitesine etkisi (Yüksek lisans tezi). Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Hallikeri, S. S., Halemani, H. L., Patil, V. C., Palled, Y. B., Patil, B. C., & Katageri, I. S. (2010). Effect of nitrogen levels, split application of nitrogen and detopping on seed cotton yield and fibre quality in Bt-cotton. *Karnataka J. Agric. Sci.*, 23 (3): (418-422).
- Hinojosa, M. B., Carreira, J. A., Rodríguez-Maroto, J. M., & García-Ruiz, R. (2008). Effects of pyrite sludge pollution on soil enzyme activities: Ecological dose-response model. *Science of the Total Environment*, 396(2-3), 89-99.
- Kılback, H., Bellitürk, K., & Çelik, A. (2021). Bitkisel ve hayvansal atıklardan vermikompost üretilmesi: yeşil badem kabuğu ve koyun gübresi karışımı örneği. *Akademik Perspektiften Tarıma Bakış*. İKSAD Yayınevi. Ankara.
- Liu, D., Ding, Z., Ali, E. F., Kheir, A., Eissa, M. A., & Ibrahim, O. H. (2021). Biochar and compost enhance soil quality and growth of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) under saline conditions. *Scientific Reports*, 11(1), 1-11.
- Mahajan, R. G., Paramesh, V., & Singh, K. S., (2021). Impact of sustainable land-use management practices on soil carbon storage and soil quality in Goa State, (33): 28-40, India
- Mert, M., Akışcan, Y., & Gençer, O. (2004). Inheritance of oil and protein content in some cotton generations. *Asian Journal of Plant Sciences*, 3(2): 174-176.
- Mert, M. (2017). Lif bitkileri. NOBEL Yayınları No: 1734, İkinci Baskı, s.s. 424, Ankara.
- Mohanty, S. R., Nath, D. J., Baruah, R., Gayan, A. (2020). Microbial enriched compost production and application for North East Region of India.
- Moya, D., Aldás, C., López, G., & Kaparaju, P. (2017). Municipal solid waste as a valuable renewable energy resource: a worldwide opportunity of energy recovery by using Waste-To-Energy Technologies. *Energy Procedia*, 134, 286-295.
- Nyiraneza, J., Vernon, R., Yvonne, U., Fraser, T. D., Erin, S., Fillmore, S., & Mills, A. (2019). Longterm manure application effects on nutrients and selected enzymes involved in their cycling. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 82, 1404-1414.
- Oyedele, O. F., & Lubbe, S. (2015). The construction of a partial least-squares biplot, *Journal of Applied Statistics*, 42 (11): 2449-2460.
- Özkan, N., & Çopur, O. (2018). Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) genotiplerinin çoklu dizi (line x tester) melezlerinde bazı lif özelliklerinin kalıtımı. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22(2), 236-247.
- Özüdoğru, T. (2021). Dünya ve Türkiye’de pamuk üretim ekonomisi. *Tekstil ve Mühendis*, 28(122), 149-161.
- Poyraz, Z. (2012). Pamuk tarla atığının pirolizi. *Journal Of Science And Technology Of Dumlupınar University*, (028), 89-96, Kütahya.
- Saleem, M. F., Bilal, M. F., Awais, M., Shahid, M. Q., & Anjum, S. A. (2010). Effect of nitrogen on seed cotton yield and fiber qualities of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars. *The Journal of Animal & Plant Sciences* 20: 23-27.
- Satyanarayana, R., & Janawade, A. D. (2006). Studies on integrated nutrient management in irrigated hybrid cotton. *Journal of Cotton Research and Development*, Cotton Research and Development Association, P: 212-215.
- Seilsepour, M., & Rashidi, M. (2011). Effect of different application rates of nitrogen on yield and quality of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *American Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 10 (3): 366-370,
- Spohn, M. (2016). Element cycling as driven by stoichiometric homeostasis of soil microorganisms. *Basic and Applied Ecology*, 17(6): p. 471-478.
- Şahin, A., Kivılcım, N., & Hüyük, O. (1994). Nazilli M-503 pamuk çeşidinin azot gereksinimi. Nazilli Pamuk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü 1994 Yılı Pamuk Araştırma Proje ve Sonuçları, s.46, Aydın.
- Tarhan, M. (2017). Hümik Asidin Farklı Uygulamalarının Pamukta Verim Besin Maddesi Alınımı ve Lif Kalite Özelliklerine Etkisi (Yüksek lisans tezi). Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s.85, Siirt.
- UPK, (2021). Ulusal Pamuk Konseyi, <http://www.upk.org.tr/>
- Xie, X. F., Pu, L. J., Wang, Q. Q., Zhu, M., Xu, Y., & Zhang, M. (2017). Response of soil physicochemical properties and enzyme activities to long-term reclamation of coastal saline soil, *Sci. Total Environ.* 607-608, 1419-1427, China.
- Xu, C. Y., PU, L. J., LI, J. G., & Z. H. M. (2019). Effect of reclamation on C, N, and P stoichiometry in soil and soil aggregates of a coastal wetland in Eastern China. *J. Soils Sediments* 19, 1215- 1225, China.
- Zhong, Z., & Makeschin, F. (2006). Differences of soil microbial biomass and nitrogen transformation under two forest types in central Germany. *Plant and Soil*, 283, 287-297, Germany



Tuz stresi altındaki tütün bitkisine yapraktan silisyum (Si) uygulamalarının etkileri

Effects of foliar silicon (Si) applications on tobacco plant under salt stress

Ahmet KINAY¹ , Halil ERDEM^{2*} 

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 60240 Tokat, Türkiye

²Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 60240 Tokat, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-4554-2148>; ²<https://orcid.org/0000-0002-3296-1549>

To cite this article:

Kinay, A. & Erdem, H. (2022). Tuz stresi altındaki tütün bitkisine yapraktan silisyum (Si) uygulamalarının etkileri. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(3): 380-388.

DOI:10.29050/harranziraat.1098905

*Address for Correspondence:

Halil ERDEM

e-mail:

erdemh@hotmail.com

Received Date:

05.04.2022

Accepted Date:

07.07.2022

© 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

Tuzluluk bitkilerde verim ve kaliteyi olumsuz yönde etkileyen en önemli abiyotik stres faktörleri arasında yer almasına karşılık, silisyum (Si) bitkilerde stres faktörlerini azaltan bir element olarak bilinmektedir. Bu çalışmada tütün bitkisinde tuz stresinin neden olduğu hasara karşı yapraktan Si uygulamalarının koruyucu etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada dört farklı (0, 1.5, 3, 4.5 ve 6 dS m⁻¹) tuz dozu altında yetiştirilen Canik 190/5 tütün çeşidine yapraktan 1 ve 2 defa Si uygulamaları yapılmıştır. Tüm bitki kuru madde verimi, Na, K, Ca, Mg, P konsantrasyonu ile K/Na oranı incelenmiştir. Artan dozlarda tuz uygulamaları tütün bitkisinin yeşil aksam kuru madde veriminde azalmaya neden olurken, yapraktan Si uygulamaları kuru madde verimindeki azalmayı yavaşlatmıştır. Kontrol uygulamalarının ortalama bitki kuru madde verimi 6.42 g bitki⁻¹ iken, yapraktan 1 defa Si uygulamasında bu değer 6.65 g bitki⁻¹'e çıkmış, yapraktan 2 defa Si uygulamasında ise 7.08 g bitki⁻¹'e çıkmıştır. Silisyum uygulamaları tütün bitkisinin Na konsantrasyonlarında azalmaya neden olurken, K konsantrasyonları ile K/Na oranlarında artışa neden olarak bitkinin tuza karşı dayanıklılığını arttırmıştır. Çalışma sonucunda; tütün bitkisinin tuz stresine karşı dayanıklılığının artırılmasında yapraktan Si uygulamalarının pozitif etkisinin olabileceği, uygulama sayısı bakımından ise yapraktan 2 defa uygulamanın daha etkili olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Silisyum, Sodyum, Stres, Tuz, Tütün

ABSTRACT

While salinity is among the most important abiotic stress factors that negatively affect yield and quality in plants, silicon (Si) is known as an element that reduces stress factors in plants. In this study, it was aimed to investigate the protective effect of foliar silicon (Si) applications against the damage caused by salt stress in tobacco plants. In the study, Si applications were made once and twice from the leaves of Canik 190/5 tobacco cultivars grown under four different (0, 1.5, 3, 4.5 and 6 dS m⁻¹) salt doses. Shoot dry matter yield, Na, K, Ca, Mg, P concentration and K/Na ratio were investigated. While increasing doses of salt applications caused a decrease in the shoot dry matter yield of the tobacco plant, foliar Si applications slowed the decrease in dry matter yields. While the average plant dry matter yield of control applications was 6.42 g plant⁻¹, this value increased to 6.65 g plant⁻¹ in the application of Si once from the leaf, and it increased to 7.08 g plant⁻¹ in the application of Si application twice from the leaf. Silicon applications caused a decrease in Na concentrations of the tobacco plant, and increased the plant's resistance to salt by causing an increase in K concentrations and K/Na ratios. According to the results obtained; It has been revealed that foliar Si applications may have a positive effect on increasing the resistance of the tobacco plant against salt stress, and in terms of the number of applications, 2 applications on the leaf are more effective.

Key Words: Silicon, Natrium, Stress, Salt, Tobacco

Giriş

Bitkiler, tarımsal sistemler için tehdit oluşturan çeşitli abiyotik streslerle sürekli olarak karşı karşıyadır. Özellikle tuzluluk stresi, tüm dünyada özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde bitki büyümesi ile verimliliğini etkileyen önemli bir abiyotik faktör olarak kabul edilmektedir (Muneer ve Jeong, 2015). Dünya çapında yaklaşık 800 milyon hektar arazi tuzluluktan etkilenmektedir (Abbasi ve ark., 2015). Bu rakamlar dünyanın toplam alanının %6'lık bir kısmını oluşturmakta ve hemen hemen hepsi doğal nedenlere dayanmaktadır (Shah ve Thivakaran, 2014). Türkiye'de de yaklaşık 1.5 milyon hektar alanda tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunmaktadır (Uras ve Sonmez, 2010). Bu da sulamaya uygun arazilerin yaklaşık %32.5'ine denk gelmektedir (Ekmekçi ve ark., 2005). Tuzluluğun bitki besin maddelerinin yayışlılığını azalttığını, bunların hem bitki tarafından alınmalarını hem de bitki içinde taşınmalarını ve dağılımını olumsuz etkileyerek beslenme bozukluklarına neden olduğu bildirilmiştir (Munns ve Tester, 2008; Talaat ve ark., 2015). Tuzlar ortamın osmotik basıncını yükselterek bitkinin su alımını ve dolayısıyla beslenmesini yavaşlatmakta veya durdurmaktadır. Ya da Na ve Cl gibi tuzların ortamda fazla bulunması nedeniyle bitki besin maddelerinin alınımını zorlaştırıp, metabolizmayı bozarak bitkinin bünyesine zarar vermektedirler (Hao ve ark., 2021; Zhao ve ark., 2021). Nefissi Ouertani ve ark. (2021)'a göre tuz stresinin osmotik etkisi, bitkilerde büyüme oranında azalma, yaprak renginde değişim, kök/gövde oranında görülen değişim ve bitkilerde olgunlaşma hızını değiştirme gibi şekillerde kendini gösterirken, tuz stresinin iyonik etkisi, daha çok meristematik dokulara veya yaprağa zarar vermek suretiyle kendini göstermektedir. Tuz stresinde tuzun osmotik etkisi nedeniyle bitkilerde transpirasyon ve iyonların köke kitle hareketi ile taşınımı engellenerek bitki gelişimi olumsuz etkilenmektedir. Ayrıca tuzun iyonik etkisi nedeniyle de iyonlar arasında rekabet oluşarak bitkilerin dengeli bir şekilde beslenmesi

engellenmekte ve bitkilerde beslenme bozuklukları oluşmaktadır. Bitkilerde fazla tuzun hücredeki su potansiyelini azaltması ile birlikte, hücredeki iyon dengesini de bozarak bitki gelişimini olumsuz etkilemektedir (Hao ve ark., 2021). Bitkilerin topraktan fazla miktarda tuz alımı sonucu bitki hücrelerinin Na^+ ve Cl^- iyonlarının konsantrasyonlarının artmasına, Ca^{+2} , K^+ ve Mg^{+2} iyonlarının ise konsantrasyonlarında azalmaya neden olmaktadır (Shafiq ve ark., 2021). Silisyum (Si) oksijenden sonra yer kabuğunda en bol bulunan elementtir ve bitkilerdeki konsantrasyonu genellikle makro besin değerlerine kadar ulaşabilmektedir (Kang ve ark., 2015). Silisyum toprak çözeltisinde çözülmüş halde, Fe ve Al oksit ve hidroksitlere adsorbe halde ve çözülmüş halde olmak üzere 3 farklı fraksiyonda bulunur (Schaller ve ark., 2021). Bitkiler Si'ü toprak çözeltisinden kökleri ile mono silisik asit ($\text{Si}(\text{OH})_4$) anyon formunda absorbe ederler (Zhu ve Gong, 2014). Silisyum, bitkilerde büyümeyi iyileştirdiği, sağlamlık sağladığı ve çeşitli biyotik/abiyotik streslere karşı bitkilerin toleransını artırmasından dolayı tarımsal açıdan faydalı bir elementtir (Meena ve ark., 2014; Abbas ve ark., 2015; Servet ve Eşikten, 2018). Bunun yanında Si bazı bitkiler için (çeltik, şeker kamışı gibi bazı sucul bitkiler) mutlak gerekli element olarak anılmaktadır (Singh ve ark., 2005). Silisyum bitkilerde başlıca tuz tolerans mekanizmaları olan Na^+ ve K^+ taşınmasını ve birikimini kontrol ederek bitkilerin tuza karşı dayanıklılığını arttırdığı bildirilmiştir (Zhu ve Gong, 2014). Tuzluluk gibi abiyotik stres faktörlerine maruz kalan bitkilere Si uygulamalarının antioksidatif savunma mekanizmasının çalışmasını teşvik ettiği, bitki gövdesini kuvvetlendirdiği, fotosentez ve su kullanım etkinliği gibi olumlu etkilerinin olduğu, stres altındaki bitkilerde lipid peroksidasyonunu ve membran geçirgenliğini azaltarak stres faktörlerine karşı bitkilerin dayanıklılığını artırdığı bildirilmiştir (Moussa, 2006; Tuna ve ark., 2008). Salatalık bitkisi ile yapılan bir çalışmada, Si uygulaması ile bitkinin Na alınımının azaldığı, böylece bitkinin tuz stresinden daha az etkilendiği rapor edilmiştir (Qian ve ark., 2006). Silisyumun

ekmeklik buğday (Taha ve ark., 2021), arpa (Liang ve ark., 2003), domates (Romero-Aranda ve ark., 2006), fasulye (Zuccarini, 2008), bakla (Shahzad ve ark., 2013) ve bamya (Abbas ve ark., 2015) dahil olmak üzere birçok bitkide tuz stresini hafifletmede önemli rolü olduğu bildirilmiştir. Bu bağlamda, tuzluluk stresinin tütün bitkisi üzerindeki olumsuz etkilerinin üstesinden gelmek için yapraktan Si takviyesi alternatif bir yaklaşım sağlayabilir. Bu çalışmada, tuz stresine karşı yapraktan yapılan Si uygulamalarının tütün bitkisinin verim ve Na, K, Ca, Mg, P konsantrasyonu ile K/Na oranına etkisi araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Materyal

Denemede bitki materyali olarak Canik 190/5 tütün çeşidi kullanılmıştır. Canik 190/5 erkenci bir çeşit olup, 75-95 cm arasında bitki boyuna sahip, ortalama yaprak sayısı ise 34'dür. Yapraklarının yapısı ince dokulu, ortalama %1.10 düzeyinde nikotin oranına sahip bir çeşittir (Peksüslü, 1998). Denemede kullanılan Canik 190/5 çeşidi fideleri viyollerde torf ortamında float sisteminde yetiştirilmiştir. Sera denemesinde kullanılan toprak killi tın tekstüre sahip olup, organik maddesi az (%1.26), alkali karakterli (pH 7.93), kireç içeriği yüksek (%22.1) ve tuzsuz olup (%0.03), 1 N NH₄OAc'da ekstrakte edilebilir Si konsantrasyonu 12.3 mg kg⁻¹ (az)'dır. Deneme toprağının bitkiye yarayışlı P konsantrasyonu 2.35 mg kg⁻¹ (noksan) ve K konsantrasyonu ise 167 mg kg⁻¹ (yeterli)'dir.

Metot

Sera denemesi tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Plastik saksıların kullanıldığı denemede her saksıya 2100 g toprak tartılmıştır. Temel gübreleme olarak tüm saksılara 250 mg kg⁻¹ N, Ca(NO₃)₂, 100 mg kg⁻¹ P ve 125 mg kg⁻¹ K, KH₂PO₄ formunda, 2 mg kg⁻¹ Fe, Fe-EDTA formunda ve 2 mg kg⁻¹ Zn, ZnSO₄.7 H₂O formunda uygulama homojen olarak toprağa karıştırılarak yapılmıştır.

Denemeye konu olan tuz uygulamaları 4 farklı dozda (0, 1.5, 3.0, 4.5 ve 6.0 dS m⁻¹ toprak) ve NaCl formunda uygulanmıştır. Her saksıya 1 adet tütün fidesi dikilmiş, bitkiler su ihtiyaçlarına göre saf su ile sulanmıştır. Tuz uygulamalarına denemenin kurulması esnasında 1.5 dS m⁻¹ (kontrol uygulaması hariç) dozu ile başlanmış, diğer tuz uygulamaları ise fide dikiminden sonra her üç günde bir 1.5 dS m⁻¹ dozlar halinde ilgili saksılara sulama suyu ile birlikte verilmiştir. Silisyum uygulamaları yapraktan 1 ve 2 defa olacak şekilde, %0.5 Si dozunda ve silisik asit (H₄O₄Si) formunda yapılmıştır. Yapraktan 1 defa olan Si uygulamaları tütün bitkisine 6 yapraklı dönemde iken, yapraktan 2 defa olan Si uygulamaları ise tütün bitkisine 6 yapraklı dönemde 1 defa ve 12 yapraklı dönemde ise 1 defa olacak şekilde yapılmıştır. Yaprak uygulamalarında yayıcı yapıştırıcı olarak %0.01 Tween kullanılmıştır.

Yeşil aksamda ortaya çıkan büyüme gerilemesine bağlı olarak denemenin 44. gününde (bitkiler 17 yapraklı iken) hasat (toprak üstü aksam) edilmiştir. Hasat edilen bitki örnekleri laboratuvar ortamında yıkandıktan sonra 48 saat boyunca 70°C'de kurutulmuş, hassas terazi ile tüm bitki kuru madde verimleri belirlendikten sonra agat değirmeninde öğütülmüştür. Öğütülen örneklerden 0,2 g tartılarak mikrodalga cihazında (Mars Xpress) yaş yakma metoduna göre H₂O₂-HNO₃ asit karışımında yakılmıştır. Daha sonra bu örneklerde ICP-OES (Varian Vista Pro) cihazında Na, K, Ca, P ve Mg elementlerinin konsantrasyonları ile K/Na oranları belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

Araştırmadan elde edilen veriler çalışmanın yürütülme deseni olan tesadüf parselleri deneme desenine göre JMP 13.0 istatistik programı ile varyans analizi yapılmıştır. Elde edilen verilerin ortalamaları ise Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuş ve gruplamalar yapılmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Artan dozlarda tuz uygulamaları altında yetiştirilen tütün bitkisine yapraktan 1 ve 2 defa Si

uygulamalarının bitki kuru madde verimi, yeşil aksam Na, K konsantrasyonları ile K/Na oranları Çizelge 1’de verilmiştir. Tütün bitkisinin yeşil aksam kuru madde verimi, Si uygulamalarından bağımsız olarak değerlendirildiğinde tüm tuz uygulamalarının yeşil aksam kuru madde veriminde istatistiksel olarak önemli azalmalara neden olduğu görülmüştür. Tuz uygulamasının yapılmadığı (T0) durumda ortalama yeşil aksam kuru madde verimi 8.86 g bitki⁻¹ iken bu değer tuzun 1.5 (T1.5), 3.0 (T3), 4.5 (T4.5) ve 6.0 (T6) dS m⁻¹ uygulamalarında sırası ile 7.50, 6.43, 5.65 ve 5.14 g bitki⁻¹’ye düşmüştür. Tuz stresi altında bitki büyümesinde kuru madde verimlerinde meydana gelen gerilemeler biber (Aktas ve ark., 2006), domates (Turhan ve ark., 2009), buğday (Poustini ve Siosemardeh, 2004), pamuk (İbrahim ve ark., 2007), şeker kamışı (Ashraf ve ark., 2007), mercimek (Sidari ve ark., 2008), mısır (Eker ve ark., 2006), çilek (Dikilitaş ve Dikilitaş, 2021), reyhan (Kaya ve İnan, 2017) ve nohut (Özcan, 2000) gibi bitkilerde de olduğu bildirilmiştir. Söz konusu gerilemeler, bitki yetiştirme ortamındaki tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak su yarıyışlılığının azalmasından, transpirasyon ile karbonhidrat fiksasyonundaki azalmalardan ve bitki bünyesindeki iyon dengelerinin bozulmasından kaynaklanmaktadır (Hao ve ark., 2021).

Farklı tuz dozları altında tütün bitkisinin yeşil aksam kuru madde veriminde ortaya çıkan azalmaya karşın, kontrol uygulamasına göre yapraktan 1 ve 2 defa Si uygulamaları kuru madde verimlerinde ortaya çıkan azalmanın şiddetini azaltarak daha düşük olmuştur (Çizelge 1). Örneğin kontrol uygulamasının T0 dozunda 8.83 g bitki⁻¹ olan kuru madde verimi T3 uygulamasında %31.25 düzeyinde azalış ile 6.07 g bitki⁻¹’e düşmüştür. Buna karşın yapraktan 1 defa Si uygulamasında 8.88 g bitki⁻¹ olan T0 dozunun kuru madde verimi T3 dozunda %27 düzeyinde azalma ile 6.48 g bitki⁻¹’e, yapraktan 2 defa Si uygulamasında 8.87 g bitki⁻¹ olan T0 dozunun kuru madde verimi %24 düzeyinde azalma ile 6.74 g bitki⁻¹’e düşmüştür. Yeşil aksam kuru madde verimi bakımından Si uygulamalarının tuz stresine

karşı pozitif etki yaptığı ve uygulama sayısı bakımından ise iki defa uygulamanın daha etkili olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, Öztekin ve Tural (2021) tarafından su kültürü koşullarında kuzu marulu bitkisinde 3.6 dS m⁻¹ NaCl ve 100 ppm Si uygulamalarının yapıldığı bir çalışma ile benzerlik göstermektedir. Kontrol uygulamasında bitki kuru madde verimi 0.164 g bitki⁻¹ iken, 3.6 dS m⁻¹ tuz uygulaması altında bu değer 0.133 g bitki⁻¹’e düştüğünü, 3.6 dS m⁻¹ + 100 ppm Si uygulamasında ise kuru madde veriminin 0.159 g bitki⁻¹’ye çıktığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar elde ettikleri sonuçlara göre özellikle tuz stresi altında besin solüsyonuna silisyum ilavesinin tuz stresinin olumsuz etkisini giderdiğini bildirmişlerdir. Ahmad ve ark. (2019), su kültürü koşullarında maş fasulyesine 0 (kontrol), 50 ve 100 mM NaCl dozlarında tuz ile 2 mM Si uygulamalarının yapıldığı bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmacılar kontrol uygulamasının yeşil aksam kuru madde veriminin 1 g bitki⁻¹ iken bu değer 50 mM tuz dozunda 0.6 g bitki⁻¹’e, 100 mM tuz dozunda ise 0.4 g bitki⁻¹’e düştüğünü, buna karşın 50 mM NaCl + 2 mM Si uygulaması ile bu değer 0.7 g bitki⁻¹’e, 100 mM NaCl + 2 mM Si uygulamasında ise 0.5 g bitki⁻¹’e çıktığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca tuz dozları altında kök ve sürgün uzunluğunda ortaya çıkan azalmaların Si uygulaması ile iyileştiğini ve bu durumun da bitki veriminde pozitif bir etkiye neden olduğunu bildirmişlerdir.

Artan dozlarda tuz uygulamalarının tütün bitkisinin yeşil aksam Na konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli düzeyde artışa neden olduğu, ancak bu artışın yapraktan 1 ve 2 defa Si uygulamaları ile azaldığı görülmüştür (Çizelge 1). Kontrol uygulamasının T0 dozunun Na konsantrasyonu %0.17 iken aynı uygulamanın T6 dozunda %2.24’e çıkmıştır. Bu durum yapraktan 1 defa Si uygulamasında ise T0 dozunda %0.18 olan Na konsantrasyonu T6 dozunda %1.76’ya çıkmış, 2 defa Si uygulamasında ise %0.17 olan T0 uygulamasının Na konsantrasyonu T6 uygulamasında %1.07’ye çıkmıştır. Yapraktan 2 defa Si uygulamalarının yeşil aksam Na konsantrasyonlarında daha fazla azalmaya neden

olduğu ortaya çıkmıştır. Kontrol koşullarının ortalama Na konsantrasyonu %1.02 iken, bu değer yapraktan 1 defa Si uygulaması ile %12.74 düzeyinde azalma ile %0,89'a, yapraktan 2 defa Si uygulaması ile %33.3 düzeyinde azalma ile %68'e düşmüştür (Çizelge 1). Elde ettiğimiz sonuçlara benzer şekilde maş fasulyesine 0 (kontrol), 50 ve 100 mM NaCl dozlarında tuz uygulaması ile bitkinin yeşil aksam Na konsantrasyonu T0 dozunda 5.2 mg g⁻¹'den T50 dozunda 26.4, T100 dozunda ise 35.2 mg g⁻¹'e çıktığı, buna karşın 2 mM Si uygulaması ile T50 dozunda 26.4 mg g⁻¹ olan Na konsantrasyonu 20.6 mg g⁻¹'e, 35.2 mg g⁻¹ olan T100 dozu 28.8 mg g⁻¹'e düşüğü bildirilmiştir

(Ahmad ve ark., 2019). Alzahrani ve ark. (2018), sera koşullarında topraktan 200 mM NaCl uygulaması altında yetiştirdiği buğday bitkisine artan dozlarda Si (0, 2, 4 ve 6 mM Si) uygulaması ile buğday bitkisinin yeşil aksam Na konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli azalmaların olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar NaCl 0; Si 0 mM uygulamasında 1.46 mg g⁻¹ olan Na konsantrasyonunun, 200 NaCl; Si 0 mM dozunda 9.24 mg g⁻¹'a çıktığını, bu değer 200 mM dozunun Si 2, 4 ve 6 mM dozlarında sıra ile 6.33, 4.21 ve 4.27 mg g⁻¹'e düştüğünü bildirmişlerdir.

Çizelge 1. Farklı tuz dozları altında yetiştirilen tütün bitkisine yapraktan Si uygulamalarının yeşil aksam kuru madde verimi, Na ve K konsantrasyonu ile K/Na oranına etkisi

Table 1. The effect of foliar Si applications on shoot dry matter yield, Na and K concentration and K/Na ratio on tobacco plants grown under different salt doses.

NaCl Dozu NaCl Dose	Kontrol Control	Si 1 defa Si 1 times	Si 2 defa Si 2 times	Ortalama Average
Tüm bitki kuru madde verimi (g bitki⁻¹) <i>Shoot dry matter yield (g plant⁻¹)</i>				
dS m ⁻¹				
0	8.83	8.88	8.87	8.86^A
1.5	6.58	7.46	8.46	7.50^B
3.0	6.07	6.48	6.74	6.43^C
4.5	5.39	5.68	5.88	5.65^{CD}
6.0	5.21	4.76	5.46	5.14^D
Ortalama Average	6.42^B	6.65^B	7.08^A	
Na Konsantrasyonu (%) <i>Na Concentration (%)</i>				
0	0.17 ^f	0.18 ^f	0.17 ^f	0.17^D
1.5	0.56 ^f	0.51 ^f	0.45 ^f	0.50^C
3.0	0.97 ^d	0.95 ^d	0.75 ^e	0.89^B
4.5	1.15 ^c	1.04 ^{cd}	0.97 ^d	1.05^B
6.0	2.24 ^a	1.76 ^b	1.07 ^{cd}	1.69^A
Ortalama Average	1.02^A	0.89^B	0.68^C	
K Konsantrasyonu (%) <i>K Concentration (%)</i>				
0	2.53	2.74	2.67	2.64^C
1.5	3.12	2.85	2.98	2.98^B
3.0	3.00	3.20	3.27	3.16^B
4.5	3.14	3.36	3.37	3.29^A
6.0	2.98	3.11	3.00	3.03^B
Ortalama Average	2.96	3.05	3.06	
K/Na Oranı <i>K/Na Ratio</i>				
0	14.9	15.4	15.4	15.2^A
1.5	5.85	5.60	6.71	6.06^B
3.0	3.07	3.39	4.48	3.65^C
4.5	2.74	3.27	3.47	3.16^C
6.0	1.34	1.77	2.88	2.00^D
Ortalama Average	5.58^B	5.89^B	6.58^A	

Ashraf ve ark. (2010), Si'un bitki hücrelerinde Na^+ ve K^+ düzeylerini olumlu yönde etkileyerek bitkide tuz stresinin azaltılabileceğini bildirmişlerdir. Yapraktan 1 ve 2 defa Si uygulamaları tütün bitkisinin yeşil aksam K konsantrasyonunu arttırmış, ancak bu artış istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır (Çizelge 1). Ortalama K konsantrasyonu bakımından sonuçlar değerlendirildiğinde kontrol uygulamalarının K konsantrasyonu %2.96 iken bu değer yapraktan 1 defa Si uygulamalarında %3.05'e, yapraktan 2 defa Si uygulamalarında ise %3.06'ya çıkmıştır. Potasyum, bitki hücrelerinin su durumunu iyileştirmede (Marschner, 1995) ve dolayısıyla Na^+ 'un toksik etkilerini hafifletmeye katkıda bulunmada önemli bir role sahiptir (Zhu ve Gong, 2014). Alzahrani ve ark. (2018) toprağa artan dozlarda Si uygulamaları ile tuz stresi altındaki buğday bitkisinin K alımına pozitif etki ettiğini bunun da tuz stresine karşı bitkinin dayanıklılığını arttırdığını bildirmişlerdir. Liang ve ark. (1996), plazma membranında H-ATPaze aktivitesinin artışına bağlı olarak yetiştirme ortamına Si'un dahil edilmesiyle tuz stresi altında yetişen bitkilerin K alımında önemli bir artışa, Na alımında azalmaya neden olduğunu bildirmiştir.

Rizosfer bölgesinde Na^+ konsantrasyonunun artması ile bitki kök hücrelerine Na^+ 'un girişi artarken, K^+ 'un hücreye alımı azalmakta, buna bağlı olarak da bitki kök hücrelerinin K/Na^+ dengesi bozulmaktadır. Bunun sebebi, Na^+ 'un, K^+ 'un bağlanacağı alanlar için K^+ ile yarışmasıdır (Ahmad ve ark., 2015). Artan dozlarda tuz uygulamaları ile tütün bitkisinin K/Na oranlarında istatistiksel olarak önemli düzeyde azalmaya neden olduğu, ancak yapraktan 1 ve 2 defa Si uygulamaları ile K/Na oranlarında artışa neden olduğu görülmüştür (Çizelge 1). Kontrol uygulamalarının ortalama K/Na oranı 5.58 iken, yapraktan 1 defa Si uygulamasında bu oran 5.89'a, yapraktan 2 defa Si uygulaması ile 6.58'e çıkmıştır. Ahmad ve ark. (2019) maş fasulyesine artan dozlarda (0, 50 ve

100 mM NaCl) tuz ve 2 mM Si uygulamaları ile bitkinin K/Na oranlarının Si uygulaması olmadığı durumlarda azaldığını, buna karşın Si uygulamaları ile K/Na oranının arttığını bildirmişlerdir. Liang ve ark. (1996), tuz stresi altındaki iki farklı arpa çeşidine silisyum uygulamasının bitkilerde K/Na oranını arttırarak sodyumun toksik etkisini hafiflettiğini bildirmişlerdir. Üç farklı tuz (0, 60 ve 100 mM NaCl) dozu ortamında yetiştirilen ayçiçeği bitkisine 30 ve 60 mg Si kg^{-1} uygulamasının K konsantrasyonu ile K/Na oranının artırdığını, bunun yanında bitkinin Na alımının ise azaldığı bildirilmiştir (Saqib ve ark., 2011).

Artan dozlarda tuz uygulamaları tütün bitkisinin ortalama Ca, Mg ve P konsantrasyonlarını istatistiksel olarak önemli düzeyde arttırırken, Si uygulamaları bitkinin Ca, Mg ve P konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli bir değişime neden olmamıştır (Çizelge 2). Tütün bitkisinin T0 dozu koşullarında ortalama Ca konsantrasyonu %2.26 iken bu durum T1.5, T3, T4.5 ve T6 dozunda sıra ile %2.31, %2.49, %2.56 ve %2.57'ye çıktığı görülmüştür. Bunun yanında Si uygulamaları bakımından değerlendirildiğinde ise kontrol uygulamasının ortalama Ca konsantrasyonu %2.39 iken bu durum 1 defa Si uygulamasında %2.53, 2 defa Si uygulamasında ise %2.39 olmuştur. Benzer değişim Mg ve P konsantrasyonlarında da görülmüştür (Çizelge 2). Yapılan çalışmalarda aşırı Na varlığında bitkinin ortamdaki daha fazla Ca alması tuzluluğa karşı toleransın bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Parvin ve ark., 2019; Mulaudzi ve ark., 2020). Tuz stresi koşullarında buğday ve çeltik bitkilerinin P konsantrasyonlarında artış ve azalışlara neden olduğu (Miransari ve Smith, 2019; Naheed ve ark., 2008), bunun yanında Si uygulamalarının ise bitkide Al, Na, ve Mn toksitesini önleyerek P noksanlığını giderdiği bildirilmiştir (Ma ve Yamaji, 2006).

Çizelge 2. Farklı tuz dozları altında yetiştirilen tütün bitkisine yapraktan Si uygulamalarının tüm bitki Ca, Mg ve P konsantrasyonuna etkisi

Table 2. The effect of foliar Si applications on shoot Ca, Mg and P concentrations of tobacco plants grown under different salt doses.

NaCl Dozu NaCl Dose dS m ⁻¹	Kontrol Control	Si 1 defa Si 1 times	Si 2 defa Si 2 times	Ortalama Average
	Ca Konsantrasyonu (%) Ca Concentration (%)			
0	2.16	2.34	2.28	2.26^C
1.5	2.44	2.18	2.29	2.31^{BC}
3.0	2.35	2.66	2.46	2.49^{AB}
4.5	2.44	2.74	2.48	2.56^A
6.0	2.56	2.73	2.42	2.57^A
Ortalama Average	2.39	2.53	2.39	
Mg Konsantrasyonu (%) Mg Concentration (%)				
0	0.44	0.50	0.47	0.47^B
1.5	0.54	0.49	0.53	0.52^B
3.0	0.55	0.59	0.60	0.58^A
4.5	0.56	0.63	0.63	0.61^A
6.0	0.56	0.61	0.57	0.58^A
Ortalama Average	0.53	0.53	0.56	
P Konsantrasyonu (%) P Concentration (%)				
0	0.24	0.23	0.24	0.24^B
1.5	0.25	0.25	0.24	0.24^B
3.0	0.25	0.26	0.26	0.26^A
4.5	0.27	0.25	0.26	0.26^A
6.0	0.26	0.27	0.25	0.26^A
Ortalama Average	0.25	0.25	0.25	

Sonuçlar

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, artan dozlarda tuz uygulamaları altında yetiştirilen tütün bitkisinin yeşil aksam kuru madde veriminde istatistiksel olarak önemli azalmaların olduğu, buna karşılık yapraktan 1 ve 2 defa Si uygulamaları ile tütün bitkisinin yeşil aksam kuru madde verimlerinde ortaya çıkan azalmanın daha az düzeyde olduğu belirlenmiştir. Tütün bitkisinin yeşil aksam Na konsantrasyonunun artan dozlarda NaCl uygulamaları ile paralel şekilde arttığı, buna karşın Si uygulamaları ile Na konsantrasyonunda ortaya çıkan artışın daha düşük olmasına neden olmuştur. Silisyum uygulamaları tütün bitkisinin Na konsantrasyonlarında azalmaya neden olurken, K konsantrasyonlarında (istatistiksel olarak önemsiz çıkmasına rağmen) ve buna bağlı olarak da K/Na oranlarında artışa neden olmuş ve buda bitkinin tuza karşı dayanıklılığını arttırmıştır.

Silisyum uygulamaları bakımından sonuçlar değerlendirildiğinde yapraktan 2 defa Si uygulamalarının bitkinin tuza karşı dayanıklılığını arttırmada daha etkili olduğu görülmüştür.

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

Yazar Katkısı: Yazarlar makaleye eşit oranda katkıda bulduklarını beyan ederler.

Kaynaklar

- Abbas, T., Balal, R. M., Shahid, M. A., Pervez, M. A., Ayyub, C. M., Aqueel, M. A. & Javaid, M. M. (2015). Silicon-induced alleviation of NaCl toxicity in okra (*Abelmoschus esculentus*) is associated with enhanced photosynthesis, osmoprotectants and antioxidant metabolism. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37(2), 1-15.
- Abbasi, G. H., Akhtar, J., Ahmad, R., Jamil, M., Anwar-ul-Haq, M., Ali, S. & Ijaz, M. (2015). Potassium

- application mitigates salt stress differentially at different growth stages in tolerant and sensitive maize hybrids. *Plant growth regulation*, 76(1), 111-125.
- Ahmad, P., Ahanger, M. A., Alam, P., Alyemeni, M. N., Wijaya, L., Ali, S. & Ashraf, M. (2019). Silicon (Si) supplementation alleviates NaCl toxicity in mung bean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] through the modifications of physio-biochemical attributes and key antioxidant enzymes. *Journal of Plant Growth Regulation*, 38(1), 70-82.
- Ahmad, P., Hashem, A., Abd-Allah, E. F., Alqarawi, A., John, R., Egamberdieva, D. & Gucl, S. (2015). Role of *Trichoderma harzianum* in mitigating NaCl stress in Indian mustard (*Brassica juncea* L) through antioxidative defense system. *Frontiers in plant science*, 6, 868.
- Aktas, H., Abak, K. & Cakmak, I. (2006). Genotypic variation in the response of pepper to salinity. *Scientia Horticulturae*, 110(3), 260-266.
- Alzahrani, Y., Kuşvuran, A., Alharby, H. F., Kuşvuran, S. & Rady, M. M. (2018). The defensive role of silicon in wheat against stress conditions induced by drought, salinity or cadmium. *Ecotoxicology and environmental safety*, 154, 187-196.
- Ashraf, M., Afzal, M., Ahmed, R., Mujeeb, F., Sarwar, A. & Ali, L. (2010). Alleviation of detrimental effects of NaCl by silicon nutrition in salt-sensitive and salt-tolerant genotypes of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *Plant and Soil*, 326(1), 381-391.
- Ashraf, M., Kanwal, S., Tahir, M., Sarwar, A. & Ali, L. (2007). Differential salt tolerance of sugarcane genotypes. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 44(1), 85-89.
- Eker, S., Cömertpay, G., Konaşkan, Ö., Ülger, A. C., Öztürk, L. & Çakmak, İ. (2006). Effect of salinity stress on dry matter production and ion accumulation in hybrid maize varieties. *Turkish journal of agriculture and forestry*, 30(5), 365-373.
- Ekmekçi, E., Apan, M. & Kara, T. (2005). Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *Anadolu tarım bilimleri dergisi*, 20(3), 118-125.
- Dikilitaş, S. K., & Dikilitaş, M. (2021). Determination of the physiological and biochemical effects of humic acid application in strawberry plant grown under salt stress. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(3), 326-335.
- Hao, S., Wang, Y., Yan, Y., Liu, Y., Wang, J. & Chen, S. (2021). A review on plant responses to salt stress and their mechanisms of salt resistance. *Horticulturae*, 7(6), 132.
- Ibrahim, M., Akhtar, J., Younis, M., Riaz, M., Anwarul-Haq, M. & Tahir, M. (2007). Selection of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes against NaCl stress. *Soil and Environment*, 26(1), 59-63.
- Kacar, B. & İnal, A. (2008). *Bitki analizleri* (Vol. No: 1241). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Kang, J., Zhao, W., Zhao, M., Zheng, Y. & Yang, F. (2015). NaCl and Na₂SiO₃ coexistence strengthens growth of the succulent xerophyte *Nitraria tangutorum* under drought. *Plant growth regulation*, 77(2), 223-232.
- Kaya, A., & İnan, M. (2017). Tuz (NaCl) stresine maruz kalan reyhan (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinde bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine salisilik asidin etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(3), 332-342.
- Liang, Y., Chen, Q., Liu, Q., Zhang, W. & Ding, R. (2003). Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of plant physiology*, 160(10), 1157-1164.
- Liang, Y., Shen, Q., Shen, Z. & Ma, T. (1996). Effects of silicon on salinity tolerance of two barley cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 19(1), 173-183.
- Ma, J. F. & Yamaji, N. (2006). Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends in plant science*, 11(8), 392-397.
- Marschner, H. (1995). Nutritional physiology. In H. Marschner (Ed.), *Mineral Nutrition of Higher Plants*. (Vol. 2nd ed., pp. 313-363). London: Academic Press.
- Meena, V., Dotaniya, M., Coumar, V., Rajendiran, S., Kundu, S. & Subba Rao, A. (2014). A case for silicon fertilization to improve crop yields in tropical soils. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 84(3), 505-518.
- Miransari, M. & Smith, D. (2019). Sustainable wheat (*Triticum aestivum* L.) production in saline fields: a review. *Critical reviews in biotechnology*, 39(8), 999-1014.
- Moussa, H. R. (2006). Influence of exogenous application of silicon on physiological response of salt-stressed maize (*Zea mays* L.). *Int. J. Agric. Biol*, 8(3), 293-297.
- Mulauzdi, T., Hendricks, K., Mabiya, T., Muthevuli, M., Ajayi, R. F., Mayedwa, N., . . . Iwuoha, E. (2020). Calcium Improves germination and growth of *Sorghum bicolor* seedlings under salt stress. *Plants*, 9(6), 730.
- Muneer, S. & Jeong, B. R. (2015). Proteomic analysis of salt-stress responsive proteins in roots of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) plants towards silicon efficiency. *Plant growth regulation*, 77(2), 133-146.
- Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, 651-681.
- Naheed, G., Shahbaz, M., Akram, N. A. & Ashraf, M. (2008). Interactive effect of rooting medium application of phosphorus and NaCl on plant biomass and mineral nutrients of rice (*Oryza sativa* L.). *Pak. J. Bot*, 40(4), 1601-1608.
- Nefissi Ouertani, R., Abid, G., Karmous, C., Ben Chikha, M., Boudaya, O., Mahmoudi, H., . . . Ghorbel, A. (2021). Evaluating the contribution of osmotic and oxidative stress components on barley growth under salt stress. *AoB Plants*, 13(4), plab034.
- Özcan, H. (2000). Tuz Stresinde Bazı Nohut (*Cicer aietinum* L. cvs.) Çeşitlerinin Gelişimi ve Prolin, Sodyum, Klor, Fosfor ve Potasyum Konsantrasyonlarındaki Değişimler. *Turkish journal of agriculture and forestry*, 24(6), 649-654.
- Öztekin, G. B. & Tural, A. (2021). Kuzu Marulu (*Valerianella locusta* (L.) Laterr) Yetiştiriciliğinde Besin Solüsyonuna Silisyum İlavesinin Tuz Stresine Karşı Etkileri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 37(1), 36-46.

- Parvin, K., Nahar, K., Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. & Fujita, M. (2019). Calcium-mediated growth regulation and abiotic stress tolerance in plants. In *Plant abiotic stress tolerance* (pp. 291-331): Springer.
- Peksüslü, A. (1998). Bazı Türk Tütün Çeşitlerinin İzmir-Bornova Koşullarında Morfolojik, Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikleri. *EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi). Bornova-İzmir*.
- Poustini, K. & Siosemardeh, A. (2004). Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. *Field crops research*, 85(2-3), 125-133.
- Qian, Q.-Q., Zai, W.-S., Zhu, Z.-J. & Yu, J.-Q. (2006). Effects of exogenous silicon on active oxygen scavenging systems in chloroplasts of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under salt stress. *Zhi wu Sheng li yu fen zi Sheng wu xue xue bao= Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, 32(1), 107-112.
- Romero-Aranda, M. R., Jurado, O. & Cuartero, J. (2006). Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. *Journal of plant physiology*, 163(8), 847-855.
- Saqib, R. M., Ashraf, M., Shahzad, S. M. & Imtiaz, M. (2011). Silicon nutrition for mitigation of salt toxicity in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *International Journal of Agriculture and Applied Sciences (Pakistan)*.
- Schaller, J., Puppe, D., Kaczorek, D., Ellerbrock, R. & Sommer, M. (2021). Silicon cycling in soils revisited. *Plants*, 10(2), 295.
- Servet, A. R. A. S., & Eşitken, A. (2018). Effects of silicon to salt stress on strawberry plant. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22(4), 478-483.
- Shafiq, F., Iqbal, M., Ali, M. & Ashraf, M. A. (2021). Fullerenol regulates oxidative stress and tissue ionic homeostasis in spring wheat to improve net-primary productivity under salt-stress. *Ecotoxicology and environmental safety*, 211, 111901.
- Shah, J. P. & Thivakaran, G. A. (2014). GIS study on chemical properties of salt affected soils of coastal kachchh, Gujarat, India. *Annual Research & Review in Biology*, 3492-3503.
- Shahzad, M., Zörb, C., Geilfus, C. M. & Mühling, K. H. (2013). Apoplastic Na⁺ in *Vicia faba* leaves rises after short-term salt stress and is remedied by silicon. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 199(3), 161-170.
- Sidari, M., Santonoceto, C., Anastasi, U., Preiti, G. & Muscolo, A. (2008). Variations in four genotypes of lentil under NaCl-salinity stress. *American Journal of Agriculture and Biological Science*, 3, 410-416.
- Singh, A., Singh, R. & Singh, K. (2005). Growth, yield and economics of rice (*Oryza sativa*) as influenced by level and time of silicon application. *Indian Journal of Agronomy*, 50(3), 190-193.
- Taha, R. S., Seleiman, M. F., Shami, A., Alhammad, B. A. & Mahdi, A. H. (2021). Integrated application of selenium and silicon enhances growth and anatomical structure, antioxidant defense system and yield of wheat grown in salt-stressed soil. *Plants*, 10(6), 1040.
- Talaat, N. B., Ghoniem, A. E., Abdelhamid, M. T. & Shawky, B. T. (2015). Effective microorganisms improve growth performance, alter nutrients acquisition and induce compatible solutes accumulation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants subjected to salinity stress. *Plant growth regulation*, 75(1), 281-295.
- Tuna, A. L., Kaya, C., Higgs, D., Murillo-Amador, B., Aydemir, S. & Girgin, A. R. (2008). Silicon improves salinity tolerance in wheat plants. *Environmental and Experimental Botany*, 62(1), 10-16.
- Turhan, A., Seniz, V. & Kuscu, H. (2009). Genotypic variation in the response of tomato to salinity. *African Journal of biotechnology*, 8(6).
- Uras, S. & Sonmez, S. (2010). Tarım Alanlarında Tuzluluk Oluşumu ve Bitkiler ile Çevre Üzerine Etkileri. *Ege Üniversitesi Zir. Fak. Dergisi*, 574-579.
- Zhao, S., Zhang, Q., Liu, M., Zhou, H., Ma, C. & Wang, P. (2021). Regulation of plant responses to salt stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(9), 4609.
- Zhu, Y. & Gong, H. (2014). Beneficial effects of silicon on salt and drought tolerance in plants. *Agronomy for sustainable development*, 34(2), 455-472.
- Zuccarini, P. (2008). Effects of silicon on photosynthesis, water relations and nutrient uptake of *Phaseolus vulgaris* under NaCl stress. *Biologia Plantarum*, 52(1), 157-160.



Bendimahi alt havzası potansiyel erozyon riskinin CORINE ve ICONA modelleri kullanılarak haritalanması

Mapping potential erosion risk in Bendimahi sub-basin using CORINE and ICONA models

Hande ÖZVAN^{1*}, Büşra ARIK², Onur ŞATIR³, Pınar BOSTAN⁴

^{1,2}Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü Van, Türkiye, YÖK 100/2000 doktora öğrencisi

^{3,4}Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü Van, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-3738-6272>; ²<https://orcid.org/0000-0003-3093-8772>;

³<https://orcid.org/0000-0002-0666-7784>; ⁴<https://orcid.org/0000-0002-8947-1938>

To cite this article:

Özvan, H., Arık, B., Şatır, O. & Bostan, P. (2022). Bendimahi alt havzası potansiyel erozyon riskinin CORINE ve ICONA modelleri kullanılarak haritalanması. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(3): 389-404.

DOI:10.29050/harranziraat.1128828

*Address for Correspondence:

Hande ÖZVAN

e-mail:

handeozvan1@gmail.com

Received Date:

10.06.2022

Accepted Date:

19.08.2022

© 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

Erozyon, günümüzde ülkemizin maruz kaldığı en önemli çevresel risklerden birisidir. Bulduğumuz coğrafyadaki topografik çeşitlilik, toprak çeşitliliği, yağış rejimindeki değişiklikler, çeşitli erozyon risk derecelerinin oluşmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada, ülkemizdeki birkaç kapalı havzadan birisi olan Van Gölü Havzası içerisinde yer alan Bendimahi alt havzasındaki erozyon riski, iki farklı risk değerlendirme yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve yöntemlerin birbirleriyle karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, erozyon risk derecelendirilmesinde en çok kullanılan tekniklerden olan Institute for the Conservation of the Nature (ICONA) ve The Coordination of Information on the Environment (CORINE) risk değerlendirme sistemleri kullanılmıştır. Bu çerçevede, kullanılan tekniğe göre toprak özellikleri, yağış, bitki kapallığı, eğim, kuraklık ve litojik yapı gibi erozyona doğrudan etki eden veriler kullanılmıştır. Sonuçlar saha çalışmalarından elde edilen yüksek düzeyde erozyona maruz kalmış 18 alanla doğrulanmıştır. Buna göre; ICONA ve CORINE risk derecelendirme tekniklerinin doğruluk oranları %50 olarak saptanmıştır. Ancak çapraz doğrulama yapıldığında bu oran %33 olmuştur. Dolayısıyla, her ne kadar iki yöntemin doğrulukları aynı olsa da birbirleriyle uyumlarının sınırlı düzeyde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ICONA modelinin daha az girdi verisiyle aynı doğrulukta sonuç üretebilmesinden dolayı küçük havzalar için daha verimli bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çevresel riskler, Ekosistem hizmetleri, Erozyon riski, Modelleme, Van Gölü Havzası

ABSTRACT

Erosion is one of the most important environmental risks that our country is exposed to today. Topographic diversity, soil diversity, changes in precipitation regime in our geography cause various erosion risk levels to occur. In this study, the erosion risk in the Bendimahi sub-basin located in the Van Lake Basin, which is one of the few closed basins in our country, was determined by using two different risk assessment methods and it was aimed to compare the methods with each other. In this context, the Institute for the Conservation of the Nature (ICONA) and The Coordination of Information on the Environment (CORINE) risk assessment systems, which are among the most used techniques in erosion risk classification, were used. In this framework, according to the technique used, data that directly affect erosion such as soil structure, precipitation, vegetation cover, slope, drought and lithological structure were used. The results were confirmed with 18 highly eroded areas from field studies. According to this; The accuracy rates of ICONA and CORINE risk classification techniques were found to be 50%. However, when cross-validated, this rate was 33%. Therefore, although the accuracy of both methods is the same, it has been determined that their compatibility with each other is limited. In addition, it has been determined that the ICONA model is a more efficient method for small basins because it can produce results with the same accuracy with less input data.

Key Words: Ecosystem services, Environmental risks, Erosion risk, Modeling, Van Lake Basin

Giriş

İnsanların temel ihtiyaçlarından olan gıda ve barınma gereksinimleri için kullandıkları en önemli kaynaklardan birisi de topraktır. Gün geçtikçe artan toprak talepleri nedeniyle; tarım, orman, mera, şehircilik, maden, turizm gibi arazi kullanım amaçları için arazi örtüsü üzerinde yoğun bir antropojenik baskı oluşmaktadır (Everest ve Özcan, 2017). Bu baskının neden olduğu ekosistemdeki bozulmalar sonucu ortaya çıkan aşırı hava olayları, kuraklık, susuzluk, erozyon, taşkın, sel ve hava kirliliği gibi birçok çevresel sorun, insan yaşamını doğrudan etkileyebilmektedir. Gıda ve barınma güvenliği için tehdit oluşturan en önemli sorunlardan birisi olan toprak erozyonu; iklim, arazi ve arazi kullanımı arasındaki dengenin bozulmasının doğal bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Herz, 1973; Volk ve ark., 2010). Toprak erozyonu ayrıca seller ve toprak kaymaları gibi afetleri etkileyerek, araziyle ilgili mevcut sorunları daha da kötüleştirmektedir (Munodawafa, 2007; Arnhold ve ark., 2014; Rickson, 2014; Zeng ve ark., 2017; Berberoğlu ve ark., 2020).

Toprak erozyonu, insanların yaşam kalitesini ve küresel çaptaki sosyo-ekonomik sürdürülebilir kalkınmayı etkileyerek çevresel ve sosyal bir sorun teşkil etmektedir. Şiddetli erozyon beraberinde çeşitli çevre sorunlarını ve dolayısıyla da ekonomik kayıpları getirmektedir. İnsan yaşamına doğrudan bir etkisi yok gibi görünse de erozyon; su ve gıda kalitesinin düşmesi, verimli tarım topraklarının kaybı, arazi kaybı, ani ve şiddetli baskınların meydana gelmesi, heyelanların oluşması gibi can ve mal kayıplarına sebebiyet verecek birçok olumsuz sonuç doğurmaktadır (Artun ve ark., 2017).

Toprak erozyonu çevresel bozulmanın ana kaynağı olarak büyük arazi bozulmalarına sebep olmaktadır (Vrieling, 2006). Doğal etkiler sonucu gerçekleşen toprak erozyonu jeolojik bir süreçtir. Fakat bu süreç antropojenik etkilerden dolayı daha da hızlanabilir. Hızlandırılmış bu süreç ile toprak erozyonu ciddi küresel bir problem olarak kabul edilmektedir (de Graaf, 1996). Avrupa

Komyonu'nun 2006 yılında hazırladığı Toprak Tematik Stratejisi'nde (EU Soils Thematic Strategy) yer alan sekiz büyük toprak tehdidi içinde erozyon, önemli bir toprak tehdidi olarak yer almaktadır (European Commission, 2006; Han ve ark., 2016; Berberoğlu ve ark., 2020). Dünyadaki arazilerin büyük çoğunluğu toprak erozyonuna maruz kalmıştır.

Erozyon nedeniyle ürün verimliliği, tarımsal verim ve gelirden önemli bir düşüş meydana gelmiştir (Begum Nasir Ahmad ve ark., 2020; Uzuner ve Dengiz, 2020; Wuepper ve ark., 2020;). Yirminci yüzyılda artan toprak erozyonu, (Angima ve ark., 2003; Li ve ark., 2017) tıpkı iklim değişikliğinde olduğu gibi artık bir kriz olarak kabul edilmektedir (Trimble, 2000; Fernández ve Vega, 2016; Berberoğlu, 2020). Toprak erozyonunun yoğunluğu ve mekânsal dağılımı biliniyorsa, erozyon koşullarını en aza indiren yönetimsel uygulamalar etkin bir şekilde planlanabilir. Ancak uzun bir süre boyunca çok faktörlü, doğal ve/veya antropojenik etkileşimler tarafından belirlenen karmaşık doğa-insan etkileşimlerinde, toprak erozyonunu net olarak değerlendirmek de zor olmaktadır (Ananda ve Herath, 2003; Lu ve ark., 2004; Zhu, 2012).

Kurak ve yarı-kurak bölgelerde görülen ve ciddi bir çevresel sorun olarak nitelendirilen toprak erozyonu, Türkiye topraklarının büyük bir bölümünün kurak ve/veya yarı-kurak olması nedeniyle ülkemiz için de önemli bir tehdit olarak görülmektedir (Avcı, 2016). Türkiye'nin coğrafi konumu, topografik yapısı ve sahip olduğu iklim koşulları, ülkemizi kuraklığa karşı daha kırılgan bir hale getirerek erozyon riskini arttırmakta ve erozyonla mücadeleyi zorlaştırmaktadır. Toprağın kaybı ile bitki örtüsünün yok oluşu erozyonla beraber toprak kaymasına, sellere, taşkınlara ve çığ gibi felaketlerin oluşumuna sebep olabilmektedir. Bunun yanı sıra bitki örtüsündeki kayıplar küresel ısınmayı hızlandırıcı bir etkiye sahiptir (Şatır, 2016).

ICONA raporuna (1991) göre, Avrupa Birliği (AB) ülkelerinin tarım arazilerinin yaklaşık %20'si yüksek veya çok yüksek su erozyonu hassasiyetine sahiptir. Mevcut toprak erozyonu oranlarına göre,

AB ülkelerinin tarım alanlarının %51'inin 2050 yılına kadar ciddi insan kaynaklı arazi bozulması ve artan toprak erozyonu sorunlarıyla karşı karşıya kalacağı tahmin edilmektedir (Bayramin ve ark., 2003). Ekolojik bozulmaları beraberinde getiren bu zincirlemeler, biyolojik çeşitlilikte kayıplara sebep olmaktadır. Berberoğlu ve ark. (2020)' ye göre ülkemizde erozyon sonucu oluşan yıllık toprak kaybı %94'e yakın bir doğrulukla, 285.4 milyon ton olarak hesaplanmıştır. Aynı çalışmada Van Gölü Havzası, Türkiye'deki 26 havza içerisinde hektar başına 492.7 ton toprak kaybıyla 6. sırada yer almıştır. Erozyon risk haritalama çalışmalarına bakıldığında, sonuç çıktılarında göre genel olarak 2 temel yaklaşım olduğu görülmektedir. Bunlar; CORINE ve ICONA gibi kategorik çıktı verisi üreten yaklaşımlar ve RUSLE, PESERA gibi sediment taşınım miktarını alan başına kütle birimi olarak ifade eden modelleme yaklaşımlarıdır. Alana ait verilerin elde edilmesi ve işlenmesinde Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinden (CBS) yararlanılmaktadır. Yöntemin işlenmesi ve değerlendirilmesi sonucu erozyona sebep olan faktörlerin şiddet ve derecesi belirlenmektedir. Karasal ekosistemlerdeki toprak kaybını önlemek ve bunun sonucunda hidrolojik drenaj ağlarına ve rezervuarlara tortu taşınmasını azaltmak için birçok planlama ve yönetim teorisi ve formülü geliştirilmiştir (Amore ve ark., 2004; Volk ve ark., 2010). Erozyon sonucu oluşacak bozunumların tahmininde ICONA, CORINE, LEAM, LUCC, RUSLE, RIVM, GLASOD, INRA ve PESERA gibi birçok model kullanılmaktadır (Tombuş, 2005; Kanar ve Dengiz, 2015). Bir çevresel simülasyon modeli, özellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama yöntemleri ile bütünleştirilerek, erozyon araştırmalarında etkili bir yol izlenebilir.

The Coordination of Information on the Environment (CORINE) model (CORINE, 1992) ve Institute for the Conservation of the Nature (ICONA) erozyon risk tahmin modelleri, girdi verisi olarak kategorize edilmiş verilerle çalışmakta ve deneysel çalışmalarla önceden belirlenmiş standart kategorizasyon eşik değerlerine göre erozyon riskini sınıflamaktadır. Bu yöntemler, birbirlerine benzer alanların gruplanması

prensibine göre çalıştığı için, büyük verilerin işlenmesi noktasında avantajlıdır. Ayrıca, basit coğrafi analiz teknikleriyle kolay öğrenilip hızlı sonuç veren tekniklerdir. Bu nedenlerden dolayı, literatürde uygulamalarına sık rastlanılır (Gupta ve Unial, 2012; Zhu, 2012; Dengiz ve ark., 2014).

Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) (Renard ve ark., 1997) modeli ve Pan-European Soil Erosion Assessment (PESERA) (Kirkby ve ark., 2004) modelleri de deneysel çalışmalarla elde edilen verilerin yanı sıra işlem tabanlı döngüsel bir sistemde çalışarak grid bazında toplam toprak kaybını, "ton ha⁻¹ yr" gibi yıllık birim alana düşen toplam kütle değeri olarak verirler. Bu modeller bir dizi algoritmanın bir araya gelmesiyle şekillenir ve erozyona neden olan etkenleri içeren veriler girdi verisi olarak kullanılır. RUSLE modeli PESERA modeline göre çok daha az bir girdi verisi gerektirir. RUSLE modelinin, PESERA modeline göre aşırı tahmin yaptığı bazı yayınlarda gözlemlenmiştir. PESERA'da ise tahminler, ölçümlerle daha uyumlu ve doğrudur (Fernandez ve Vega, 2016).

Bu çalışmada, Van Gölü Havzası'nın topografik çeşitliliği yüksek en büyük alt havzalarından birisi olan Bendimahı alt havzasının erozyon riski açısından değerlendirilmesi ve kolay uygulanabilen, kategorik çıktı veren ICONA ve CORINE erozyon risk haritalama tekniklerinin uygulama olanaklarının karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmada girdi olarak kullanılan toprak verileri, toprağın aşınabilirlik durumunun ortaya koyulması amacıyla; derinlik, taşlılık ve tekstür özelliklerine göre sınıflandırılarak CORINE yöntemi uygulamasında; litolojik sınıflandırma ise ICONA yöntemi uygulamasında kullanılmıştır. Her iki yöntemde de k-faktör dikkate alınarak toprak aşınabilirlik düzeyi belirlenmiştir. ICONA yönteminde arazi örtüsü/arazi kullanımının tespiti için Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri, bitki kapalılık durumunu ortaya koyan "Normalized Difference Vegetation Index" (NDVI) analizlerde

kullanılmıştır. Aynı zamanda alana ait ASTER GDEM verisi çalışma alanının eğim ve yükseklik gruplarının belirlenmesinde kullanılmıştır. CORINE yönteminin uygulanmasında ise çalışma alanı içinde ve yakın çevresindeki meteoroloji istasyonlarından elde edilen verilerle Bagnouls-Gaussen kuraklık İndeksi ve Fournier yağış İndeksi hesaplanmıştır. İklim istasyonlarından alınan

verilerin haritalanmasında Radyal Tabanlı Fonksiyon (Radial Basis Function) enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın son aşamasında, araziden alınan gerçekte erozyona uğradığı bilinen yüksek erozyona uğramış 18 adet alan belirlenmiş ve çalışmanın son aşaması olan doğrulama analizinde kontrol verisi olarak kullanılmıştır.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan sayısal materyaller

Table 1. Numerical materials used in the study

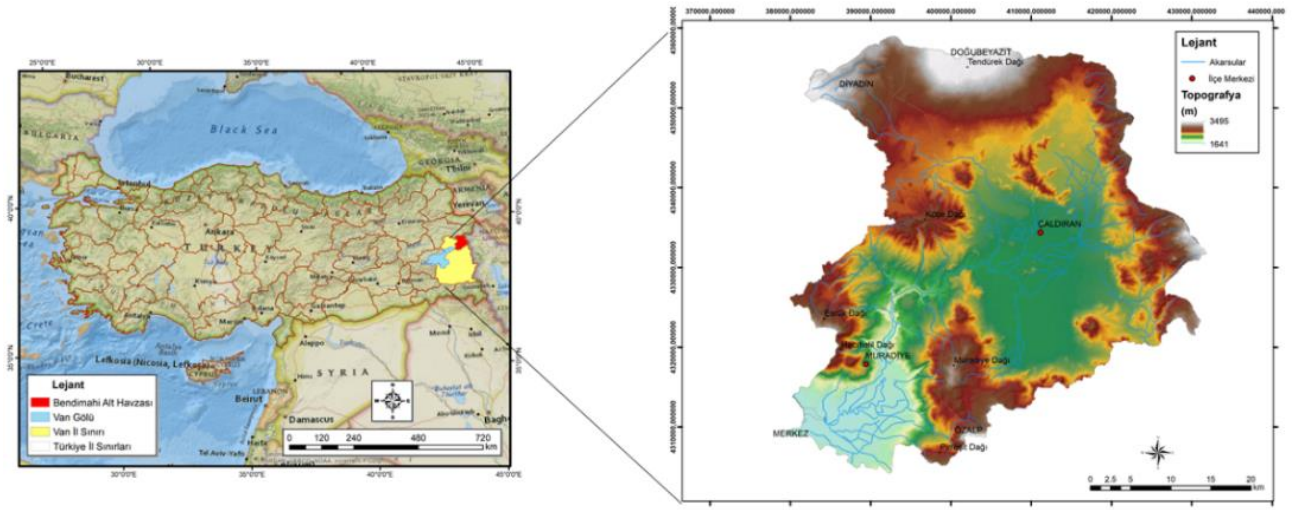
Veri Seti Dataset	Özellik Characteristic	Kullanım Amacı Purpose of usage	Kaynak Source
Toprak verisi Soil data	1/25000 ölçekli sayısal harita 1/25000 scale digital map	Toprak derinliği, taşlılığı ve tekstür verilerinin üretimi	KHGM, 1996
Landsat Veri Seti (Landsat 8 OLI/TIRS) Landsat dataset	30 m Mekânsal Çözünürlük 30 m spatial resolution	ICONA Erozyon Modeli için NDVI analizi	https://glovis.usgs.gov/app
ASTER Küresel Sayısal Yükseklik Modeli ASTER Global Digital Elevation Model	30 m Karasal Çözünürlük 30 m terrestrial resolution	Eğim ve yükseklik verilerinin üretimi (ICONA ve CORINE modelinde)	https://search.earthdata.nasa.gov/search
Meteorolojik veriler Meteorological data	Ortalama yağış ve ortalama sıcaklık Avg. precipitation and avg. temperature	Toprak aşınım verisi üretimi (CORINE)	MGM, 2020
Toprak Aşınım Faktörü (k Faktör) Soil erodibility factor	250 m Karasal Çözünürlük 250 m terrestrial resolution	Erozyon analizinde (ICONA model)	Çilek, 2013
Erozyona uğramış alan verisi Eroded land data	18 adet vektör veri 18 vector data	ICONA ve CORINE verilerinin doğrulanmasında	Arazi çalışmalarından elde edilmiştir.

Çalışma alanı

Van Gölü'nün kuzeydoğu ucunda, Muradiye ilçesi, Çaldıran İlçesi, Kaz Gölü Bölgesi, Tendürek Dağı'nın bir kısmı ve Bendimahî Deltası'nı da kapsayan 176181 ha alanın tamamı Bendimahî alt havzası olarak tanımlanmaktadır (Baylan ve ark., 2016). Alanın en alçak bölgesi 1641 m en yüksek bölgesi ise 3495 m'dir (Şekil 1). Çalışma alanı Kuzey, Kuzeybatı ve Güney bakılı yüksek tepelerle çevrili durumdadır.

Muradiye Şelalesi'nin Muradiye ilçesinden sonra yayılım oluşturmasıyla başlayan Bendimahî deltası, geniş bir sazlık alan oluşturarak Van Gölü'ne dökülür. Van Gölü'nü besleyen Bendimahî deltası, büyük tatlı su kaynaklarından

birdir. Van ili sınırları dâhilinde farklı boyutlarda akarsular yer almaktadır. Bu akarsulardan Van'ın güneyinde yer alanlar Basra Körfezi'ne, doğusundan geçenler ise İran sınırları içine akmaktadır. Bendimahî Çayı, Karasu Çayı, Hoşap Çayı, Kotur Çayı, Deli Çay, Zilan Deresi ve Memedik Çayı Van ili içerisinde yer alan önemli akarsulardandır. Bendimahî Deltasının geniş bir alan kaplaması, etrafında bataklık, sazlık ve çayırılık alanların oluşması ile biyolojik çeşitliliği olumlu yönde desteklemektedir. Van Gölü havzası önemli su kuşu türlerine üreme alanı olmasının yanı sıra inci kefalî ve Bendimahî kertenkelesi gibi endemik türler için de habitat oluşturmaktadır (ÖDA, 2006).



Şekil 1. Çalışma alanının haritadaki konumu
Figure 1. Location of the study area on the map

Uydu verileri

Çalışmada 2021 yılına ait Landsat 8 OLI/TIRS görüntüleri ile ASTER GDEM sayısal yükseklik modeli kullanılmıştır.

Meteoroloji verileri

Çalışma alanının içinde ve çevresinde yer alarak çalışma alanını belli bir düzeyde etkileme potansiyeli olan 11 meteorolojik istasyona ait, son on yıllık veriler, Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF) yöntemi kullanılarak haritalanmıştır ve CORINE yöntemi için yağış – kuraklık indislerinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

Toprak verileri

Arazi karakteristikleri toprak tekstürü, toprak derinliği ve toprak taşlılığı şeklinde sınıflandırılarak model çıktılarının elde edilmesinde kullanılmıştır.

Toprak derinliği

Toprak derinliğinin azalması, erozyon kaynaklı sorunları arttırmakta ve toprağın su tutma kapasitesini düşürerek yüzey su akışlarının şiddetlenmesine neden olmaktadır. CORINE yönteminde toprağın aşınabilirlik durumunu ortaya koyan bir bileşen olan toprak derinliği; 25 cm'den daha sığ topraklar ile 75 cm'den derin toprakları içerecek şekilde üç sınıfa ayrılmıştır (Şekil 8).

Toprak taşlılığı

Toprak taşlılığı için CORINE yönteminde eşik

değeri %10 olarak belirlenmiştir (Şekil 8). Bu eşik değeri yöntem için standart bir değerdir. Taşlılığı %10'dan büyük alanlar tam korunmuş topraklar olarak belirlenmiş ve taşlılığı %10'dan küçük alanlar ise tam korunmamış topraklar olarak belirlenerek iki sınıfa ayrılmıştır (Şekil 7).

Toprak tekstürü

Toprak tekstürü (bünyesi), su ve rüzgâr erozyonunun en belirleyici unsurlarından biri olarak görülmektedir. CORINE yönteminde; toprağı oluşturan parçacıkların büyüklüğü, kohezyon direnci ve agregat oluşumu bakımından toprak bileşenleri sınıflandırılarak, 0-3 sınıf arasında toplam dört sınıf oluşturulmuştur (Şekil 8).

Toprak aşınabilirlik faktörü (k-faktör)

"k-faktörü", hem toprağın erozyona karşı duyarlılığını hem de yüzeysel akış oranını temsil eden toprak aşınabilirlik faktörüdür. Kil içeriği yüksek topraklar, parçalanmaya karşı dirençli olduklarından, yaklaşık 0,05 ila 0,15 arasında düşük k değerlerine sahip olmaktadır (Çilek, 2013).

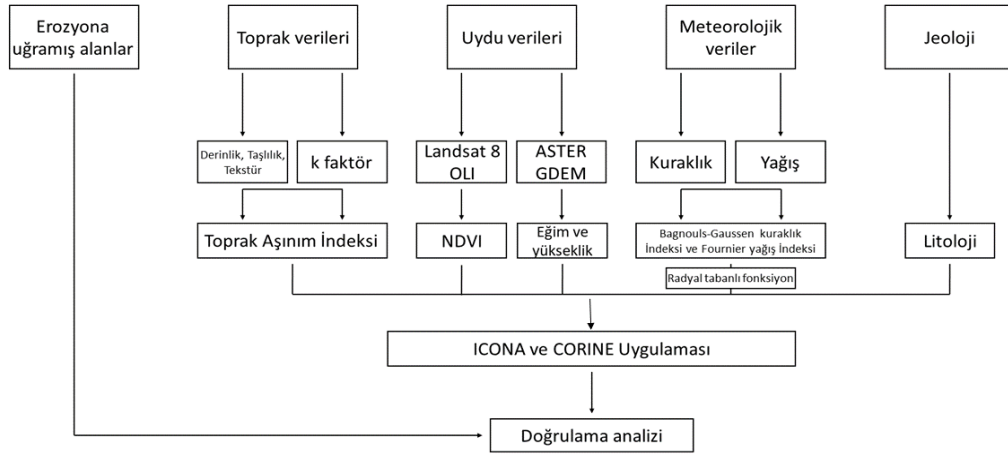
Yüksek erozyona uğramış alanlar

Arazi çalışmaları ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda 18 farklı bölgede yüksek erozyona uğramış alanlar tespit edilmiştir. Bu alanlar daha çok yol güzergâhlarına yakın ve profili net görünen bölgelerde yer almaktadır.

Yöntem

1. Verilerin geometrik düzeltmesi
2. Erozyon modellerinin uygulanması
3. Doğruluk analizleri

Çalışmanın yöntemi üç farklı aşamadan oluşmaktadır (Şekil 2):



Şekil 2. Çalışmanın yöntem akış şeması
Figure 2. Method flow chart of the study

Geometrik düzeltme

Çalışmada kullanılan veriler farklı kaynaklardan elde edildiği ve veri tipi farklılık gösterdiği için coğrafi veriler ön işlemlerden geçirilmiştir. Bunun için verilerin projeksiyon sistemleri tanımlanmış ve birbirleriyle uyumlu hale getirilerek geometrik düzeltmeleri UTM WGS 84 Zone 38 harita projeksiyonuna göre yapılmıştır.

Modellerin uygulanması

Erozyon modelleri gerekli olan girdi verilerinin hazırlanması ve diğer hazır verilerle birlikte model uygulamasının yapılması aşamasıdır. Bu kapsamda meteoroloji verilerinin haritalanması, NDVI analizi için verilerin oluşturulması ve bu verilerin diğer harita verileri ile ICONA ve CORINE modelleri bağlamında ilişkilendirilmesi yoluyla modellerin uygulanması gerçekleştirilmiştir.

Radyal Tabanlı Fonksiyon yöntemi

Radyal Tabanlı Fonksiyon (RTF), bilinen değerlerden bilinmeyen alan değerlerini uzamsal olarak tahmin etmek için bir dizi matematiksel fonksiyon içeren bir jeostatistiksel modeldir (Barton ve ark., 1999). Esasen, RTF doğrusal bir sistemde Öklid mesafesi ile ifade edilir. Ancak tahmin çizgisi, Gaussian, Kuadratik veya Kübik gibi

tahmin fonksiyon tipine göre tanımlanabilir. Bu çalışmada Gauss tipi fonksiyon kullanılmıştır, çünkü bu fonksiyon girdi veri değerlerinin yakın tahminleriyle sonuçlanmıştır.

Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) analizi

Görüntülerin alındığı uydunun yakın kızılötesi bandı (N) ile kırmızı bandın (R) birlikte formüle edilmesi sonucu Rouse ve ark. (1973)' e göre hesaplanmıştır (Eşitlik 1):

$$NDVI = \frac{N-R}{N+R} \quad (1)$$

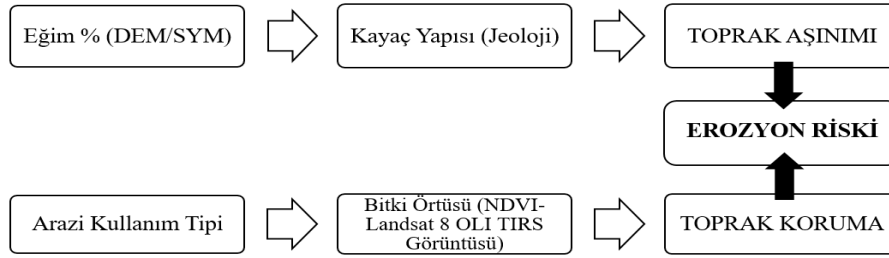
Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi, toprak ve bitki örtüsünü birbirinden ayırabilmektedir. En çok kullanılan bitki indeksi ise Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi'dir. Burada bitki yoğunluğu (kapalılığı) -1 ile +1 arasında bir değer alır. Örnek vermek gerekirse, elde edilen değer 0,1 veya daha düşükse çıplak alanlara; 0,2 ile 0,3 arasında ise çayır ve meralara; 0,6 ile 0,8 arasında ise tropikal yağmur ormanlarına karşılık gelmektedir (Akkartal ve ark., 2005).

ICONA modeli

Çeşitli katmanların CBS ortamında çakıştırılmasıyla alana ilişkin erozyon

modellemeleri yapılabilmektedir. ICONA (Institut National pour la Conservation de la Nature) erozyon risk belirlenmesinde en önemli yöntemlerden birisidir. ICONA, erozyon riskinin havza veya bölge ölçeğinde kategorik olarak haritalanmasında kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, topografya (eğim) ve litoloji (jeoloji) özellikleri değerlendirilerek toprağın aşınım düzeyi, arazi örtüsü- alan kullanımı ve bitki örtüsü

yoğunluğu (NDVI) özelliklerinden de toprak koruma düzeyleri belirlenir. Oluşturulan toprak aşınım ve toprak koruma harita verilerinin çakıştırılması sonucuyla "Erozyon Risk Durum Haritası" oluşturulur (ICONA, 1991; Tombuş ve ark., 2012; Gündüzoğlu, 2019). Çalışmada kullanılan ICONA modelinin temel akışı Şekil 3'te detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 3. ICONA Erozyon Risk Modeli yönteminin aşamaları

Figure 3. Stages of the ICONA Erosion Risk Model method

CORINE modeli

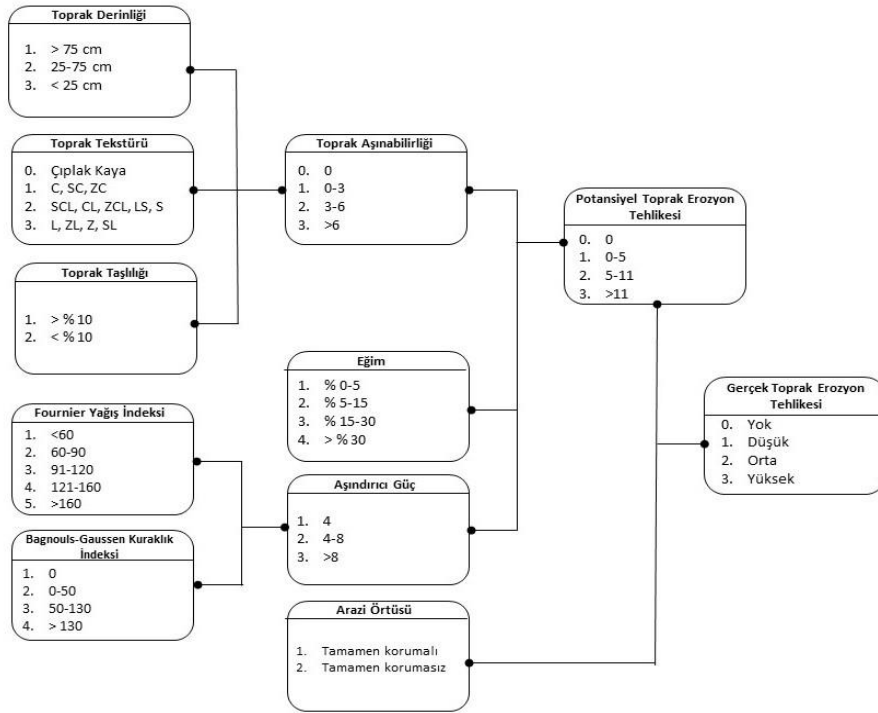
Toprak erozyonunu mekânsal olarak önceden tahmin edebilen Çevre Bilgilerinin Koordinasyonu (CORINE, 1992) modeli, ampirik bir modeldir. CORINE, birkaç katmanlı tematik haritaların tasarlanmasını ve üst üste bindirilmesini içeren yarı nitel kategorik bir yöntemdir ve CBS ortamında toprak erozyonu riskinin mekânsal dağılımının belirlenmesinde etkin olarak kullanılmaktadır. Gobin ve ark. (2003)' e göre CORINE modeli, Akdeniz'in en yüksek erozyon riskine sahip alanlarını doğru bir şekilde tanımlamıştır. Daha sonra ise yine toprak erozyon risk değerlendirmesi için Avrupa ve Akdeniz ülkeleri tarafından da yaygın olarak kullanılmıştır (Bayramin ve ark., 2006; Parlak ve ark., 2007; Husnjak ve ark., 2008; Yuksel ve ark., 2008; Aydın ve Tecimen, 2010; Zhu, 2012).

CORINE (Coordination of Information on the Environment) yöntemiyle erozyon risk durum değerlendirmesinde, toprağın aşınabilirliği, toprak için aşındırıcı güç ve topografya fonksiyonları hesaplanarak potansiyel toprak erozyon riski belirlenir. Alanın mevcut kullanım durumu ve bitki örtüsünün de potansiyel erozyon tehlikesi ile

birlikte incelenmesi ve değerlendirilmesi ile "Gerçek Toprak Erozyon Riski Haritası" oluşturulur (Tombuş ve ark., 2012, Gündüzoğlu, 2019).

Çalışmada sayısal yükseklik modeli (DEM) aracılığıyla eğim sınıflarının oluşturulması için 30m yersel çözünürlükteki ASTER GDEM verisi ve arazi örtüsünün belirlenmesi için 2018 yılına ait CORINE arazi örtüsü sınıflandırması kullanılmıştır. Meteorolojik veriler, topografik veriler ve arazi örtüsü parametreleri prensiplerine dayanan CORINE erozyon tahmini yönteminde, toprağa ilişkin tekstür, derinlik ve taşlılık gibi değişkenler için literatürdeki diğer çalışmalardan faydalanılmıştır (Everest, 2015; Everest ve Özcan, 2017).

Toprağa ilişkin tekstür, derinlik, taşlılık, eğim sınıfı ve arazi örtüsü ölçütleri, CORINE erozyon modeli yönteminin öngördüğü şekilde yeniden sınıflandırılarak sayısallaştırılmıştır. Tekstür, derinlik ve taşlılık parametrelerinin birbirleri ile oluşturdukları çarpan etkisi sonucunda potansiyel ve gerçek erozyon tehlikesi Everest (2015)'deki işlemler bütünü takip edilerek haritalanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. CORINE Erozyon risk modeli yöntem akış şeması
Figure 4. Flow chart of CORINE erosion risk model

İndislerin hesaplanması

Aşındırıcı gücün belirlenmesinde Fournier yağış indeksi (FI) (Eşitlik 2) ve Bagnouls-Gausson kuraklık indeks değerleri (BGI) (Eşitlik 3) kullanılmıştır.

$$FI = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P} \quad (2)$$

Eşitlik 2’de P_i , i ayına ait toplam yağışı; P ise yıllık toplam yağışı ifade etmektedir.

$$BGI = \sum_{i=1}^{12} (2t_i - P_i) \cdot k_i \quad (3)$$

Eşitlik 3’te t_i , i ayı için ortalama sıcaklık değerini; P_i , i ayına ait toplam yağışı; k_i : $2t_i - P_i > 0$ olduğu ayları ifade etmektedir (Everest ve Özcan, 2017). Bu indisler 11 meteoroloji istasyonu kullanılarak hesaplanmış ve RTF ile haritalanmıştır.

Doğruluk analizleri

Çalışmada iki tip doğruluk analizi kullanılmıştır. İlki hata matrisi tabanlı genel doğrulama analizidir

(Foody, 2002). Diğeri ise, sonuçların birbiri ile uyumuna bakılan çapraz doğrulamadır. Araziden toplanan veriler yardımıyla hata matrisi analizi yapılmıştır. İki erozyon modeli sonucu birbiriyle çapraz doğrulamaya tabi tutulmuş ve sonuçların birbiri ile uyumuna bakılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

ICONA modelinin uygulanması

Dört ana katmanın bir araya getirilmesi ile erozyon riskinin belirlendiği ICONA, topografya, jeoloji, bitki örtüsü ve arazi örtüsü ve alan kullanım etmenlerine bağlı olarak elde edilen verileri dikkate alarak oluşturulan bir modeldir.

Eğim sınıfları

Potansiyel erozyon riskinin belirlenebilmesi için yükseklik verilerinden üretilen eğim sınıfları Çizelge 2’de gösterilmiştir. Çalışma alanının yaklaşık %47’lik kısmında %3-12’lik orta eğimli bölgeler bulunmaktadır. Alanın yaklaşık %33’ü düz veya hafif eğimli olarak belirlenmiş ve %1’den daha küçük bir kısmı ise sarp (>%35) bölgeler olarak belirlenmiştir (Şekil 5).

Çizelge 2. ICONA yöntemine ait eğim sınıfları ve bitki örtüsü yoğunluğu
Table 2. Slope classes and vegetation density of the ICONA method

Eğim Slope	Alan (ha) Area (ha)	Bitki Örtüsü Vegetation	Alan (ha) Area (ha)
Düz-Çok Az Eğim (%0-3) Flat	57287.62	<%50	68022
Orta Eğim (%3-12) Undulating	82019.45	%50-75	76045
Dik (%12-20) Hilly	26428.72	> %75	32108
Çok Dik (%20-35) Steep	10212.21		
Sarp (>%35) Very steep	227		

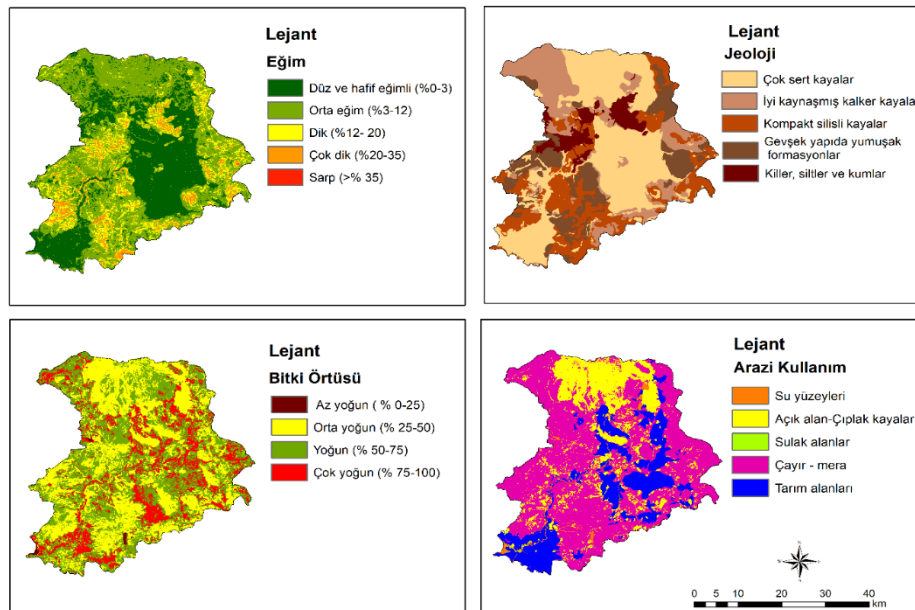
Arazi kullanım sınıfları

Toprak koruma düzeyinin belirlenmesi için arazi kullanımına ait sınıflar ICONA yöntemine göre beş gruba ayrılmış ve Şekil 5'te gösterilmiştir. Arazi örtüsü ve alan kullanım sınıfları ICONA modeli için Şatır ve ark. (2017)'den düzenlenerek kullanılmıştır. Alanın büyük bir bölümü çayır-meralardan oluşmaktadır. Kuzeyde çıplak kayalık bir bölüm yer almakta ve alanın güneybatısı ile doğusunda yoğunlaşan tarım alanları göze çarpmaktadır.

Bitki örtüsü sınıfları

Doğada bulunan bitkilerin yansıma değerleri kullanılarak NDVI (Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) analizi yapılmıştır. NDVI yardımı ile doğada bulunan bitki yansımalarının

değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Bitkiler, kızılötesi (NIR) bantta yüksek; görünür kırmızı bantta (R) düşük yansıma değeri göstermektedirler. ICONA yönteminde, alandaki bitki örtüsü yoğunluğunu/kapalılığını belirlemek için vejetasyon indekslerinden NDVI kullanılmaktadır. Çalışma alanı bitki örtüsü yoğunluğu için, 2020 yılı mayıs ayına ait uydu görüntüleri kullanılarak Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) yardımıyla alanın bitki örtüsü yoğunluğu haritalanmıştır (Şekil 5). Havzanın bitki örtüsü yoğunluğu ICONA yöntemine göre üç sınıfa ayrılarak Çizelge 2'de verilmiştir. Alanın yaklaşık %82'si düşük ve orta bitki örtüsü kapalılığı göstermektedir. Sulak alanlar ve çevreleri görece yüksek bitki örtüsü yoğunluğuna sahiptir.



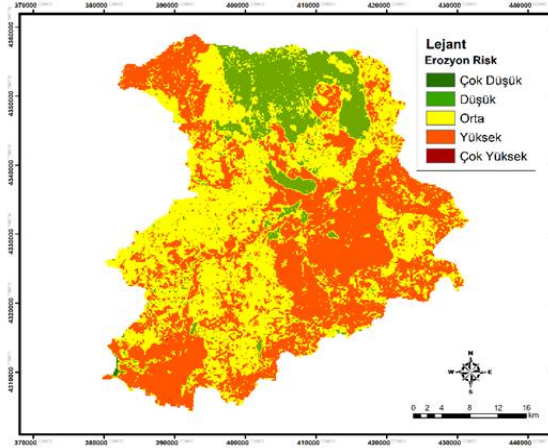
Şekil 5. ICONA yöntemine göre oluşturulan girdi verileri

Figure 5. Generated input data according to the ICONA method

ICONA erozyon modelleme sonuçları

İlgili girdi verilerinin bütünleştirilmesiyle toprak koruma ve toprak aşınım verileri oluşturulmuş ve her iki verinin karşılaştırılması sonucunda, ICONA erozyon risk dereceleri elde edilmiştir (Şekil 6). Çalışma alanının potansiyel erozyon tehlikesinin

çok yüksek (%0,03) ve yüksek (%44,8) olduğu alanlar alanın yaklaşık %45'ini oluştururken; potansiyel erozyon riskinin çok düşük (%0,08) ve düşük (%12,24) olduğu alanlar ise çalışma alanının yaklaşık %12'sini oluşturmaktadır (Çizelge 3).



Şekil 6. ICONA Erozyon risk kategorileri
Figure 6. ICONA Erosion risk categories

Çizelge 3. ICONA erozyon risk sınıfları

Table 3. ICONA erosion risk classes

Sınıf Class	Tanım Definition	Alan (ha) Area (ha)	Yüzde (%) Percentage (%)
1	Çok Düşük Very low	146	0.08
2	Düşük Low	21565	12.24
3	Orta Moderate	75480	42.85
4	Yüksek High	78918	44.8
5	Çok Yüksek Very high	66	0.03

CORINE modelinin uygulanması

CORINE modeli, toprak aşınabilirlik durumu, toprağa uygulanan aşındırıcı güç, topografya ve bitki örtüsü olmak üzere dört ana etkeni uygulanması ile oluşturulan erozyon tahmin modellemesidir.

Eğim sınıfları ve arazi örtüsü

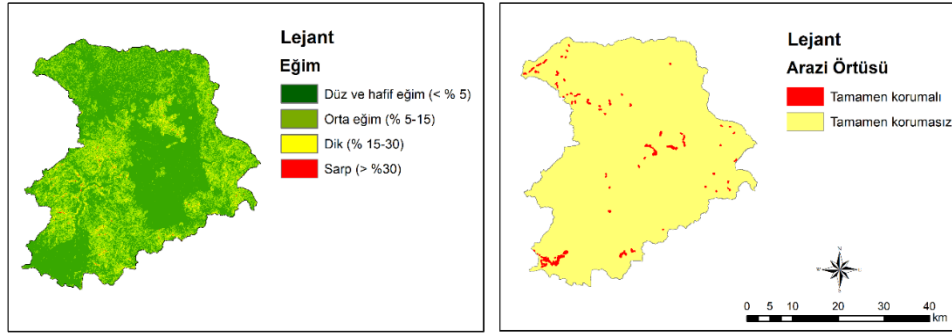
Çalışma sahası toplam 176181 ha'lık bir

alandan oluşmaktadır. Bu alandaki eğim CORINE yöntemine göre dört sınıfa ayrılmıştır. Hafif ve orta eğimli alanlar çalışma alanının yaklaşık %87'sini oluşturmaktadır. Çok dik eğimli alanlar ise havzanın yalnızca %0,65'ini oluşturmaktadır (Çizelge 4). Ayrıca CORINE yöntemi temel alınarak korumalı (kısıtlayıcı veya erozyon riski olamayacak alanlar) ve korumasız (erozyon riski hesaplanabilir alanlar) arazi örtüsü ve alan kullanımları temel alınarak oluşturulmuştur (Şekil 7).

Çizelge 4. CORINE yöntemine göre eğim ve arazi örtüsü sınıfları

Table 4. Slope and land cover classes according to the CORINE method

Eğim Sınıfları Slope classes	Tanım Definition	Alan(ha) Area (ha)	Arazi Örtüsü Sınıfları Land cover classes	Alan (ha) Area (ha)
<%5	Düze yakın Gentle to flat	79920	Tamamen korumalı Completely protected	700
%5-15	Hafif eğim Gentle	72762	Tamamen korumasız Completely unprotected	175.47
%15-30	Dik Steep	22348		
> %30	Çok dik Very steep	1145		



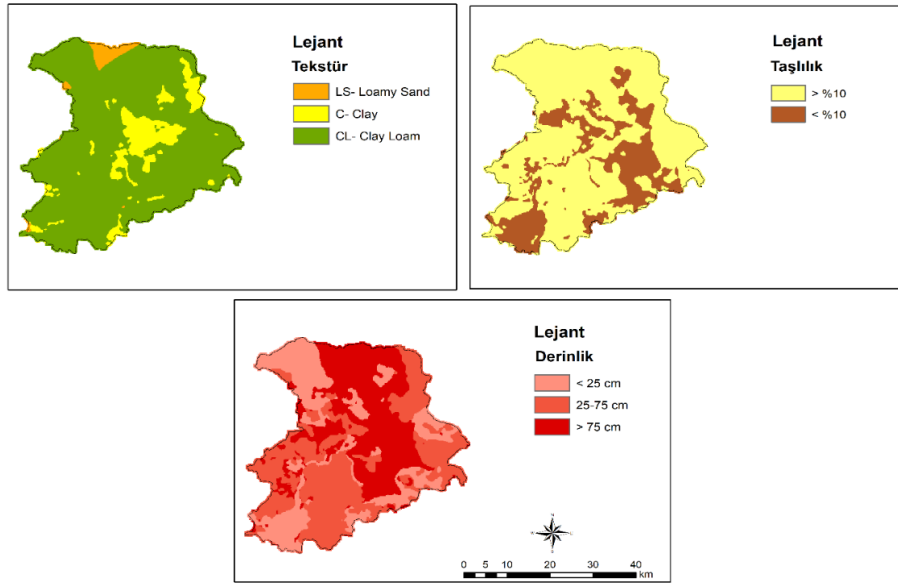
Şekil 7. CORINE yönteminde üretilen eğim ve arazi örtüsü haritaları

Figure 7. Produced slope and land cover maps in the CORINE method

Toprak sınıfları

Toprak sınıfları CORINE yöntemine göre; toprak derinliği, toprak tekstürü ve toprak taşlılığı şeklinde sınıflandırılmıştır. Şekil 8'de görüldüğü gibi çalışma alanında en fazla "Killi Tın" (CL) tekstürlü (%85,93) topraklar; en az ise "Tınlı Kum" (LS) tekstürlü (%2.23) topraklar bulunmaktadır (Çizelge 5). Çalışma alanı topraklarının %25,17'si derin; %35,8'i ise siğ topraklardan oluşmaktadır. Derinliğe ait bilgiler Şekil 8'de ve Çizelge 4'te verilmiştir. Yüze taşlılığına bakıldığında ise, Şekil 8'de gösterilen çalışma alanının %73,33'ünün

yüze taşlılığının %10'dan fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 5). Arazi örtüsü sınıflandırmasında orman, çalılık, maki-funda gibi arazi kullanımları tamamen korumalı alanlar olarak belirlenirken Bendimahi Alt Havzası'nda orman, maki-funda bitki örtüleri tamamen tahrip edildiğinden yerini step-bozkır bitki örtüsüne bırakmıştır. Yalnızca sulak alanlar ve çevrelerindeki alanlar tamamen korumalı olarak; bu alanların dışında kalan alanlar ise tamamen korumasız olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 8. CORINE yöntemine göre üretilen toprak haritaları
Figure 8. Produced soil maps according to the CORINE method

Çizelge 5. CORINE yöntemine göre toprak sınıfları
Table 5. Soil classes according to the CORINE method

Tekstür Sınıfları	Alan(ha)	Taşlılık Sınıfları	Alan(ha)	Derinlik Sınıfları	Alan(ha)
Texture classes	Area (ha)	Stoniness classes	Area (ha)	Depth classes	Area (ha)
LS	3916	> %10	129187.59	> 75 cm	44350.82
C	20860	<%10	46987.43	25-75 cm	68744.18
CL	151399			<25 cm	63080

Meteoroloji verilerinin sınıflandırılması

Aşındırıcı gücün hesaplanması için Fournier yağış İndeksi (FI) ve Bagnouls-Gaussen kuraklık İndeks (BGI) değerleri kullanılmıştır. Çalışma alanında 2010-2020 yıllarına ait meteorolojik verilere göre Bendimahi alt havzasının Fournier yağış İndeksi, tüm istasyonlarda 60 birimden küçük hesaplanmıştır. Bu nedenle CORINE sistemine göre 1. sınıf (düşük yağış) kategorisine dâhil edilmiştir. Bagnouls-Gaussen kuraklık İndeksi ise tüm istasyonlarda 130 birimden büyük çıkmıştır. Bu nedenle 4. sınıf (kurak kategoride) olduğu belirlenmiştir.

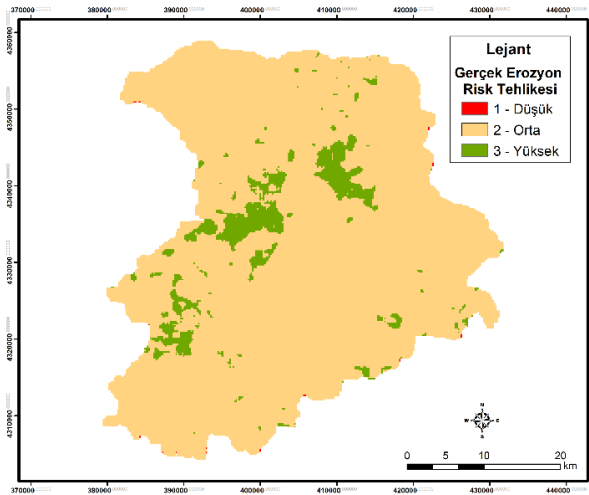
CORINE erozyon modelleme sonuçları

Bendimahi alt havzasına ait toprakların potansiyel ve gerçek erozyon riskleri CORINE erozyon risk tahmin yöntemine göre belirlenmiştir. Çalışma alanındaki toprakların erozyona karşı duyarlılıklarını ortaya koyan CORINE uygulaması sonucunda, alanın

%88,48'inin düşük; geriye kalan %11,52'sinin ise orta derecede potansiyel erozyon riski bulunmaktadır. Korunmalı ve korumasız olmak üzere ikiye ayrılan arazi örtüsü sınıfları ile potansiyel erozyon tehlikesinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda, alanın %0,03'lük çok küçük bir kısmının düşük; %88,18'inin orta; %11,79'unun ise yüksek derecede gerçek erozyon riski taşıdığı belirlenmiştir (Çizelge 6 ve Şekil 9).

Çizelge 6. Çalışma alanı gerçek erozyon risk sınıfları
Table 6. Working area real erosion risk classes

Tanım ve Sınıf	Alan (ha)	Yüzde (%)
Definition and class	Area (ha)	Percentage (%)
1	57	0.03
2	155353	88.18
3	20765	11.79



Şekil 9. CORINE Erozyon risk haritası

Figure 9. CORINE Erosion risk map

Doğruluk analizleri

Alan çalışmasıyla belirlenen ve kesin olarak erozyona uğramış 18 adet poligon, ICONA ve CORINE Erozyon Risk yöntemi sonuçlarıyla ayrı ayrı eşleştirilmiş ve her iki yöntemde de kesin olarak erozyona uğradığı bilinen noktaların %50'sinin yüksek veya çok yüksek; kalan %50'sinin ise düşük veya çok düşük derecede erozyon risk tehlikesi altında olduğu hesaplanmıştır (Çizelge 7). Literatürdeki benzer uygulamaların çoğunda doğrulama analizi yapılmamıştır. Bu yayının amacı aynı zamanda her iki yöntemi uygulanabilirlik açısından karşılaştırmak olduğu için, modellerin geçerlilikleri de test edilmiştir.

Çizelge 7. ICONA ve CORINE hata matrisi ve doğruluk oranları

Table 7. ICONA & CORINE error matrix and accuracy rates

Referans ve Sınıf Reference and class	Risk var Risk	Risk yok No risk	Kullanıcı doğruluğu User accuracy
Risk var	9	9	0.5
Risk yok	9	9	0.5
Üretici doğruluğu	0.5	0.5	Genel doğruluk: 0.5

Çizelge 8. ICONA ve CORINE yöntemlerinin karşılaştırılması

Table 8. ICONA & CORINE method comparisons

Yöntem Method	Uygulama kolaylığı Applicability	İşlem süresi Process time	Veri erişimi Data access	Çözünürlük Resolution	Model doğruluğu Model accuracy
ICONA	*****	****	****	****	***
CORINE	***	**	**	**	***

“*****” en iyi, “**” en kötü performansı ifade etmektedir.

Erozyona uğrayan yer gerçeği bölgelerinin, uygulanan modellerde yüksek ve çok yüksek riskli alanları karşılaması, modelin riskli alanlara tepki verdiğini doğrulamıştır. Bu gibi modeller kategorik veri ürettikleri için doğrulaması yapılırken, yüksek ve çok yüksek kategoriler erozyona uğramış olarak kabul edilmiştir. Her iki model de yer gerçeği verileriyle karşılaştırıldığında %50 oranında erozyon riski kesin olarak gözlenen bölgelerle uyuşma sağlanmıştır. Bu durum her iki modelin de çok iyi derecede erozyon riski olan alanları tahmin edemese de genel olarak erozyona duyarlı alanları tespit etmek için gösterge niteliğinde kullanılabileceğini ifade etmektedir.

Bununla birlikte, her iki modelin birbirleriyle uyumu ayrıca incelenmiştir. Kappa analizi ile yapılan eşleşmede, her iki sonucun birbirini karşılama oranı 0,33 olarak tespit edilmiştir. Bu durum, her iki modelin de erozyona duyarlı olduğu alanların birbirlerinden farklı olduğunu göstermektedir.

Yöntemlerin işlevsel olarak karşılaştırılması

Her iki yöntemin de birbirleriyle karşılaştırılması yapılırken 5 kategoride değerlendirilmiştir. Bunlar; Uygulama kolaylığı, İşlem süresi, Veri erişimi, Çözünürlük ve Model doğruluğu' dur. Uygulama kolaylığı, modelin içerdiği alt analizlerin sayısı temel alınarak değerlendirilmiştir. İşlem süresi, analizler için gerekli olan toplam süreyi ifade eder. Veri erişimi, analiz için gerekli olan verilerin sayısı ve teminini içerir. Çözünürlük, üretilen sonuç verilerinin detayına göre değerlendirilmiştir. Model doğruluğu, yapılan doğruluk analizlerine göre belirlenmiştir.

Sonuçlar

Bendimahi alt havzası ölçeğinde uygulanabilirliği test edilen ICONA ve CORINE kategorik erozyon risk modelleme tekniklerinden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde;

- Her iki modelde de aynı oranda doğruluk saptanmasına karşın, iki modelin birbirleriyle uyumu çok sınırlı çıkmıştır. Dolayısıyla, bir modelin başarısız olduğu bölgede diğeri başarılı sonuçlar üretmiştir.
- ICONA modeli CORINE modeline göre daha az girdi verisiyle aynı doğrulukta sonuç üretebilme yeteneğinden dolayı daha verimli çalışmıştır. Bu nedenle, küçük havzalarda ICONA modelinin uygulanması daha hızlı sonuca ulaşılmasını sağlayacaktır.
- Her iki modelde de orta ve yüksek erozyon riski kategorileri diğerlerinden fazla olmuştur. Dolayısıyla Bendimahi alt havzasında ciddi bir erozyon riski vardır ve özellikle Van Gölü'ne yakın yerlerdeki verimli toprakların korunması noktasında canlı ve/veya cansız materyallerle tedbirler alınmaya başlanmalıdır.
- ICONA modeli çıktı verisi olarak daha detaylı bir kategorizasyon içerdiğinden dolayı, alt havza ölçeğindeki çalışmalarda alanın daha detaylı analiz edilmesi açısından CORINE yöntemine kıyasla daha iyidir. Ancak, global veya ülkesel çalışmalarda CORINE yöntemi, daha standart bir sonuç üreteceği için karşılaştırma kolaylığı açısından tercih edilebilir.

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

Yazar Katkısı: Hande ÖZVAN makale yazımı, risk analizlerinin yapılması, yayın konusunun belirlenmesi; Büşra ARIK makale düzeni, verilerin hazırlanıp düzenlenmesi; Onur ŞATIR doğruluk analizleri, risk analizleri ve makale yazımı; Pınar BOSTAN; dil kontrolü, veri hazırlama ve yazım aşamalarında katkıda bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- Akkartal, A., Türüdü, O., & Erbek, S. (2005). Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile Bitki Örtüsü Değişim Analizi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 28 Mart- 1 Nisan 2005, Ankara.
- Amore, E., Modica, C., Nearing, M., & Santoro, V. (2004). Scale effect in USLE and WEPP application for soil erosion computation from three Sicilian basins. *Journal of Hydrology*, 293, 100–114.
- Ananda, J., & Herath, G. (2003). Soil erosion in developing countries: a socio-economic appraisal. *Journal of Environmental Management*, 68:343–353.
- Angima, S., Stott, D., O'Neill, M., Ong, C. K., & Weesies, G. A. (2003). Soil erosion prediction using RUSLE for central Kenyan highland conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 97, 295–308.
- Arnhold, S., Lindner, S., Lee, B., Martin, E., Kettering, J., Nguyen, T. T., Koellner, T., Ok, Y. S., & Huwe, B. (2014). Conventional and Organic Farming: Soil Erosion and Conservation Potential for Row Crop Cultivation. *Geoderma*, 219–220, 89–105. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.12.023>
- Artun, O., Dinç, A.O., & Şatır, O. (2017). Estimation of soil losses using various soil erosion models in a sample plot in Mediterranean part of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26 (5): 3385-3394.
- Avcı, V. (2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Gökdere Havzası ve Çevresinin (Bingöl) Erozyon Duyarlılık Analizi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(26):170-193.
- Aydın, A., & Tecimen, H. S. (2010). Temporal soil erosion risk evaluation: a CORINE methodology application at Elmalı dam watershed, Istanbul. *Environmental Earth Sciences*, 61:1457–1465.
- Barton, M.H., Buchberger, S.G., & Lange, M.J. (1999). Estimation of error and compliance in surveys by kriging. *J. Surv. Eng.* 125, 87–108.
- Baylan, E., Şatır, O., Şehribanoğlu, S., Bostan, P., Hüseyini, E., & Koçaklı, K. (2016). Peyzaj Hizmetlerinin Sosyo-Kültürel Değerlendirmesinin Peyzaj Planlamadaki Rolü: Bendimahi Deltası (Van Gölü Havzası) Örneği. TÜBİTAK 3501 programı proje sonuç raporu, proje no: 214O392, Ankara.
- Bayramın, İ., Dengiz, O., Başkan, O., & Parlak, M. (2003). Soil erosion risk assessment with icona model; Case study: Beypazarı area. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 27:105-116.
- Bayramın, İ., Gunay, E., & Erdogan, H. E. (2006). Use of CORINE methodology to assess soil erosion risk in the semi-arid area of Beypazarı, Ankara. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30:81–100.
- Berberoglu, S., Cilek, A., Kirkby, M., Irvine, B., & Donmez, C. (2020). Spatial and temporal evaluation of soil erosion in Turkey under climate change scenarios using the Pan-European Soil Erosion Risk Assessment (PESERA) model. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(8), 1-22.
- Begum Nasir Ahmad, N. S., Mustafa, F. B., Yusoff, S. Y. M., & Gideon, D. (2020). A systematic review of soil erosion control practices on the agricultural land in Asia.

- International Soil and Water Conservation Research*, 8, 103–115. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.04.001>.
- Çilek, A. (2013). *Konumsal bilgi sistemleri yardımıyla Türkiye'nin erozyon modellemesi*, (yüksek lisans tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 158s, Adana.
- CORINE, (1992). Soil erosion risk and important land resources in the Southeastern regions of the European community. EUR 13233, Luxembourg, Belgium, pp 32–48.
- De Graff, J. (1996). Price of Soil Erosion: An Economic Evaluation of Soil Conservation and Watershed development, Landbouwniversiteit Wageningen (LUW), Wageningen. 300 s.
- Dengiz, O., İmamoğlu, A., Saygın, F., Göl, C., Ediş, S., & Doğan, A. (2014). İnebolu Havzası'nın ICONA Modeli ile toprak erozyon risk değerlendirmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(2): 136-142.
- ÖDA, (2006). Eken G., Bozdağın M., İsfendiyaroğlu S., Kılıç D. T., Lise Y., (editörler). Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları. Doğa Derneği, Ankara.
- European Commission, 2006. EU Soils Thematic Strategy. Erişim adresi: <https://www.daera-ni.gov.uk/articles/eu-soils-thematic-strategy>. (Erişim Tarihi: 15.03.2022).
- Everest, T. (2015). *Truva Tarihi Milli Parkı arazilerinin detaylı toprak etüt ve haritalanması ile arazi değerlendirmesi*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, 203s, Çanakkale.
- Everest, T., & Özcan, H. (2017). Dürmek Havzası mansap bölümü erozyon riskinin CORINE yöntemi ile belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5 (1): 39–47.
- Fernández, C., & Vega, J. A. (2016). Evaluation of RUSLE and PESERA models for predicting soil erosion losses in the first year after wildfire in nw spain. *Geoderma*, 273, 64–72. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.03.016>
- Foody, G.M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, 80, pp. 185–201.
- Gobin, A., Govers, G., Jones, R., Kirkby, M., & Kosmas, C. (2003). Assessment and reporting on soil erosion. Technical report No. 94, Copenhagen.
- Gupta, P., & Uniyal, S. (2012). A case study of Ramgad watershed, Nainital for soil erosion risk assessment using CORINE methodology. *Int. J. Eng. Res. Technol*, 1 (10), 1-7.
- Gündüzoğlu G. (2019). *Kıyı Ege Bölümü'nde Erozyon Risk Modeli Tasarımına Coğrafi Yaklaşım*. Doktora Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Fakültesi, İzmir.
- Han, F., Ren, L., Zhang, X., & Li, Z. (2016). The WEPP model application in a small watershed in the Loess Plateau. *PLoS One*, 11, 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148445>.
- Herz, K. (1973). Beitrag zur Theorie der landschaftsanalytischen Maßstabsbereiche. *Petermann's Geographische Mitteilungen*, 117(2): 91–96.
- Husnjak, S., Simunic, I., & Tursic, I. (2008). Soil erosion risk in Croatia. *Cereal Res Commun* 36:939–942.
- ICONA, (1991). Plan Nacional de Restauracion hidrologico-forestal para el control de la erosion. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion, Madrid.
- Kanar E., & Dengiz O. (2015). Madendere Havzasında potansiyel erozyon risk durumunun iki farklı parametrik model kullanarak belirlenmesi ve risk haritalarının oluşturulması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2: 123-134, TÜTAD.
- KHGM, (1996). Van İli Arazi Varlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, 87s, Ankara.
- Kirkby, M.J., Jones, R.J.A., Irvine, B., Gobin, A, Govers, G., Cerdan, O., Van Rompaey, A.J.J., Le Bissonnais, Y., Daroussin, J., King, D., Montanarella, L., Grimm, M., Vieillefont, V., Puigdefabregas, J., Boer, M., Kosmas, C., Yassoglou, N., Tsara, M., Mantel, S., Van Lynden, G.J., & Huting, J. (2004). European Soil Bureau Research Report No.16, EUR 21176, 18pp., Luxembourg. https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoils_docs/doc_ESBN.html (Erişim Tarihi: 15.03.2022).
- Li, P., Irvine, B., Holden, J., & Mu, X. (2017). Spatial variability of fluvial blanket peat erosion rates for the 21st century modelled using PESERA-PEAT. *Catena*, 150, 302–316. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.11.025>.
- Lu, D., Li, G., Valladares, G. S., & Batistella, M. (2004). Mapping soil erosion risk in Rondonia, Brazilian Amazonia: using RUSLE, remote sensing and GIS. *Land Degradation & Development*, 15:499–512.
- Munodawafa, A. (2007). Assessing nutrient losses with soil erosion under different tillage systems and their implications on water quality. *Physics and Chemistry of the Earth*, 32, 1135–1140. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2007.07.033>.
- Parlak, M., Dincsoy, Y., & Seyrek, K. (2007). Determination of erosion risk according to CORINE methodology (a case study: Kurtbogazi dam). *Int Congress River Basin Manage* 1:844–859.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., Mc Cool, D.K., & Yoder, D.C. (1997). Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). Agriculture Handbook No: 703. Natural Resources Conservation Service. Washington DC, USDA.
- Rickson, R. J. (2014). Can Control of Soil Erosion Mitigate Water Pollution by Sediments? *The Science of the Total Environment*, 468–469, 1187–1197. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.05.057>.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., & Deering, D.W. (1973). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS, Third ERTS Symposium, (NASA SP-351 Washington, DC) 1, 309–317.
- Şatır, O. (2016). Defining the plantation role to mitigate the urban heat island effects on global warming using thermal satellite sensors. *Proceeding book of 3rd International Conference on Advanced Technology and Sciences*, Konya, Türkiye, pp.1469-1472.
- Şatır, O., Alp, Ş., Bostan, P., Baylan, E., Yeler, O., & Aşur, F. (2017). Van Gölü Havzası'ndaki arazi örtüsü ve alan kullanım değişimlerinin yarım asırlık süreçte periyodik olarak belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi BAP birimi proje raporu*, proje no: 2014-ZF-B220, Van, Türkiye.

- Tombuş, F. E. (2005). *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak erozyon risk belirlemesine yeni bir yaklaşım, Çorum ili örneği*. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı. Eskişehir.
- Tombuş F. E., Yüksel M., Coşar M., & Ozulu İ. M. (2012). ICONA erozyon risk belirlenme yönteminde zamansal olarak NDVI etkisinin incelenmesi. IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Zonguldak.
- Trimble, S. W. (2000). Land use: U.S. Soil erosion rates—myth and reality. *Science*, 289: 248–250.
- Uzuner, Ç., & Dengiz, O. (2020). Desertification risk assessment in Turkey based on environmentally sensitive areas. *Ecological Indicators*, 114, 106295. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106295>.
- Vrieling, A. (2006). Satellite remote sensing for water erosion assessment: A Review. *Catena*, s. 2-18.
- Volk, M., Möller, M., & Wurbs, D. (2010). A Pragmatic approach for soil erosion risk assessment within policy hierarchies. *Land Use Policy*, 27: 997–1009.
- Wuepper, D., Borrelli, P., & Finger, R. (2020). Countries and the global rate of soil erosion. *Nature Sustainability*, 3, 51–55.
- Yuksel, A., Gundogan, R., & Akay, A. E. (2008). Using the remote sensing and GIS technology for erosion risk mapping of Kartalkaya Dam Watershed in Kahramanmaraş, Turkey. *Sensors* 8:4851–4865.
- Zeng, C., Wang, S., Bai, X., Li, Y., Tian, Y., Li, Y., Wu, L., & Luo, G. (2017). Soil erosion evolution and spatial correlation analysis in a typical karst geomorphology using RUSLE with GIS. *Solid Earth*, 8, 721–736. <https://doi.org/10.5194/se-8-721-2017>.
- Zhu, M. (2012). Soil erosion risk assessment with CORINE model: Case study in the Danjiangkou Reservoir region, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 26:813–822.

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. İkiyden 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 şahıslarca 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